



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن احمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
معهد الصيانة والامن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement
MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle
Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Performance de la Station d'épuration
de GHRISS de l'ouest Algérien.

Présenté et soutenu publiquement par :

Mlle BELAMRI Ferial & Mlle BEDIA Marwa Sabrina

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BELOUFA Khadidja	MAA	Université d'Oran2/IMSI	Présidente
HEBBAR Chafika	Professeur	Université d'Oran2/IMSI	Encadrante
MECHKEN Karima Amel	MCB	Université d'Oran2/IMSI	Examinatrice
AOUMEUR Nabila	MCB	Université d'Oran2/IMSI	Invitée

Année 2022/2023

Remerciements

Nous remercions notre Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Bien qu'il faille beaucoup de motivation, de rigueur et d'enthousiasme pour mettre en œuvre ce mémoire, ce travail de recherche nécessite la contribution de nombreuses personnes, que nous tenons à remercier.

*Notre encadrant(e), **Mme. Hebbar Chafika**, à tous ses précieux conseils pour l'écoute active et la disponibilité. En fait, il n'a pas été facile de commencer et de terminer le mémoire en si peu de temps, et nous n'aurons pas réussi si nous n'avons pas reçu ses conseils et son puissant pouvoir.*

Les membres (Directeur, Examineur) du jury pour avoir accepté de présider et d'examiner le présent travail.

*Nous remercions également le chef de la station, **Mme Tedjini Wahiba**, ainsi que le personnel du laboratoire, **Mr. Mahi Bachir** et **Mr. Boukhalfa Kamal**, pour avoir complètement enfreint leurs conseils pendant la période de formation.*

Nous remercions également le personnel du laboratoire d'analyse de la qualité « EL-FETH » et plus spécialement Mme REGUIEG.

Dédicaces

*Je dédie ce mémoire à **ma Mère** ; qui m'a encouragé à aller de l'avant et qui m'a donné tout son amour pour reprendre mes études.*

*À mon meilleur **Père** ; qu'il trouve en moi la source de sa fierté qui ne cesse de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui.*

Que notre Dieu les protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse les combler de bonheur.

*A mes frères : **Mustapha** et **Lotfi**.*

*A mes chers **Oncles** « Rabi yarhamhom »*

*A toute **ma famille***

*Une spéciale dédicace à mon encadrant **Mme. Hebbar Chafika** et toutes les équipes de la STEP de GHRIS.*

*En particulier à mon Binôme **Feriel**, ma chère amie et à tous les moments que nous avons partagé ensemble. Merci pour tout.*

MARWA

Dédicaces

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et ma bonheur, **Maman** que j'adore qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, quoi que je fasse ou je dise, je ne saurai te remercier comme il se doit, ni rembourser mes dettes envers toi, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Je t'aime Maman.*

*A **Mon père**, qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui. Je suis très fière d'être ta fille et pouvoir enfin réaliser, ce que tu avais tant espéré et attendu de moi. Tu n'as jamais cessé de déployer tous tes efforts afin de subvenir à nos besoins, nous encourager et nous aider choisir le chemin de la Réussite. Ta patience, ta bonne volonté, tes conseils précieux ainsi que ta confiance en moi m'ont beaucoup aidé dans ma réussite. Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Je t'aime Papa.*

***Chère Mère et Chère Père**, dans ce modeste travail, le fruit tant de dévouement et de sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude et de mon profond Amour. Puisse Dieu vous accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie vos vieux jours.*

*A mes sœurs **Amel** et **Khayra** toujours présentes à mes côtés.*

*A mes frères **Ali chérif** et **Dawed** (mon soutien et mon plus grand supporter).*

*Une Spéciale dédicace à mon encadrante **Mme le professeur Hebbar**.*

*Et surtout à mon amie et compagne **Marwa**, sans oublier les moments passés et partagés ensemble, à sa famille qui m'a accueilli merci pour tout.*

FERIEL.

Liste des abréviations

AGV : Acide Gras Volatil
CE : Conductivité Electrique
CF : Coliformes fécaux
CH₄ : Méthane
CT : Coliformes totaux
DBO 5 : Demande Biologique en Oxygène durant cinq jours
DCO : Demande Chimique en Oxygène
Eau entrée : Eau brute (de la STEP)
Eau sortie : Eau épurée
Eau traitée : Eau traitée par l'argile
EH (Eq/Hab) : Equivalent Habitant
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GNAB : Gélose Nutritive Alcaline biliée
H₂S : Sulfure d'hydrogène
HMT : Hauteur Manométrique Totale
JORADP : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
K : Constante de biodégradabilité
MES : Matière en Suspension
MO : Matière organique
MS : Matière solide
MTH : Maladie à Transmission Hydrique
MVS : Matière Volatile Solide
μS/cm : MicroSiemens par cm
NaOH : Hydroxyde de Sodium
NGL : Azote global
NH₃ : Ammoniac **NH₄⁺** : Ammonium **N-NO₃⁻** : Azote nitrate
NO₂⁻ : Nitrites **NO₃⁻** : Nitrates **NT** : Azote total
NTK : Azote total kjeldahl
NTU : Unité de turbidité néphalométriques
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ONA : Office National de l'Assainissement
ONID : Office National de l'Irrigation et de Drainage
pH : Potentiel d'hydrogène
PO₄³⁻ : Ortho-phosphates
PT : Phosphore Total
REUE : Réutilisation des eaux usées épurés
REUT : Réutilisation des eaux usées traitées
SF : Streptocoques fécaux
SO₂ : Dioxyde de soufre
SO₄²⁻ : Sulfates
SP : Station de Pompage
STEP : Station d'Epuration

Liste des figures

	Page
Figures du chapitre 01	
Figure1.1 : Construction et fonctionnement d'un lit bactérien	18
Figure1.2 : Epuration des eaux usées par lit bactérien	19
Figure1.3 : Epuration des eaux usées par un biodisque.....	19
Figure1.4 : Traitement des eaux usées par boue activée.....	20
Figure1.5 : Biofiltre	21
Figure1.6 : Dégrilleur	22
Figure1.7 : Dessableur	23
Figure1.8 : Déshuileur	23
Figure1.9 : Bentonite... ..	32
Figure1.10 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage nature	36
Figure1.11 : Système de traitement par lagunage aéré.....	36
Figure 1.12 : Système de filtration à écoulement vertical... ..	39
Figure 1.13 : Filtre planté horizontal.....	40
Figure 1.14 : Chenal algal à haut rendement	41
Figure 1.15 : Fonctionnement du lagunage à macrophyte flottants... ..	41
 Figures du chapitre 02	
Figure 2.1 : Carte géographique de la wilaya de Mascara.....	45
Figure 2.2 : Réseau hydrographique de la wilaya de Mascara.....	46
Figure 2.3 : Image satellitaire de la station d'épuration de GHRISS	48
Figure 2.4 : Déversoir d'orage	50
Figure 2.5 : Dégrilleur	50
Figure 2.6 : Dégrilleur+ Dessableur... ..	51
Figure 2.7 : Bassin d'aération... ..	52
Figure 2.8 : Bassin décantation... ..	52
Figure 2.9 : Ouvrage de sortie des eaux épurées.....	53
Figure 2.10 : Schéma général de la station d'épuration GHRISS	53
Figure 2.11 : Laboratoire de la STEP	54
Figure 2.12 : Eau de prélèvement.....	56
Figure 2.13 : Flacon de prélèvement... ..	56
Figure 2.14 : Mesure de la température.....	57
Figure 2.15 : Mesure du pH... ..	58
Figure 2.16 : Mesure de la CE.....	59
Figure 2.17 : Mesure de l'oxygène dissous.....	59
Figure 2.18 : Détermination des matières en suspension	60
Figure 2.19 : Matériel nécessaire pour déterminer la DCO	60
Figure 2.20 : Matériel nécessaire pour déterminer le DBO5... ..	61
Figure 2.21 : Spectrophotomètre AQUAMATE ThermoSpectronic	62
Figure 2.22 : Milieux des cultures utilisés.....	63
Figure 2.23 : Salmonella.....	64

Figure 2.24 : Vibrion cholérique	65
Figure 2.25 : Etapes de traitement de l'eau usée par la bentonite	65

Figures du chapitre 03

Figure 3.1 : Variation de la température à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS.....	69
Figure 3.2 : Variation de PH à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS.....	70
Figure 3.3 : Variation de la CE à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS	71
Figure 3.4 : Variation de l'oxygène dissous à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS	72
Figure 3.5 : Variation des matières en suspension à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS	73
Figure 3.6 : Variation de la DBO5 à l'entrée et sortie de STEP	74
Figure 3.7 : Variation de la DCO à l'entrée et sortie de STEP... ..	75
Figure 3.8 : Variation de NH ₄ ⁺ à l'entrée et sortie de STEP... ..	76
Figure 3.9 : Variation de nitrite à l'entrée et sortie de STEP... ..	77
Figure 3.10 : Variation de l'azote nitrate à l'entrée et sortie de STEP... ..	78
Figure 3.11 : Variation de l'ortho phosphate à l'entrée et sortie de STEP... ..	79
Figure 3.12 : Rendement d'élimination de MES dans le STEP (2023).....	80
Figure 3.13 : Rendement d'élimination de la DBO5 dans le STEP (2023).....	81
Figure 3.14 : Rendement d'élimination de la DCO dans le STEP (2023).....	81
Figure 3.15 : Variation de la biodégradabilité K.....	82
Figure 3.16 : Représentation graphique du T du différent d'échantillon d'eau... ..	84
Figure 3.17 : Représentation graphique du PH du différent d'échantillon d'eau... ..	85
Figure 3.18 : Présentation graphique de la CE du différent d'échantillon d'eau... ..	85
Figure 3.19 : Présentation graphique de l'OD du différent d'échantillon d'eau.....	86
Figure 3.20 : Présentation graphique de la MES du différent d'échantillon d'eau... ..	86
Figure 3.21 : Présentation graphique de la DCO du différent d'échantillon d'eau.....	87
Figure 3.22 : Présentation graphique de la DBO5 du différent d'échantillon d'eau.....	87
Figure 3.23 : Présentation graphique de NH ₄ ⁺ du différent d'échantillon d'eau... ..	88
Figure 3.24 : Présentation graphique du rendement MES de lagunage et l'argile.....	88
Figure 3.25 : Présentation graphique du rendement DCO de lagunage et l'argile.....	89
Figure 3.26 : Présentation graphique du rendement DBO5 de lagunage et l'argile.....	89

Liste des tableaux

Page

Tableaux du chapitre 01

Tableau 1.1 : Exemples de déchets dangereux produit par les industries et entreprises... ..	07
Tableau 1.2 : Echelle de valeurs de DBO5... ..	15
Tableau 1.3 : Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des Eaux usées destinées à l'irrigation	29
Tableau 1.4 : Normes de rejets internationales (OMS)... ..	30
Tableau 1.5 : Normes nationales des eaux usées (DE n° 09-209 en date du 11.06.09)	31
Tableau 1.6 : Propriétés de bentonite... ..	33

Tableaux du chapitre 02

Tableau 2.1 : Situation de l'état de l'épuration dans la wilaya de Mascara.....	48
Tableau 2.2 : Caractéristiques organoleptiques des eaux usées	57
Tableau 2.3 : Gamme d'estimation de la DBO5... ..	61

Tableaux du chapitre 03

Tableau 3.1 : Résultats des analyses physicochimiques des eaux usées brutes et épurées (STEP de GHRISS) Janvier-Mai 2023.	79
Tableau 3.2 : Rendement épuratoires.	80
Tableau 3.3 : Coefficient de la biodégradabilité	82
Tableau 3.4 : Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes, épurées et traités de la station de GHRISS	87

Résumé : L'objectif de notre étude est d'évaluer la performance la station de traitement des eaux usées domestiques de GHRISS (W. Mascara) et son application normative réglementaire. Nous avons effectué un stage au niveau de la STEP où nous avons récolté les résultats des analyses des paramètres physicochimiques de l'eau usée et épurée de 05 mois de l'année 2023. Les résultats enregistrés montrent une performance et un bon fonctionnement de la station. Nous avons voulu donner plus d'importance aux eaux usées de la STEP par l'application d'un traitement naturel argileux pour pouvoir les réutiliser si c'est possible dans différentes utilisations en particulier dans le domaine agricole en se référant à la réglementation algérienne. Nous avons réalisé l'analyse des paramètres physicochimiques et microbiologiques de deux échantillons d'eau usée, épurée issues de la STEP et traitée avec de la bentonite. Les résultats étaient satisfaisants et respectant les normes algériennes.

Mots-clés : Eau usée, eau épurée, bentonite, paramètres physicochimiques et microbiologiques, STEP GHRISS.

Abstract: The objective of our study is to evaluate the performance of the GHRISS domestic wastewater treatment plant (W. Mascara) and its regulatory application. We carried out an internship at the wastewater treatment plant where we collected the results of analyzes of the physicochemical parameters of waste and purified water for 05 months of the year 2023. The results recorded show performance and good operation of the station. We wanted to give more importance to wastewater from the treatment plant by applying a natural clay treatment to be able to reuse if it's possible, in different uses, particularly in the agricultural sector, by referring to the Algerian regulations. We carried out the analysis of the physicochemical and microbiological parameters of two samples of purified wastewater from the treatment plant and treated with bentonite. The results were satisfactory and met Algerian standards.

Keywords: Waste water, purified water, bentonite, physicochemical and microbiological parameters, STEP GHRISS

ملخص

الهدف من دراستنا هو تقييم اداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية و تطبيقها التنظيمي. اجرينا تدريبا داخليا في محطة معالجة مياه الصرف الصحي حيث قمنا بجمع نتائج تحليلات المعلمات الفيزيائية و الكيميائية للنفايات و المياه النقية لمدة 5 اشهر من سنة 2023. و تظهر النتائج المسجلة الاداء و التشغيل الجيد للمحطة. اردنا اعطاء اهمية اكبر لمياه الصرف الصحي الناتجة عن محطة المعالجة من خلال معالجة الطين الطبيعي للتمكن من اعادة استخدامه ان امكن في استخدامات مختلفة خاصة في القطاع الفلاحي و ذلك بالرجوع الى الانظمة الجزائرية. قمنا بتحليل المعايير الفيزيائية و الكيميائية و الميكروبيولوجية لعينتين من مياه الصرف الصحي المنقاة من محطة المعالجة و المعالجة بالبنتونيت. و كانت النتائج مرضية و تفي بالمعايير الجزائرية.

الكلمات الرئيسية مياه الصرف الصحي المياه المعالجة . البنتونيت (الطين) . الخصائص الفيزيائية و الكيميائية و الميكروبيولوجية غريس (ولاية معسكر)

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Abstract	
ملخص	

	Page
Introduction générale	02
Chapitre 1 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées	
Introduction	05
1.1 Généralités sur la pollution	
1.1.1 Définition de la pollution	05
1.1.2 Types de la pollution	
1.1.2.1 Pollution physique	05
1.1.2.2 Pollution chimique	05
1.1.2.3 Pollution biologique	06
1.1.3 Origines de la pollution	
1.1.3.1 Pollution des eaux causées par les rejets industriels	06
1.1.3.2 Pollution des eaux causées par l'agriculture	07
1.1.3.3 Pollution des eaux causées par les usages domestiques	08
1.1.3.4 Pollution des eaux causées par le cycle hydrologique	08
1.1.4 Impact de la pollution sur les écosystèmes	
1.1.4.1 Impact environnemental	09
1.1.4.2 Impact économique	10
1.1.4.3 Impact social	10
1.1.5 Lutte contre la pollution des écosystèmes aquatiques	
1.1.5.1 Traitement physico-chimique	10
1.1.5.2 Traitement biologique	10
1.2 Epuration des eaux usées	
1.2.1 Définition de l'eau usée	11
1.2.1.1 Origines des eaux usées	11
1.2.1.1.1 Eau usée domestique	12
1.2.1.1.2 Eau usée industrielle	12
1.2.1.1.3 Eau usée pluviale	12
1.2.1.1.3 Eau usée agricole	13
1.2.1.2 Paramètres physicochimiques d'une eau usée	13
1.2.2 Définition de l'épuration	
1.2.2.1 Définition et Objectif de l'épuration	17

1.2.2.3	Types de STEP	18
1.2.2.4	Procédés de traitement des eaux usées.....	21
1.2.3	Réutilisation des eaux usées épurées	
1.2.3.1	Réutilisation mondiale des eaux usées épurées	25
1.2.3.2	Réutilisation nationale des eaux usées épurées	26
1.2.3.2.1	Réutilisation municipale	26
1.2.3.2.2	Réutilisation industrielle.....	27
1.2.3.2.3	Réutilisation pour l'irrigation	27
1.2.3.2.4	Production d'eau potable	28
1.2.4	Réglementation mondiale et nationale des eaux usées	
1.2.4.1	Réglementation mondiale des eaux usées	28
1.2.4.2	Réglementation nationale des eaux usées	30
1.2.5	Généralités sur les argiles	
1.2.5.1	Définition d'une argile	32
1.2.5.2	Description et Utilisation de la bentonite.....	32
1.2.5.3	1.2.5.3 Propriétés de bentonite	23
1.2.5.4	1.2.5.4 Types de bentonite	34
1.2.6	Lagunage	
1.2.6.1	Définition du lagunage.....	35
1.2.6.2	Types de lagunage	
1.2.6.2.1	Lagunage naturel.....	35
1.2.6.2.2	Lagunage aéré	36
1.2.6.2.3	Lagunage anaérobie.....	37
1.3	Procédés d'épuration des eaux usées	
1.3.1	Procédés intensifs	
1.3.1.1	Lits bactériens.....	37
1.3.1.2	Boues activées	37
1.3.1.3	Disques biologiques	38
1.3.1.4	Biofiltration	38
1.3.2	Procédés extensifs	
1.3.2.1	Cultures fixées	
1.3.2.1.1	Infiltration percolation.....	38
1.3.2.1.2	Filtration à écoulement vertical.....	39
1.3.2.1.3	Filtration à écoulement horizontal.....	39
1.3.2.2	Cultures mobiles	
1.3.2.2.1	Chenal à haut rendement	40
1.3.2.2.2	Lagunage à macrophyte.....	41
1.3.2.2.3	Lagunage aéré	42
1.3.2.2.4	Lagunage naturel.....	42

Chapitre 2 : Matériels et Méthodes	
Introduction	44
2.1 Aspect général sur la zone d'étude	
2.1.1 Description de la Wilaya de Mascara	
2.1.1.1 Situation géographique	44
2.1.1.2 Situation hydrologique	44
2.1.1.3 Situation agricole	45
2.1.1.4 Situation climatique	46
2.1.1.5 État de l'épuration de la Wilaya de Mascara	47
2.1.2 Présentation de la STEP de GHRISS par lagunage aéré	47
2.2 Étapes de traitement des eaux usées de la STEP de GHRISS	
2.2.1 Filière eau	
2.2.1.1 Prétraitement	
a) Ouvrage de réception : déversoir d'orage	49
b) Dégrillage	50
c) Dessablage	51
2.2.1.2 Traitement biologique	51
2.2.2 Filière boue	53
2.2.3 Performance de la station de GHRISS	
2.2.4 Laboratoire de station de GHRISS	54
2.2.5 Échantillonnages des eaux	
2.2.5.1 Échantillon ponctuel	55
2.2.5.2 Échantillon composite	55
2.2.6 Conditionnement des échantillons	55
2.2.7 Conservation des échantillons	56
2.2.8 Méthodes d'analyses physicochimiques de l'eau brute, épurée de la STEP	
2.2.8.1 Paramètre in situ	56
2.2.8.1.1 Paramètres organoleptiques	57
2.2.8.1.2 Température	57
2.2.8.1.3 Potentiel hydrogène	58
2.2.8.1.4 Conductivité électrique	58
2.2.8.1.5 Oxygène dissous	59
2.2.8.2 Paramètres mesurés au laboratoire	
2.2.8.2.1 Matière en suspension (MES)	59
2.2.8.2.2 Demande chimique en oxygène (DCO)	60
2.2.8.2.3 Demande biologique en oxygène durant 5 jours (DBO ₅)	60
2.2.8.2.4 Matières azotées (NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻)	61
2.2.8.2.5 Matières phosphorées (PO ₄)	62
2.2.9 Méthodes d'analyses microbiologiques des eaux usées	62
2.3 Traitement des eaux usées par l'argile naturelle (bentonite)	65
2.3.2.2 Mode opératoire	65
Conclusion	67

Chapitre 3 : Résultats et discussion

3.1 Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes et épurées de la STEP de GHRIS

3.1.1 Température de l'eau	69
3.1.2 Potentiel hydrogène (pH)	70
3.1.3 Conductivité électrique (CE).....	70
3.1.4 Oxygène dissous(OD).....	71
3.1.5 Matière en suspension (MES).....	72
3.1.6 Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	73
3.1.7 Demande chimique en oxygène (DCO)	74
3.1.8 Ammoniac (NH ₄ ⁺)	75
3.1.9 Nitrite (NO ₂ ⁻)	76
3.1.10 Nitrate (NO ₃ ⁻)	77
3.1.11 Ortho-phosphates (PO ₄ ³⁻)	78
3.1.12 Détermination des rendements épuratoires de la STEP	80

3.2 Résultats des paramètres physicochimiques

3.2.1 Température de l'eau	84
3.2.2 Potentiel hydrogène (pH)	84
3.2.3 Conductivité électrique (CE).....	85
3.2.4 Oxygène dissous (OD).	85
3.2.5 Matière en suspension (MES).....	86
3.2.6 Demande chimique en oxygène (DCO)	87
3.2.7 Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	87
3.2.8 Ammoniac (NH ₄ ⁺)	88
3.2.9 Rendement MES	88
3.2.10 Rendement DCO.....	89
3.2.11 Rendement DBO ₅	89

3.3 Résultats des paramètres microbiologiques..... 90

Conclusion générale..... 92

Références bibliographiques 94

Annexes 98

Introduction générale

Introduction Générale

L'eau est la vie sur terre. En conséquence, l'eau est spéciale. y compris la vie microbienne, les plantes, les animaux, les humains, et même la nôtre, toute la vie sur la planète.

L'eau est une autre ressource abondante dans le monde. Seule une petite partie de l'eau totale de la terre, soit environ 0,5 % de celle-ci, peut être utilisée pour l'agriculture ou la consommation humaine (plus de 70 % de l'eau totale de la planète). Néanmoins, cette maigre quantité d'eau douce doit répondre à tous les besoins de l'humanité. Pour cette raison, il est nécessaire de traiter suffisamment les eaux usées d'une manière naturelle pour lutter contre le stress hydrique.

En Algérie, la croissance démographique récente, l'urbanisation et les changements climatiques ont créé une variété de problèmes complexes. Les problèmes posés par les rejets d'eaux usées et leur influence directe ou indirecte à long terme ou à court terme sur la santé publique et l'environnement s'ajoutent au défi croissant posé par la demande d'eau et sa gestion. L'utilisation du traitement des eaux usées urbaines, souvent chargée d'éléments nutritifs (azote et phosphore) et qui fournit une source supplémentaire d'eau et d'engrais renouvelables et fiables pour l'agriculture, permettrait de protéger les milieux aquatiques récepteurs en plus de préserver les ressources naturelles de surface et souterraines en réponse à cette situation d'épuisement des ressources et de protection de l'environnement.

L'épuration des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement ou leur réutilisation est connue sous le nom de traitement des eaux usées. Les eaux usées sont définies comme des eaux susceptibles de polluer l'environnement lorsqu'elles sont rejetées en raison de leur utilisation domestique, commerciale ou industrielle. Par conséquent, ces effluents collectés par le réseau d'égouts urbain ou privé sont traités afin de protéger les environnements récepteurs. L'objectif des traitements est de réduire les dommages environnementaux causés par les eaux usées. Le recyclage des eaux usées est la pratique consistant à utiliser des eaux traitées à nouveau. La réutilisation des eaux usées est avant tout dans un but agricole. En effet, l'agriculture est l'activité la plus consommatrice en eau au regard de la consommation nette.

Notre travail débute par une introduction où nous montrons l'importance de la réutilisation des eaux usées et se termine par une conclusion. Le travail est réparti en 03 chapitres : Le

Introduction Générale

Chapitre 01 dresse un bilan de connaissances générales sur les eaux usées. Dans le Chapitre 02, nous abordons la méthodologie adoptée pour l'analyse de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux usées brutes (à l'entrée de la STEP) et épurée (à la sortie de la STEP) et traitée avec une argile qu'est « la bentonite ». Le Chapitre 03, expose les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques des eaux usées, épurées et traitées par la bentonite.

Chapitre 01
Bilan de connaissances générales sur
les eaux usées

Introduction

La disponibilité de l'eau est un facteur clé dans tous les phénomènes vitaux de la biosphère, ce qui en fait la matière première la plus importante de notre planète pour les humains, les animaux, les plantes et les microorganismes. Il existe de nombreuses utilisations de l'eau entre les domaines directs et indirects, telles que la boisson et les usages domestiques (préparation des aliments, bain, nettoyage, etc.), l'industrie (opération de fabrication, production d'énergie...) commerce, les services sociaux (hôpitaux, écoles, restaurants) et les activités agricoles, qui sont à la base de l'alimentation humaine. Après toutes ces utilisations, l'eau polluée devient inutilisable, elle est éliminée en la transportant et en la collectant par les canaux d'égouts, et on l'appelle les eaux usées [1].

1.1 Généralités sur la pollution

1.1.1 Définition de la pollution

La pollution est la destruction (ou la dégradation) d'un écosystème ou de la biosphère par l'introduction (humaine), d'entités (physiques, chimiques ou biologiques), un changement brusque ou à long terme des taux de composantes de l'air, de l'eau ou du sol, par une activité humaine (industrie, agriculture) qui provoque la dégradation de l'environnement souvent construit et ressenti [2].

1.1.2 Types de pollution

Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : pollution chimique, physique et biologique.

1.1.2.1 Pollution physique : Il s'agit d'une pollution traduite par la présence des particules de taille et de matière très variées dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. A cela s'ajoutent les matières décantées (plus lourdes que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) [3].

1.1.2.2 Pollution chimique : Elle concerne les nitrates et les phosphates contenus dans les pesticides, les médicaments humains et vétérinaires, les produits ménagers, la peinture, les métaux lourds (mercure, cadmium, plomb, arsenic...), les acides, ainsi que les hydrocarbures utilisés dans l'industrie [4].

1.1.2.2.1 Pollution par le phosphore : Les activités domestiques cumulées de plusieurs résidences ont un impact important sur les plans d'eau. De même, certaines grandes activités anthropiques, telles les exploitations minières et l'agriculture, ajoutent beaucoup de phosphore dans les cours d'eaux. Ce phosphore devient donc disponible pour divers organismes et cause un déséquilibre de l'écosystème, entre autres en causant une eutrophisation accélérée des lacs et une prolifération d'algues bleu-vertes (cyanobactéries) [5].

1.1.2.2.2 Pollution par l'azote : Lorsque la disponibilité des composés azotés dépasse la consommation des plantes, l'excès d'azote se retrouve dans l'environnement, pénétrant souvent dans les écosystèmes aquatiques, en plus les activités industrielles, la fabrication des engrais, les industries chimiques, et les rejets domestiques qui contiennent d'azote (urines). Une fois dans ces écosystèmes, l'azote peut provoquer une prolifération rapide d'algues toxiques, appelées efflorescences algales, qui appauvrissent l'oxygène de l'eau et peuvent créer des zones mortes côtières affectant la vie aquatique [6].

1.1.2.2.3 Pollution liée aux transports maritimes : Le transport maritime peut être à l'origine de pollutions chimiques, souvent causées par des rejets d'hydrocarbures, volontaires ou non, directement dans l'océan. Les marées noires en sont l'exemple le plus frappant [7].

1.1.2.3 Pollution biologique : Une contamination microbiologique correspond à la présence dans l'eau, des bactéries, des parasites ou de virus pathogènes, c'est-à-dire capables de provoquer des maladies. Essentiellement d'origine fécale, leur présence dans l'eau est principalement liée au rejet d'eaux usées insuffisamment épurées dans le milieu [8].

1.1.3 Origines de la pollution

1.1.3.1 Pollution des eaux usées causées par les rejets industriels : Les déchets industriels sont définis comme étant la perte des déchets produits en fabriquant le produit ou lors des processus industriels. Les types de déchets industriels incluent les déchets de la cafétéria, la saleté, le gravier, la maçonnerie, le béton, la ferraille, les ordures, le pétrole, les solvants, les produits chimiques, le bois, le bois de charpente et d'autres déchets semblables. Selon le tableau 1.1, les déchets industriels peuvent être solides, liquides ou gazeux, ils sont divisés en deux catégories les déchets dangereux et les déchets non-dangereux [9].

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

Tableau 1.1 : Déchets dangereux produits par les industries et les entreprises [9].

Générateurs de déchets superflus	Types de déchets superflus
Fabriquant chimiques	Acide et base Solvant Déchets réactifs Eaux usées Matières organiques
Imprimerie	Solutions métalliques Encre Solvant Métaux
Industries pétrolière	Eaux usées Benzène et autres Hydrocarbures Reste du processus d'affinage
Fabriquant de produits en cuirs	Toluène et benzène
Industrie du papier	Contenants de peinture Métaux Solvant
Industrie de la construction	Perte de peinture Solvant Acide at base en forte concentration
Fabrication du métal	Métaux Perte de cyanure Perte de peinture

1.1.3.2 Pollution des eaux usées causées par l'agriculture

Les pesticides sont conçus pour éliminer, supprimer ou repousser les éléments nuisibles à la croissance des plantes, y compris les insectes, les parasites et d'autres plantes. Ils sont employés pour désherber ou combattre les maladies des cultures et à concentration des élevages entraînent un excédent de déjections animales par rapport à la capacité d'absorption des terres agricoles.

Le ruissellement des eaux de pluie ou d'arrosage drainent le sol et transportent vers des cours d'eau les produits de traitement des cultures (engrais et pesticides) [10]. Ces déjections et ces pesticides, sous l'effet du ruissellement de l'eau et de l'infiltration dans le sous-sol, enrichissent les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés et constituent une source de pollution bactériologique [11].

1.1.3.3 Pollution des eaux usées causées par les usages domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont essentiellement, porteuses de pollution organique. Les activités humaines qui génèrent des eaux usées domestiques et des déchets toxiques polluent l'eau en la contaminant par des micro-organismes et des substances toxiques avec les eaux usées provenant des sanitaires chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux, les produits d'entretien ou cosmétiques (savons de lessives, détergents), les peintures, solvants, huiles et les débris organiques [12].

1.1.3.4 Pollution des eaux causées par le cycle hydrologique

Lorsque les substances contaminent les sources d'eau et les rendent impropres à la consommation, au nettoyage et à la baignade, les sources sont contaminées. Les polluants de l'eau comprennent les déchets et les produits chimiques (polluants atmosphériques provenant également de pratiques humaines comme les émissions de gaz des voitures, des usines et même des boulangeries), les parasites et les bactéries.

En raison du cycle de l'eau, tous les types de contamination finissent dans l'approvisionnement en eau, où ils agissent comme des toxines ou causent des maladies telles que le choléra. Les produits chimiques toxiques peuvent également affecter les animaux et les plantes, qui peuvent alors affecter les humains lorsque des animaux ou des plantes entrent dans l'approvisionnement alimentaire.

La pollution influe sur les changements climatiques, ce qui influe sur la disponibilité et la qualité de l'eau. L'activité humaine est principalement responsable des émissions atmosphériques, qui sont continuées, parce que ces émissions entraînent une augmentation de la température et donc une augmentation des niveaux d'évaporation. Les oxydes d'azote et le soufre sont émis dans l'atmosphère, générant des pluies acides qui retournent sur Terre par le cycle de l'eau [13].

1.1.4 Impact de la pollution sur les écosystèmes

Il est de notoriété publique qu'environ les deux tiers du monde sont constitués d'eau, ce qui signifie que prendre soin de l'eau de la Terre devrait être une priorité pour tous dans le monde. Lorsque des microorganismes et des substances chimiques nuisibles contaminent des plans d'eau, ils réduisent la qualité de l'eau et la rendent potentiellement toxique. La pollution de l'eau peut avoir des effets négatifs sur notre santé, l'environnement et l'économie [14].

1.1.4.1 Impact environnemental

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

Les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples. Elles conduisent à des mortalités massives d'espèces et ont des effets moins visibles : une eutrophisation des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme et des maladies [8].

- Mortalités liées aux altérations de la physico-chimie

Les altérations physico-chimiques sont des modifications des caractéristiques des milieux, comme la salinité, l'acidité ou la température de l'eau. Dépassées un certain seuil, ces modifications deviennent toxiques pour les organismes vivant dans le milieu [8].

- Eutrophisation des milieux

Lorsqu'un écosystème aquatique reçoit une quantité excessive de nutriments de sources humaines (en particulier le phosphore et l'azote), il présente un ensemble de symptômes connus sous le nom d'eutrophisation. On parle de "prolifération des plantes" lorsque des plantes ou des algues apparaissent soudainement après l'ajout de substances contenant ces nutriments (nitrates et phosphates). Les températures élevées, l'abondance de lumière et le faible taux de renouvellement de l'eau amplifient ce phénomène [8].

- Effets toxiques sur les êtres vivants

Les substances polluantes ont un effet toxique sur les êtres vivants. Cela signifie que, lorsqu'elles pénètrent dans l'organisme, elles sont néfastes à sa survie ou sa santé. Une distinction est faite entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique.

La toxicité aiguë est la réaction soudaine de l'organisme à une quantité importante d'une substance toxique. Elle peut entraîner la mortalité partielle ou totale des différents êtres vivants dans le milieu pollué. Parfois, elle ne provoque pas de mortalité mais réduit fortement la capacité des organismes à survivre à une autre perturbation.

La toxicité chronique est la réaction d'un organisme exposé sur une longue période à de petites quantités de substances polluantes. Elle fait suite à la présence régulière (voire permanente) de ces substances en faible concentration dans l'eau. Elle peut provoquer des maladies, des déficiences physiologiques (le dysfonctionnement d'un organe par exemple), mais peut aussi affecter la reproduction [8].

1.1.4.2 Impact économique

L'eau polluée peut avoir de nombreux effets négatifs sur l'économie. Elle touche directement des secteurs comme la pêche commerciale, les entreprises de loisirs, le tourisme et même la

valeur des propriétés, qui dépendent tous beaucoup de l'eau potable. L'eau potable polluée peut aussi augmenter les coûts de traitement, ce qui fait augmenter le coût de l'eau potable [14].

1.1.4.3 Impact social

L'eau insalubre a de graves répercussions sur la santé humaine. Selon le Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau en 2021 de l'UNESCO, environ 829 000 personnes meurent chaque année de diarrhée causée par l'eau potable insalubre, l'assainissement et l'hygiène des mains [15]. L'eau contaminée et le manque d'assainissement entraînent la transmission de maladies à transmission hydrique (MTH) comme le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la fièvre typhoïde et la poliomyélite [16].

1.1.5 Lutte contre la pollution des écosystèmes aquatiques

1.1.5.1 Traitement physico-chimique

Le traitement physico-chimique peut être défini comme l'ensemble des réactions chimiques visant à transformer les substances polluantes solubles en solutions, en précipités ou en solides stables qui après solidification (traitements d'élaboration de déchets ultimes) pourront être acceptés en CSDU de Classe I. Donc le traitement des eaux, consiste en une précipitation au fond des bassins des matières polluantes sous l'effet de produits chimiques et en une séparation des boues formées de l'eau épurée restituée à la rivière [17].

Ce traitement a pour but de modifier les caractéristiques physiques des particules polluantes par ajout de produits chimiques (coagulants et flocculants) afin de faciliter la formation des écailles et leur future séparation ou élimination de l'eau. Ce processus comporte deux étapes :

- Coagulation – flocculation : au moyen de produits chimiques qui déstabilisent les colloïdes et augmentent leur taille. Par la suite, après un processus de Co adjuvantation, la formation de coagulums est facilitée par l'ajustement du pH dans la chambre de coagulation.
- Séparation physique des solides de l'eau par décantation, flottation ou filtration [18].

1.1.5.2 Traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est réalisé à travers une série de processus importants qui ont en commun l'utilisation de micro-organismes (parmi lesquels nous soulignons les bactéries) pour éliminer les composants hydrosolubles. Ces processus exploitent la capacité des micro-organismes à absorber la matière organique et les

nutriments (azote et phosphore) dissous dans les eaux usées pour alimenter leur propre croissance. Lorsqu'ils se multiplient, ils s'agrègent et forment des flocs macroscopiques de masse critique suffisante pour se déposer en un temps raisonnable [19].

1.2 Epuration des eaux usées

1.2.1 Définition des eaux usées

Une eau usée est définie comme de l'eau qui contient des polluants solubles ou insolubles, provenant principalement de l'activité humaine. Le terme "eaux usées" fait référence à un mélange de polluants relevant de ces catégories qui ont été dispersés ou dissous dans de l'eau qui a été utilisée à des fins domestiques ou commerciales. Ainsi, sous le terme « eaux usées », on désigne des eaux d'origines très différentes ayant perdu leurs puretés, ou plus précisément, leurs caractéristiques naturelles en raison de l'impact des polluants après avoir été utilisées pour des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles [20].

1.2.1.1 Origine des eaux usées

Selon l'origine des eaux usées, quatre grandes catégories sont distinguées :

- Eaux usées domestiques ;
- Eaux usées industrielles ;
- Eaux pluviales ;
- Eaux agricoles.

1.2.1.1.1 Eaux usées domestiques

Les eaux grises, ou eaux usées domestiques provenant d'activités telles que lave-vaisselle, la lessive, se laver les mains, prendre un bain ou prendre une douche, sont des eaux à faible teneur en toxines mais à haut risque pour la santé. Les matières fécales, les cosmétiques ou tout autre type de sous-produit industriel mélangé à l'eau font partie des polluants ou substances que l'on retrouve dans les eaux usées ou « eaux noires », les plus difficiles à éliminer.

Les eaux noires, ainsi nommées parce qu'il s'agit d'excréments humains (fèces, urine, sang et autres fluides corporels), sont fréquemment combinés avec du papier hygiénique ou des lingettes humides usagés ou fluides industriels excédentaires provenant de sources

domestiques (boissons, huiles de cuisson, pesticides, huiles de graissage, peinture, détergents de nettoyage, etc.) [21].

1.2.1.1.2 Eaux usées industrielles

Les installations industrielles consomment beaucoup d'eau. Les eaux usées industrielles ont généralement une composition plus spécialisée qui est directement liée au type d'industrie envisagée [22]. On peut catégoriser les rejets industriels majeurs en fonction des types de nuisances qu'ils dégagent :

-Pollution par les matières minérales en suspension (lavage de charbon, carrières, tamisage de sable et de gravier, fabrication d'engrais phosphatés, etc.) ;

-Pollution par les matériaux en solution minérale (usine de décapage, galvanisation) ;

-Pollution par les matières organiques et les graisses (industries agro-alimentaires, équarrissage, pâte à papier...) ;

-Pollution par divers rejets d'hydrocarbures et de produits chimiques (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques, etc.) ;

-Pollution par les rejets toxiques.

1.2.1.1.3 Eaux usées pluviales

L'eau de pluie contient une certaine pollution et peut gravement détériorer les cours d'eau, en particulier lors des tempêtes. Ces eaux sont en charge de :

-Contaminants dans l'air (émanations industrielles, résidus de pesticides, etc.),

-Contaminants qui se sont déposés par ruissellement sur les toits et les chaussées de la ville (huiles d'égout, carburants, résidus de pneus, métaux lourds, etc.).

-Eaux usées domestiques et eaux pluviales pouvant être collectées simultanément ou séparément [23].

1.2.1.1.4 Eaux usées agricoles

La pollution des cultures (pesticides et engrais) et du bétail (fumier et fumier) est considérée comme un exemple de pollution agricole. Toutes les eaux usées ou transformées jugées

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

impropres à la consommation et provenant directement ou indirectement d'établissements agricoles sont considérées comme des eaux usées.

Dans le cas d'un établissement d'élevage ces eaux comprennent :

- Les eaux de lavage du matériel de traite et du réservoir à lait
- Les eaux de lavage des pis (vache, chèvre, mouton).
- Les eaux d'évier.
- Les eaux utilisées pour nettoyer les camions utilisés pour le transport, les installations et l'équipement [24].

1.2.1.2 Paramètres physicochimiques des eaux usées

Dans le domaine du traitement de l'eau, différents paramètres sont utilisés pour Mesurer la qualité de l'eau. Ces paramètres sont essentiels pour la conception des stations d'épuration, le choix des procédés de traitement, le dosage des réactifs et/ou la mesure de la réduction des polluants. Nous pouvons citer :

1.2.1.2.1 Paramètres organoleptiques

-Couleur : La couleur de l'eau peut être modifiée par des substances qui se décomposent à partir de matières organiques. Les matériaux inorganiques comme les roches, la saleté et les pierres peuvent également influencer la couleur de l'eau. Même si ces changements de teinte de l'eau peuvent causer des préoccupations esthétiques, ils n'ont aucun effet sur le goût de l'eau [25].

-Odeur : Les odeurs proviennent généralement des substances volatiles. Un changement anormal ou une apparition d'une odeur sont la caractéristique d'une dégradation de la qualité qui est souvent le précurseur d'une pollution. Les paramètres d'odeurs disposent d'une référence de qualité pour les eaux d'alimentation et les eaux brutes. Les eaux résiduelles industrielles se caractérisent par une odeur de moisi [26].

1.2.1.2.2 Paramètres physiques

Température : La température est un élément écologique crucial de l'environnement, et son augmentation peut nuire considérablement à la vie aquatique (pollution thermique). La température de certains rejets diffère considérablement de celle des environs. Une

thermosonde (ou thermomètre) est utilisée pour mesurer la température [27]. Afin de déterminer le pH et de comprendre l'origine de l'eau ainsi que les mélanges potentiels, il est crucial de connaître la température exacte de l'eau car elle affecte la solubilité des sels et, en particulier, des gaz [28].

Potentiel d'hydrogène : La mesure de pH (Potentiel Hydrogène) permet de définir le caractère acide d'une solution, ou son opposé, à savoir, basique (ou alcalin). Le pH se mesure à l'aide d'un pH-mètre sur une échelle de 0 à 14. Une solution est dite équilibrée ou neutre pour un pH de 7, qui est exactement au milieu de l'échelle. En dessous, la solution est acide, et au-dessus, elle est basique.

Le pH d'une eau rejetée dans le milieu naturel doit obligatoirement se situer à en-dessous de 8,5 maximum, afin de préserver le milieu naturel [29].

Conductivité électrique : Les ions et les sels dans l'eau lui donnent la conductivité, ou la capacité de porter un courant électrique. Il est possible de mesurer et d'exprimer cette conductivité en unités $\mu\text{s/cm}$. Cette mesure ne quantifie pas réellement la quantité de sels et d'ions dans l'eau ; elle fournit seulement une idée générale.

Une valeur de conductivité trop faible entraînera une eau qui est déficiente en sels minéraux et ne convient pas à la croissance des êtres vivants. En revanche, une valeur élevée pourrait indiquer que l'eau doit être renouvelée afin d'éviter l'excès de sels qui est mauvais pour la croissance des poissons. Cet excès de sels est souvent sous forme de nitrate [30].

Matières en suspension : L'eau qui contient de fines particules en suspension provient soit de sources naturelles, comme la pluie, soit de rejets urbains et industriels. Leur effet néfaste est mécanique, par la formation de sédiments et d'un écran qui empêche une bonne pénétration de la lumière (réduisant la photosynthèse) d'une part, et obstruant les branchies des poissons de l'autre. En accumulant des polluants potentiels dans les sédiments, ils ont également un effet chimique [31].

1.2.1.2.3 Paramètres chimiques

Demande chimique en oxygène : La DCO correspond à la quantité d'oxygène (en mg) consommée chimiquement (dans les conditions de test) pour oxyder toutes les espèces oxydables présentes dans un litre d'échantillon d'eau. Contrairement à la valeur DBO qui ne représente que la quantité de matière organique naturellement dégradable, la valeur DCO prend également en compte la plupart des composés réfractaires ou non dégradables. De plus, contrairement à la DBO, elle a l'avantage d'être rapide et reproductible [32].

Demande biochimique en oxygène : La DBO₅ est le volume d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour oxyder (dégrader) les matières organiques dans un échantillon d'eau à 20°C lorsqu'il est laissé dans l'obscurité totale pendant cinq jours. Ce paramètre est un prédicteur fiable de la quantité de matières organiques biodégradables dans les eaux usées ou les eaux naturelles polluées. Il faut deux échantillons : un pour mesurer la concentration d'oxygène au début et un autre échantillon pour mesurer la concentration d'oxygène après cinq jours. Entre ces deux concentrations, il y a une différence appelée DBO₅. Plus la différence est grande, plus l'environnement exige d'oxygène et plus les déchets sont déséquilibrés, plus il y a de déchets à traiter [33].

Tableau 1.2 : Echelle de valeurs de DBO₅ [33].

Situation	DBO ₅ (mg/l)
Eau naturelle pure et vive	<1
Rivière légèrement polluée	1 < c < 3
Egout	100 < c < 400
Rejet station d'épuration efficace	20 < c < 40

Oxygène dissous : L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène gazeux O₂ dissous dans l'eau. L'oxygène pénètre dans l'eau par absorption directe de l'atmosphère, par déplacement rapide ou comme déchet de la photosynthèse des plantes. La température et le volume d'eau en mouvement affectent les niveaux d'oxygène dissous. En effet, la forte présence de matière organique dans un plan d'eau par exemple, permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène. L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu eau [34].

Phosphates : Les phosphates (appelés aussi ortho phosphates) (ions PO₄) sont la forme la plus simple et la plus répandue du phosphore dans l'eau. Chaque litre d'eau qui arrive dans les stations d'épuration contient encore en moyenne 9 mg de phosphates. Il faut réduire cette teneur forte en sortie car les composés phosphorés, éléments nutritifs pour les végétaux, induisent une prolifération d'algues dans les eaux de surface [35].

Phosphore total : C'est la quantité de phosphore présente dans un échantillon de phosphates ou de composés organophosphorés. En raison de la dégradation de la matière organique et de la lixiviation de certains minéraux, le phosphore est présent dans les eaux

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

naturelles. Le drainage des terres agricoles fertilisées ainsi que les rejets d'eaux domestiques et industrielles contribuent tous à augmenter la concentration.

Le phosphore n'est pas toxique pour les animaux, ou poissons, et la principale raison pour laquelle la teneur en phosphore est réglementée est de ralentir l'eutrophisation des systèmes aquatiques [36].

Nitrites (NO₂) : Les nitrites sont formés lors de l'oxydation de l'ammonium (dans un bassin d'aération par exemple, lors du processus de nitrification). Ils sont très toxiques pour la faune aquatique car ils perturbent la fixation de l'oxygène, surtout lorsque le pH est inférieur à 7, et provoque rapidement l'asphyxie des poissons. Les nitrites peuvent aussi poser des problèmes de santé publique s'ils sont présents dans l'eau du robinet (maladie bleue du nourrisson) mais heureusement les réseaux d'eau potable sont très contrôlés. Pour cela, on peut dire que la concentration en NO₂ ne devrait pas dépasser 1mg/l dans les rejets de stations [37].

Nitrate (NO₃) : Le nitrate est une substance chimique naturelle qui entre dans le cycle de l'azote. Il est présent à l'état naturel partout dans l'environnement. Il se crée dans l'atmosphère lors de l'oxydation de l'azote par les microorganismes des plantes, du sol ou de l'eau.

Dans le milieu aquatique, le nitrate est moins toxique que les autres formes de l'azote, comme le nitrite et l'ammoniac. Cependant, les recherches indiquent que le nitrate peut avoir un impact sur les premiers stades du développement des organismes aquatiques : il réduit la capacité du sang à transporter l'oxygène et perturbe l'équilibre acide-base. On observe parfois des retards de croissance ainsi qu'une augmentation de la mortalité des organismes devenus léthargiques [38].

Ammoniac : L'ammoniac se trouve naturellement dans l'eau, étant produit par la décomposition de la matière organique ainsi que par l'homme à travers la production d'engrais, de plastiques, de produits pharmaceutiques et de pétrochimiques.

L'ammoniac est toxique pour la vie aquatique et a été déclaré toxique à des niveaux aussi bas que 0,5 mg/L. Un taux élevé d'ammoniac dans les eaux naturelles peut entraîner un excès de croissance des algues, ce qui empêche les rayons solaires d'atteindre la vie aquatique et les plantes causant éventuellement la mort. L'action bactérienne peut entraîner une accumulation élevée d'ammoniac dans les eaux usées. Avant que les effluents ne soient

rejetés, les stations de traitement des eaux usées doivent surveiller de près les niveaux d'ammoniac afin de protéger l'écosystème aquatique local [39].

1.2.2 Définition de l'épuration

1.2.1.1 Définition et Objectif de l'épuration

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable [40]. Elle consiste à en éliminer les contaminants, principalement avec des eaux usées domestiques, mais aussi des eaux naturelles contaminées ou polluées, par exemple en lagunage.

L'épuration comprend des processus physiques, chimiques et biologiques pour éliminer ces contaminants et produire des eaux usées retraitées pour devenir sans danger pour l'environnement : ce sont des effluents traités. Elle a pour objectif de protéger la santé et la salubrité publique ainsi que l'environnement contre les risques liés aux rejets des eaux usées, notamment domestiques [41].

1.2.2.2 Rôle d'une STEP

La STEP est dotée de plusieurs rôles :

- Assurer l'évacuation et le traitement des eaux usées et des excréments en minimisant les risques pour la santé et pour l'environnement.
- Protection et la sauvegarde des ressources et de l'environnement hydriques.
- Lutte contre les sources de pollution hydrique.
- Préservation de la santé publique.

1.2.2.3 Types de STEP

Les différents types de stations d'épuration dépendent du procédé d'épuration principal utilisé et des dispositifs mis en œuvre.

Lits bactériens : Les lits bactériens, largement utilisés dans le passé, sont aujourd'hui réservés aux petites collectivités et quelques industries. Les lits se différencient par la nature du matériau utilisé (plastique, minéral, en vrac, ordonné) et sont moins gourmands en

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

énergie que les boues activées, plus résistants aux variations de charge (applications industrielles), donnent des boues facilement décantables [42].

Un lit bactérien (fig. 1.1) est un lit fixe, filtre biologique qui fonctionne sous conditions aérobies essentiellement. Les eaux usées stabilisées sont versées goutte à goutte ou pulvérisées sur le lit (fig. 1.2). Comme l'eau migre à travers les pores du lit, les matières organiques sont dégradées par la biomasse couvrant le matériau filtrant [43].

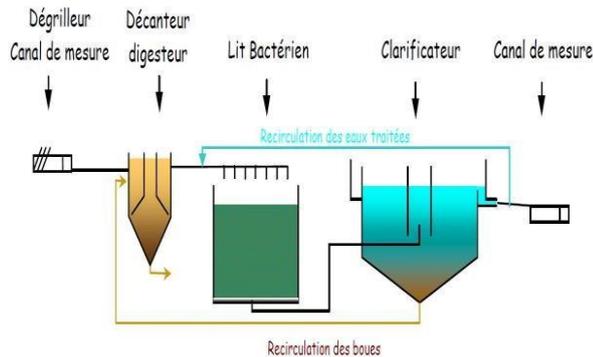


Figure 1.1 : Construction et fonctionnement d'un lit bactérien.

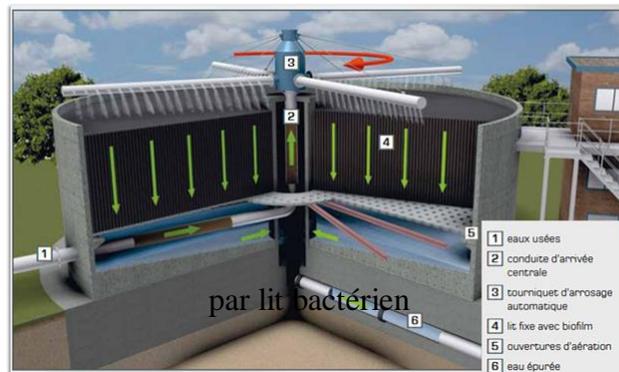


Figure 1.2 : Epuration des eaux usées par lit bactérien.

Bio-disques : Après un abandon presque total, cette technologie a continué à évoluer dans d'autres pays et réapparaît aujourd'hui. La technologie Bio-disque (fig. 1.3) est un procédé

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

d'épuration mettant en jeu un traitement biologique aérobie à biomasse fixée. Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation pour assurer à la fois la mise en contact des bactéries avec l'effluent, leur oxygénation et le mélange [44].

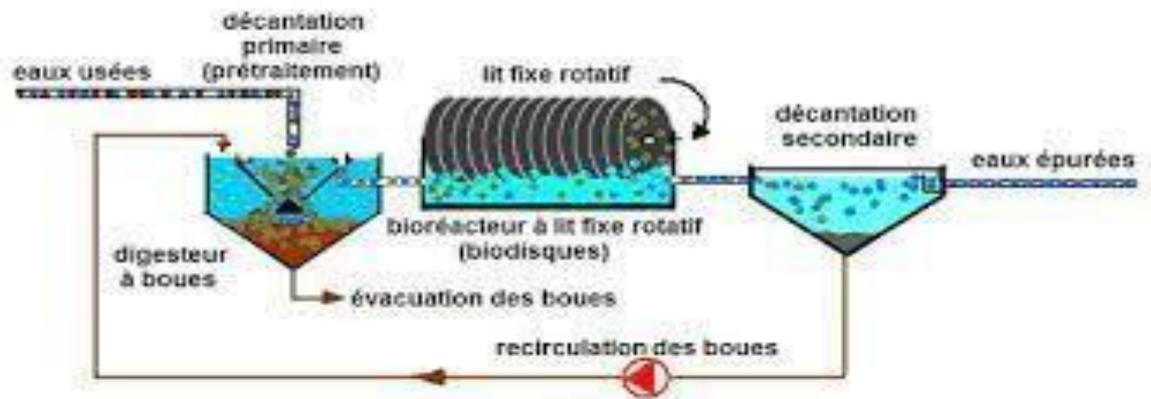


Figure 1.3 : Epuration des eaux usées par un biodisque

Boue activée : Le traitement biologique par boues activées (fig. 1.4) élimine la majeure partie de la matière organique des eaux usées. Ce traitement est généralement réalisé dans une cuve à boues activées, qui est un bioréacteur à alimentation et aération continues. L'aération peut être assurée en surface par des turbines ou en fond par un procédé de rampe de distribution de bulles alimenté par des suppresseurs ou des compresseurs d'air. Dans le bassin, les cultures bactériennes restent en contact avec les polluants sous forme de floccs en suspension. Cette culture bactérienne, également appelée boue activée ou biomasse, est ensuite séparée du liquide purifié par gravité dans un décanteur. La plupart des boues épaissies sont ensuite recyclées vers le bioréacteur où elles sont mélangées aux eaux usées de l'accident et seule une petite partie est retirée du système [45].

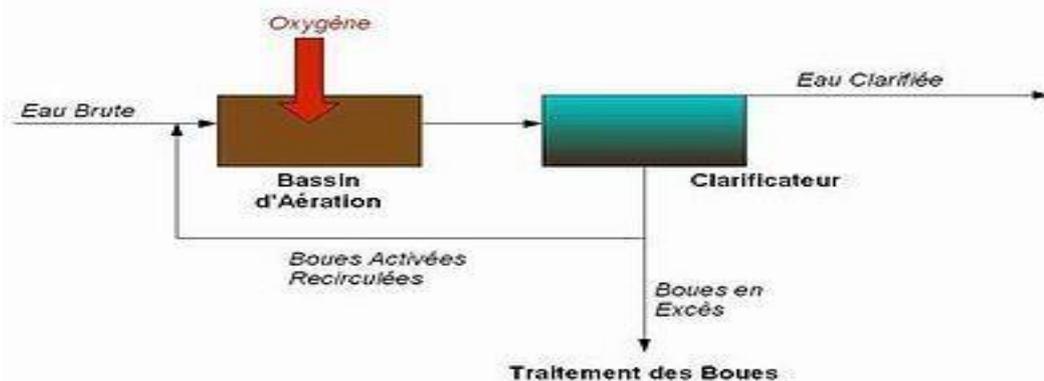


Figure 1.4 : Traitement des eaux usées par boue activée.

Lagunage : Le lagunage est un procédé extensif, simulant le fonctionnement d'un plan d'eau et nécessitant des disponibilités foncières. Il existe plusieurs types de lagunage naturel, lorsque l'aération est uniquement due au batillage, et aéré, lorsque l'aération est forcée par des aérateurs de surface. Généralement un ensemble lagunaire de traitement des eaux est un ensemble de 3 bassins dont le premier, le plus grand, assure le principal du traitement, les deux autres assurant l'affinage. Les temps de séjours varient d'une vingtaine de jours pour les lagunes aérées à 3 mois pour les lagunes naturelles [46].

Biofiltration : Un biofiltre (fig. 1.5) est un filtre biologique avec un lit filtrant dans lequel les eaux usées sont soumises à l'action de micro-organismes qui contribuent à leur décomposition. Les processus de dégradation ou de filtration sont effectués par des organismes vivants et non par des actions mécaniques [47].

Le principe de fonctionnement des biofiltres est basé sur l'oxydation des substances polluantes effectuée par les bactéries qui vivent dans le « biofilm » et s'alimentent des substances organiques présentes dans l'air. L'air entrant dans le biofiltre passe du bas vers le haut du lit filtrant, qui est constitué d'un support organique avec une couche de « biofilm » habitée par les micro-organismes qui métabolisent les polluants présents dans l'air à traiter [48].

1.2.2.4 Procédés de traitement des eaux usées

1.2.2.4.1 Prétraitement

Le prétraitement vise à protéger le relèvement des eaux brutes et plus généralement à éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs. Suivant la qualité de l'eau à traiter, plusieurs opérations peuvent être nécessaires, parmi lesquelles :

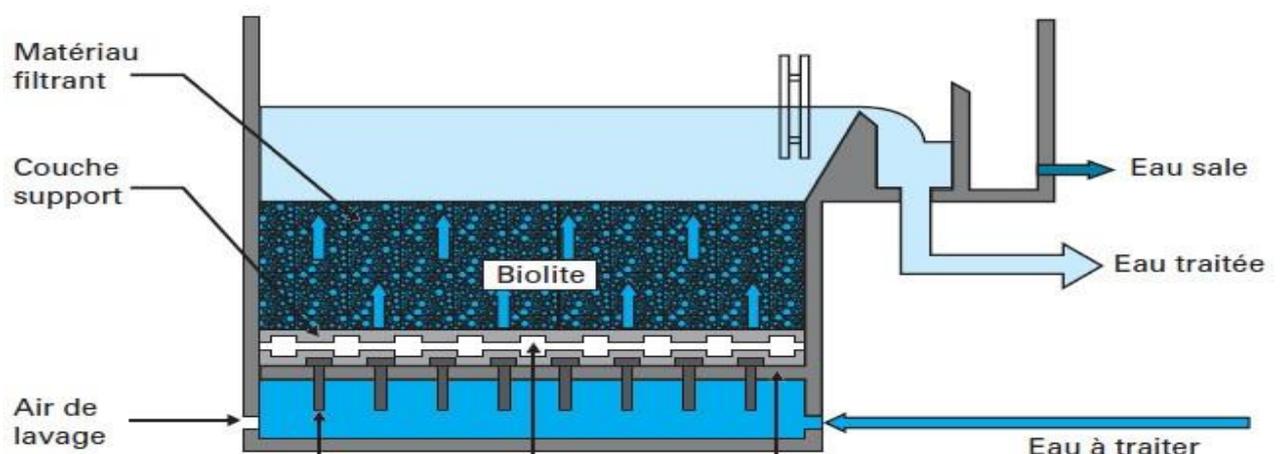


Figure 1.5 : Biofiltre.

Dégrillage : Le dégrillage est assuré par dégrilleur (fig. 1.6). L'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 6 à 100 mm La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s [49]. Le dégrillage a pour objectif :

- Élimination des déchets volumineux.
- Protection de la station de traitement.



Figure 1.6 : Dégrilleur

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

Le classement des dégrilleurs peut s'effectuer selon leur système d'évacuation des déchets :

- Les grilles manuelles qui doivent être nettoyées à la main très régulièrement.
- Les grilles mécaniques qui sont équipées d'appareils assurant leur nettoyage automatique.

Dessablage : Le dessablage (fig. 1.7) s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200mm [49]. Il a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, ainsi que les filasses de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion [50].

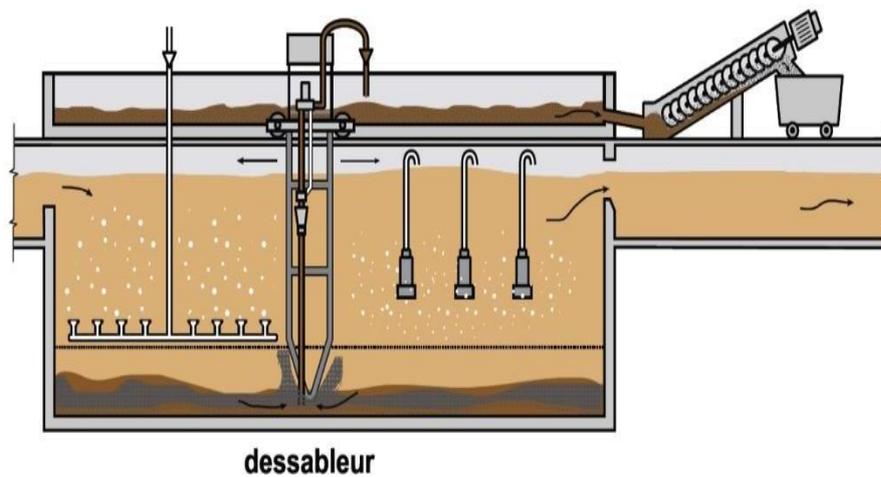


Figure 1.7 : Dessableur.

Dégraissage-Déshuilage (fig. 1.8) : Le dégraissage vise à éliminer les graisses des eaux usées car ces substances peuvent nuire à l'efficacité des traitements biologiques ultérieurs. La flottation est utilisée pour le dégraissage. La remontée de la graisse à la surface est rendue possible par l'injection d'air au bas de la structure. La graisse est raclée à la surface et jetée ensuite (décharge ou incinération) [51].



Figure 1.8 : Déshuileur.

1.2.2.4.2 Traitement primaire (décantation-flottation)

La plupart des éléments solides sont enlevés pendant le traitement primaire à l'aide de boucliers et de réservoirs. Comme environ 35 % des polluants à éliminer sont des solides, cette étape est cruciale. En général, les moustiquaires sont grillagées et ont une ouverture de 10 mm, ce qui est assez petit pour filtrer de gros résidus et des objets comme des bâtons et des déchets qui se retrouvent dans les eaux usées. Ces déchets sont mis en décharge.

L'eau est ensuite mise dans des réservoirs (ou des clarificateurs) où elle y reste pendant plusieurs heures, permettant aux particules solides de se déposer dans le fond et aux particules plus légères de remonter à la surface formant de l'écume. L'écume et les particules au fond de l'eau sont ensuite retirées, cette eau usée a été partiellement traitée et est prête pour le traitement secondaire. Le traitement primaire retire plus de 50 % de la Demande biologique en oxygène, environ 90% des éléments solides et jusqu'à 55% de coliformes fécaux. Même si le traitement primaire enlève une grande partie de substances nuisibles, ce n'est pas suffisant pour assurer que toutes les substances polluantes ont été enlevées [52].

1.2.2.4.3 Traitement secondaire

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

Le traitement secondaire consiste à utiliser des bactéries pour éliminer les polluants restants. Ceci est accompli en forçant le mélange entre les eaux usées, les bactéries et l'oxygène. L'oxygène aide les bactéries à éliminer plus rapidement les polluants. L'eau est ensuite mise dans d'autres réservoirs où les particules solides se déposent à nouveau dans le fond, rendant l'eau entre 90 et 95% sans polluants. Le traitement secondaire enlève environ 85 à 90% de DBO et des particules en suspension et environ 90 à 99% des bactéries coliformes. Quelques usines de traitement utilisent un filtre sableux comme étape supplémentaire pour enlever d'autres polluants. L'eau est ensuite désinfectée avec du chlore, de l'ozone, des rayons ultraviolets et ensuite déchargée.

Les particules qui sont enlevées des réservoirs et l'écume qui est retiré durant le traitement primaire, sont traitées séparément de l'eau. Les bactéries Anaérobies (les bactéries Anaérobies ne nécessite pas d'oxygène) alimentent les particules solides pendant 10 à 20 jours à une température d'environ 38°C. Ce procédé diminue l'odeur et les particules solides ce qui crée un gaz hautement combustible composé de méthane et de dioxyde de carbone qui peut servir à chauffer l'usine de traitement. Finalement, le reste de particules solides forme une boue qui va être envoyée dans une centrifugeuse. La centrifugeuse est une machine qui tourne très rapidement ce qui force le liquide à sortir de la boue. Le liquide peut ensuite être retourné à l'usine de traitement des eaux usées et la boue va servir comme fertilisant aux sols [52].

1.2.2.4.4 Traitement tertiaire (élimination de l'azote et du phosphore)

Le traitement tertiaire (ou avancé) enlève les substances dissoutes, comme la couleur, les métaux, les produits chimiques organiques et les substances nutritives comme le phosphore et l'azote. Il y a un certain nombre de processus de traitement physiques, chimiques et biologiques qui sont utilisés pour le traitement tertiaire. Un des processus de traitement biologiques est appelé le Déplacement Nutritif Biologique (BNR). Dans ces usines de traitement, les eaux usées subissent d'abord le traitement principal et secondaire. Pour le traitement tertiaire, le BNR se produit dans le bioréacteur. Le processus BNR utilise des bactéries dans différentes conditions situées dans plusieurs réservoirs pour éliminer (par digestion) les polluants dans l'eau. Il y a trois réservoirs ayant tous des environnements uniques avec des quantités d'oxygène différentes. L'eau va passer par les trois réservoirs, le phosphore est enlevé et l'ammoniac est détruit dans le nitrate et l'azote (gaz) car les

bactéries ne peuvent pas l'éliminer. Le processus BNR enlève plus de 90% de phosphate tandis que les processus traditionnels enlèvent beaucoup moins de 90%. L'eau va environ neuf fois dans le bioréacteur, avant son entrée dans le clarificateur secondaire qui est un réservoir où la boue chargée de bactéries descend au fond du réservoir [52].

1.2.3 Réutilisation des eaux usées épurées

1.2.3.1 Réutilisation mondiale des eaux usées épurées

Au fur et à mesure que la population mondiale augmente, le changement climatique s'aggrave et les températures augmentent, tout comme le niveau de l'eau douce, ce qui exacerbe le problème de pénurie d'eau et menace les guerres futures.

Il existe un principe appelé « la réutilisation des eaux usées traitées », une pratique très répandue dans le monde, principalement dans les zones touchées par des pénuries d'eau chroniques, pour l'irrigation, les procédés industriels et même de l'eau potable. Un des exemples majeurs est la capitale de la Namibie, Windhoek, qui fut le premier cas de réutilisation des eaux usées pour produire de l'eau potable et ce, dès 1969 [53]. L'Australie, la Tunisie, le Chypre, le Singapour, les Etats-Unis ou encore l'Espagne utilisent également cette pratique ayant pour objectif de satisfaire de 10 à 60 % de leurs besoins en eau par la réutilisation des eaux usées épurées [54]. En Europe, à peine 2% des effluents de station d'épuration sont réutilisés et en France cette pratique ne représente que 0,2% des eaux usées traitées réutilisées chaque année. Cependant, il existe 122 cas en France concernant l'irrigation agricole ou l'arrosage de golfs [53].

1.2.3.2 Réutilisation nationale des eaux usées épurées

La réutilisation des eaux usées épurées « REUE » est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale [55].

Les résultats obtenus montrent que les potentialités hydriques, y compris les eaux de surfaces et les eaux souterraines, s'élèvent à 18 milliards de m³. Elles restent très faibles par rapport à la demande croissante de la population. Quant aux ouvrages de traitement et

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

d'épuration, leur nombre a augmenté d'une façon remarquable ses dernières années. Il est enregistré en 2015, 200 STEP et 350 stations de pompage. Le volume annuel des eaux usées générées par la population algérienne est de 927 millions m³/an, dont, 700 millions m³/an sont traitées par l'ONA et réutilisées par les activités industrielles (3,1 millions m³/an), l'irrigation agricole (3,4 millions m³/an). En 2014, l'ONA compte 108 STEP en exploitation dont 60 stations de lagunage. Le ministère des ressources en eaux compte 97 barrages pour le stockage de 9,1 milliards de m³ d'eau.

Le Plan national a visé à augmenter progressivement le taux de réutilisation à 50 % en 2020 et 55 % en 2030. À la fin de 2019, 200 stations de traitement des eaux usées étaient en exploitation et 75 en construction, avec une capacité de traitement de plus de 1800 millions de m³/an. Le nombre d'usines a augmenté de 7 stations par année, augmentant les capacités de purification des eaux usées de 297 millions de m³, soit une augmentation de 45 % par rapport à 2014. La réutilisation de 25% de ce potentiel au cours des 15 prochaines années permettra plus de 45000 hectares de terres agricoles, soit une moyenne de 3000 hectares par an [56].

1.2.3.2.1 Réutilisation municipale

Le taux de réutilisation de l'eau propre dans les zones urbaines est très élevé. En Algérie, la Défense civile récupère un total de 18763 m³/mois d'eaux usées purifiées de la STEP de Tipaza pour lutter contre les incendies, et les collectivités locales récupèrent 12 m³/mois d'eau purifiée pour le nettoyage des villes de la STEP de Boumerdès [56]. D'autres utilisations : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes.

1.2.3.2.2 Réutilisation industrielle

Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85% des besoins mondiaux en eau industrielle. La REUE industrielle peut être réalisée dans le secteur de l'énergie, en circuits de refroidissement fermés ou ouverts. En outre, une telle réutilisation est possible dans les blanchisseries industrielles, les lave-autos, l'industrie du papier, la production d'acier, le textile, l'électronique et les semi-conducteurs, entre autres. En Algérie, le seul exemple que

l'on puisse citer est la station d'épuration de Jijel qui génère 15 000 m³ d'eaux usées par mois à destination de la tannerie de Jijel [56].

1.2.3.2.3 Réutilisation pour l'irrigation

L'Algérie traverse un véritable challenge en matière de ressource en eau causée par la nature de son climat aride qui l'inscrit dans la zone de l'extrême rareté avec des précipitations insuffisantes, irrégulières et inégales réduisant la disponibilité de la ressource en eau. Cette dernière est en moyenne de 500 m³/an valeur très inférieure au seuil de rareté admis au niveau international qui est de 1000 m³/an. Face à cette situation, l'Algérie ne voulait plus tourner le dos aux ressources alternatives en particulier les eaux usées épurées qui représentent un volume important et fiable. A ce titre, une nouvelle politique de gestion de l'eau a été mise en place à partir de l'année 2000 afin d'améliorer le niveau hydrique national. Afin d'accroître et sécuriser la mobilisation de ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles, l'Algérie a consentie des efforts considérables ces deux dernières décennies dans le secteur de l'eau notamment l'assainissement ; qui a connu une évolution significative en matière d'infrastructures bâties, développe, encadre et réglementé de l'activité de la REUE pour soutenir la stratégie de sécurité alimentaire avec l'extension des zones irriguées [57].

Par ailleurs, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle. Parmi les stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 43 wilayas, quelques stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. En 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m³/an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficies agricoles. En effet, ce potentiel de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles a connu une évolution significative où environ 17 millions de m³ ont été enregistrés en 2011, environ 45 millions de m³ en 2012 et 300 millions de m³ en 2014.

Selon l'office national d'assainissement (ONA), 25 STEP travaillent actuellement sur des projets de l'REUE pour irriguer plus de 70000 hectares de terres agricoles. D'autre part, l'Institut algérien de normalisation (IANOR) approuve actuellement un projet visant à créer des normes algériennes et un guide technique pour les meilleures pratiques dans la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles [56].

1.2.3.2.3 Production d'eau potable

La Stratégie nationale de l'eau 2021-2030 vise à répondre aux besoins en eau potable des Algériens en dessalant jusqu'à 60 % d'eau de mer. Actuellement, 17% des besoins en eau dessalée sont couverts, selon les chiffres officiels, et augmenteront progressivement à 22% en 2022, 42% en 2024 et 60% en 2030. Mais jusqu'à présent, l'Algérie n'a pas atteint le stade de la transformation des eaux usées en eaux potables. [58].

1.2.4 Réglementation mondiale et nationale des eaux usées

1.2.4.1 Réglementation mondiale des eaux usées

L'OMS collabore avec ses partenaires en vue de promouvoir des pratiques efficaces de gestion et d'évaluation des risques pour l'assainissement dans les communautés et les établissements de santé. À cet effet, l'OMS a publié des lignes directrices sur l'assainissement et la santé, l'utilisation sans risque des eaux usées, la qualité des eaux à usage récréatif et la promotion de la planification de la sécurité de l'assainissement et des inspections sanitaires. L'OMS soutient également la collaboration entre le secteur de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène (WASH) et les programmes de santé sur les maladies tropicales négligées, le choléra, la poliomyélite et la résistance aux antimicrobiens. Les questions relatives à la résilience climatique sont intégrées dans tous les documents d'orientation de l'OMS sur l'assainissement [59].

L'ISO 16075 (en plusieurs parties) sur l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation (tableau 1.3). Le comité technique travaille également sur une norme relative à l'adaptation des équipements d'irrigation aux eaux usées traitées [60].

- Recyclage des eaux dans les zones urbaines ;
- Évaluation des risques et performances des systèmes de recyclage des eaux ;
- Recyclage des eaux industrielles.

Tableau 1.3 : Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation (OMS, 2000)

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs/L-moyenne arithmétique)	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
	Irrigation de cultures destinées à être consommées				Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

A	crues, des terrains de sport, des jardins publics	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8-10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire
<ul style="list-style-type: none"> - Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence. - Espèces Ascaris et Trichuris et ankylostomes. - Pendant la période d'irrigation. - Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels. - Dans le cas des arbres fruitiers, irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion. 					

Tableau 1.4 : Normes de rejets internationales (OMS).

Caractéristiques	Norme utilisées (OMS)
pH	6.5-8.5
DBO5	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH ₄ ⁺	<0.5 mg/l
NO ₂	1 mg/l
NO ₃	<1 mg/l
P2O5	<2 mg/l
Température	<30 °C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

1.2.4.2 Réglementation nationale des eaux usées

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

Les normes de rejets des effluents industriels résultent de la loi n° 83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance n° 96-13 du 15 Juin 1996 modifiant et complétant la loi n° 83-17, du décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industriels et du décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 de la république algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

La réglementation algérienne est assez succincte concernant la réutilisation des eaux usées épurées. Les textes de la loi n° 05-12 du 04.08.2005 (arts. 2 ; 4 ; 43 ; 46 ; 52 ; 77 ; 82 ; 93 et 130) relative à l'eau.

Loi n° 08-03 du 23 janvier 2008 modifiant et complétant la loi n° 05-12 du 4 aout 2005 relative à l'eau [61].

L'Algérie disposait de 200 stations d'épuration d'une capacité de production de 500 millions m³/an.

Les capacités de production de ces stations devraient atteindre 1 milliard m³/an à l'horizon 2032. Le secteur s'emploie à réutiliser les eaux épurées pour l'irrigation de 24000 hectares de terres agricoles d'ici à 2024 et atteindre, à l'horizon 2030, quelque 400000 hectares, dont 16000 hectares dans les hauts plateaux [62].

Tableau 1.5 : Normes nationales des eaux usées (JORADP, 2012).

Paramètres	Unité	Valeur limite	Tolérances aux valeurs limites anciennes installations
Température	°C	30	30
Ph	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Mes	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	mg/l	30	40
Phosphore total	mg/l	10	15
DCO	mg/l	120	130
DBO5	mg/l	35	40
Aluminium	mg/l	3	05
Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0,005	0,01
Cyanures	mg/l	0,1	0,15
Fluor et composés	mg/l	15	20
Indice et phénols	mg/l	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	15

Huiles et graisses	mg/l	20	30
Cadmium	mg/l	0,2	0,25
Cuivre total	mg/l	0,5	1
Mercure total	mg/l	0,01	0,05
Plomb total	mg/l	0,5	0,75
Chrome total	mg/l	0,5	0,75
Etain total	mg/l	2	2,5
Manganèse	mg/l	1	1,5
Nickel total	mg/l	0,5	0,75
Zinc total	mg/l	3	5
Fer	mg/l	3	5
Composés organiques chlorés	mg/l	5	7

1.2.5 Généralités sur les argiles

1.2.5.1 Définition d'une argile

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée (phyllosilicates) qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse (sépiolite et palygorskite) qui explique leurs qualités d'absorption [63].

Les plus abondants des roches sédimentaires : 50% des sédiments (69 % des sédiments continentaux). Constituants principaux des sols [64].

1.2.5.2 Description et l'utilisation de la bentonite

La bentonite est une roche argileuse d'origine volcanique, malléable et très absorbante. Elle est utilisée comme agent de liaison, d'étanchéité et de lubrification dans une grande variété d'applications industrielles.

La bentonite est une argile plastique très molle composée principalement de montmorillonite, un silicate d'aluminium hydraté appartenant au groupe des smectites et constitué de fines particules. La plupart des bentonites proviennent de l'érosion hydrique des cendres et roches volcaniques. Au contact de l'eau, le volume de la bentonite augmente et elle se transforme en une substance gélatineuse et visqueuse. Dispersé en milieu aqueux, ce minéral argileux forme facilement une suspension colloïdale stable. La bentonite possède des propriétés spécifiques telles que le gonflement, l'absorption d'eau, la viscosité

et la thixotropie (diminution de la viscosité sous l'effet d'une contrainte mécanique). Ses nombreuses vertus sont largement recherchées dans divers secteurs industriels, ce qui lui vaut le surnom de « minéral aux mille usages ».



Figure 1.9 : Bentonite

La bentonite est couramment employée dans les boues et fluides de forage nécessaires pour creuser des puits ou des tunnels. Elle lubrifie et refroidit les outils de coupe, facilite l'évacuation des déblais et prévient les risques d'explosion. De plus, la bentonite favorise la formation d'une pellicule imperméable sur les parois de la cavité qui limite la pénétration du liquide de forage dans le sol [65]. D'autres domaines l'utilisent également, dont :

La fonderie : la bentonite est couramment utilisée comme matériau de liaison dans la préparation du sable pour produire de l'acier, du fer et d'autres matériaux.

Les marchés environnementaux : la bentonite a des propriétés d'absorption qui la rendent extrêmement utile pour la purification des eaux usées, en plus d'être la couche protectrice active des revêtements en argile géo synthétique.

L'agriculture : couramment utilisée comme complément alimentaire pour les animaux, la bentonite aide également à la granulation dans la production de grains pour les animaux et comme élément d'amélioration du sol.

La pharmaceutique : cette industrie tire également parti des propriétés d'absorption en utilisant la bentonite comme agent de remplissage dans les produits pharmaceutiques, car elle forme une pâte [66].

1.2.5.3 Propriétés de bentonite

La bentonite possède des propriétés spécifiques (tableau 1.6) telles que :

- Formation de suspensions colloïdales ;
- Gonfle au contact de l'eau ;
- Fort pouvoir absorbant ;
- Viscosité et plasticité élevées ;
- Thixotropie [65].

Tableau 1.6 : Propriétés de la bentonite [67].

	Propriétés	Valeur caractéristique
1	Densité	2.8
2	Limite de liquide (%)	410
3	Limite de plasticité (%)	45
4	Indice de plasticité (%)	365
5	Limite de rétrécissement (%)	1.34
6	Variation de volume (%)	97.5
7	Rétrécissement linéaire (%)	49.61
8	Activité	5.03
9	Indice de houle libre	17.5
10	Capacité d'échange de cation(meq/100g)	60.8
11	pH	7.4
12	Surface (m ² /g)	87.5
13	Conductivité (μ s/cm ²)	10800
14	Matière organique (%)	1.48

1.2.5.4 Types de bentonite

On distingue deux types de bentonites par rapport à leur pouvoir de rétention de molécules organiques, qui sont :

1.2.5.4.1 Bentonites naturelles

Il existe deux formes de bentonite : la bentonite sodique et la bentonite calcique. Les deux sont principalement constituées de minéraux d'argile cristalline (aluminosilicate) ainsi que de sodium ou de calcium. C'est donc le composant sodium ou calcium qui donne aux deux argiles de bentonite des propriétés très différentes.

La bentonite sodique est extrêmement absorbante et adsorbante, ce qui signifie qu'elle a les propriétés de gonfler et d'attirer les polluants dans sa structure interne (absorber), ainsi que d'attirer les substances chargées positivement (comme les toxines) vers sa surface chargée

négativement (adsorbe). Ce sont ces propriétés qui font de la bentonite de sodium (aussi appelée argile gonflante) une substance purifiante si puissante.

La bentonite calcique est un minéral non gonflant, qui n'est pas aussi couramment utilisé dans les applications de beauté et de bien-être.

1.2.5.4.2 Bentonites activées

Afin d'améliorer les propriétés d'adsorption des bentonites calciques, ces dernières sont le plus souvent activées par du carbonate de sodium puis séchées et broyées, on obtient ainsi des bentonites calciques activées dont les propriétés sont égales ou supérieures à celles des bentonites sodiques. Les propriétés de ces bentonites ainsi activées ou permutées sont moins stables dans le temps (3 à 18 mois) et dépendent de l'activation et des taux de magnésium, calcium et sodium. Ces différents types de bentonites se présentent sous forme de poudre ou de granulés sphériques ou cylindriques. Elles ont des couleurs très variables allant du blanc pour les produits les plus purs au gris, beige ou vert pour les autres.

1.2.6 Lagunage

1.2.6.1 Définition de lagunage

La technique de lagunage est une technique de traitement naturel qui consiste à accumuler des eaux usées dans des étangs ou des bassins, appelés étangs biologiques ou de stabilisation, où une série de processus biologiques, biochimiques et physiques ont lieu.

La lagune est un système stationnaire ayant un débit continu : plusieurs étangs travaillant en parallèle dans lequel le débit d'entrée et le débit de sortie sont égaux, forment des usines de lagunage. La profondeur des étangs varie de 1 à 5 m. Les eaux usées restent dans les étangs de 2 à 10 jours afin d'être purifiées.

1.2.6.2 Types de lagunage

1.2.6.2.1 Lagunage naturel

Le lagunage naturel (fig. 1.10) repose sur une culture bactérienne principalement de type aérobie. Celle-ci est ensuite séparée par un mécanisme de sédimentation. L'épuration est assurée par un long temps de séjour dans plusieurs bassins en série.

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

faible profondeur. Le principe général consiste à recréer dans des bassins des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les algues sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

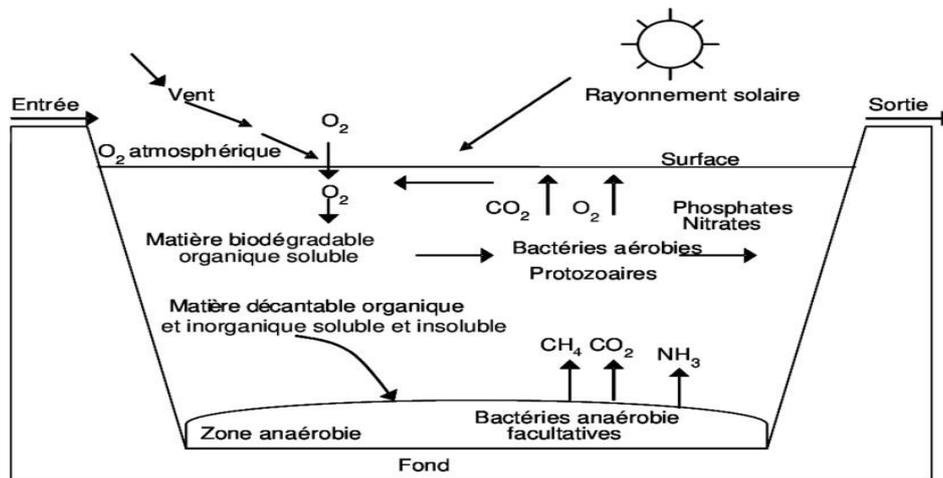


Figure 1.10 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel.

1.2.6.2.2 Lagunage aéré

Le lagunage aéré (fig. 1.11) est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation.



Figure 1.11 : Système de traitement par lagunage aéré.

1.2.6.2.3 Lagunage anaérobie

La lagune anaérobie peut être utilisée pour traiter les effluents résiduaires urbains ou industriels. La pollution décantable des effluents urbains forme des boues qui sont peu à peu digérées par voie anaérobie (minéralisation de la matière organique et dégagement de CO_2 , CH_4 et H_2S). Il est utilisé en traitement primaire pour éliminer la partie organique décantable des effluents urbains et la pollution organique soluble facilement assimilable des effluents résiduaires industriels (surtout agro-alimentaire).

Du fait des processus de fermentation anaérobie mis en jeu, ce procédé n'est applicable que pour des effluents relativement concentrés (domestiques et industriels) et n'est efficace qu'à partir d'une température de 15°C et optimale au-delà de 25°C .

1.3 Procédés d'épuration des eaux usées

1.3.1 Procédés intensifs

1.3.1.1 Lits bactériens

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne. Les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne, il y a plus d'un siècle.

Les lits bactériens (appelés aussi lits ou filtres à ruissellement) ont été utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans. Leur principe de fonctionnement est de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturel ou plastique) servant de support aux microorganismes qui sont fixés sur le support éliminant les matières organiques par absorption des constituants solubles et en suspension. Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux).

1.3.1.2 Boue activée

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

Le traitement par boue activée est un procédé d'assainissement des eaux usées utilisant l'épuration biologique par culture libre. On l'utilise de préférence pour les eaux usées domestiques de moyennes et grandes agglomérations, afin d'éliminer les matières organiques (de type azote, phosphate, carbone polluant). Ce traitement secondaire consiste à brasser dans les eaux usées, un mélange riche en bactéries, afin de terminer la dégradation des matières organiques. L'action des bactéries est activée par aération puis par décantation. Les boues enrichies sont ensuite expulsées vers le bassin d'aération.

Le traitement par boue activée suppose des installations spécifiques, comme le bassin d'aération ou d'oxydation, des turbines ou des rampes de distribution de bulles d'air pour l'aération.

1.3.1.3 Disque biologique

Les disques biologiques (ou bio-disques) sont une filière de traitement biologique aérobie à biomasse fixée. Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique. Dès qu'il dépasse une épaisseur de quelques millimètres, le biofilm (les boues) en excédent se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée.

1.3.1.4 Biofiltration

Les biofiltres (ou filtres biologiques) sont une technologie qui utilise la biomasse attachée à un milieu pour dégrader et éliminer les polluants de l'air, de l'eau et des usines de traitement des eaux usées. Ce sont des systèmes naturels conçus et simulés pour éliminer une gamme variée de contaminants, c'est-à-dire les matières organiques, les solides en suspension, les matières organiques naturelles et les micropolluants organiques. Les systèmes de biofiltration sont populaires parmi les procédés de traitement des eaux usées en raison de leur fonctionnement simple, de leur nature robuste et de leur faible consommation d'énergie.

1.3.2 Procédés extensifs

1.3.2.1 Cultures fixées

1.3.2.1.1 Infiltration percolation

Ce système épuratoire consiste à infiltrer des eaux usées prétraitées (traitement primaire) dans un milieu granulaire insaturé sur lequel est fixée la biomasse épuratoire. Le prétraitement a pour fonction de retenir les graisses et d'assurer la décantation des matières en suspension contenues dans l'effluent. La filtration sur sable en milieu insaturé permet principalement d'oxyder la matière organique, de nitrifier l'azote ammoniacal (formation de nitrates) mais aussi de réduire les germes pathogènes. Les mécanismes de l'épuration par filtration font appel à la fois des processus d'ordre physique, chimique et biologique.

1.3.2.1.2 Filtration à écoulement vertical

Un filtre planté à écoulement vertical est une couche filtrante sur laquelle sont plantées des plantes aquatiques. L'eau usée déversée sur la surface du filtre en utilisant un système d'injection mécanique. L'eau coule verticalement vers le bas à travers la matrice de filtration. La différence importante entre un filtre à flux vertical et un filtre à flux horizontal n'est pas simplement le sens de l'écoulement, mais plutôt les conditions aérobies. En alimentant le filtre par intermittence (quatre à dix fois par jour), celui-ci passe par des états saturés et insaturés, et en conséquence, de différentes phases de conditions aérobies et anaérobies (fig. 1.12).

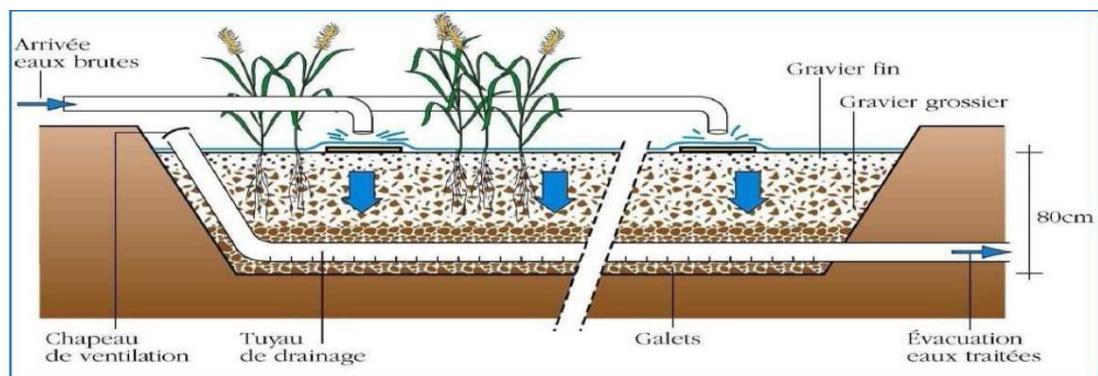


Figure 1.12 : Système de filtration à écoulement vertical.

1.3.2.1.3 Filtration à écoulement horizontal

Un filtre planté à écoulement horizontal sous-surface est un grand canal rempli de gravier et de sable sur lequel de la végétation aquatique est plantée. Comme l'eau usée coule horizontalement à travers le canal, le matériau filtrant filtre les particules et les micro-organismes dégradent la matière organique.

Le niveau d'eau dans un filtre planté à écoulement sous surface est maintenu à 5-15 cm en dessous de la surface pour assurer un écoulement souterrain. Le lit devrait être large et peu

profond de sorte que le chemin d'écoulement de l'eau soit maximisé. Une zone large d'admission devrait être utilisée pour distribuer également l'écoulement. Le traitement primaire est essentiel pour éviter les colmatages et assurer un traitement efficace (fig. 1.13).



Figure 1.13 : Filtre planté horizontal.

1.3.2.2 Cultures mobiles

1.3.2.2.1 Chenal à haut rendement

Le Chenal Algal à Haut Rendement (CAHR) est un procédé de traitement des eaux usées qui constitue une alternative économique et efficace par rapport aux autres systèmes de traitement intensifs. Il s'agit en fait d'une technique basée sur une symbiose entre les bactéries et les algues, dont le but est d'accélérer le processus d'épuration en favorisant la production algale. Outre l'épuration et la réutilisation de l'eau épurée.

Les premiers bassins de lagunage à haut rendement ont été conçus en Californie par Oswald dans les années 60. Ils se distinguent des bassins de lagunage traditionnel par un temps de séjour plus court, une faible profondeur (inférieure au mètre), et une agitation mécanique constante. Ces bassins sont construits en forme de chenaux à l'intérieur desquels l'eau circule et est mise en mouvement grâce à une roue à aube, un jet d'eau ou encore une pompe à air. Seule une faible fraction de l'eau en circulation est évacuée, de sorte que le taux de recirculation est fort élevé. L'agitation permet d'homogénéiser la colonne d'eau et empêche ainsi tout dépôt. La faible profondeur et le brassage permanent de l'eau favorisent le développement intensif des algues. Le chenal algal est donc un réacteur de culture intensive

Chapitre 01 : Bilan de connaissances générales sur les eaux usées

d'algues, le procédé d'épuration reposant en fait sur l'association symbiotique des algues et des bactéries.



Figure 1.14 : Chenal algal à haut rendement.

1.3.2.2 Lagunage à macrophyte

Le lagunage à macrophyte est effectué dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau. Les bassins sont en général totalement couverts de plantes qui maintiennent ainsi des conditions anaérobies de dégradation de la matière organique initiée dans le décanteur digesteur. Les boues qui remontent sont piégées par les racines des plantes où se développe une intense activité bactérienne. La fourniture d'oxygène au milieu se fait par l'intermédiaire des racines des plantes. La profondeur optimale est de 0,7m et la largeur conseillée est de 3-4 m pour faciliter l'accès et l'exploitation des bassins.

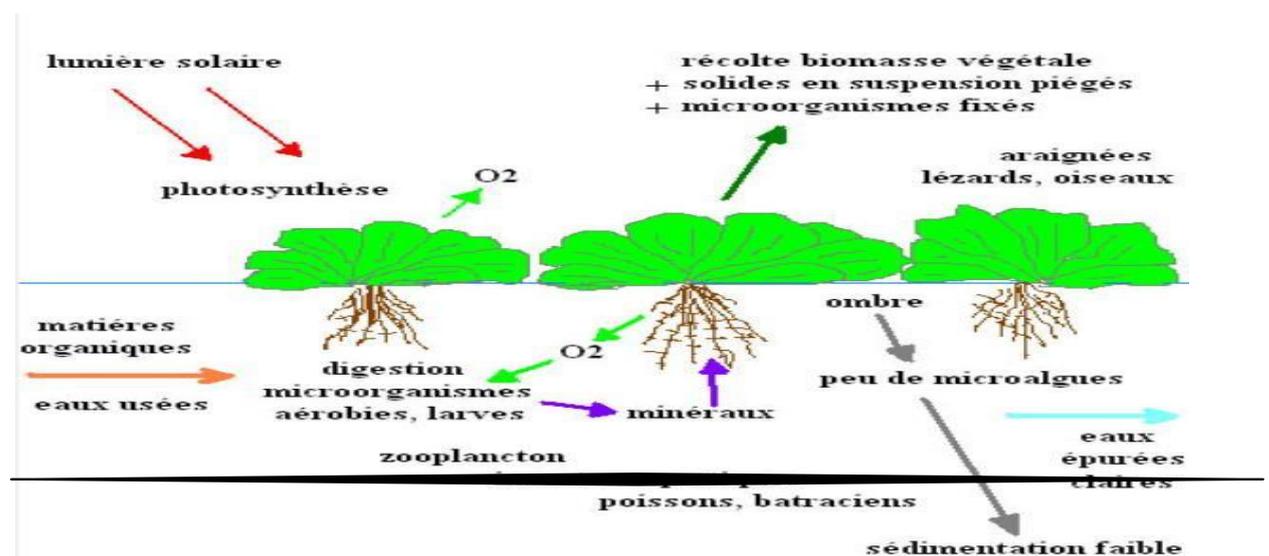


Figure 1.15 : Fonctionnement du lagunage à macrophytes flottants.

1.3.2.2.3 Lagunage aéré

Une lagune aérée est un procédé de croissance en suspension dans une unité de traitement des eaux usées. Le système de traitement des eaux de lagune aérée est constitué d'une grande lagune ou d'un bassin en terre qui est équipé d'aérateurs mécaniques pour maintenir un environnement aérobie et empêcher le tassement de la biomasse en suspension. Il est muni d'une entrée à une extrémité et d'une sortie à l'autre extrémité pour permettre aux eaux usées de s'écouler et de se retenir pendant le temps de rétention spécifié. Au départ, la population de microorganismes dans une lagune aérée est beaucoup plus faible que dans une ASP parce qu'il n'y a pas de recyclage des boues. Par conséquent, il faut un temps de séjour beaucoup plus long pour obtenir la même qualité d'effluent.

1.3.2.2.4 Lagunage naturel

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration des eaux usées fonctionnant sur la base de 3 à 5 bassins imperméables, vastes et peu profonds (environ 1 mètre) où l'eau s'écoule lentement par gravité. L'épuration est assurée par des organismes aérobies et parfois aussi anaérobies, sans ajout de réactifs chimiques. La forme des bassins favorise la photosynthèse et les échanges gazeux avec l'air et le temps de séjour de l'eau y est long (au moins 30 jours) pour permettre à la nature de faire son œuvre.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini les différents types d'eaux usées, les procédés de leurs traitements, car les eaux usées d'une manière générale représentent une source de pollution pour l'environnement, notamment l'agriculture et les nappes phréatiques. Pour cela, il est obligatoire de les traiter avant leurs évacuations dans les oueds et leurs utilisations agricoles.

Chapitre 02

Matériel et Méthodes

Introduction

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

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (à l'entrée) et de l'eau épurée (à la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la STEP de GHRISS-Mascara et le processus de traitement utilisé, la performance de la STEP à travers les différents analyses et caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

2.1 Aspect général sur la zone d'étude

2.1.1.1 Description de la wilaya de Mascara

2.1.1.1 Situation géographique

La wilaya de Mascara est située au nord-ouest de l'Algérie à 2°,11 de longitude occidentale et 35°,26 de latitude, s'étend sur une superficie de 5962,08 km². Elle est subdivisée en 16 Daïra et 47 communes. Elle est limitée au nord par les wilayas d'Oran et de Mostaganem, à l'est par les wilayas de Tiaret et de Relizane, au Sud par les wilayas de Saïda et à l'ouest par la wilaya de Sidi bel Abbés. La région de Mascara est à vocation agricole prononcée compte tenu de son caractère spécifique et de son patrimoine naturel.

2.1.1.2 Situation hydrologique

La wilaya de Mascara occupe une place très importante au sein de la planification hydrique de l'ouest algérien en raison des ressources en eau dont elle dispose. Ses superficies appartiennent aux différents bassins hydrographiques : bassin versant de Oued El Hammam 57,1%, bassin versant d'Oued Cheliff 22,0%, bassin versant d'Oued-Mokam 17,8%.

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

la wilaya de Mascara a enregistré de très fortes fluctuations du taux de croissance annuelle particulièrement liées aux effets climatiques. En production végétale, le maraîchage représente 70 % de la production agricole, la culture du fourrage 14 % et la céréaliculture 9 %. Plus de 72 % de la population a moins de 40 ans et plus de 43 % de la population active est employé dans le secteur agricole. La wilaya de Mascara est qualifiée comme une agropole. Au vu de l'accroissement des besoins en eau, et notamment ceux du secteur agricole qui constitue le premier consommateur d'eau, l'approvisionnement de la Wilaya par des ressources extérieures s'avère une nécessité absolue.

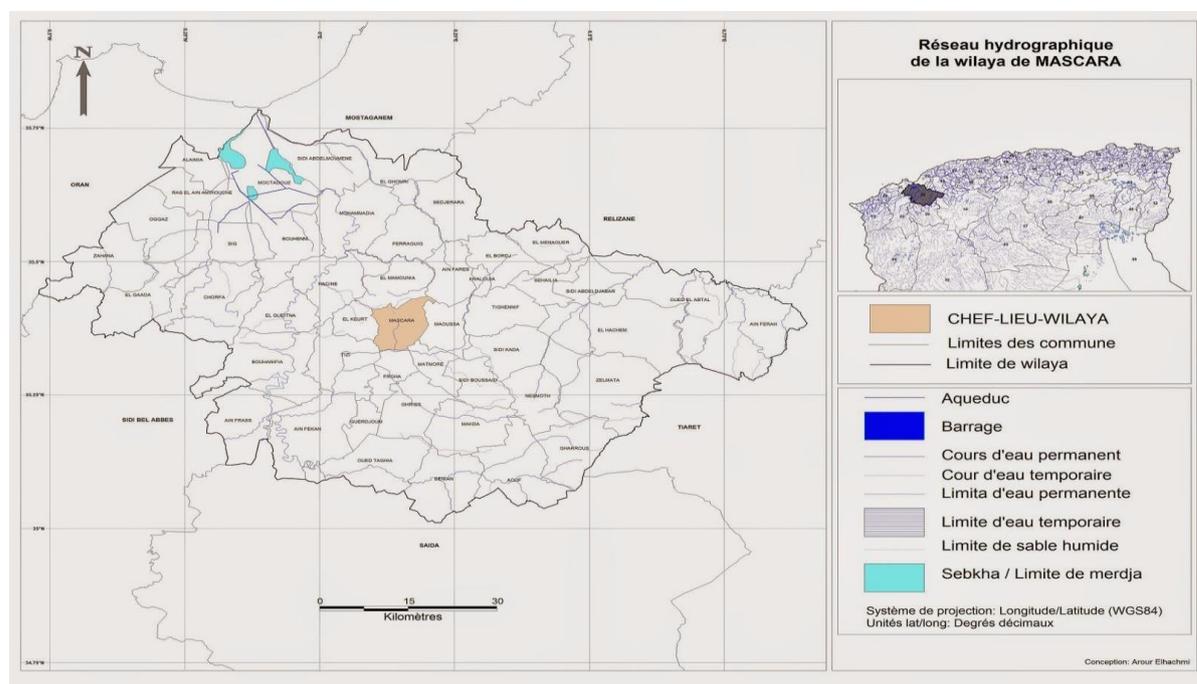


Figure 2.2 : Réseau hydrographique de la wilaya de Mascara.

2.1.1.4 Situation climatique

Le climat de la wilaya de Mascara est de type méditerranéen avec une tendance à la semi-aridité. Les changements de temps et les chutes de pluies se manifestent surtout à la fin de l'automne et au début du printemps.

Au niveau des plaines du Nord, l'influence des vents marins régularise les pluies pendant une partie de l'année. La présence de brouillard très épais à la fin du printemps. La pluviométrie est en moyenne de 450 mm/an.

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

Au niveau des monts des Béni-chougrane et des monts de Saida, l'influence de l'altitude et des vents d'ouest apporte à la région une humidité très bénéfique.

Au niveau des hautes plaines, le climat est semi-aride avec une irrégularité des chutes de pluies et l'absence des vents marins. La présence du sirocco est fréquente.

Tout le territoire de la wilaya est soumis au phénomène de la gelée qui dure en moyenne 22 jours par an.

2-1-1-5 Etat de l'épuration de la wilaya de Mascara

Concernant l'état de l'épuration dans la wilaya de Mascara, on note vingt (20) stations d'épuration opérationnelles (tableau 2.1) :

- 01 station d'épuration par boue activée ;
- 06 stations d'épuration par lagunage aéré ;
- 13 stations d'épuration par lagunage naturel.

Par ailleurs, et à l'instar des autres wilayas, la wilaya de Mascara connaît un énorme déficit hydrique et les STEP possèdent le mécanisme réductible de ce dernier.

2.1.2 Présentation de la STEP de GHRISS par lagunage aéré

La station de lagunage aéré de GHRISS (fig. 2.3) est située à 02 km de la daïra de GHRISS. Sa capacité est de 48000 Equivalent par habitant et d'un débit nominal de 5800 m³/j (horizon 2030). Elle s'étend sur une superficie de 08 hectares et est délimitée au sud-est et à l'ouest par des terrains agricoles, au nord par l'oued. La STEP a été mise en marche en Aout 2006, elle a été conçue dans le but de traiter les eaux usées urbaines pour les besoins d'irrigation (irrigation d'une superficie de 200 hectares), et pour la protection de l'environnement et du milieu récepteur (Oued Froha).



Figure 2.3 : Image satellitaire de la station d'épuration de GHRISS.

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

Tableau 2.1 : Situation de l'état de l'épuration dans la wilaya de Mascara.

STEP	Nature du Traitement	Capacité (Eq/Hab)	Débit nominal (m³/J)	Volume deseaux usées épurées m³/an
Mascara	Boue activées	100000	13000	3488542
Ghriss	Lagunage aéré	48000	5800	259774
Bouhnifia	Lagunage aéré	32500	3900	419818
Hacine	Lagunage aéré	20000	3200	35887
Bouhanni	Lagunage aéré	11500	1380	129668
Maoussa	Lagunage aéré	18500	2220	386262
Mohammadia Nouveau pôle	Lagunage aéré	17000	1500	-
Hachem	Lagunage naturel	15000	1800	430541
Tizi	Lagunage naturel	12000	1440	130633
Khalouia	Lagunage naturel	6321	949	267327
Oggaz	Lagunage naturel	7200	864	108463
Froha	Lagunage naturel	9400	1228	83637
Sidi-kada	Lagunage naturel	11000	1320	225009
Mohammadia	Lagunage naturel	19000	2280	595214
Shaouria	Lagunage naturel	12600	1513	-
Ghomri	Lagunage naturel	18000	2160	291761
Zahanna	Lagunage naturel	20000	2400	346900
Keurt	Lagunage naturel	5666	697	136459
Matmoure	Lagunage naturel	12166	1460	281305
Oued-taria	Lagunage naturel	21000	2520	294826
Total		416853	52351	7912026

La lagune de GHRISS est de type lagunage aéré (ou aération prolongée). Cette technique est moins développée au niveau des stations d'épuration urbaines. Le principe de ce procédé réside dans la disposition de vaste bassin d'aération et de décantation pour obtenir

un long trajet de séjour pour une gouttelette d'eau usée on facilitant le système d'autoépuration.

La station d'épuration de GHRISS est caractérisée par :

Type du réseau : Unitaire Ø 600

- **Nature des eaux brutes :** Domestiques
- **Débit moyen journalier :** 5800m³/j (48000 éq/hab)
- **DCO (charges journalières) :** 5800kg/j
- **DBO5 (charges journalières) :** 2900 Kg/j
- **MES (charges journalières) :** 3480 Kg/j

2.2 Etapes de traitement des eaux usées de la STEP

2.2.1 Filière eau

2.2.1.1 Prétraitement

2.2.1.1.1 Ouvrage de réception : Déversoir d'orage



Figure 2.4 : Déversoir d'orage.

2.2.1.1.2 Dégrillage

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matière plastiques) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la station. Pour ce faire, on intercale une grille dont les barreaux ont un écartement de l'ordre du centimètre. Les refus de grilles sont généralement mélangés avec les boues alors que, du fait de leur nature et de leurs dimensions, ils sont assimilables à des ordures ménagères (fig. 2.5).



Figure 2.5 : Dégrilleur.

2.2.1.1.3 Dessablage

Après dégrillage il reste encore dans l'eau des fragments solides qui peuvent décanter facilement à 0,2 mm de diamètre, pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement des pompes. On élimine ces matériaux facilement décantables dans des petits bassins rectangulaires ou circulaires. Les sables ainsi séparés pourront être fermentescibles, il existe d'ailleurs des déssableurs aérés pour pallier cet inconvénient (fig. 2.6).



Figure 2.6 : Dégrilleur+ dessableur.

2.2.1.2 Traitement biologique

L'élimination des matières organiques implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries.

Ces traitements sont basés sur la capacité des micro-organismes à oxyder la matière minérale (NH_3) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO d'une part (aérobie), et à réduire d'autre part les molécules comportant de l'oxygène : NO_3 (anoxie), SO_4 et CO_2 (anaérobie). Ils vont permettre ainsi d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie de MES.

Une épuration biologique (boues activées puis bassin de clarification) permet d'éliminer 90% des virus, 60% à 90% des bactéries, mais par contre a peu d'effet sur les kystes de protozoaires et les œufs d'helminthes.

La station de GHRISS comprend :

- 03 bassins d'aération (fig. 2.7)



Figure 2.7 : Bassin d'aération.

- 03 bassins décantation (fig. 2.8)



Figure 2.8 : Bassin décantation.

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

Volumes total des bassins :

- Bassin d'aération : 13388 m³
- Bassin décantation : 9563 m³

L'aération des bassins est assurée par :

Aération de surface

- Nombre total des aérateurs est de : 06 aérateurs
- Puissance unitaire des aérateurs KW : 45kw* 6



Figure 2.9 : Ouvrage de sortie des eaux épurées.

2.2.2 Filière boues : non disponible

Le curage des boues produites est assuré par des pompes suceuses appelées « dragueuses » après chaque dix (10) ans d'exploitation de la STEP.

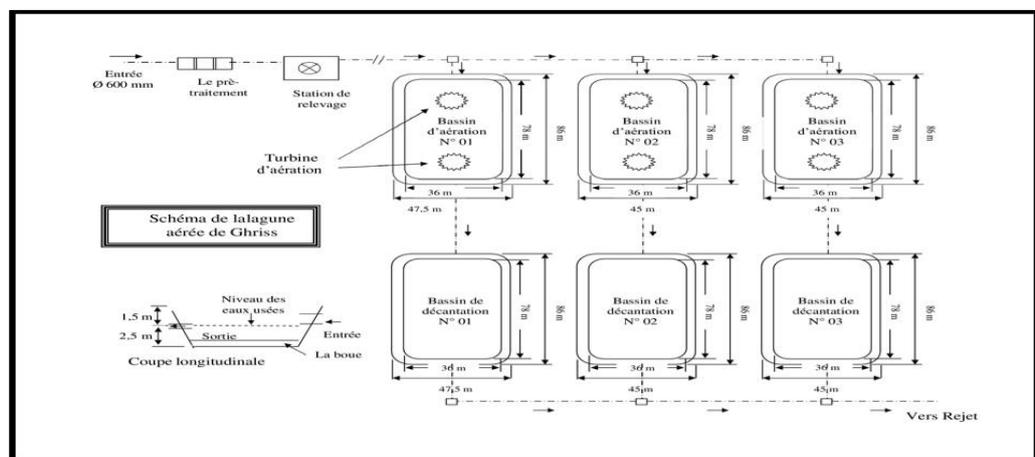


Figure 2.10 : Schéma général de la station d'épuration GHRISS.

2.3 Performance de la station de GHRISS

Essais à la fois brute (entrée) et épurée (sortie), l'eau est nécessaire dans toute la STEP afin d'identifier les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques pour déterminer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et l'efficacité de l'élimination de la pollution pour donner une bonne évaluation de la performance de purification de l'usine de traitement des eaux usées. Nous avons suivi les paramètres suivants : pH, température, conductivité, DBO₅, DCO, MES, oxygène dissous, phosphates, phosphore totale, nitrates, nitrites, ammoniac.

2.3.1 Laboratoire de la station de GHRISS

La station est équipée d'un laboratoire de physicochimie (fig. 2.11), qui lui permet de surveiller la procédure de traitement de l'eau et d'effectuer des ajustements en cas d'anomalie ou de résultats défavorables. Deux prélèvements d'échantillons sont réalisés : prélèvement à l'entrée- prélèvement à la sortie pour analyses.



Figure 2.11 : Laboratoire de la STEP de GHRISS.

2.3.1.1 Liste matériel présent dans laboratoire de la station

- PH mètre,
- Oxymétrie,
- Conductimètre,
- Distillateur,
- DBO mètre,
- Réacteur de DCO,
- Étuve,
- Réfrigérateur,
- Armoire de stockage des produits chimiques.

2.3.2 Echantillonnages des eaux

Deux types d'échantillons sont à distinguer :

2.3.2.1 Echantillon ponctuel

C'est un échantillon dans lequel le volume entier de l'échantillon est prélevé en une seule fois. La composition des eaux usées à un moment donné peut être déterminée à l'aide de ce type d'échantillon. La plupart du temps, des contenants ou des flacons sont utilisés pour prélever manuellement ce type d'échantillon.

2.3.2.2 Echantillon composite

Ces échantillons ont été faits en mélangeant un certain nombre d'échantillons ponctuels. Les échantillons composites se présentent sous deux formes : les échantillons dépendants du temps et les échantillons dépendants du débit.

2.3.3 Conditionnement des échantillons

Pour assurer la conservation et la traçabilité des échantillons, il est important de respecter un certain nombre de règlements concernant la création d'une bouteille appropriée et l'étiquetage précis. Il est préférable que l'appareil d'échantillonnage soit fait d'une substance inerte qui n'interférera pas avec les analyses effectuées sur l'échantillon ; on utilise fréquemment des contenants en verre de polyéthylène ou de borosilicate.

Afin de réduire le risque de contamination, l'équipement doit être soigneusement nettoyé à l'eau et au détergent avant d'être rincé à l'eau. Si possible, l'équipement peut être rincé dans l'eau où l'échantillonnage sera effectué. En réalité, la désignation des échantillons entraîne l'étiquetage ou le marquage de chaque flacon d'échantillon d'eau. Il est essentiel

de localiser tous les récipients contenant les échantillons dans un endroit clair et permanent afin de permettre leur identification sans ambiguïté dans le laboratoire.



Figure 2.12 : Seau de prélèvement.



Figure 2.13 : Flacon de prélèvement.

2.3.4 Conservation des échantillons

La méthode la plus courante pour conserver les échantillons d'eaux usées est de les placer au réfrigérateur pendant 24H à une température comprise entre 0-4°C. Il n'y a pas de solution magique pour stabiliser un échantillon ou même simplement ralentir les réactions potentielles. Il est conseillé de prendre des précautions supplémentaires pour chaque analyse et d'ajouter occasionnellement des agents chimiques (conservateurs) pour éviter des transformations spécifiques pendant le transport ou des interférences spécifiques au moment de l'analyse en laboratoire.

2.3.5 Méthodes d'analyses physicochimiques de l'eau brute (EB), épurée (EE) de la STEP

Pour garantir des résultats représentatifs, les analyses doivent être effectuées dès que possible après l'échantillonnage.

2.3.5.1 Paramètre in situ et mesurés

Quelques paramètres physico-chimiques de l'eau ne peuvent être mesurés que sur le terrain car les échantillons utilisés peuvent changer de valeur très rapidement. La plupart d'entre eux sont : les paramètres organoleptiques (couleur, odeur), la température de l'eau et son pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous. D'autres paramètres sont mesurés au laboratoire par exemple : les matières en suspension (MES), la demande chimique en

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅), l'azote et le phosphore, qui sont spécifiques pour détermination de la pollution résiduelle.

2.3.5.1.1 Paramètres organoleptiques

Les caractéristiques de la pollution (tableau 2.2) comprennent son odeur, sa couleur et son apparence. Certains types de pollution, comme la pollution par les hydrocarbures et le ruissellement des peintures, sont visibles. Certains polluants, comme la pollution soluble, incolore et inodore (comme les rejets de mercure ou de cyanure), sont plus difficiles à détecter.

Tableau 2.2 : Caractéristiques organoleptiques des eaux.

Odeur	Couleur	Aspect	Causes
Pas d'odeur	Jaune très clair	Translucide	Eau pluviale, eau d'infiltration
D'œuf pourri, aigre, eau vaisselles	Gris-noir	MES fines (à très f	Eau septique
Aigre	Blanc crème	Mélange graisseux	Graisses, huiles
Excréments	Gris-noir	Eau très chargée	Matière en vidange
Odeur Caractéristique	Rose en arc en ciel	Film en surface	Hydrocarbures
Variation brusques	Variation brusque	Variation brusques	Eau industrielles

2.3.5.1.2 Température

La mesure de la température de l'eau a été réalisée à l'aide d'un appareil électrométrique ou une thermosonde. Elle est prise en même temps que le prélèvement de l'échantillon. On prélèvera l'eau dans une bouteille de 1 litre de capacités on y plongera immédiatement l'appareil de mesure soigneusement étalonné. On procédera à la lecture de la température dès que la stabilisation est observée en laissant la sonde dans l'eau (fig.2.14).



Figure 2.14 : Mesure de la température.

2.3.5.1.3 Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est un des plus délicats paramètres à mesurer correctement, il est recommandé de le déterminer in situ de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou d'un séjour plus ou moins prolongé des échantillons d'eau dans des flacons. L'étalonnage étant réalisé et l'appareil (pH-mètre WTW 315i) ayant acquis son régime d'attente. Dégager l'électrode de son support. Rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée et l'immerger dans l'échantillon à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation de la mesure (fig. 2.15).



Figure 2.15 : Mesure du pH avec le pH-mètre.

2.3.5.1.4 Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau (mesurée avec un conductimètre) est la conductance d'une eau comprise entre 02 électrodes métalliques de 1cm² de surface, séparée l'une de l'autre par une distance de 1cm. L'unité de la conductivité utilisée en chimie des eaux est le microsiemens (Us/cm).



Figure 2.16 : Mesure de la conductivité.

2.3.5.1.5 Oxygène dissous

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

L'effet principal des matières biodégradables sur le milieu récepteur est l'appauvrissement en oxygène dissous de ce milieu qui résulte de leur dégradation. La mesure de l'oxygène dissous est réalisée à l'aide d'un oxymétrie portatif (fig. 2.17). La lecture des résultats est directe lorsque la valeur se stabilise et s'exprime en mg/l soit en pourcentage (taux de saturation).

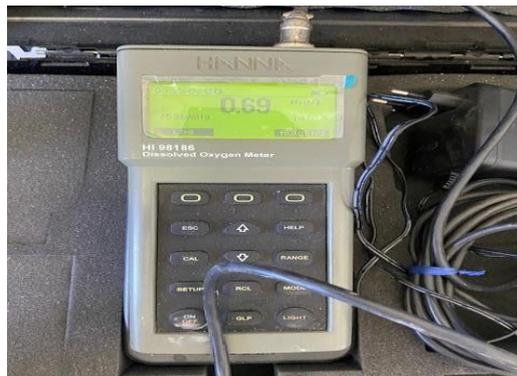


Figure 2.17 : Mesure de l'oxygène dissous.

2.3.5.1.6 Matières en suspension (MES)

Pour la détermination de MES dans l'échantillon de l'eau usée ou de l'eau épurée, l'analyse doit débuter par une filtration d'un volume V sous vide avec membrane filtrante en fibre de verre de $0,47\mu\text{m}$. Cette méthode s'impose en raison de sa rapidité et de sa simplicité à mettre en œuvre, et d'autre part de la possibilité de récupérer le filtrat (fraction dissoute) nécessaire pour la détermination de la pollution résiduelle. Le poids de matière retenue par le filtre, noté P , est déterminé par pesée différentielle (avant et après filtration). La concentration de MES ne sera donc que le rapport de ce poids sur le volume d'eau analysé (fig. 2.18/ Annexe1).



Figure 2.18 : Détermination des matières en suspension (MES).

2.3.5.1.6 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO (en mg/l) est définie comme la quantité d'oxygène O_2 (en mg) consommée par litre d'échantillon (fig. 2.19/ Annexe2).



Réacteur DCO & Agitateur magnétique

Figure 2.19 : Détermination de la DCO.

2.3.5.1.7 Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La détermination de la DBO_5 a été réalisée par un système de mesure oxytope (fig. 2.20/Annexe3).



DBO-mètre



OXYTOPE

Figure 2.20 : Détermination de la DBO_5 .

L'estimation de la valeur de la DBO_5 à 80 % de la valeur de la DCO et la détermination de la plage de mesure correspondante dans le tableau 2.3.

Tableau 2.3 : Gamme d'estimation de la DBO_5 .

Gamme	Volume (l)	Facteur
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50

2.3.5.1.8 Matières azotées (N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻)

Les matières azotées sont dosées par colorimétrie, à l'aide d'un spectrophotomètre de type **AQUAMATThermo Spectronic** (fig. 2.21/Annexe4) qui donne par lecture directe les concentrations de chaque élément. Les résultats sont exprimés en mg/l.

L'ion nitrite réagit en milieu acide avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium intermédiaire. Ce sel produit un complexe avec l'acide chromo tropique pour former une couleur rose.



Figure 2.21 : Spectrophotomètre AQUAMATThermo Spectronic.

2.3.5.1.9 Matières phosphorées (ortho phosphates PO₄³⁻)

L'ortho phosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate. L'acide ascorbique réduit le complexe, donnant une coloration intense de bleu de molybdène. Les résultats sont donnés en mg/l (Annexe5).

2.3.6 Paramètres microbiologiques des eaux usées

Tous les microorganismes excrétés avec des matières fécales sont présents dans les eaux usées. Des organismes pathogènes sont présents à côté de cette flore entérique typique. Par ordre croissant de taille, ces organismes peuvent tous être divisés en quatre groupes principaux : virus, bactéries, protozoaires et helminthes.

2.3.6.1 Virus

Les virus ne peuvent se reproduire que dans une cellule hôte. En moyenne, 10^3 à 10^4 particules par litre sont présentes dans leur concentration dans les eaux usées urbaines. Comme il est difficile de les séparer et de les compter dans les eaux usées, le nombre réel de ces organismes est probablement sous-estimé. Les adénovirus, les entérovirus, les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'hépatite A sont parmi les virus entériques humains les plus importants. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le tractus intestinal. Le potentiel de propagation du virus est causé par leur petite taille et le fait qu'ils semblent plus résistants à l'environnement que les bactéries [1].

2.3.6.2 Bactéries

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 porteuse et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridies. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de $10^4/l$. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau, ce sont les coliformes thermo tolérants [1]. Nous pouvons citer :

Salmonelles

Les salmonelles (fig.2.22) sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, à Gram négatif, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches qui produisent du sulfure d'hydrogène. Elles peuvent se trouver dans les sols et les eaux, et dans plusieurs résidus. Le genre *Salmonella* contient plusieurs sérotypes pathogènes pour l'humain et les animaux.



Figure. 2.22 : Culture bactérienne de *Salmonella*.

Vibrion cholérique

Vibrion cholera (fig. 2.23) est un bacille Gram négatif en forme de bâtonnet incurvé et oxydase-positif. Il est doté d'une grande motilité et d'un seul flagelle polaire. Cette bactérie est anaérobie facultative de la famille des *Vibrionaceae*. Récemment des souches du sérogroupes O75 de *V. cholera* doté du gène de la toxine CT ont été isolées chez des patients atteints de diarrhée grave, et le sérogroupes O141 a été associé à une diarrhée sporadique de type cholérique et à des bactériémies aux États-Unis [2].

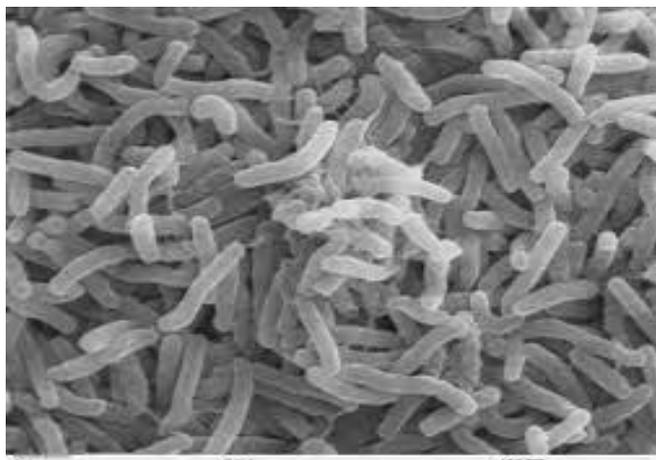


Figure. 2.23 : Vibrion cholérique.

2.3.6.3 Protozoaires

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica* (amibe pathogène qui infecte le gros intestin provoquant une infection amibienne, produisant l'amibiase, une maladie parasitaire responsable de la dysenterie

amibienne et *Giardia lamblia*. Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires [1].

2.3.6.4 Helminthes

Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et $10^3/l$. Il faut citer, notamment, *Ascaris lombricidés*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Tænia saginata*. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires [1].

Les analyses microbiologiques des échantillons de l'eau usée et épurée de la STEP de GHRISS ont été réalisées au niveau du bureau d'hygiène de la wilaya de Mascara. Trois milieux de culture sont utilisés (fig. 2.24) :

- Milieu EPA : Milieu alcalin pour la culture de *Vibrio cholerea*.
- Milieu SFB : Milieu sélectif pour enrichissement de *Salmonella*.
- GNAB : Gélose spécifique pour recherche du *Vibrio cholerea* dans les eaux usées.



Milieu SFB

Milieu EPA

Milieu GNAB

Figure. 2.24 : Milieux de culture utilisés.

2.3.7 Traitement des eaux usées par argile naturelle « Bentonite »

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

L'objectif de ce travail réalisé au niveau du laboratoire de chimie de l'IMSI consiste à traiter une eau usée brute issue de la station de GHRISS par une argile naturelle récupérée du gisement de Maghnia. Pour cela, nous avons eu recours à réaliser une analyse des paramètres physicochimiques et microbiologiques et comparer les résultats obtenus avec les résultats de l'eau usée épurée afin de confirmer si cette eau usée peut être réutilisée de nouveau ou non dans un certain domaine (JORADP, 2013).

Mode opératoire : Dans un erlenmeyer, nous avons dissous 25g de bentonite dans 02 litres d'eau usée. Le tout est placé sous agitation magnétique pendant 24H. Le lendemain, nous avons filtré le mélange dans des flacons en verre brun déposés dans une glacière munie d'accumulateurs, transportés au laboratoire pour analyses physicochimiques et microbiologiques (fig. 2.25).

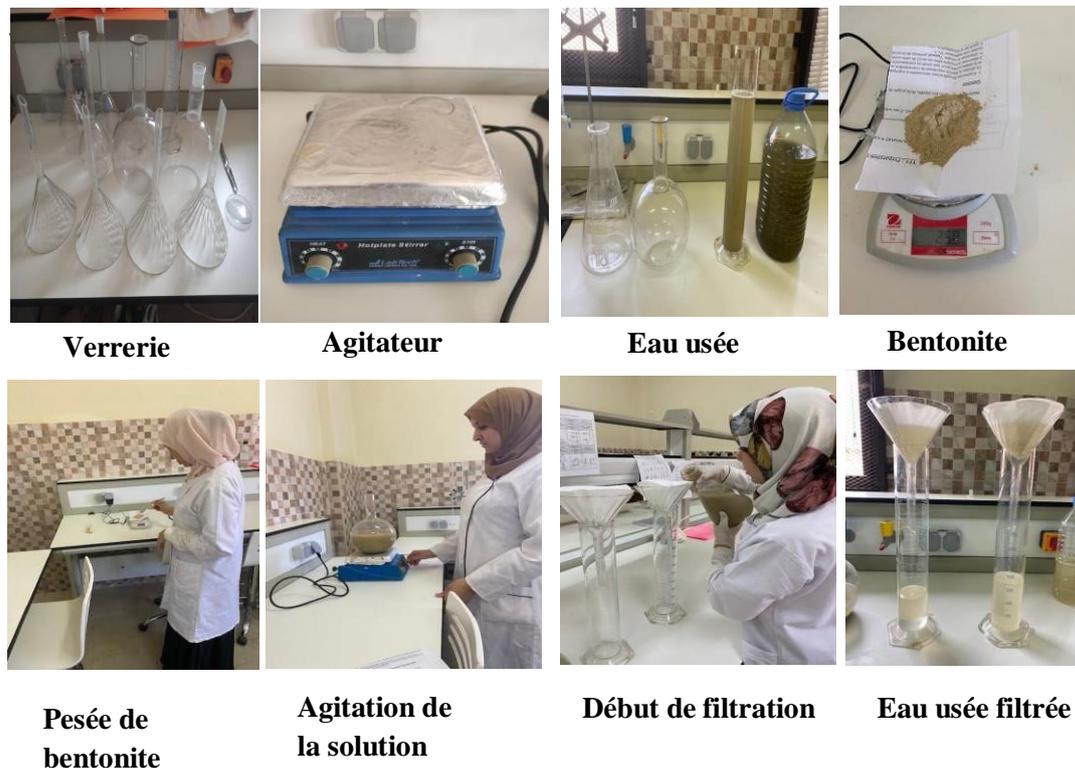


Figure. 2.25 : Etapes de traitement de l'eau usée par la bentonite.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de fournir une description détaillée du fonctionnement de la station d'épuration de GHRISS, et de connaître les différents processus et phases de traitement des eaux usées, à un autre moment, nous avons été en mesure de suivre la performance de STEP avec différentes propriétés physiques et chimiques.

Nous pouvons déduire que l'utilisation d'argiles peut être sérieusement considérée comme un moyen de résoudre le problème des eaux usées sans recourir à des méthodes extrêmement coûteuses qui nécessitent des ressources importantes de gestion et d'entretien.

Chapitre 03

Résultats et discussion

Introduction

Nous avons réalisé des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau brute, d'eau épurée et d'eau traitée avec de la bentonite au niveau de l'unité SEOR de la station d'épuration de GHRISS de la wilaya de Mascara. Les résultats sont mentionnés dans le tableau 3.1 :

3.1 Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes (EB) et épurées (EE)

L'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux usées et de l'eau purifiée produites par l'usine de traitement des eaux usées du GHRISS de janvier à mai 2023 sera présentée dans ce paragraphe. Les résultats seront interprétés pour voir la performance de la station.

3.1.1 Température

La température des eaux entrantes et sortantes de la STEP de GHRISS varie entre [11°C-24°C] avec une moyenne de 19.3°C pour l'eau entrante et de 17.8°C pour l'eau sortante. On constate qu'il y'a une légère différence entre les deux températures. Ces valeurs sont bonnes et restent toujours conformes aux normes de l'OMS et la réglementation algérienne requise soit inférieure à 30°C (fig. 3.1 ; tab. 3.1).

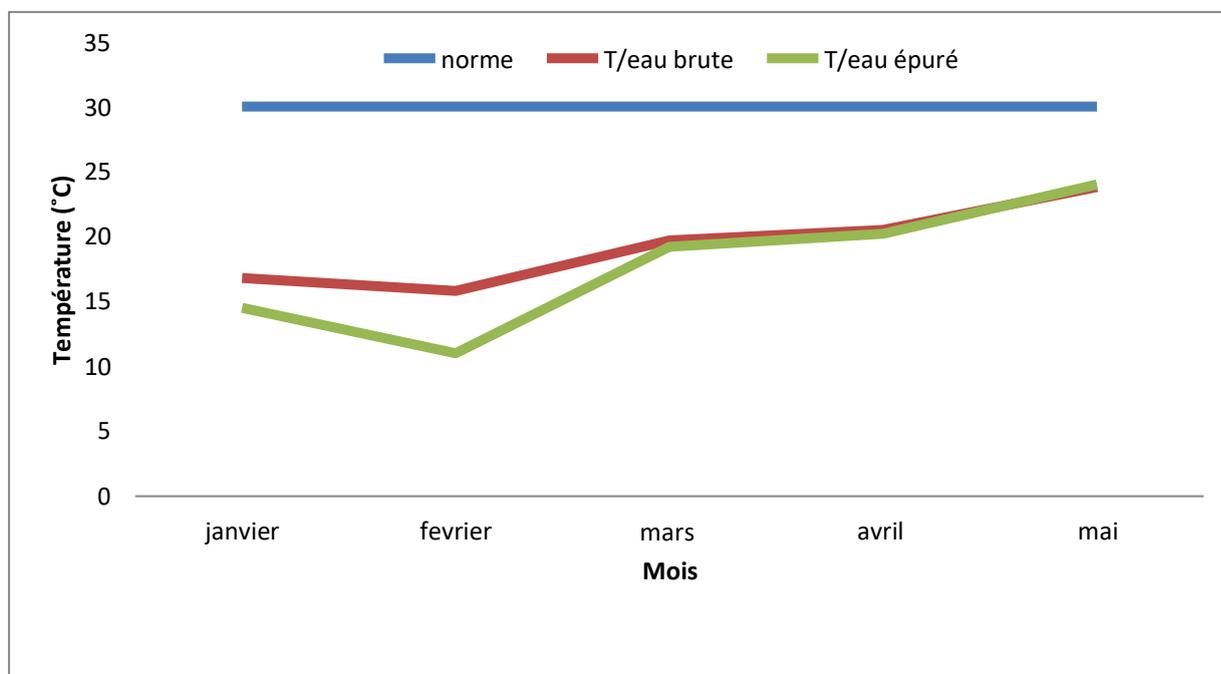


Fig. 3.1: Variation de la température à l'entrée et à la sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.2 Potentiel d'hydrogène

Selon la figure. 3.2, les valeurs du pH des eaux brutes oscillent entre [7,64 - 8.48] avec une moyenne de 7.9 indiquant que les eaux sont faiblement alcalines. Une fois l'eau usée est épurée, son pH varie peu et les valeurs sont comprises entre [7,83 – 8.68] avec une moyenne de 8.18 donc légèrement basique supérieure à celle de l'entrée. Ces valeurs restent conformes à la norme de rejet des eaux (JORADP, 2006) et à celles de FAO et de l'OMS relatives à leur réutilisation qui préconise une valeur variant de 6.5 à 8.5 (fig. 3.2 ; tab. 3.1).

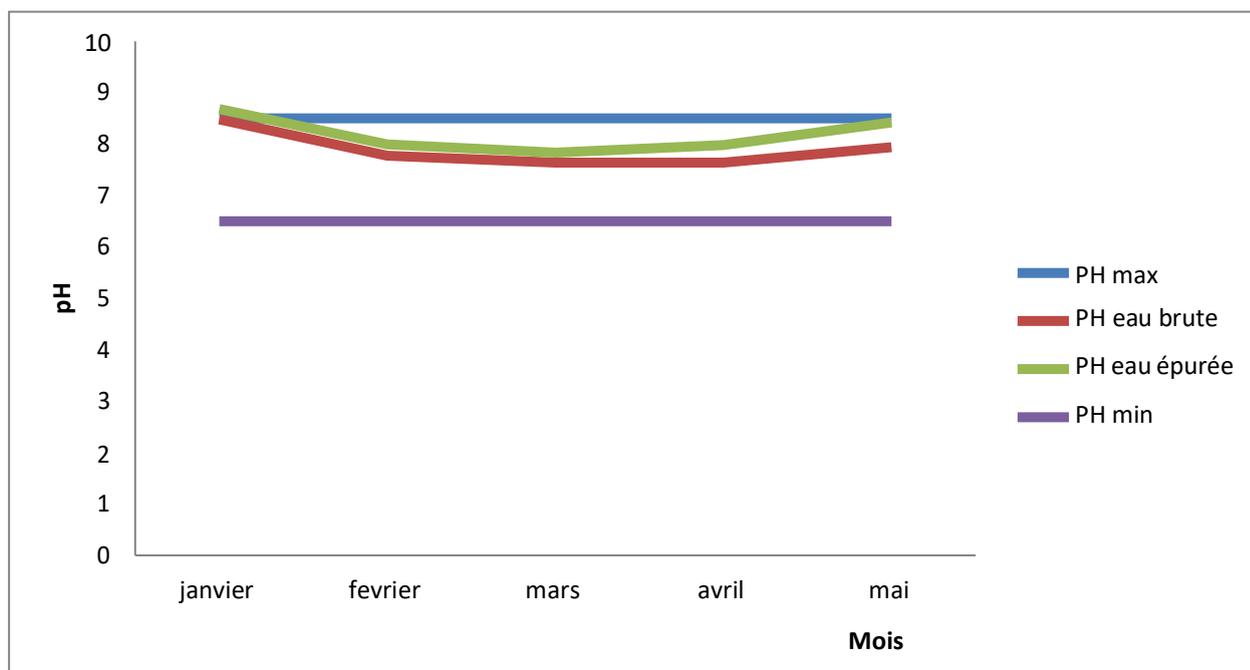


Figure. 3.2 : Variation du pH à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.3 Conductivité électrique CE

On observe que la conductivité des eaux brutes se confine à l'intervalle [2080- 2570] $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 2326 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A la sortie de la station d'épuration ces valeurs diminuent entre [2030- 2190] $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 2134 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les résultats obtenus sont totalement inférieurs à la norme $\leq 3000\mu\text{S}/\text{cm}$ pendant les 5 mois de l'année 2023. Cette diminution à la sortie est expliquée par la décantation des sels minéraux au niveau des bassins de décantation (fig. 3.3 ; tab. 3.1).

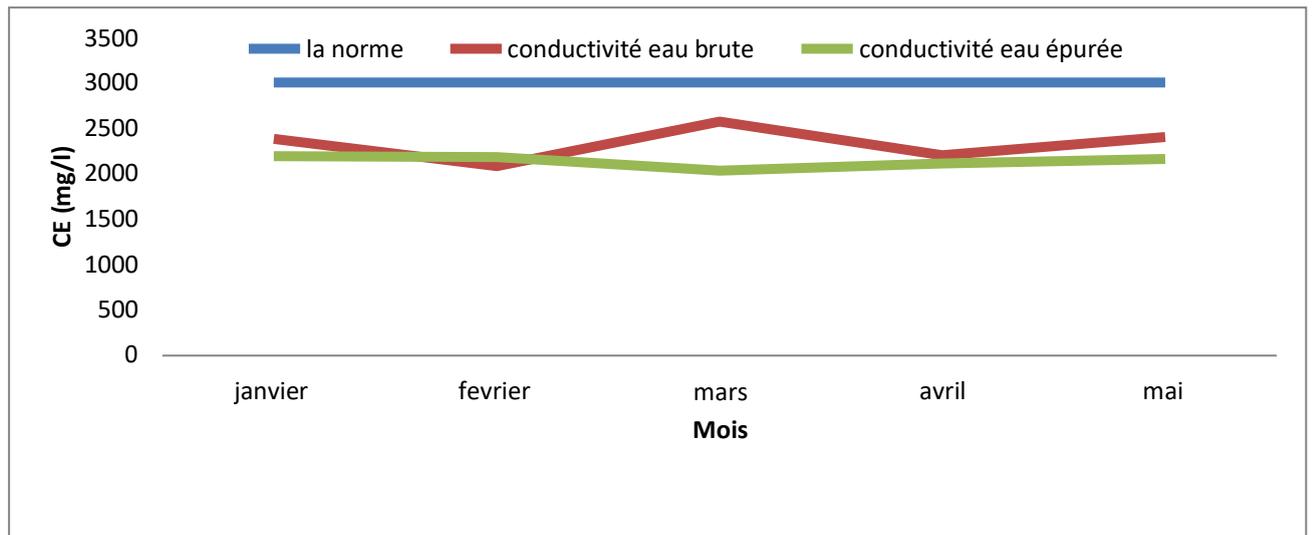


Figure. 3.3: Variation de la conductivité électrique à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.4 Oxygène dissous

La teneur en oxygène de l'eau brute à l'entrée varie de [0.20 à 1.22] mg/l et une moyenne de 0.72 mg/l, par contre on constate une augmentation de la teneur en oxygène de l'eau épurée variant entre [2.29 à 3.23] avec une moyenne de 2.67mg/l traduit par le résultat du lagunage aéré de la station, qui a des aérateurs mécaniques installés dans les réservoirs d'aération, et l'activité photosynthétique des algues (fig. 3.4 ; tab. 3.1).

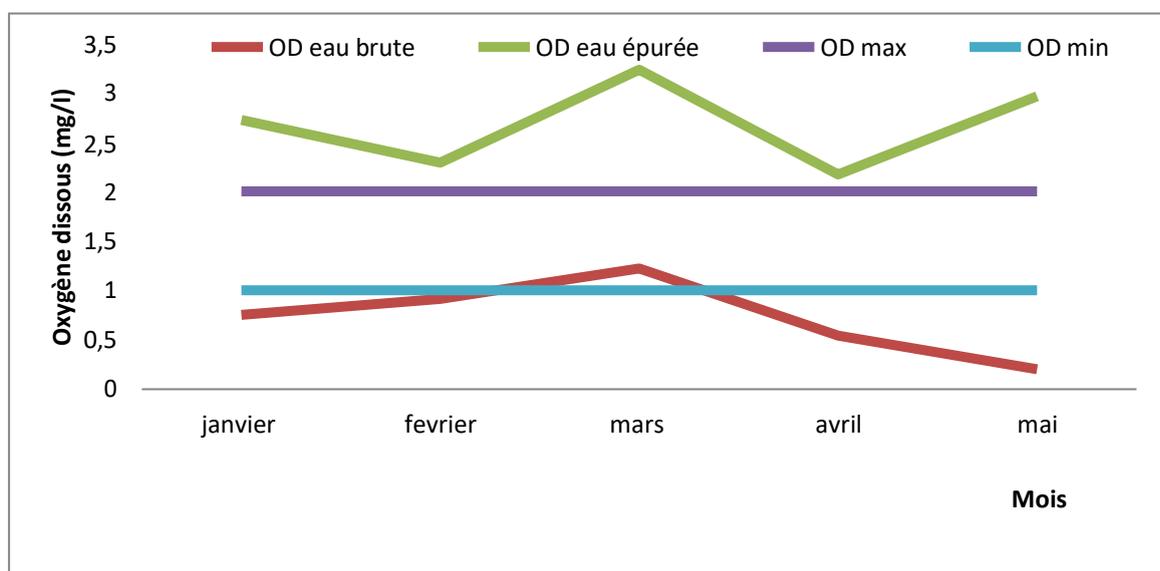


Figure. 3.4 : Variation de l'O₂ à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.5 Matières en suspension (MES)

La concentration de MES de l'eau brute à l'entrée est très importante, elle varie entre [115-850] mg/l et une moyenne de 383 mg/l. Par contre, on remarque leur diminution considérable pour l'eau épurée qui a une variation de [20-77] mg/l et une moyenne de 41 mg/l. On remarque une grande différence entre la courbe de l'amont et de l'aval, qui explique l'efficacité de traitement et le bon fonctionnement de la station. Comparativement à la moyenne de la norme des rejets (30 mg/l), il y a eu des augmentations des rejets en (janvier, avril et mai). Cette hausse est le résultat du développement d'une abondance d'algues dans les bassins de décantation (fig. 3.5 ; tab. 3.1).

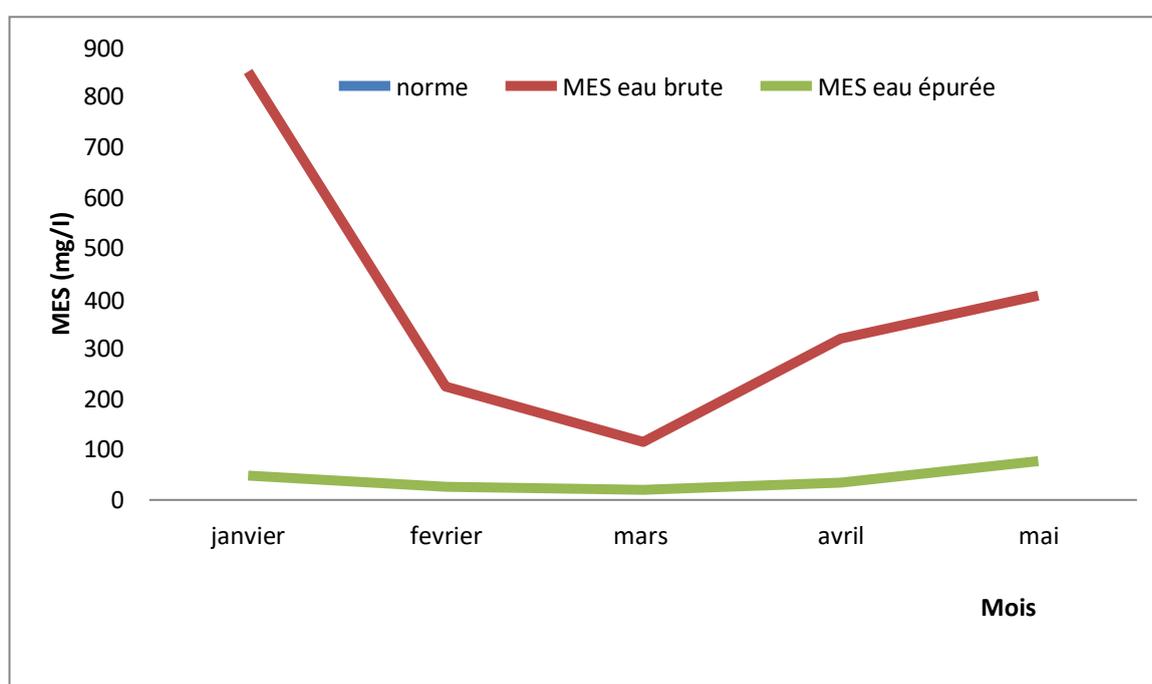


Figure. 3.5: Variations de MES à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.6 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La figure 3.6 montre que la valeur du DBO₅ varie entre [183-497] mg/l avec une moyenne de 372.4 mg/l. Après l'épuration, ces valeurs diminuent pour atteindre des concentrations variantes entre [4-92] mg/l avec une moyenne de 52 mg/l donc les eaux épurées répondent donc aux normes des rejets (30 mg/l) en matière de demande biochimique en oxygène. Ceci nous permet de confirmer le bon fonctionnement de la station et l'efficacité de ce procédé de traitement. On remarque des augmentations par rapport à la norme de rejet (40 mg/l)

dans la station aux mois de (Février, Avril, Mai) .Cette croissance en DBO_5 est exprimée par la forte charge organique, l'activité microbienne et la prolifération algale (fig. 3.6 ; tab. 3.1).

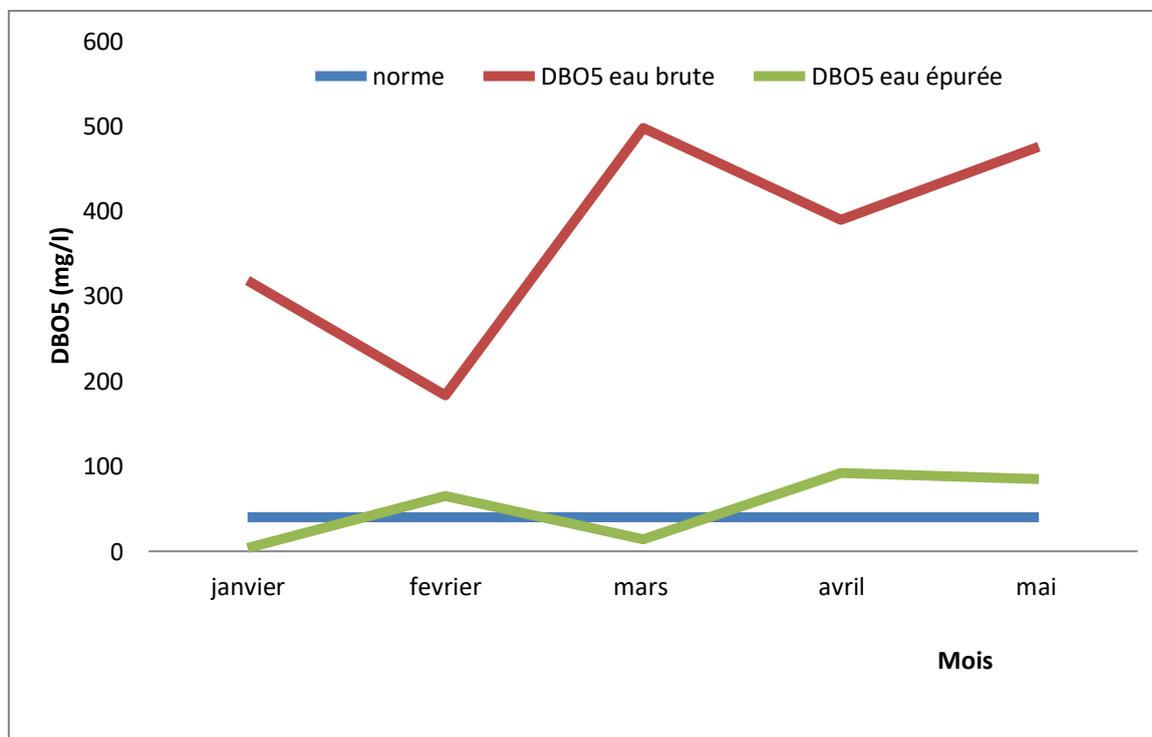


Figure. 3.6: Variation de la DBO_5 à l'entrée et la sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

En matière de DCO, les eaux usées renferment des quantités comprises entre [618-2129] mg/l avec une moyenne de 1092.2mg/l. Concernant les eaux épurées, les valeurs de la teneur en DCO varient entre [214-328] mg/l avec une moyenne de 277.2mg/l. On constate que toutes les valeurs mesurées de la DCO sortie dépassent la norme (90 mg/l). Cette non-conformité est due à l'absence d'un déshuileur au niveau du prétraitement, présence des effluents anormalement chargés (huiles et hydrocarbures) et la surcharge hydraulique au niveau des bassins biologique (fig. 3.7 ; tab. 3.1).

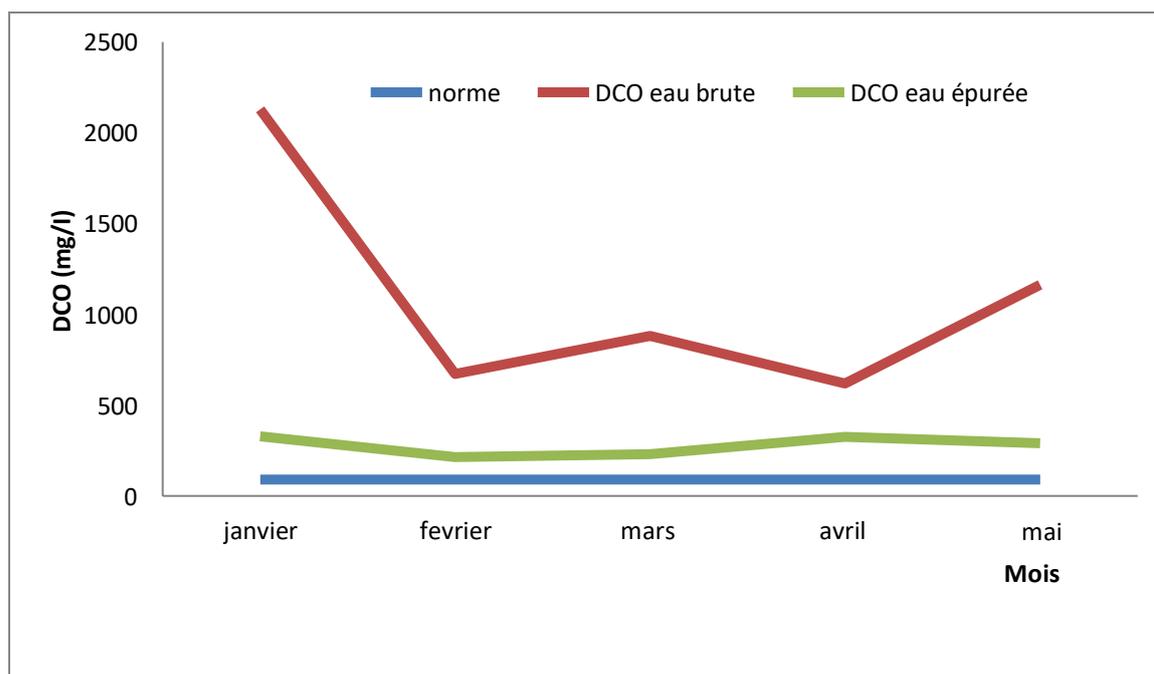


Figure. 3.7: Variation de la DCO à l'entrée et sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.8 Ammoniac (NH_4^+)

L'urée et l'acide urique, qui constituent la majorité de l'azote contenu dans les eaux usées, sont présents dans l'urine. Les réactions d'ammonification se produisent pendant le transport des effluents à l'installation de traitement, transformant cet azote organique en ammonium (NH_4^+), qui est particulièrement nocif pour les ressources en eau de surface. L'azote ammoniacal, ou N-NH_4^+ , doit être mesuré afin d'évaluer l'azote dans les eaux usées et de suivre son évolution dans les réseaux et pendant la purification. D'après les résultats trouvés, l'entrée de la station de GHRISS, l'entrée varie entre 8.5 et 13.72 mg/l avec moyenne de 11.71 mg/l et la sortie est entre 7.04 et 12.80 mg/l avec moyenne de 11.33. Tous les résultats mesurés sont conformes à la norme de rejet (≥ 40 mg/l) pour la station d'épuration de GHRISS, qui confirme l'efficacité de traitement des procédés.

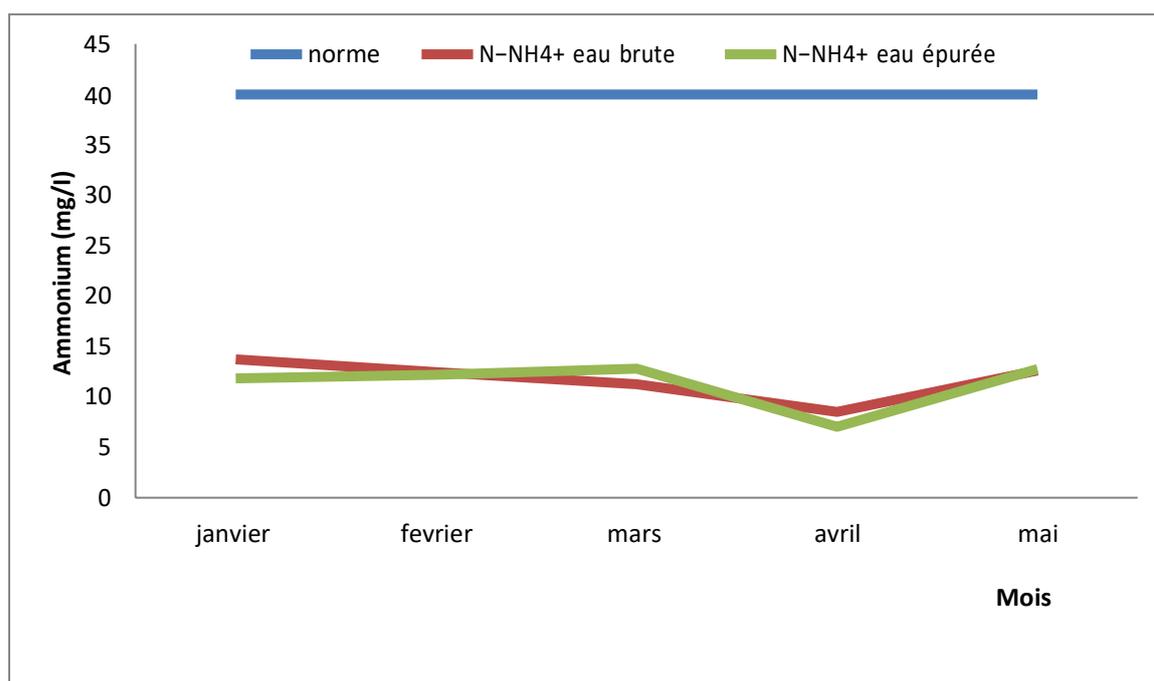


Figure. 3.8: Variation de NH_4^+ à l'entrée et à la sortie de la STEP de GHRISS (2023).

3.1.9- Nitrites (NO_2^-)

Entre les ions ammonium (NH_4^+) et nitrate (NO_3^-), les ions nitrite (NO_2^-) constituent une phase de transition. L'ammonium est converti en nitrites par des bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas*), processus appelé nitrification, consomme beaucoup d'oxygène. Même à de très faibles concentrations, les nitrates constituent une menace toxique pour la vie aquatique. Les changements de température les rendent encore plus toxiques. Les concentrations des nitrites enregistrées de la station de GHRISS présentent des résultats conformes par rapport à la norme de rejet (≥ 01 mg/l) (fig. 3.9 ; tab. 3.1).

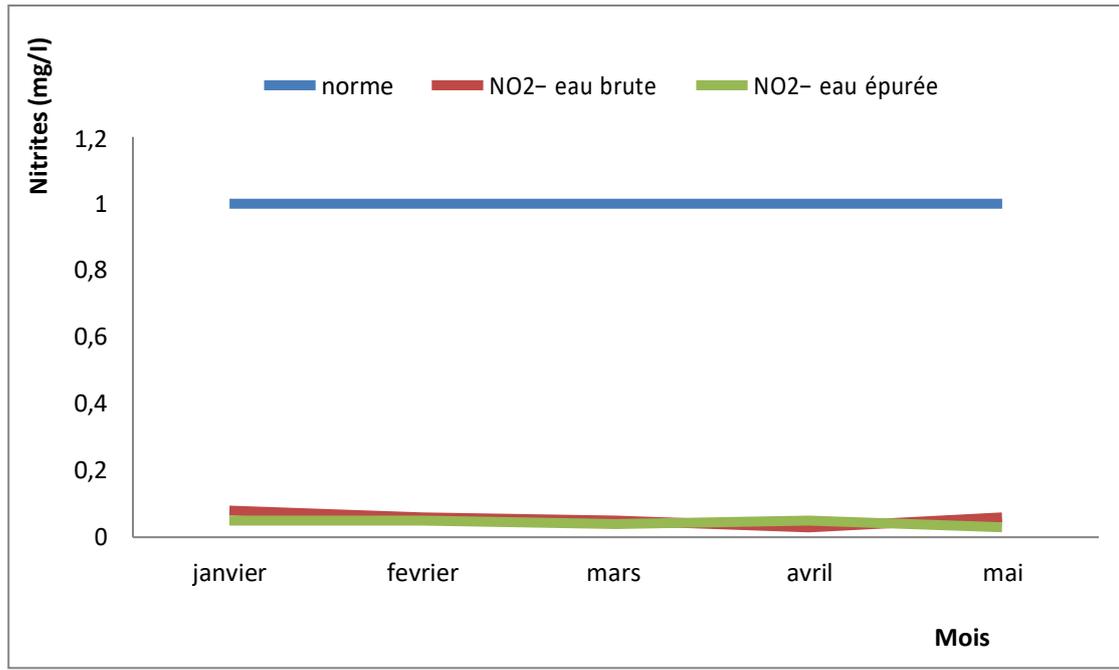


Figure. 3.9: Variation des nitrites à l'entrée et à la sortie de STEP de GHRISS (2023).

3.1.10-Nitrates (NO_3^-)

Comparant les résultats enregistrés de la station d'épuration de GHRISS avec la norme des rejets 40mg/l, onnote que toutes les valeurs mesurées sont inférieures à 5 mg/l et présentent de très bonne qualité de rejet (fig. 3.10 ; tab. 3.1). Malgré le fait que les nitrates ne sont pas toxiques, leurs concentrations élevées peuvent entraîner une augmentation de la croissance des algues, ce qui aide l'environnement à devenir plus eutrophie. Bien qu'ils aient moins de nitrates, leur danger potentiel est toujours présent.

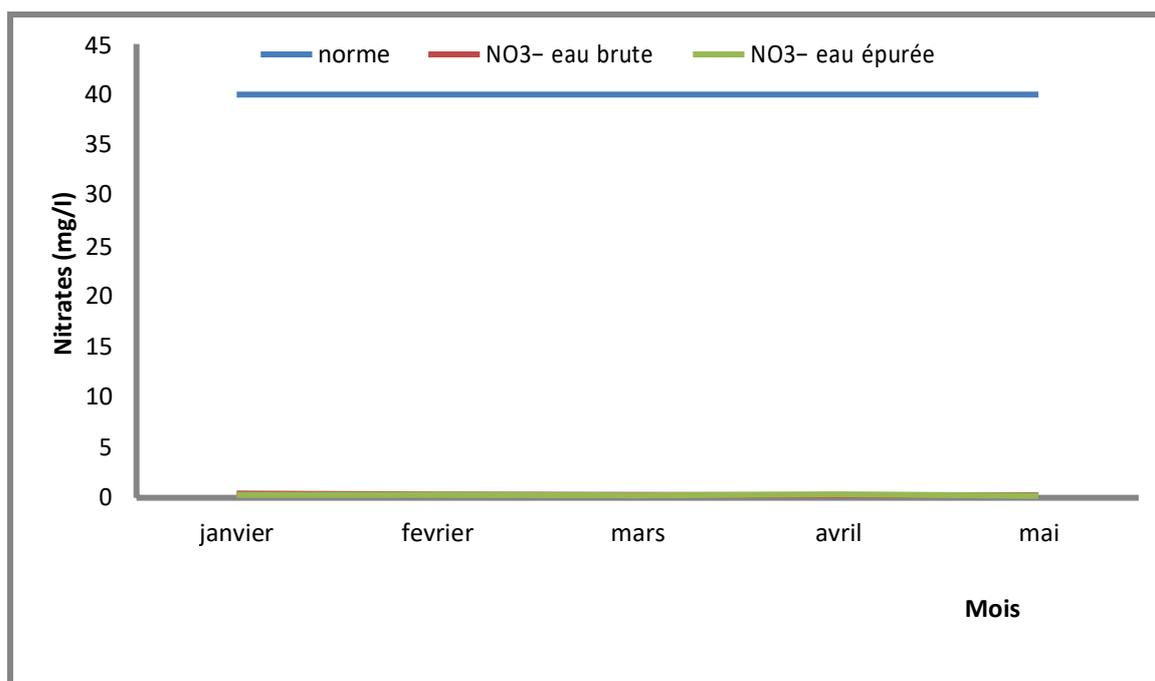


Figure. 3.10: Variation de l'azote nitrate à l'entrée et à la sortie de STEP de GHRISS (2023)

3.1.11 Ortho phosphates (PO_4^{3-})

Le métabolisme humain produit du phosphore, tout comme les produits de nettoyage, les rejets industriels (comme ceux de l'industrie agroalimentaire, des abattoirs et des blanchisseries industrielles) et les rejets naturels ou agricoles. La base de la déphosphatation biologique, est l'accumulation de phosphore par des microorganismes sous forme de poly phosphates. Par déphosphatation biologique, le phosphore est transféré de la phase liquide (eau usée) à la biomasse purifiante, où il est progressivement enrichi. Les teneurs en ortho-phosphate des eaux brutes varient entre [2.28 – 4.63] mg/l avec une moyenne de 3.554 mg/l. dans les eaux épurées ces teneurs diminuent et sont comprises entre [2.55 – 4.12] mg/l avec une moyenne de 3.298 ce qui correspond à la norme qui est de 10mg/l (fig. 3.11 ; tab. 3.1).

Chapitre 03 : Résultats et discussion

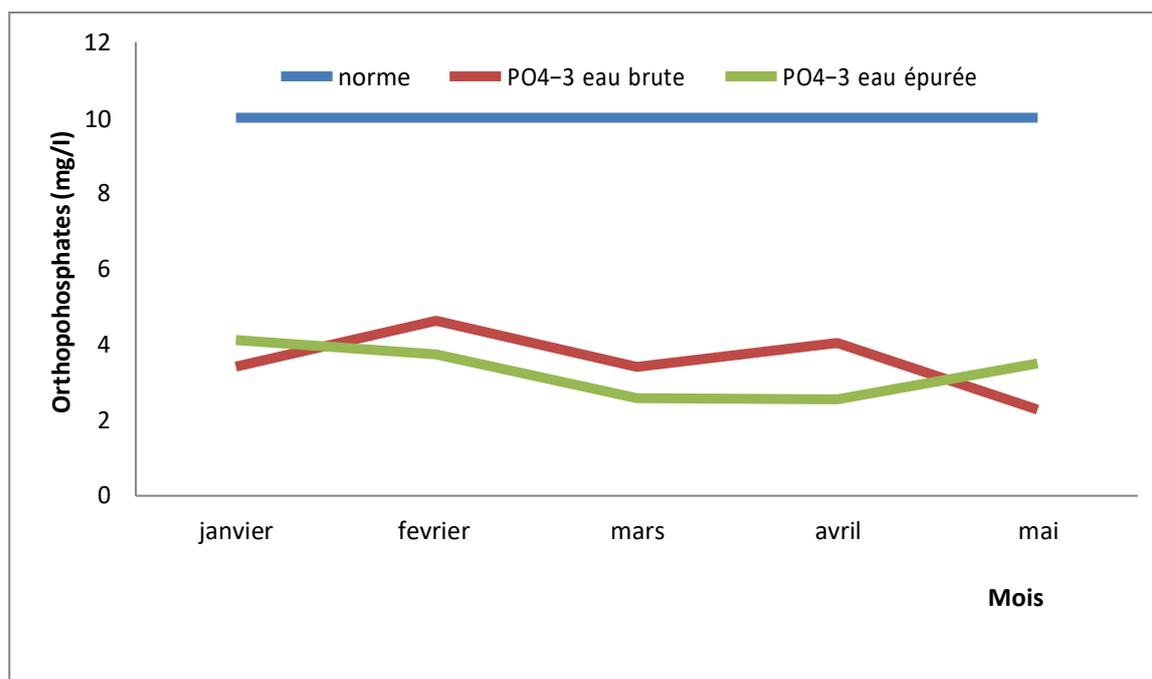


Figure. 3.11: Variation des concentrations en ortho phosphates à l'entrée et à la sortie de STEP de GHRISSE (2023).

Tableau 3.1 : Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux usées brutes et épurées de la station de GHRISSE (janvier-mai 2023).

Paramètre		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Norme
pH	Entrée (EB)	8.48	7.77	7.64	7.64	7.94	6.5-8.5
	Sortie (EE)	8.68	7.99	7.83	7.98	8.42	
T (°C)	Entrée (EB)	16.8	15.8	19.7	20.5	23.8	=<30
	Sortie (EE)	14.5	11	19.2	20.2	24	
CE (µS/cm)	Entrée (EB)	2380	2080	2570	2200	2400	=<3000 us/cm
	Sortie (EE)	2190	2180	2030	2110	2160	
O ₂ (mg/l)	Entrée (EB)	0.75	0.91	1.22	0.54	0.20	1-2
	Sortie (EE)	2.72	2.29	3.23	2.17	2.96	
MES (mg/l)	Entrée (EB)	850	225	115	320	405	30
	Sortie (EE)	48	26	20	34	77	
DBO ₅ (mg/l)	Entrée (EB)	318	183	497	389	475	40
	Sortie (EE)	04	65	14	92	85	
DCO (mg/l)	Entrée (EB)	2129	671	881	618	1162	90
	Sortie (EE)	328	214	230	324	290	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	Entrée (EB)	13.72	12.46	11.26	8.5	12.62	40
	Sortie (EE)	11.84	12.20	12.80	7.04	12.78	
NO ₂ ⁻ (mg/l)	Entrée (EB)	0.08	0.06	0.05	0.03	0.06	01
	Sortie (EE)	0.05	0.05	0.04	0.05	0.03	
NO ₃ ⁻ (mg/l)	Entrée (EB)	0.43	0.34	0.32	0.28	0.29	40
	Sortie (EE)	0.30	0.31	0.25	0.35	0.21	
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Entrée (EB)	3.42	4.63	3.41	4.04	2.28	40
	Sortie (EE)	4.12	3.74	2.58	2.55	3.50	

3.2 Détermination des rendements épuratoires de la STEP

Le pourcentage de réduction des trois principaux indicateurs de pollution à cette station DBO₅, DCO et MES est indiqué dans ce mémoire. Le rendement c'est le rapport de la pollution éliminée dans la station sur la pollution reçue.

Tableau. 3.2 : Rendements épuratoires

Rendement	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
R (MES) %	94.4	88.4	82.6	89.4	81
R(DBO₅) %	98.7	64.5	97.2	76.3	82.1
R (DCO) %	84.6	68.1	73.9	47.6	75

3.2.1 Rendement de MES

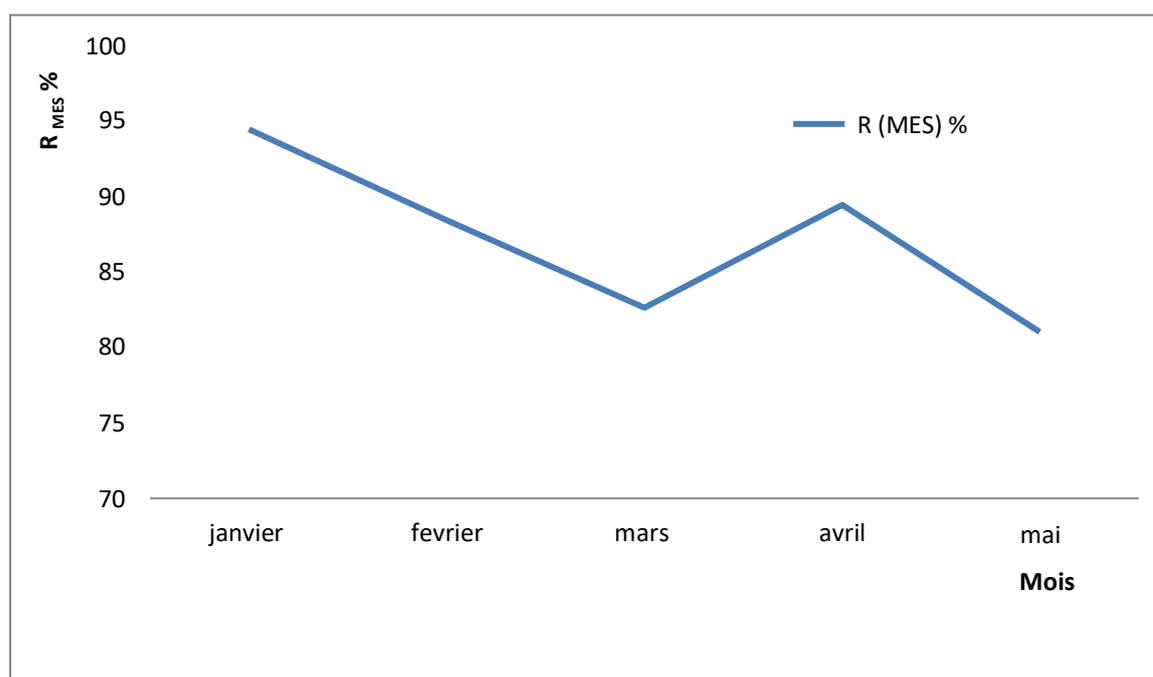


Figure. 3.12 : Rendement d'élimination de MES (R_{MES}) dans la STEP (2023).

On remarque d'après la figure 3.12 et le tableau 3.2, des valeurs de rendement d'élimination de MES dans la STEP, variant entre 81% à 94.4% avec une moyenne de 87.16%. On constate que la STEP de GHRIS dispose d'un bon rendement épuratoire de MES ; ceci nous permet de constater qu'aucun problème ne se pose au niveau du procédé d'épuration en cette période de l'an 2023.

3.2.2 Rendement de la DBO₅

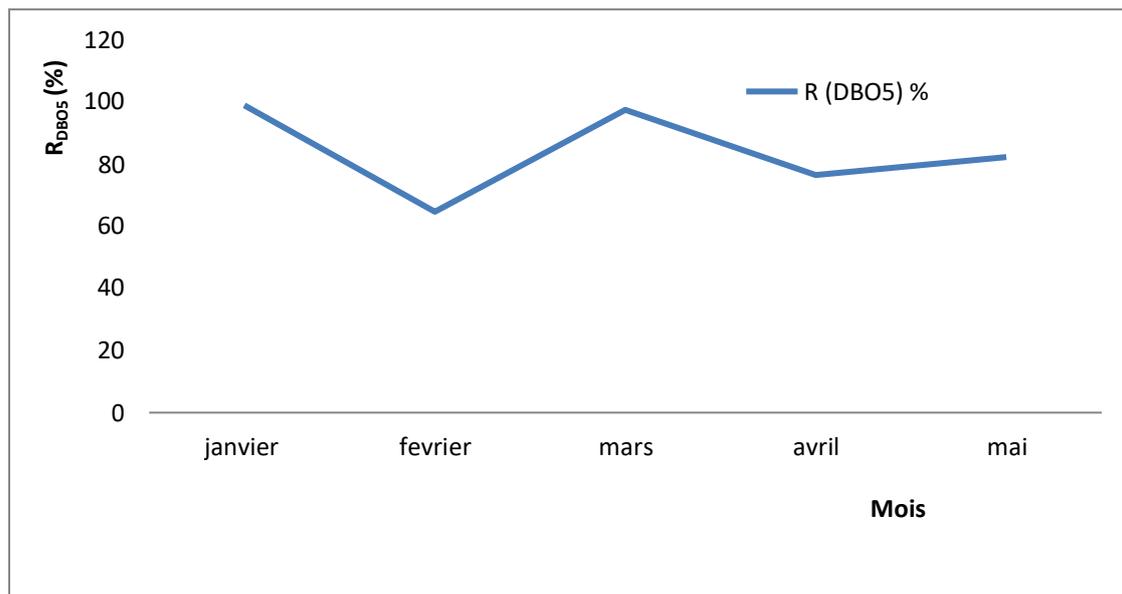


Figure. 3.13 : Rendement d'élimination de la DBO₅ dans le STEP (2023).

La figure 3.13 enregistre des valeurs de rendement d'élimination de DBO₅ dans la STEP variant entre (64.5% à 98.7%) avec une moyenne de 83.76%. Le rendement épuratoire de la DBO₅ au niveau de la STEP est excellent dans sa globalité et nous permet de comprendre qu'aucun problème ne se pose au niveau du procédé d'épuration pour cette période de l'année 2023.

3.2.3 Rendement de la DCO

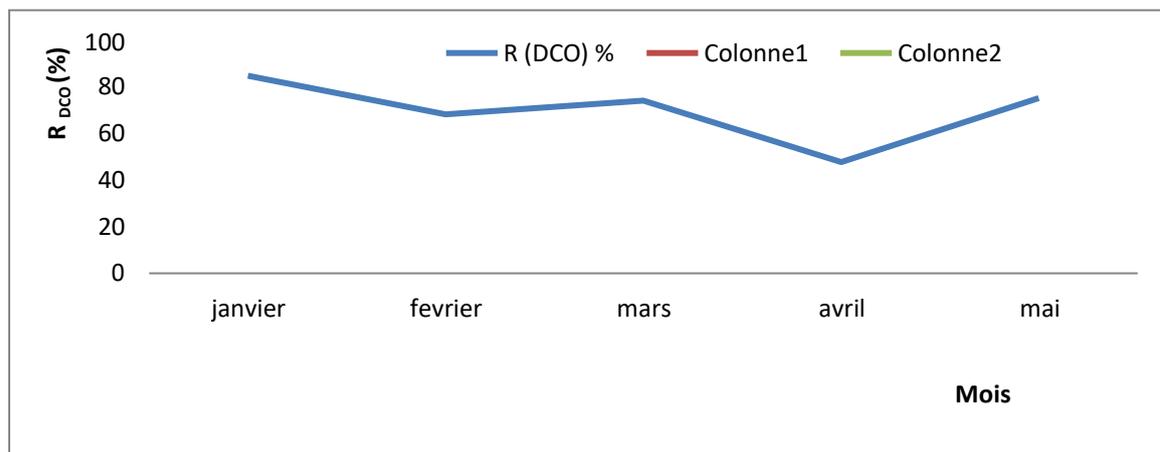


Figure. 3.14 : Rendement d'élimination de la DCO dans le STEP (2023).

On remarque d'après la figure 3.14, des valeurs de rendement d'élimination de DCO dans la STEP variant de 68.1% à 84.6% avec une moyenne de 69.84%. En générale, le rendement épuratoire de la DCO reste acceptable.

3.2.4 Biodégradabilité K

Ce rapport évalue la biodégradabilité d'une eau usée, c'est-à-dire la faculté de transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel, elle est exprimée par un coefficient : $K=DCO/DBO_5$. Le tableau 3.3 nous renseigne sur les valeurs d'un coefficient et l'état de biodégradabilité d'un effluent.

Tableau 3.3 : Coefficient de la biodégradabilité.

Coefficient K	Appréciation
$K=1$	$DCO=DBO_5$ l'effluent est complètement biodégradable
$1 < k < 1.5$	Effluent est biodégradable
$1.5 < k < 2.5$	Effluent est moyennement biodégradable
$2.5 < K ??$	Effluent n'est pas biodégradable.

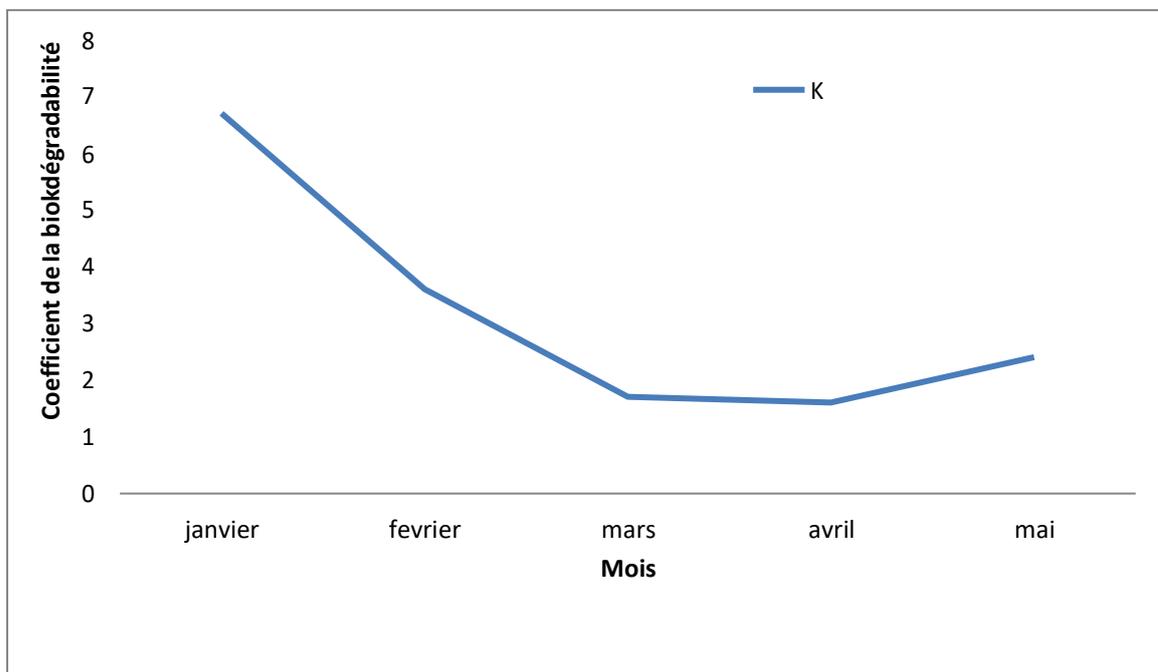


Figure. 3.15 : Variation de la biodégradabilité K.

Les valeurs de la biodégradabilité K des eaux usées de la station de GHRISSE varient entre 1.5 et 6.7) avec une moyenne de 3.18 ou toutes les valeurs sont situées entre $1.5 < K < 2.5$ donc l'effluent est moyennement biodégradable à l'exception des deux mois (janvier et

février) où les valeurs sont respectives à 6.7 et 3.6 ; ceci peut montrer que les eaux usées durant ces deux mois ne sont pas biodégradables.

Conclusion

Ce type de STEP assure bien un traitement biologique à lagunage aéré à cultures libres à faible charge. Après l'étude des paramètres physico-chimiques des effluents entrants et sortants de la STEP de GHRISS, on peut conclure que :

- La température de la station d'épuration de GHRISS ne dépasse pas 30°C.
- Le pH (6.5- 8.5) de la station d'épuration est idéal pour la survie des microorganismes.
- L'apport artificiel de l'oxygène (O₂) dans le procédé montre clairement l'augmentation des performances épuratoires.
- Les résultats de l'analyse des matières azotées (NH₄, NO₃, NO₂) dans la STEP sont conformes par rapport aux normes de rejet.
- Les concentrations en ortho phosphates enregistrées sont faibles et confirment le bon fonctionnement du procédé de traitement.
- Le Rendement des matières en suspension est respectif à 87.16%
- Le Rendement de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) est égal à 83.76%
- Le Rendement de demande chimique en oxygène (DCO) est relatif à 69.84%
- Le rapport $K=DCO/DBO_5$, montre que les effluents entrants dans la STEP varient entre moyennement biodégradable et non biodégradable.

Le laboratoire de la STEP de GHRISS ne réalise pas les analyses bactériologiques (recherche et dénombrement des Salmonelles, Vibriion cholérique, œufs d'helminthes) des eaux usées et épurées. L'analyse est effectuée dans le bureau d'hygiène.

En dernier, on dira que l'épuration des eaux usées par lagunage aéré reste une solution parfaitement écologique qui protège l'environnement et offre une intégration paysagère, en termes de rentabilité et d'efficacité.

3.3 Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau traitée à la bentonite

Nous voulions traiter les eaux usées brutes de la station de GHRISS par une argile naturelle (la bentonite) issue du gisement de Maghnia et voir si on peut l'utiliser comme un dépolluant naturel économique non coûteux. Deux échantillons d'eau usée brute prélevés en date du 02.07.2023 et 05.09.23 ont subi une analyse de quelques paramètres chimiques (pH, T°, O₂, CE, MES, DBO₅, DCO, ...), microbiologiques (salmonelles et vibrion cholérique, CT) et parasitologiques suivant l'Arrêté interministériel du 02.01.2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Par la suite comparer les résultats obtenus avec ceux d'une eau usée et épurée par lagunage aéré.

3.3.1 Température

La figure 3.16 et le tableau 3.4 montrent une diminution importante de la température de l'eau traitée par rapport à celle de l'eau usée épurée. Au niveau des stations d'épuration, la température des eaux usées influe sur l'efficacité du procédé de traitement. Lors du traitement, l'activité biologique décroît avec le froid, la vitesse de nitrification est très ralentie en dessous de 10°C (Martin, 1979). Selon Ollier et Poirie (1983), une eau trop chaude ou trop froide peut donner lieu à des accidents surtout sur des jeunes plantes.

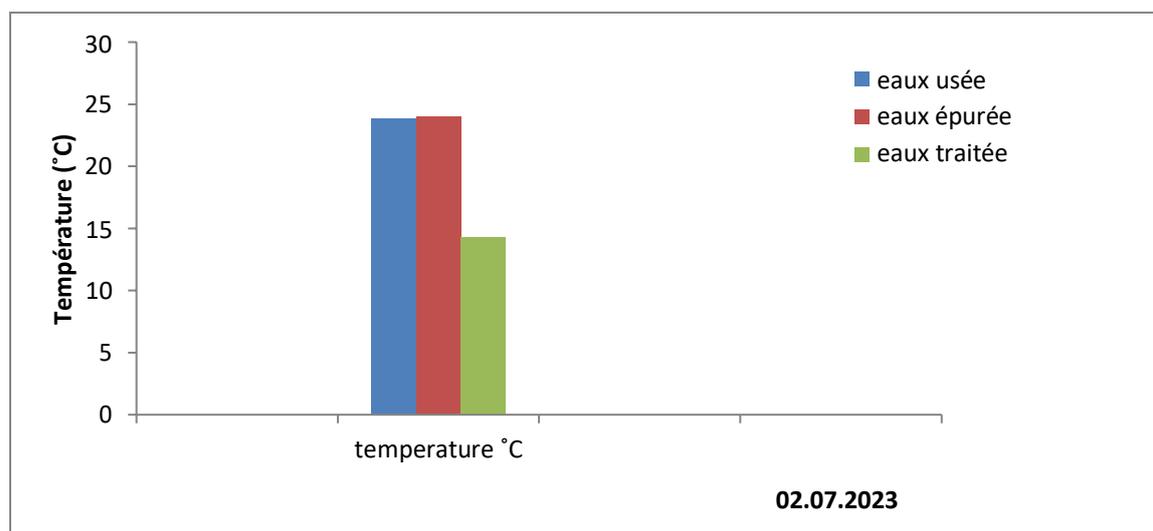


Figure. 3.16 : Résultat d'analyse de la Température de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.3.2 Potentiel d'hydrogène

La figure 3.17 et le tableau 3.4 enregistrent une augmentation importante de la valeur du pH de l'eau épurée ; Ceci est dû à la prolifération algale qui donne une certaine alcalinité du milieu, par contre la valeur du pH de l'eau traitée est faiblement alcaline suite à l'ajout de la bentonite. Les eaux usées sont alcalines, elles proviennent généralement des rejets domestiques (eau du savon, fèces, urine et ordures). Une eau usée acide aura tendance à corroder ou à user l'équipement alors qu'une eau trop alcaline occasionnera des dépôts de tartre dans les conduites. Dans notre exemple, le pH des eaux usées prélevées au niveau de la station d'épuration est acceptable pour une eau en voie de traitement et pour sa probable réutilisation en irrigation.

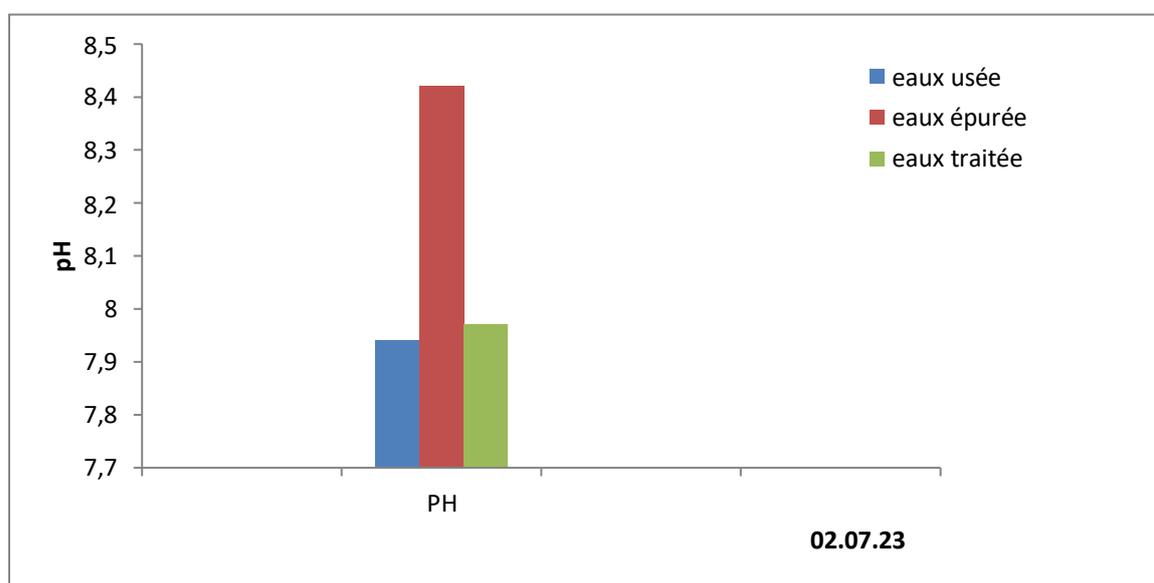


Figure. 3.17 : Résultat d'analyse du pH de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.3.3 Conductivité électrique

Nous constatons une augmentation importante de la conductivité électrique de l'eau traitée par la bentonite par rapport à celle de l'eau épurée. Ceci s'explique par la composition de notre argile en sels. La faible valeur de la CE de l'eau épurée s'explique par la décantation des sels minéraux, au niveau des bassins de décantation (fig. 3.18 ; tableau 3.4). La qualité d'une eau d'irrigation ne peut être établie qu'en fonction du sol qui la reçoit et la culture à pratiquer (Rodier et *al.*, 2005). La conductivité électrique est l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole. Il est possible de classer les eaux d'irrigation d'après la conductivité spécifique à 25 °C en :

- ✓ $CE\ 25^{\circ}C < 250\mu S/cm$: eau non saline,
- ✓ $250 < CE\ 25^{\circ}C < 750\mu S/cm$: eau à salinité moyenne,
- ✓ $750 < CE\ 25^{\circ}C < 2250\mu S/cm$: eau à forte salinité,
- ✓ $2250 < CE\ 25^{\circ}C < 5000\mu S/cm$: eau à très forte salinité,
- ✓ $5000 < CE\ 25^{\circ}C < 20000\mu S/cm$: eau à salinité excessive.

La limite dès $20000\mu S/cm$ a été retenue en tenant compte de la tolérance du palmier dattier et de la concentration que subit l'eau d'irrigation dans le sable en climat aride.

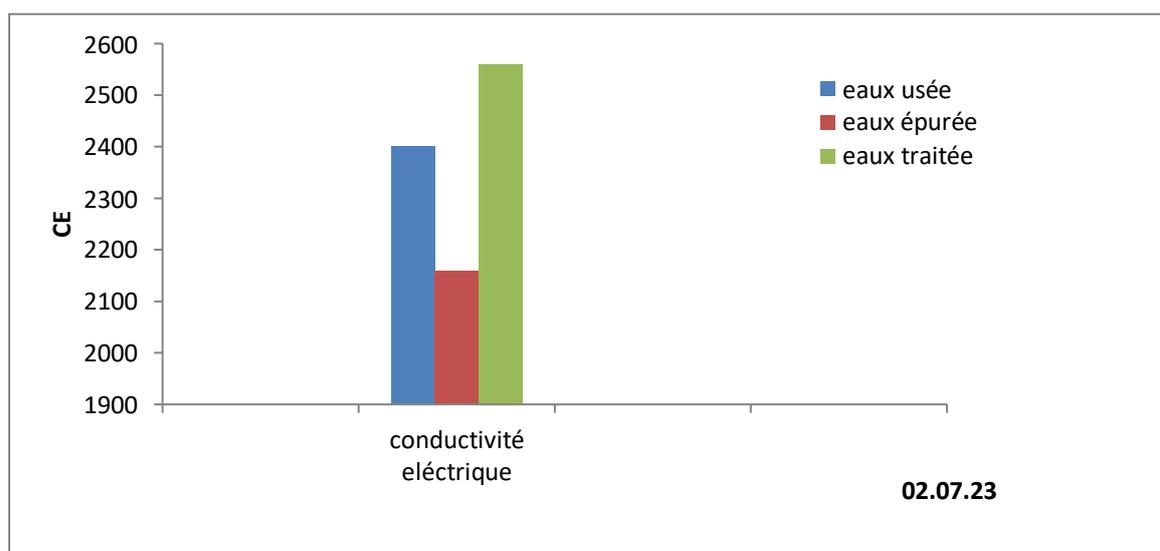


Figure. 3.18 : Résultat d'analyse de la CE de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.2.4 Oxygène dissous

Une augmentation importante de la concentration d' O_2 de l'eau épurée est notée ; cela est due à l'apport artificiel de l'oxygène par des aérateurs mécaniques installés dans les bassins d'aération et l'activité photosynthétique des algues car la station de GHRISS possède un lagunage aéré. En revanche, la concentration de l' O_2 de l'eau traitée est faible (fig. 3.19 ; tableau 3.4).

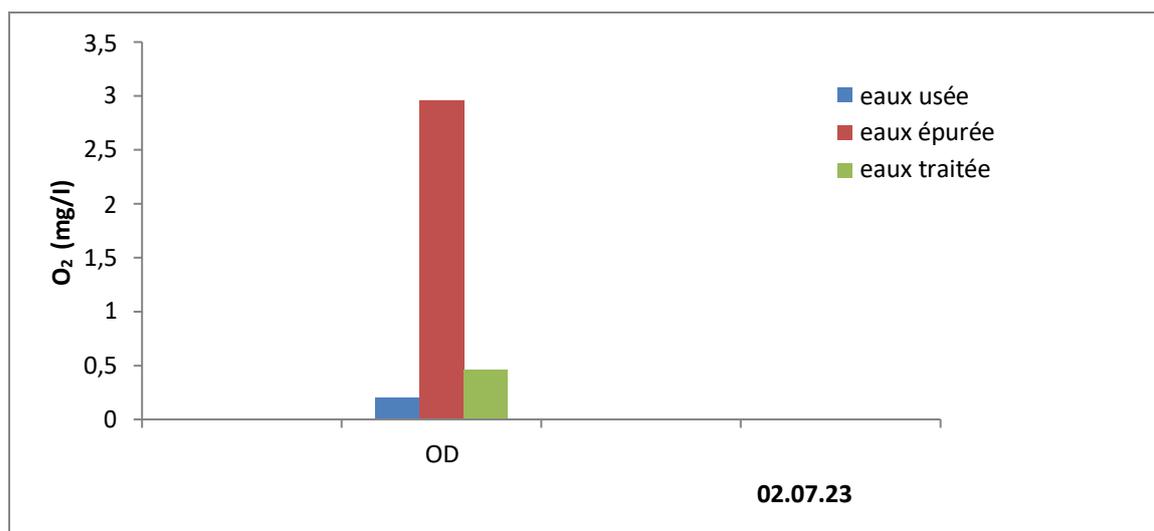


Figure. 3.19 : Résultat d'analyse de l'O₂ de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.2.5 MES

Dans les zones industrielles et urbaines, les eaux résiduaires contribuent à l'élévation des matières en suspension dont le taux varie en quantité et en qualité suivant le type d'industrie considérée. La figure 3.20 et le tableau 3.4 montrent une diminution importante de la concentration de MES de l'eau traitée comparée à celle de l'eau épurée comparée elle-même à l'eau usée de la STEP. Cette diminution de MES de l'eau épurée s'explique par l'efficacité de traitement et le bon fonctionnement de la station. A ne pas oublier que le traitement argileux naturel a montré aussi son efficacité et les MES qui sont restés dans le papier filtre.

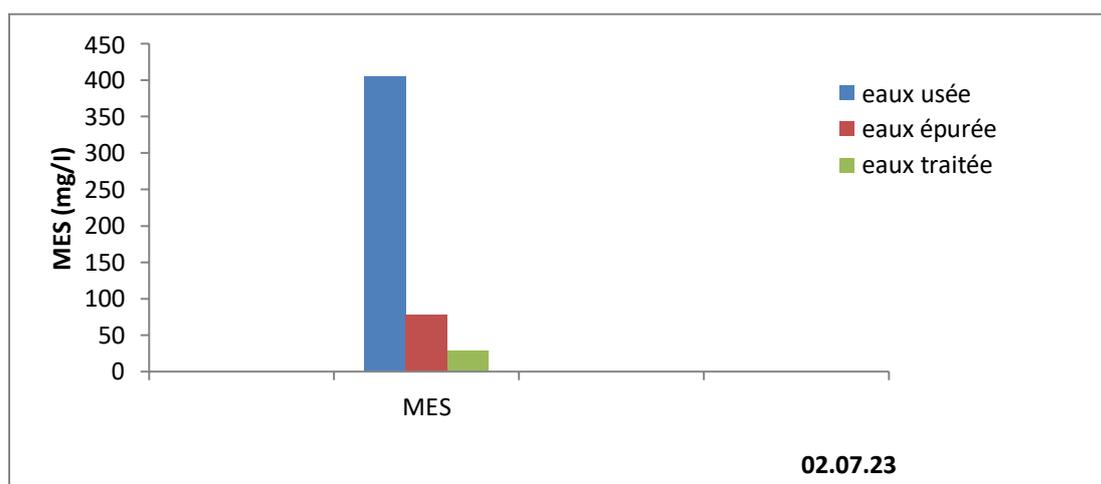


Figure. 3.20 : Résultat d'analyse de MES de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.2.6 DCO

On note une diminution importante de la concentration de la DCO de l'eau épurée et traitée par rapport à celle de l'eau usée. Pour l'eau épurée, cette diminution importante est due à l'efficacité de traitement. Par ailleurs, les sous-produits toxiques et chimiques sont retirés de l'eau traitée à la suite du phénomène de filtration (fig. 3.21 ; tableau 3.4).

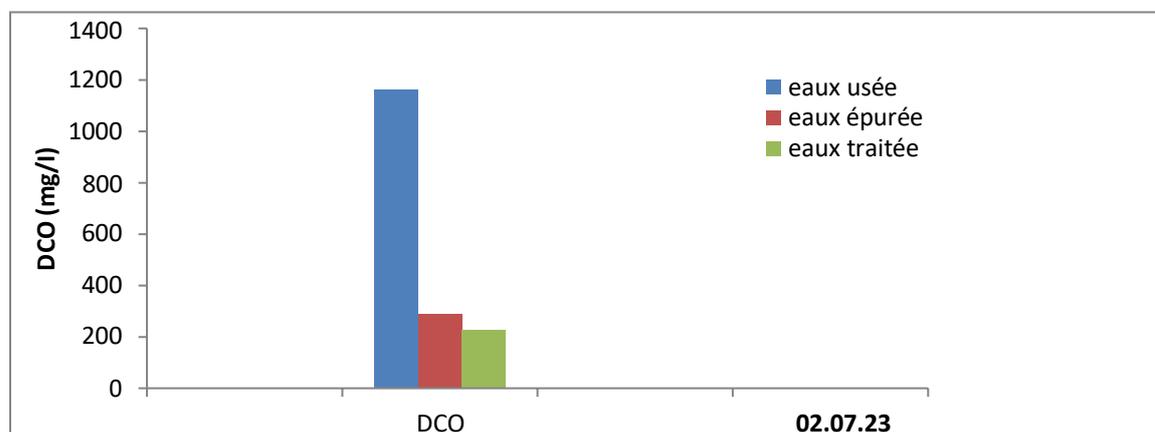


Figure. 3.21 : Résultat d'analyse de la DCO de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.2.7 DBO₅

La valeur élevée de la DBO₅ au niveau de l'entrée de la station de GHRIS est compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables. Une diminution importante de la DBO₅ de l'eau épurée et traitée par rapport à celle de l'eau usée à l'entrée. Cette diminution est due à une augmentation de la quantité d'oxygène qui décompose la matière organique (fig. 3.22 ; tableau 3.4).

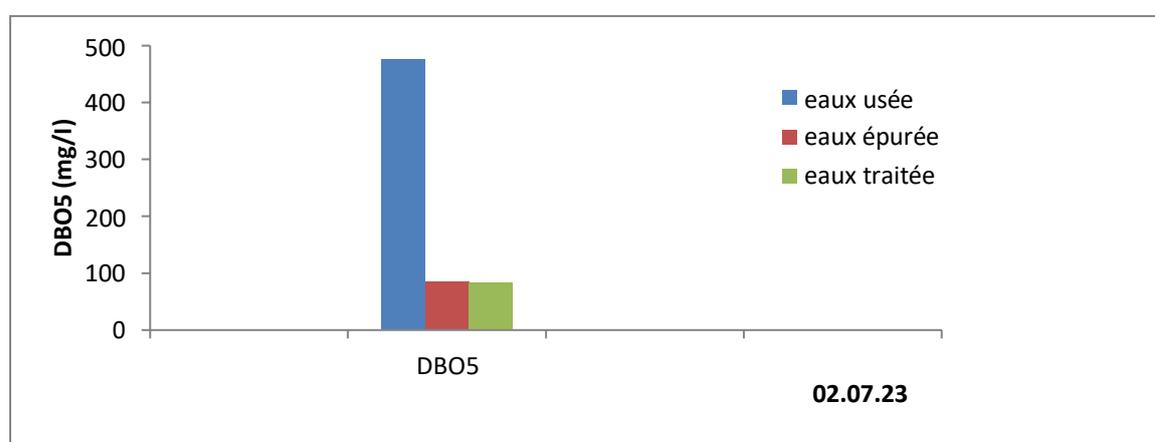


Figure. 3.22 : Résultat d'analyse de la DBO₅ de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.2.8 Ammoniac

Une légère augmentation en ammonium de l'eau épurée est mentionnée par rapport à celle de l'eau usée à cause du manque d'oxygène au niveau des bassins d'aération. Cette nette augmentation tend à diminuer après traitement de l'eau usée par la bentonite (fig. 3.23 ; tableau 3.4).

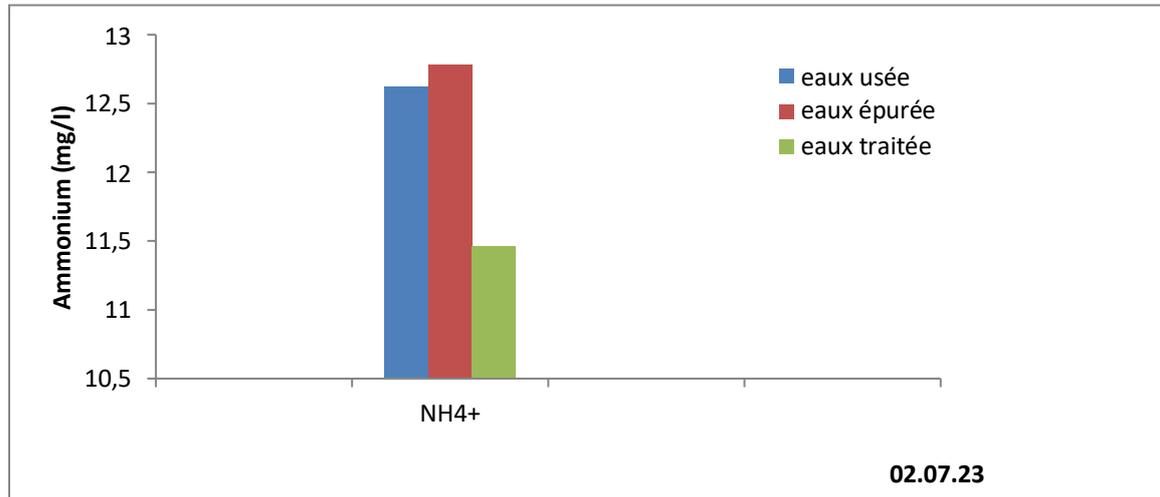


Figure. 3.23 : Résultat d'analyse de NH₄⁺ de l'eau usée, épurée et traitée par la bentonite.

3.2.9 Rendement MES

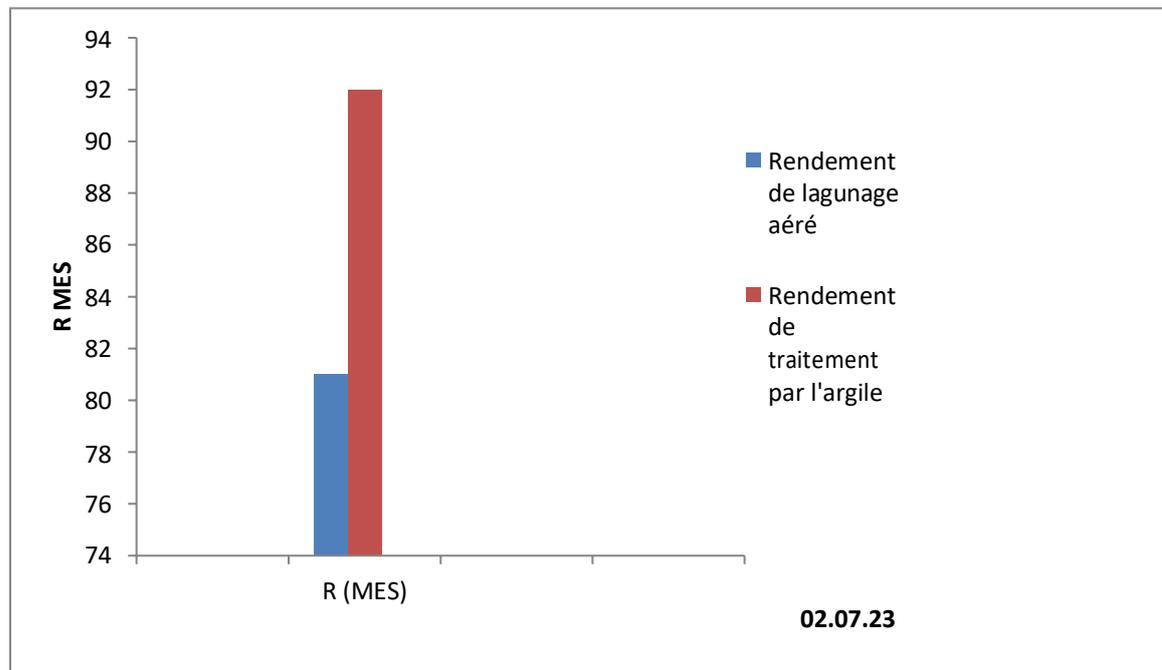


Figure. 3.24 : Rendement MES de l'eau épurée et traitée par la bentonite.

3.2.10 Rendement DCO

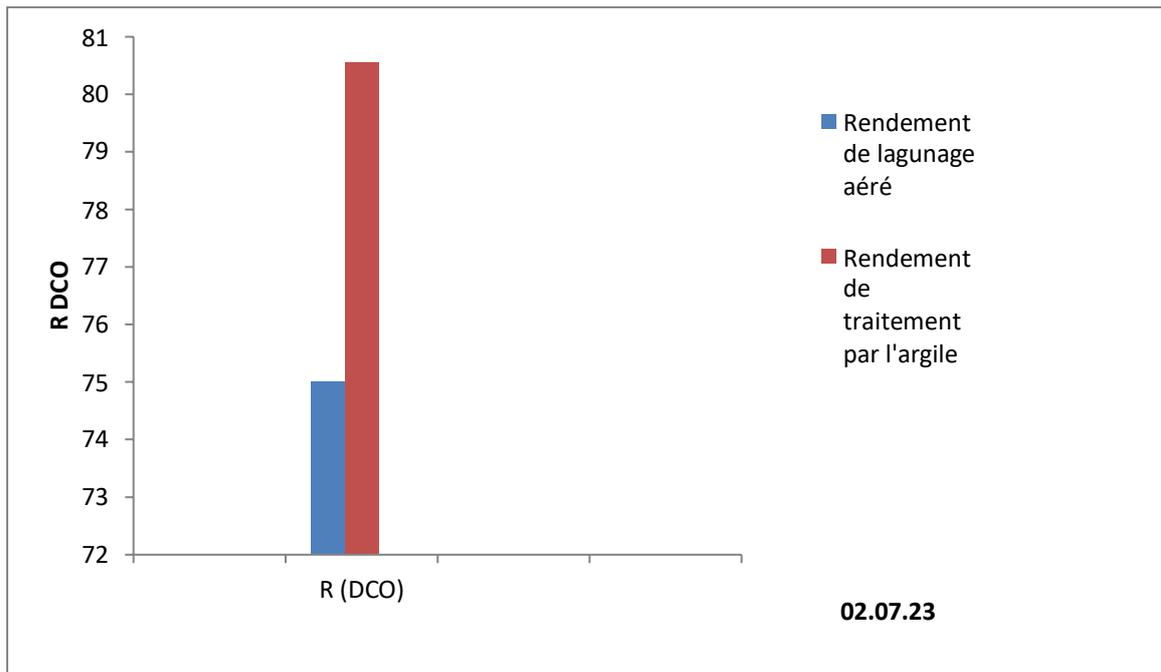


Figure. 3.25 : Rendement DCO de l'eau épurée et traitée par la bentonite.

3.2.11 Rendement DBO5

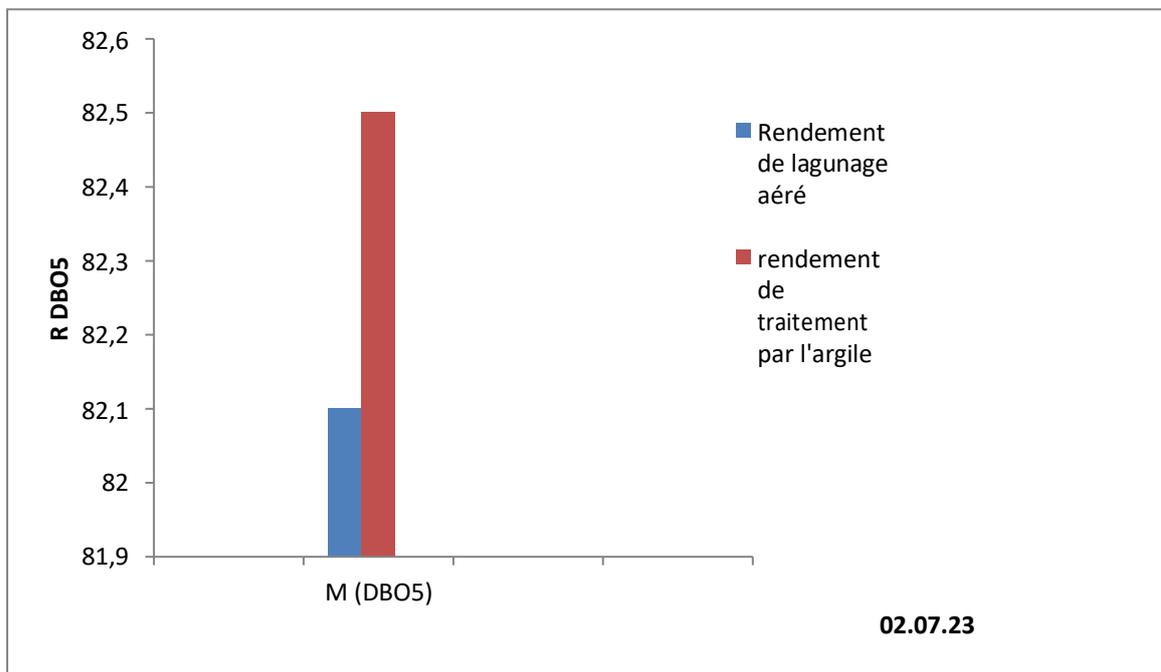


Figure. 3.26 : Rendement de la DBO₅ de l'eau épurée et traitée par la bentonite.

Chapitre 03 : Résultats et discussion

D'après les graphes du rendement de (MES, DCO, DBO5), on constate que le traitement par l'argile (à la bentonite) a donné d'excellents résultats.

3.4 Résultats des paramètres microbiologiques

Les résultats de l'analyse parasitologique des eaux épurées de la STEP de GHRISS ont montré l'absence de la contamination parasitaire de ces eaux usées épurées par les helminthes parasites. La bentonite a montré son effet sur la réduction des coliformes fécaux (tableau 3.5). La protection du consommateur passe par une réglementation de la qualité sanitaire des eaux utilisée pour l'irrigation.

Tableau 3.5 : Résultats des analyses des paramètres physicochimiques des eaux épurées et traités de la station de GHRISS.

	Eau épurée	Eau traitée	Norme recommandée	Référence de méthodes
Salmonelles	Absence	Absence		-
Vibron cholérique	Absence	Absence		-
Coliformes fécaux CFU/100ml	20	07	<100 <1000	NA 764 ISO 9308-2
Nématodes intestinaux (Eufs/l)	Absence	Absence	0.1-Absence	Microscopie sur cellule Mac Master

Les résultats confirment les avantages de l'argile bentonite et donne un rendement meilleur que celui de la STEP de GHRISS. Elle remplace efficacement de nombreux produits chimiques. Ceci nous permet à considérer cette eau, élément noble, qu'on doit protéger pour les générations futures. Parmi les avantages de la bentonite, on peut citer :

- ✓ L'argile bentonite : lutte contre les parasites (agit comme répulsif contre les ravageurs) ;
- ✓ Elle a la capacité d'échange cationique du sol ;
- ✓ L'amélioration de la rétention en eau (l'amendement des sols avec la bentonite agit sur l'hygrométrie et permet de diminuer la perméabilité des sols) ;
- ✓ Les argiles pourraient être des matériaux adsorbants alternatifs à la fois économiques et moins polluants.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les eaux usées sont d'origines très différentes ayant perdu leurs puretés, ou plus précisément, leurs caractéristiques naturelles en raison de l'impact des polluants après avoir été utilisées pour des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

Le traitement des eaux usées est l'un des processus qu'il faut le plus promouvoir dans le monde pour protéger la santé humaine et l'environnement. L'eau des maisons et des entreprises est traitée dans la majorité des installations de traitement des eaux usées : usines de fabrication, bâtiments industriels et raffineries. Ces établissements sont conçus pour s'assurer que les eaux usées sont traitées avant d'être rejetées dans l'environnement.

L'objectif de notre étude est d'évaluer la performance de la station de traitement des eaux usées domestiques GHRISS de la wilaya de Mascara et son application et son respect vis à vis de la réglementation algérienne.

La connaissance des paramètres physico-chimiques, microbiologiques, et biologiques fait partie de l'ensemble des informations nécessaires pour évaluer la qualité de l'eau afin de prendre des décisions d'action dans de nombreux domaines; à citer par exemple, les domaines de la santé pour la surveillance de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et de l'environnement pour la prévention des pollutions.

Les résultats enregistrés des analyses des différents paramètres physicochimiques (pH, température, conductivité électrique, oxygène dissous, MES, DCO, DBO5, ...) de l'eau usée et épurée de 05 mois (janvier-mai) de l'année 2023, montrent une performance et un bon fonctionnement de cette STEP.

En confirmant les résultats des analyses de 05 mois, nous avons réalisé deux autres prélèvements d'eau usée et épurée de la même STEP, respectifs à deux dates : 02.07.23 et 05.09.23. En parallèle, les deux échantillons d'eau usée ont subi un traitement naturel par l'argile « bentonite » issue du gisement de Maghnia (wilaya de Tlemcen). Nous avons réalisé l'analyse des paramètres physicochimiques (pH, Température, DCO, DBO5, MES) et microbiologiques (Coliformes fécaux) et parasitologiques (Nématodes intestinaux) de deux échantillons d'eau usée, épurée issues de la station d'épuration et traitée avec de la bentonite. Les résultats étaient satisfaisants et conformes aux normes algériennes mentionnées dans l'arrêté ministériel du 02.01.2012 portant spécifications des eaux

Conclusion générale

utilisées à des fins d'irrigation. La conformité à ces résultats d'essai montre également que, lorsque les volumes sont respectés et que la surveillance de l'entretien est effectuée, les dispositifs de traitement sont appropriés et limitent la charge de pollution rejetée.

En comparant nos résultats, il a été noté qu'il existe une différence entre les eaux épurées de la STEP du GHRISS et les eaux traitées par l'argile ; ceci nous cite à recommander aux responsables de la STEP d'améliorer encore plus leurs eaux usées et de pratiquer ce type de traitement naturel, argileux, économique et non onéreux du moment que notre pays est doté de plusieurs ressources et gisements disponibles, abondants et de bonne qualité qu'il faut exploiter.

L'application de cette méthode de traitement des eaux usées épurées s'avère efficace, peu coûteuse et facile à mettre en place.

La réutilisation des eaux usées (ou recyclage) consiste à récupérer les eaux usées après plusieurs traitements destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau. Le recyclage remplit un double objectif d'économie de la ressource : il permet à la fois d'économiser les ressources en amont en les réutilisant, mais aussi de diminuer le volume des rejets pollués.

Ce travail s'inscrit dans une optique du développement durable, de matériaux recyclables et de protection des milieux naturels récepteurs.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] «مجالات استعمال الماء», «موضوع»
- [2] J.-N. Salomon, « Introduction », in *Danger pollutions !*, in À la croisée des sciences. Pessac: Presses Universitaires de Bordeaux, 2019, p. 11-12.
- [3] M. Chartier, « Les types de pollutions de l'eau », *Norois*, vol. 82, n° 1, p. 183-193, 1974.
- [4] « Les causes de la pollution de la ressource en eau | Centre d'information sur l'eau », 2 mai 2019.
- [5] « Le phosphore », *OBVAJ*
- [6] « Quatre raisons pour lesquelles le monde doit limiter la pollution par l'azote », *UNEP*, 16 janvier 2023.
- [7] « La pollution de l'eau », *SurfriderOcean Campus*.
- [8] « Les impacts de la pollution de l'eau », *Eaufrance*.
- [9] « Déchets industriels — Safe Drinking Water Foundation ».
- [10] « La pollution et ces origines Dr.BELABED-ZEDRIH ».
- [11] « L'eau et les activités agricoles », *Planet-Vie*.
- [12] « L'assainissement des eaux usées domestiques », *Eaufrance*.
- [13] « Comprendre le cycle de l'eau, condition sine qua non du développement durable », 12 novembre 2015
- [14] onlineecu, « What are the Causes of Water Pollution? », *ECU Online*, 9 septembre 2019.
- [15] L. Lin, H. Yang, et X. Xu, « Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review », *Front. Environ. Sci.*, vol. 10, p. 880246, juin 2022.
- [16] « Maladies liées à l'eau: le toxique solidarités International ».
- [17] « Dictionnaire encyclopédique environnement ».
- [18] « Traitement physico-chimique », *J. Huesa Water Technology - Tratamiento de aguas*.
- [19] « Traitement biologique des eaux usées », *CondorchemEnvitech*, 31 mars 2019.
- [20] «GROSCLAUDE,1999».

Références Bibliographiques

- [21] provencegeo, « Qu'est-ce que les « eaux usées domestiques » ? », *Provence Géo Conseils*, 22 septembre 2020.
- [22] « Eaux usées industrielles - Types, composition & élimination », *H2O GmbH*.
- [23] « Qu'est-ce que les eaux usées ? | Centre d'information sur l'eau », 1 février 2017.
- [24] « Eaux usées agricoles », *MAPAQ*.
- [25] N. W. S. P. Ltd, « What are the basic parameters for monitoring wastewater », *Water Treatment Company in India - Buy STP, ETP, RO Plant | Netsol Water*.
- [26] « Bordet,2007»
- [27] « GAUJOUS, 1995»
- [28] «RODIER et al, 1996»
- [29] « Neutrolisation du pH des eaux usées industrielles, Air Liquide».
- [30] « Détermination de la conductivité, centre d'expertise en analyse environnementale du Quètec» 08-05-2015.
- [31] « Définition de Matière en Suspension (MES) », *Actu-Environnement*.
environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/matiere_en_suspension_mes.php4 (consulté le 16 juin 2023).
- [32] « Instruments de mesure DCO - HANNA Instruments ».
- [33] « ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE », l'équipe technique du RéFFA
- [34] « Oxygène dissous : définition illustrée et explications », *AquaPortail*.
- [35] « Gérer le phosphore et les orthophosphates pour protéger la qualité de l'eau ».
- [36] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, «Détermination du phosphore total dans les effluents : digestion à l'autoclave avec persulfate, méthode colorimétrique automatisée».
- [37] «Station d'épuration pour les paramètres des eaux usées ».
- [38] « Définition de Nitrate (NO₃⁻) », *Actu-Environnement*. https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/nitrate_no3-.php4.
- [39] « L'importance des tests d'ammoniac | Palintest ».
- [40] Techno-Science.net, «  Épuration des eaux : définition et explications », *Techno-Science.net*.
- [41] « Épuration : définition illustrée et explications », *AquaPortail*.
- [42] « A - Les lits bactériens et disques biologiques - Le guide de l'assainissement des collectivités ».

Références Bibliographiques

- [43] « Lit bactérien - Akvopedia ».
- [44] « Biodisque : disques biologiques pour le traitement des effluents ».
- [45] «DINH HUAN NGUYEN, 2014
- [46] « Module d’enseignement ASTEP - Lagunage ».
- [47] « Biofiltre : définition illustrée et explications », *AquaPortail*.
- [48] « Biofiltres pour le traitement des émissions atmosphériques », *CondorchemEnvitech*.
- [49] « Étapes du traitement », *Techniques de l’Ingénieur*.
- [50] E.-T. de protecção ambiental, « Ecodepur - Technologies de protection de l’environnement | DESSABLEUR | DÉSHUILEURS », *Ecodepur - Tecnologias de protecçãoambiental*.
- [51] « Qualité de l’eau et assainissement en France (annexes) », *Sénat*, 3 avril 2023.
- [52] « Traitement des eaux usées », *Safe Drinking Water Foundation*, 7 février 2017.
- [53] « Qu’est-ce que la REUT ? », *Smart FertiReuse*.
- [54] « Réutilisation des eaux usées : quels sont les pays les plus en pointe ? », *La Gazette des Communes*.
- [55] H. Abdelhakim, G. Rachid, E. Djellouli, et T. Yamna, « GESTION ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE, UN MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVEE », oct. 2013.
- [56] BOUCHAALA L., CHARCHAR N. et GHERIB A. E,« RESSOURCES HYDRIQUES: TRAITEMENT ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE»
- [57] N. Ait Allala ép. Belmihoub et M. Saidani, « Enquête sur l’évolution du secteur de l’assainissement et de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en Algérie », Thesis, Université Mouloud Mammeri, 2020
- [58] « Algérie presse service» 7 octobre 2021.
- [59] « Principaux repères sur l’assainissement ».
- [60] 14:00-17:00, « L’ISO et l’eau », *ISO*, 22 mars 2022.
- [61] JOURNAL OFFICIEL ALGERIE,JORAPD
- [62] « Le volume des eaux usées épurées estimé à 500 millions m³/an ».
- [63] Techno-Science.net, «  Argile - Définition et Explications », *Techno-Science.net*.
- [64] « MOREL R. (1996) –Les sols cultivés- La voisier, Paris».

Références Bibliographiques

- [65] « Bentonite | Imerys ».
- [66] « Qu'est-ce que la bentonite, PLASTECH plus » 14-02-2018.
- [67] « Table 3 Properties of bentonite », *ResearchGate*.
- [68] « What is Bentonite Clay, and How to Use it to Cleanse and Purify Naturally », *The Salt Box*.
- [69] «CODEX OENOLOGIQUE INTERNATIONAL Bentonites»,2011.
- [70] BELBACHIR,2017
- [71] « eCompendium of Sanitation Technologies in Emergencies ».
- [72] AERM,2007
- [73] A. Belarbia et K. Belmiloud, «Dimensionnement de la station d'épuration de la ville de Tazmalt, wilaya de Bejaia», Mémoire de fin d'études, Master Hydraulique, Université de Bejaia, 2015.
- [74] MTE,2009
- [75] « Traitement de l'eau par boues activées », *FranceEnvironnement*.
- [76] DSMAC,2014
- [77] K. N. Yogalakshmi, A. Sharma, et S. Mittal, « Chapter 9 - Biofiltration in wastewater treatment plants: An overview », in *An Innovative Role of Biofiltration in Wastewater Treatment Plants (WWTPs)*, M. Shah, S. Rodriguez-Couto, et J. Biswas, Éd., Elsevier, 2022, p 171-188.
- [78] « L'Infiltration Percolation | PDF | Eaux usées | Épuration des eaux », *Scribd*.
- [79] « Filtre planté à écoulement vertical - Akvopedia ».
- [80] « Filtre planté à écoulement horizontal sous-surface - Akvopedia ».
- [81] F. Zouhir, « Modélisation d'une filière de traitement des eaux usées - Chenal Algal à haut Rendement », déc. 2008.
- [82] DOULYE,2002
- [83] T. W. Treatments, « AERATED LAGOON | Water Treatment | Waste Water Treatment | Water Treatment Process & Plant Design », 8 décembre 2009.
- [84] « Gros plan sur le lagunage | Caue 60 ».

Chapitre 02:

- [1] « Paramètres de pollution », Agronomie. Consulté le: 12 juin 2023.

Annexes

Annexe 1

Détermination de MES

Mode opératoire :

Préparation des filtres :

1. laver les filtres par de l'eau distillée.
2. Séché les filtres à 105°C pendant au moins 01 heure.
3. Laisser refroidir dans le dessiccateur.
4. Peser.

Filtration de l'échantillon :

- Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- Agiter le flacon d'échantillon après l'avoir laisser s'équilibrer à température ambiante.
- Verser un volume convenable d'échantillon dans l'éprouvette graduée (250ml).
- Filtré l'échantillon.
- Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec de l'eau distillée.
- Libérer le dispositif sous vide lorsque le papier filtre est pratiquement sec.
- Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces à extrémités plates.
- Placer le filtre sur un support de séchage (capsule).
- Sécher le filtre dans l'étuve à 105°C pendant au moins 01 heure.
- Peser.
- Reporter la capsule à l'étuve puis dans le dessiccateur et peser.
- Renouveler ces opérations jusqu'à l'obtention d'un poids constant (la différence entre 02 pesés consécutives ne diffère pas plus de 0,5 mg).

Centrifugation de l'échantillon :

- Attendre que les échantillons soient à température ambiante.
- Homogénéiser le contenu du flacon par agitation.
- Introduire la totalité de l'échantillon dans le pot de la centrifugeuse (volume 200ml)
- Centrifuger à 3000 tours pendant 20 minutes environ.
- Eliminer l'eau surnageant, recueillir le culot déposé dans une capsule préalablement séché à 105°C refroidie en dessiccateur et pesée à 0,1mg près.
- Rincer le pot de centrifugation deux fois avec de l'eau distillée et recueillir les eaux d'entraînement dans la capsule.
- Sécher la capsule et son contenu à 105°C.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser.
- Renouveler ces opérations jusqu'à l'obtention d'un poids constant (la différence entre 02 pesés consécutives ne diffère pas plus de 0,5mg).

-Le calcul de la teneur en MES se fait de l'expression suivante :

$$\boxed{[\text{MES}] = 1000(M_1 - M_0) / V}$$

[MES]: est la teneur en MES en mg/l

M₁: est la masse de la capsule (ou papier filtre) contenant l'échantillon après étuvage à 105°C (en mg)

M₀: est la masse de la capsule vide (en mg)

V : est le volume de la prise d'essai (en ml)

Annexe 2

Détermination de la DCO

Principe de la méthode :

La DCO (en mg/l) est définie comme la quantité d'oxygène O₂ (en mg) consommée par litre d'échantillon. Pour déterminer la DCO, l'échantillon est chauffé deux heures avec un oxydant puissant (le dichromate de potassium K₂Cr₂O₇). Le réactif DCO contient aussi des sels d'argent et de mercure. L'argent est un catalyseur et le sel de mercure est utilisé pour complexer l'interférence de l'ion chlorure.

Appareillage :

Agitateur magnétique 230V, Bécher 500ml, Pipette jaugée classe A de 2.00ml, Réacteur DCO 230V.

Réactif nécessaire :

-Tubes DCO TNT, gamme faible (0-150mg/l).

-Tubes DCO TNT, gamme forte (0-1500mg/l).

Mode opératoire :

-Homogénéiser 500ml d'échantillon pendant 2 minutes

-Prendre un tube de réactif DCO de la gamme appropriée

-Retirer le bouchon, tenir le tube incliné à 45°C. Pipeter 2ml d'échantillon dans le tube.

-Fermer hermétiquement le bouchon du tube et mélanger le contenu (Attention production de la chaleur)

-Mettre le tube dans un réacteur à DCO à 150 °C pendant 2heures.

-Laisser les refroidir et lire les résultats avec le spectrophotomètre.

Annexe 3

Détermination de la DBO₅

▪ **Principe de la méthode :**

On dispose pour la détermination de la DBO₅ par un système de mesure oxytpe ; utilisation d'un appareillage pour la mesure de la DBO₅. Nous opterons pour l'utilisation d'un système de mesure oxytpe pour la raison que ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs.

▪ **Appareillage :**

Système de mesure Oxytpe - Système d'agitation à induction - Armoire thermostatique (T° à 20 °C) - Flacons bruns et fiole jaugée - Godets en caoutchouc - Extracteur magnétiques et barreaux aimantés - Pastilles de soude (NaOH).

▪ **Sélection le volume de l'échantillon :**

Estimer la valeur de la DBO₅ à 80 % de la valeur de la DCO et déterminer la plage de mesure correspondante dans le tableau.

▪ **Mode opératoire :**

-Rincer la bouteille et le barreau magnétique avec l'échantillon à analyser.

-Introduire le volume souhaité d'échantillon.

-Insérer le godet caoutchouc dans le goulot du flacon, introduire le NaOH à l'intérieur et fermer la bouteille avec l'oxytpe.

-Appuyer sur les deux boutons A et B simultanément, jusqu'à ce que l'afficheur indique 00

-Introduire la bouteille dans un incubateur à DBO₅ à 20°C

-La vérification des résultats sera obtenue chaque jour, on appuyant sur le bouton B et la valeur finale sera obtenue le 5^{ème} jour.

Annexe 4

Détermination des Matières azotées (N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻)

Elles sont dosées par colorimétrie, à l'aide d'un spectrophotomètre de type **AQUAMATThermo Spectronic** (fig. 2.21) qui donne par lecture directe les concentrations de chaque élément.

Azote ammoniacal (N-NH₄⁺) :

Principe de la méthode :

Le stabilisateur minéral complexe la dureté de l'échantillon, le dispersant à l'alcool polyvinylique favorise la coloration lors de la réaction du réactif au Nessler avec les ions d'ammonium. La coloration jaune est proportionnelle à la concentration en ammoniacale.

Appareillage :

Eprouvette graduée pour homogénéisation de 25ml, Pipette de 1ml, Poire de sécurité, Cuves rondes de 10ml avec bouchons.

Réactifs nécessaires :

-Stabilisant minéral -Alcool polyvinylique -Réactif de Nessler

Mode opératoire :

- Remplir une éprouvette graduée bouchée avec 25 ml d'échantillon.
- Ajouter 3 gouttes de stabilisant minéral et retourner plusieurs fois pour mélanger.
- Ajouter 3 gouttes d'alcool polyvinylique et retourner plusieurs fois pour mélanger.
- Pipeter 01 ml de réactif de Nessler et retourner plusieurs fois pour mélanger.
- Laisser un temps de réaction de 1 minute.
- Lire les résultats avec le spectrophotomètre.

Azote nitrite (N-NO₂⁻) :

Principe de la méthode :

Le nitrite dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromo tropique pour produire un complexe coloré dont la coloration rose est proportionnelle à la quantité de nitrite présent.

Les résultats sont donnés en mg/l.

Appareillage :

Eprouvette graduée pour homogénéisation de 25ml, Cuves rondes de 10ml avec bouchons.

Réactif nécessaire :

NitriVer 3 : Réactif de Nitrite pour 10 ml.

Mode opératoire :

- Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu d'une gélule de réactif NitriVer 3 à la cuvette.
- Boucher et agiter pour dissoudre la poudre.
- Laisser un temps de réaction de 20 minutes.
- Lire les résultats par le spectrophotomètre.

Azote nitrate (N-NO₃-) :**Principe de la méthode :**

Le cadmium métallique réduit le nitrate en nitrites. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium intermédiaire. Ce sel produit un complexe avec l'acide chromo tropique pour former une couleur rose. Les résultats sont donnés en mg/l.

Appareillage :

Bécher de 500ml, Eprouvette graduée pour homogénéisation de 30ml, Cuves rondes de 10ml avec bouchons.

Réactifs nécessaires :

- Nitra ver 6 : Réactif de Nitrate pour 30 ml.
- NitriVer 3 : Réactif de Nitrite pour 25 ml.

Mode opératoire :

- Remplir une éprouvette graduée bouchée avec 30 ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu d'une gélule de réactif Nitra ver 6 à l'éprouvette et agiter vigoureusement pendant 3 minutes.
- Laisser un temps de réaction de 2 minutes.
- Verser avec précaution 25 ml d'échantillon de l'éprouvette dans une cuvette colorimétrique propre.
- Ajouter le contenu d'une gélule de réactif NitriVer 3 à la cuvette (l'échantillon préparé).
- Boucher et agiter pour dissoudre.
- Laisser un temps de réaction de 15 minutes.
- Lire les résultats par le spectrophotomètre.

Annexe 5

Détermination des matières phosphorées (orthophosphates PO_4^{3-})

Principe de la méthode :

L'ortho phosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate. L'acide ascorbique réduit le complexe, donnant une coloration intense de bleu de molybdène. Les résultats sont donnés en mg/l.

Appareillage :

Cuves rondes de 10ml avec bouchons.

Réactif nécessaire

- Phos Ver 3 : Réactif de phosphate pour 25ml.

Mode opératoire :

- Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu de réactif PhosVer 3 à la cuvette.
- Agiter immédiatement pour mélanger.
- Laisser un temps de réaction de 2 minutes.
- Lire les résultats par le spectrophotomètre

Annexe 6

Tableau. 3.4 : Comparaison des paramètres physicochimiques d'une eau usée traitée à la bentonite dans l'ouest algérien.

Référence	Station	Paramètres physicochimiques																	
		pH			Température (°C)			CE (µs/cm)			MES (mg/l)			DCO (mg/l)			DBO5 (mg/l)		
		EU	EE	ET	EU	EE	ET	EU	EE	ET	EU	EE	ET	EU	EE	ET	EU	EE	ET
Présent travail	STEP de GHRISS Lagunae aéré (2006)	7.94	8.42	7.97	23.8	24	14.3	2400	2160	2560	405	77	29	1162	286	226	475	85	83
Bekkouch e& Meziane (2022)	STEP BOUZEDJAR Boue activée à faible charge (2013)	7.29	7.76	8.38	19.2	19.4	26	2084	2530	2450	280	20	20	253.53	43.01	29.7	160	18	18
Djabbar ; Benketaf & Benali (2022)	STEP EL-KARMA ORAN (2011)	7.42	7.43	7.87	26.1	22.9	24.23	///	///	///	209.23	9	7	408.3	38.57	34	///	///	///
Khella f & Boudjelal (2016)	STEP de MASCARA Boue activée à faible charge (1994)	8.28	8.23	6.89	16	16	20.5	2370	2310	00	506	44	20	1249	229	28	529	107	42

EU : Eau usée à l'entrée de la station

EE : Eau épurée à la sortie de la station

ET : Eau usée à l'entrée de la station et traitée à la bentonite

Annexe 7

Arrêté interministériel du 02.01.2012 fixant les spécifications des eaux usées Epurées utilisées à des fins d'irrigation.

Paramètres physicochimiques	Unité	Valeur limite	Tolérances aux valeurs limites anciennes installations
Température	°c	30	30
pH	-	6,5-8,5	6,5-8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	mg/l	30	40
Phosphore total	mg/l	10	15
DCO	mg/l	120	130
DBO5	mg/l	35	40
Aluminium	mg/l	3	5
Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0,005	0,01
Cyanures	mg/l	0,1	0,15
Fluor et composés	mg/l	15	20
Indice et phénols	mg/l	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	15
Huiles et graisses	mg/l	20	30
Cadmium	mg/l	0,2	0,25
Cuivre total	mg/l	0,5	1
Mercure total	mg/l	0,01	0,05
Plomb total	mg/l	0,5	0,75
Chrome total	mg/l	0,5	0,75
Etain total	mg/l	2	2,5
Manganèse	mg/l	1	1,5
Nickel total	mg/l	0,5	0,75
Zinc total	mg/l	3	5
Fer	mg/l	3	5
Composés organiques chlorés	mg/l	5	7

Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation

Paramètres microbiologiques

Groupes de cultures	Paramètres microbiologiques	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/1) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus	< 100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés ‡ la conserverie ou ‡ la transformation non alimentaire	<250	<0.1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée
<p>(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.</p> <p>(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.</p> <p>(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.</p> <p>(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100ml) est justifiée pour l'irrigation des pars et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct comme les pelouses d'hôtel.</p> <p>(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes</p> <p>(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.</p>		

Bulletin d'analyse microbiologique de la STEP de GHRISS

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE POPULAIRE

Wilaya de Mascara
 Dana de Ghriss
 Commune de Ghriss

Bureau d'hygiène communal (B.H.C Ghriss)

Date : 25/01/2023.

Bulletin d'analyse des Eaux Usées

Lieux de Prélèvements	Recherche demandée	Résultats d'analyses	
		V. CHOLÉRIQUE	SALMONELLA
Station d'épuration Ghriss (Reger final)	S.F.B	/	Absence
	E.P.A	Absence	/

Prélèvement effectué par :

المؤسسة الحكومية لتقنية المياه بولاية ماسقارة
 المختبر البيولوجي
 محل في حي جاسم بن عبد الحميد بولاية ماسقارة

Analyse effectuée par : 27.01.23



Interprétation des résultats : qualité de l'eau épurée

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise
N-NH4 (mg/l)	<5	<10	>10	>40
N-NO3 (mg/l)	<5	<10	>10	>40

Remarques : Pour obtenir les résultats exprimés en Azote (N), la correspondance est réalisée en divisant le résultat trouvé par les facteurs suivants :

NH4 / 1,3 = N-NH4
 NO3 / 4,4 = N-NO3

Il est absolument indispensable de réaliser ces tests avec beaucoup de soin et de rigueur. Se conformer strictement aux modes opératoires. Les tests sont à réaliser une fois par semaine, exécutés à la même heure et sur l'eau de rejet fraîchement prélevée. Les résultats sont à noter dans le cahier d'exploitation.