الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRAIQUE ET POPULAIRE

-

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Universite echahid hamma lakhdar EL OUED

كلية التكنولوجيا

Faculte de Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département d'Hydraulique et de Génie Civil

Memoire de fin d 'etude

En vue de l'Obtention du Diplome de Master en Hydraulique

Option:Conception et diagnostic des systèmes d'AEP et Assainissement.

Thème

Etude comparative entre le rendement des stations d'épuration Dans la région de El Oued

Présenté par :

Ms. ZENGUI ALI

Devant le jury :

Encadreur	**Mm. Belabbas Amina**	**MCA**	**Universite El-Oued**
Président	**Mr. Abdelkader Ouakouak**	**MCA**	**Universite El-Oued**
Examinatrice	**Mm. Bouchemal Fattoum"**	**MCB**	**Universite El-Oued**

Année universitaire: 2025/2026

الشكر والعرفان

نتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان إلى الأستاذة **بلعباس آمنة**، أستاذة بجامعة حمة لخضر الوادي، على إشرافها القيّم وتوجيهاتها السديدة، وعلى ما قدمته لنا من دعم علمي ونصائح بناءة طيلة إنجاز هذا العمل. لقد كان لتأطيرها دور كبير في إتمام هذه الدراسة في أحسن الظروف.

كما نتقدم بجزيل الشكر إلى كافة **أساتذة جامعة حمة لخضر الوادي**، الذين ساهموا في تكويننا وتأطيرنا خلال مشوارنا الجامعي.

ولا يفوتنا أن نشكر كل من قدم لنا يد العون من قريب أو بعيد، وساهم في إنجاز هذا العمل المتواضع.

وفي الأخير، نسأل الله أن يجزي الجميع خير الجزاء.

الإهداء

الحمد لله الذي وفقني لإتمام هذا العمل، أهدي ثمرة جهدي المتواضع إلى:

إلى أمي الغالية "**ريح**"، رمز العطاء والتضحية، التي كانت ولا تزال سندي في كل مراحل حياتي، أطال الله في عمرها وحفظها.

إلى أبي المرحوم "**محمد صالح**"، رحمه الله وأسكنه فسيح جناته، الذي كان حلمه أن يراني في أعلى المراتب، فأسأل الله أن يكون هذا العمل صدقة جارية له.

إلى زوجتي العزيزة "**مريم**"، التي كانت مصدر دعمي وصبري، وشاركتني مشوار هذا النجاح بكل حب وتفانٍ.

إلى بناتي الحبيبات "**تالين**" و"**أسيل**"، نور حياتي وأملي في المستقبل.

إلى **أخواتي وإخوتي** الأعزاء، الذين كانوا دائمًا بجانبي.

إلى **أساتذتي** الكرام بجامعة حمة لخضر، الذين أناروا دربي بالعلم والمعرفة.

إلى **الأسرة التربوية** كافة، تقديرًا لجهودهم في بناء الأجيال.

إلى كل من **ساهم** من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل.

أهديكم هذا الجهد المتواضع، راجيًا من الله التوفيق والسداد.

والحمد لله رب العالمين.

Abstract

The comparative analysis of the four wastewater treatment plants in El Oued region revealed an overall improvement in wastewater quality after treatment. COD concentrations decreased from approximately 470–640 mg/L in the influents to 140–180 mg/L in the effluents, while BOD_5 values were reduced from 300–410 mg/L to 50–90 mg/L, demonstrating the effectiveness of the treatment processes in removing organic pollution. Similarly, TSS concentrations declined from 160–290 mg/L to 20–35 mg/L, and orthophosphate (PO_4^{3-}) concentrations decreased from 4.8–5.8 mg/L to 2.5–3.8 mg/L, with final values complying with discharge standards. Temperature remained within the range of 18–24 °C, and pH values varied between 7.7 and 8.2, both remaining within acceptable regulatory limits. Dissolved oxygen concentrations increased significantly from 0.4–0.6 mg/L in the influents to 4.0–5.8 mg/L in the treated effluents, indicating efficient biological activity. However, despite high removal efficiencies, effluent COD and BOD_5 concentrations remained above the recommended limits of 90 mg/L and 30 mg/L, respectively. Ammonium concentrations were reduced from 160–190 mg/L to 130–155 mg/L, but remained relatively high, whereas the increase in nitrite and nitrate concentrations confirmed the occurrence of partial nitrification. Overall, the studied wastewater treatment plants achieved substantial pollutant removal, although further improvements are required to enhance the elimination of organic matter and nitrogen compounds.

Keywords:

Wastewater Treatment Plants, Physicochemical Parameters, Organic Pollution Removal ,Treatment Efficiency, Regin of El Oued

Résumé : Une étude comparative des quatre stations d'épuration des eaux usées de la région de Wadi a démontré une amélioration globale de la qualité des eaux usées après traitement. La concentration en demande chimique en oxygène (DCO) a diminué d'environ 470–640 mg/L dans l'eau entrante à 140–180 mg/L dans l'eau sortante, tandis que la demande biochimique en oxygène (DBO_5) sur cinq jours a diminué de 300–410 mg/L à 50–90 mg/L, soulignant l'efficacité des procédés de traitement pour l'élimination des polluants organiques. De même, la concentration en matières en suspension totales (MES) a diminué de 160–290 mg/L à 20–35 mg/L et celle en orthophosphates (PO_4^{3-}) de 4,8–5,8 mg/L à 2,5–3,8 mg/L, les valeurs finales étant conformes aux normes de rejet en vigueur. La température s'est maintenue entre 18 et 24 °C et le pH entre 7,7 et 8,2, valeurs conformes aux normes réglementaires. En revanche, la concentration en oxygène dissous a augmenté significativement, passant de 0,4–0,6 mg/L dans l'eau brute à 4,0–5,8 mg/L dans l'eau traitée, témoignant d'une activité biologique efficace au sein des stations d'épuration. Cependant, malgré cette amélioration de l'efficacité d'élimination, les concentrations en DCO et DBO_5 dans l'eau traitée sont restées supérieures aux limites recommandées de 90 mg/L et 30 mg/L, respectivement. La concentration en ions ammonium (NH_4^+) a diminué de 160–190 mg/L à 130–155 mg/L, mais

est demeurée relativement élevée, tandis que l'élévation des concentrations en nitrites et nitrates a confirmé une nitrification partielle. De manière générale, les stations d'épuration étudiées ont permis une élimination significative des polluants ; toutefois, des améliorations supplémentaires sont nécessaires pour optimiser l'élimination des déchets organiques et azotés. Mots-clés : Stations d'épuration des eaux usées, paramètres physico-chimiques, élimination de la pollution organique, efficacité du traitement, région de la vallée.

الملخص

أظهرت الدراسة المقارنة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي الأربع بمنطقة الوادي تحسناً عاماً في جودة المياه العادمة بعد المعالجة. فقد انخفضت تراكيز الطلب الكيميائي على الأكسجين (COD) من حوالي 470–640 ملغ/لتر في المياه الداخلة إلى المحطات إلى 140–180 ملغ/لتر في المياه الخارجة منها، بينما تراجعت قيم الطلب البيوكيميائي على الأكسجين خلال خمسة أيام (BOD_5) من 300–410 ملغ/لتر إلى 50–90 ملغ/لتر، مما يبرز فعالية عمليات المعالجة في إزالة التلوث العضوي. وبالمثل، انخفضت تراكيز المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS) من 160–290 ملغ/لتر إلى 20–35 ملغ/لتر، كما تراجعت تراكيز الأرثوفوسفات (PO_4^{3-}) من 4.8–5.8 ملغ/لتر إلى 2.5–3.8 ملغ/لتر، مع توافق القيم النهائية مع معايير التصريف المعتمدة.

كما بقيت درجة الحرارة ضمن المجال 18–24 °م، وتراوحت قيم الأس الهيدروجيني (pH) بين 7.7 و8.2، وهما ضمن الحدود التنظيمية المقبولة. في المقابل، ارتفعت تراكيز الأكسجين المذاب بشكل ملحوظ من 0.4–0.6 ملغ/لتر في المياه الخام إلى 4.0–5.8 ملغ/لتر في المياه المعالجة، مما يدل على كفاءة النشاط البيولوجي داخل المحطات. ومع ذلك، وعلى الرغم من ارتفاع كفاءة الإزالة، ظلت تراكيز COD و BOD_5في المياه المعالجة أعلى من الحدود الموصى بها، والمقدرة بـ 90 ملغ/لتر و30 ملغ/لتر على التوالي. كما انخفضت تراكيز أيون الأمونيوم (NH_4^+) من 160–190 ملغ/لتر إلى 130–155 ملغ/لتر، لكنها بقيت مرتفعة نسبياً، في حين أكد ارتفاع تراكيز النتريت والنترات حدوث عملية نترجة جزئية.

وبصفة عامة، حققت محطات معالجة مياه الصرف الصحي المدروسة إزالة معتبرة للملوثات، إلا أن هناك حاجة إلى مزيد من التحسينات لرفع كفاءة التخلص من المواد العضوية والمركبات النيتروجينية.

الكلمات المفتاحية:

محطات معالجة مياه الصرف الصحي، المعايير الفيزيائية والكيميائية، إزالة التلوث العضوي، كفاءة المعالجة، منطقة الوادي.

LISTE DES FIGURES

Chapitre I: Généralités sur les eaux usées

Figure I.1: Schéma explicatif du réseau unitaire. 6
Figure I.2: schéma explicatif du réseau séparatif. 7
Figure I.3: Schéma explicatif du réseau pseudo séparatif. 8

Chapitre II: Procédés d'épuration des eaux usées

Figure II.1: Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration 19
Figure II.2: schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP. 20
Figure II.3: schéma d'un Dégrilleur. 21
Figure II.4: Dégrilleur. 21
Figure II.5: Déssableur. 22
Figure.II.6: Dégraissage 22
Figure.II.7: Déshuilage 23
Figure II.8: Schéma d'un décanteur primaire. 24
Figure II.9: Schéma d'un procédée de coagulation- floculation. 24
Figure II.10: Schéma de principe du lagunage**.** 26
Figure II.11: Schéma du traitement biologique par lagunage. 26
Figure II.12: Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel. 27
Figure II.13: Lagunage naturel. 28
Figure II.14: Schéma de principe d'un lagunage aéré. 28
Figure II.15: Lagunage aéré. 29
Figure II.16: Schéma du traitement biologique par disque biologique. 30
Figure II.17: Schéma d'un Procédée Lit bactérie. 31
Figure II.18: Traitement biologique par boues activées. 32

Chapitre III: Présentation des stations d'épuration d'el oued

Figure III.1: Situation générale des stations d'épuration étudiées 40
Figure III.2: Plan générale de la station d'épuration. 41
Figure III.3: Regards de dégazage. 42
Figure III.4: Dégrilleurs. 44
Figure III.5: Dessaleur. 45
Figure III.6: Classificateur à sable. 46
Figure III.7: Lagunes aérées (première étape) 46

Figure III.8: Lagunes aérées (deuxième étape).....48
Figure III.9: Lagune de finition. 49
Figure III.10: Lits de séchage. 50

Chapitre IV: Résultats et discussion

Figure IV.1: Variation moyenne de la température(2025).....53
Figure IV.2: Variation moyenne de conductivité (2025) 54
Figure IV.3: Variation moyenne de MES (2025).....55
Figure IV.4: Variation moyenne de pH (2025) 56
Figure IV.5: Variation moyenne de PO4 (2025).....57
Figure IV.6: Variation moyenne de NO2 (2025) 58
Figure IV.7: Variation moyenne de NO3 (2025) 59
Figure IV.8: Variation moyenne de NH4 (2025) 60
Figure IV.9: Variation moyenne de O2 (2025) 61
Figure IV.10: Variation moyenne de DCO (2025) 62
Figure IV.11: Variation moyenne de DBO (2025) 63

LISTE DE TABLEAU

Chapitre I: Généralités sur les eaux usées

Tableau I.1: Normes de rejets internationales. 13
Tableau I.2: Valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2014). 14

Chapitre II: Procédés d'épuration des eaux usées

Tableau II.1: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage. 27
Tableau II.2: Avantages et inconvénients du traitement biologique par disque biologique... 30
Tableau II.3: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens. 32
Tableau II.4: Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées. 33

Chapitre III: Présentation des stations d'épuration d'el oued

Tableau III.1: Paramètres de pollution pour le dimensionnement des stations. 42
Tableau III.2: Lagunes d'aération (premier étage) A1, A2, A3 47
Tableau III.3: Lagunes d'aération (deuxième étage) B1, B2, B3 47
Tableau III.4: Lagune de finition (F2) 49

Chapitre IV: Résultats et discussion

Tableau IV.1: Débits moyen journalier des différentes STEP 52
Tableau IV.2: Variation moyenne de la température(2025) 53
Tableau IV.3: Variation moyenne de conductivité (2025) 54
Tableau IV.4: Variation moyenne de MES (2025) 55
Tableau IV.5: Variation moyenne de pH (2025) 56
Tableau IV.6: Variation moyenne de PO4 (2025) 57
Tableau IV.7: Variation moyenne de NO2 (2025) 58
Tableau IV.8: Variation moyenne de NO3 (2025) 59
Tableau IV.9: Variation moyenne de NH4 (2025) 60
Tableau IV.10: Variation moyenne de O2 (2025) 61
Tableau IV.11: Variation moyenne de DCO (2025) 62
Tableau IV.12: Variation moyenne de DBO (2025) 63

TABLES DES MATIERES

الشكر والعرفان .....

الإهداء .....

Abstract .....

LISTE DES FIGURES.....

LISTE DE TABLEAU .....

TABLES DES MATIERES .....

LISTE DES ABREVIATIONS.....

Introduction générale.....1-2

Chapitre I: Généralités sur les eaux usées

I.1 Introduction 4

I.2 Définition des eaux usées 4

I.3 Origine des eaux usées 4

I.3.1 Les eaux usées domestiques.....4

I.3.2 Les eaux usées industrielles.....4

I.3.3 Les eaux agricoles.....5

I.3.4 Les eaux pluviales.....5

I.4 Système d'assainissement 5

I.4.1 Le Système unitaire.....6

I.4.2.Le système séparatif:.....6

I.4.3 Le système pseudo-séparatif (mixte) 7

I.4.4 Système autonome 8

I.5. La pollution des eaux usées 8

I.5.1. Définition 8

I.5.2. Différents types de pollution.....8

I.5.2.1. Pollution physique.....8

I.5.2.2. Pollution chimique 9

I.5.2.3. Pollution microbiologique.....9

I.6. Paramètres de caractérisation de l'effluent 10
I.6.1. Paramètres physiques 10
I.6.1.1. Température 10
I.6.1.2. Conductivité 10
I.6.1.3 Matières en suspension (Mes) 10
I.6.1.4 Turbidité 10
I.6.1.5 Couleur et l'odeur 11
I.6.2 Paramètres chimiques 11
I.6.2.1 Potentiel d'Hydrogène (pH) 11
I.6.2.2.Oxygène dissous 11
I.6.2.3. Demande biochimique en oxygène (DBO_5) 11
I.6.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO) 12
I.6.2.5. L'azote 12
I.6.2.6. Le phosphore 12
I.6.3. Les paramètres bactériologiques 12

I.7. Normes de rejets des eaux usées 13
I.7.1. Normes internationales 13
I.7.2. Normes Algériennes 14

I.8. Impact des eaux usées sur la santé humaine et l'environnement 15
I.8.1. Risque sur l'environnement 15
I.8.2. Risque sur la santé humaine 15

I.9.Conclusion 16

Chapitre II: Procédés d'épuration des eaux usées

II.1 Introduction 18

II.2 Définition de l'épuration 18

II.3 Paramètres du choix d'une technologie de traitement des eaux usées 18

II.4 Rôle des stations d'épuration 18

II.5 Les procédés d'épuration 19
II.5.1 Prétraitement 19
II.5.1.1 Le dégrillage 20
II.5.1.2 Dessablage 21
II.5.1.3 Dégraissage –déshuilage 22

II.5.2 Traitement primaire 23
II.5.2.1 Décantation primaire 23
II.5.2.2 Décantation physique (naturelle) 24
II.5.2.3 La décantation physico-chimique 24
II.5.2.4 La flottation 25
II.5.3 Traitement biologique (traitement secondaire) 25
II.5.3.1 Procédé biologique extensifs 25
II.5.3.1.1 Lagunage 25
II.5.3.2 Procédé biologique intensifs 29
II.5.3.2.1 Installation à culture fixée a)Disque biologique 29
II.5.3.2.2 Les installations à culture libre ou par boues activés 32
II.5.4 Traitement tertiaire 36
II.6 Conclusion 37

Chapitre III: Présentation des stations d'épuration d'el oued

III.1 Introduction 39
III.2 Epuration des eaux usées dans la région d'El Oued 39
III.3 Présentation des stations étudiées 40
III.4 Les différentes étapes de traitement 44
III.4.1 Prétraitement 44
III.4.1.1 Dégrillage 44
III.4.1.2 Dessablage 44
III.4.2 Traitement biologique 46
III.4.2.1 Lagunes aérées (première étape) 46
III.4.2.2 Lagunes aérées (2émé étape) 47
III.4.2.3 Lagune de finition (F2) 48
III.4.3 Traitement des boues 49

Chapitre IV: Résultats et discussion

Introduction : 52
1.Parametres physique: 53
1.1.Temperature: 53
1.2.Conductivité: 54
1.3. La matière en suspesion MES: 55

2. Paramètres chimiques 56
2.1. Potentiel d'hydrogène (pH) : 56
2.3.Orthophosphates (PO_4^{3-}) : 57
2.4.Nitrites (NO2-): 58
2.5.Nitrates (NO3-): 59
2.7.Azote ammoniacal (NH4+): 60
2.8. Oxygène dissous (OD): 61
2.9. La DCO : 62
2.9. La DBO5 : 63
Conclusion: 64
Conclusion générale 65
Références bibliographiques 68

LISTE DES ABREVIATIONS

DBO5	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l)
DCO	demande chimique en oxygène (mg/l)
PH	Potentiel hydrogène
MES	Matière en suspension (mg/l)
MVS	Matière volatiles en suspension (mg/l)
MMS	Les matières minérales en suspension
MO	Matière organique (mg/l)
STEP	Station d'Epuration
OMS	Organisation Mondial de la Santé.
CE	Conductivité Électrique.
EU	Eau usée.
EH	Equivalent Habitant.
NO2-	Nitrite
NO3-	Nitrates
OD	Oxygène dissous
P	Phosphore
PT	Phosphore total
PO4-3	Ortho Phosphate
N	Azotes
NT	Azote total
NH4+	Azote ammoniacal
tr/min	Tour par minute
µs/cm	Micro siemens sur centimètre
m3	Mètre cube
m3/J	Mètre cube par jour
mg/l	Milligramme par litre
Cm	la charge massique
Qj	débit journalier d'eau résiduaire à épurer
Cv	La charge volumique
Age	âge des boues
C b.t	concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte
C b.ex	concentration en solide (ou solide volatil) des boues
Im	Indice de Mohlman M

V	Le volume d’eau analysée
°C	Degré Celsius
NTU	Unité néphélométries de turbidité
T°C	La température
IB	indice de boue
N-NH3	Dosage d’azote ammoniacal
M.I.D	matière insoluble décantable SC
TA	titre alcalimétrique simple
TAC	titre alcalimétrique complet
EDTA (TH)	dureté totale par titrimétrie à l’EDTA (TH)
Ca2+	calcium
Mg+2	magnésium

Introduction générale

L'eau représente une ressource naturelle indispensable à la vie, au développement économique et à l'équilibre des écosystèmes. Bien que présente en abondance à l'échelle planétaire, sa répartition reste inégale et sa qualité se dégrade progressivement sous l'effet des activités humaines. La croissance démographique, l'urbanisation rapide, l'industrialisation ainsi que l'intensification des pratiques agricoles ont conduit à une augmentation significative des rejets d'eaux usées, souvent chargées en matières organiques, en nutriments, en micropolluants et en agents pathogènes. En l'absence de traitement adéquat, ces rejets constituent une source majeure de pollution des milieux récepteurs, notamment les eaux superficielles et souterraines.

Dans ce contexte, le traitement des eaux usées s'impose comme une nécessité incontournable pour limiter les impacts environnementaux et sanitaires. Les stations d'épuration (STEP) sont conçues pour réduire la charge polluante des effluents domestiques et industriels avant leur rejet ou leur réutilisation. Ces installations reposent sur différents procédés de traitement, pouvant être physiques, chimiques et biologiques, tels que les boues activées, les filtres biologiques, ou encore le lagunage naturel ou aéré. Le choix du procédé dépend de plusieurs facteurs, notamment les conditions climatiques, la disponibilité des ressources, les contraintes économiques et les objectifs de qualité à atteindre.

La notion de rendement épuratoire constitue un indicateur clé pour évaluer l'efficacité des stations d'épuration. Elle exprime la capacité d'un système de traitement à éliminer les polluants présents dans les eaux usées, généralement à travers la réduction de paramètres tels que la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières en suspension (MES), ainsi que les nutriments comme l'azote et le phosphore. L'analyse de ces paramètres permet d'apprécier le niveau de performance des STEP et leur conformité aux normes de rejet en vigueur.

La région d'El Oued se distingue par des caractéristiques environnementales spécifiques, notamment un climat aride à semi-aride, des températures élevées et une forte évaporation. Elle dépend essentiellement des ressources en eau souterraine, souvent vulnérables à la pollution. Par ailleurs, le développement urbain et l'augmentation de la population ont entraîné une production accrue d'eaux usées, rendant indispensable la mise en place et l'optimisation de systèmes de traitement performants. Dans ce contexte, les stations d'épuration implantées dans cette région jouent un rôle stratégique non seulement dans la protection de l'environnement, mais également dans la valorisation des eaux traitées, notamment pour l'irrigation agricole.

Cependant, malgré les efforts consentis en matière d'infrastructures, plusieurs contraintes peuvent affecter le bon fonctionnement des stations d'épuration, telles que les variations de charge hydraulique et organique, le manque de maintenance, les défaillances techniques ou encore l'inadaptation des procédés aux conditions locales. Ces facteurs peuvent entraîner une diminution du rendement épuratoire et, par conséquent, une dégradation de la qualité des rejets.

C'est dans cette optique que s'inscrit le présent mémoire, qui vise à réaliser une étude comparative du rendement des stations d'épuration dans la région d'El Oued. L'objectif principal est d'évaluer et de comparer les performances de plusieurs stations en se basant sur l'analyse de différents paramètres physico-chimiques, et éventuellement microbiologiques, afin d'identifier les écarts de performance et les facteurs explicatifs associés.

Cette étude repose sur une démarche méthodologique comprenant la collecte de données relatives aux caractéristiques des eaux usées à l'entrée et à la sortie des stations, l'analyse des indicateurs de performance, ainsi que l'interprétation des résultats en fonction des normes réglementaires et des conditions d'exploitation. Elle permettra de mettre en évidence les points forts et les limites de chaque système de traitement étudié.

Les résultats attendus de ce travail contribueront à une meilleure compréhension du fonctionnement des stations d'épuration dans un contexte aride, et fourniront des éléments d'aide à la décision pour l'amélioration de leur performance. À terme, cette étude vise à promouvoir une gestion plus rationnelle et durable des ressources en eau dans la région d'El Oued, en intégrant la réutilisation des eaux usées traitées comme une alternative stratégique face à la rareté de l'eau.

Enfin, ce mémoire s'inscrit dans une démarche globale de protection de l'environnement et de développement durable, en mettant l'accent sur l'importance de l'efficacité des systèmes d'assainissement dans la préservation des ressources hydriques et la réduction des impacts négatifs des rejets urbains sur les milieux naturels.

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

I.1 Introduction

Les eaux usées de toutes sortes constituant un effluent pollué qui représentent un danger réel pour l'environnement et leurs utilisateurs. Pour cela, elles ne devraient pas être rejetées directement dans le milieu naturel. Au contraire, elles devraient être dirigées vers une station d'épuration afin d'éliminer le maximum de pollution de différente nature contenu dans ces eaux pour rendre ces dernières conformes aux normes de rejet.

I.2 Définition des eaux usées

Les eaux usées, ou les eaux résiduaires, sont des eaux parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées, chargées de résidus solubles ou non provenant de l'activité humaine, industrielle et agricole. Elles représentent, une fraction importante du volume des ressources en eaux utilisables, mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel **[5]**.

I.3 Origine des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées:

I.3.1 Les eaux usées domestiques

Les eaux uséesproviennent des différents usages domestiques de l'eau sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en:

- Eaux "ménagères": Elles ontpour origine les salles de bains et les cuisines, elles sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,&etc.

- Eaux "vannes": Il s'agit des rejets des toilettes, chargées de diverses matières organiques, azotées, de germes fécaux, de contaminants divers tel que les médicaments et un nombre quasi infini de polluants - produits d'entretien (non seulement les lessives mais aussi, peintures, mercure de thermomètre, colle,&etc.), qui peuvent être apportés par les diverses utilisations par les particuliers **[1]**.

- Eaux de buanderie: Ce sont les eaux de lavage des locaux, elles contiennent des détergents, des savons plus ou moins émulsionnés avec des graisses **[6]**.

I.3.2 Les eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir:

• des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;

• des hydrocarbures (raffineries) ;

• des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;

• des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;

• de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;

• des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Dans certains cas, et avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industries. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution **[7]**.

I.3.3 Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable, car elle apporte des engrais et des pesticides. Elle est la cause principale des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues des terres cultivées chargées d'engrais nitratés et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues **[8]**.

I.3.4 Les eaux pluviales

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

- le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées. Les déchets solides ou liquides déposés, par temps sec, sur ces surfaces, sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.

- la remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt des matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau, le plus important permet la remise en suspension de ces dépôts **[9]**.

I.4 Système d'assainissement

L'assainissement concerne la gestion des eaux usées, dont celles issues des pluies. Il peut être collectif et/ou individuel. Il constitue l'aspect technique de l'hydrologie urbaine **[10]**. Pour la collecte et l'évacuation des eaux usées et pluviales on a divers systèmes d'évacuation qui se présentent comme suit:

I.4.1 Le Système unitaire

Dans lesquels un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. En principe, toutes les eaux arrivent à la station d'épuration qui reçoit alors un effluent de quantité et de qualité très variables. Pour éviter cela, des ouvrages de déviation sont répartis sur le réseau pour permettre à la station de ne pas recevoir un débit supérieur à sa capacité. Il s'agit des déversoirs d'orages.

Ce système est intéressant par sa simplicité puisqu'il suffit d'une canalisation unique dans chaque voie publique et d'un seul branchement pour chaque immeuble. Dans le cas où la population est relativement dense et si le terrain accuse des dénivellations assez marquées pour qu'une évacuation gravitaire soit possible, le système unitaire est recommandé **[11]**.

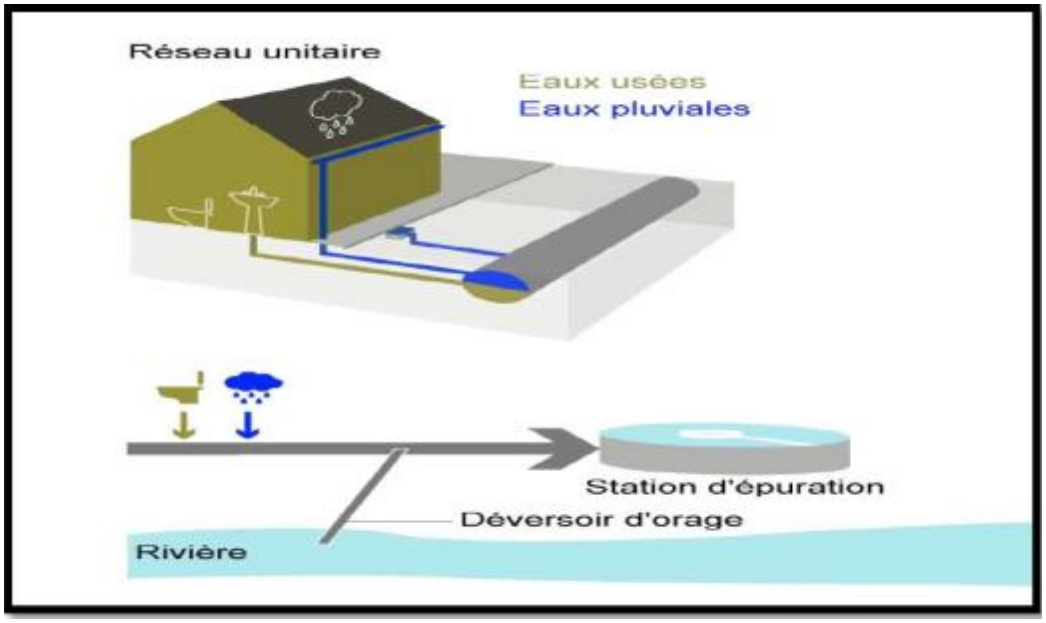


Figure I.1: Schéma explicatif du réseau unitaire **[12]**.

I.4.2.Le système séparatif:

Dans les quels deux réseaux sont mis en place:

- **Réseau pluvial:** il est conçu pour évacuer les eaux d'origine pluviale, c'est à dire les pointes pluviales, il suit la ligne de plus grande pente. il transite l'eau vers les cours d'eau les plus proches.

- **Réseau d'eaux usées:** il est prévu pour l'évacuation des eaux usées d'origine domestique et industrielle jusqu'à la station d'épuration avec une pente qui peut être faible.

Il est important de dire que le tracé des collecteurs n'est obligatoirement pas le même, ce qui est le cas la plus part du temps. Le tracé du réseau d'eaux usées est en fonction de l'implantation des différentes entités qu'il dessert en suivant les routes existantes. Ce réseau ne

demande pas de grandes pentes vu que les sections ne sont pas trop importantes. Le réseau prend fin obligatoirement à la station d'épuration qui se trouve en général loin de l'agglomération au moins de 300 m. Par contre le tracé du réseau d'eaux pluviales dépend de l'implantation des espaces producteurs du ruissellement des eaux pluviales qui sont rejetées directement dans le cours d'eau le plus proche **[13]**.

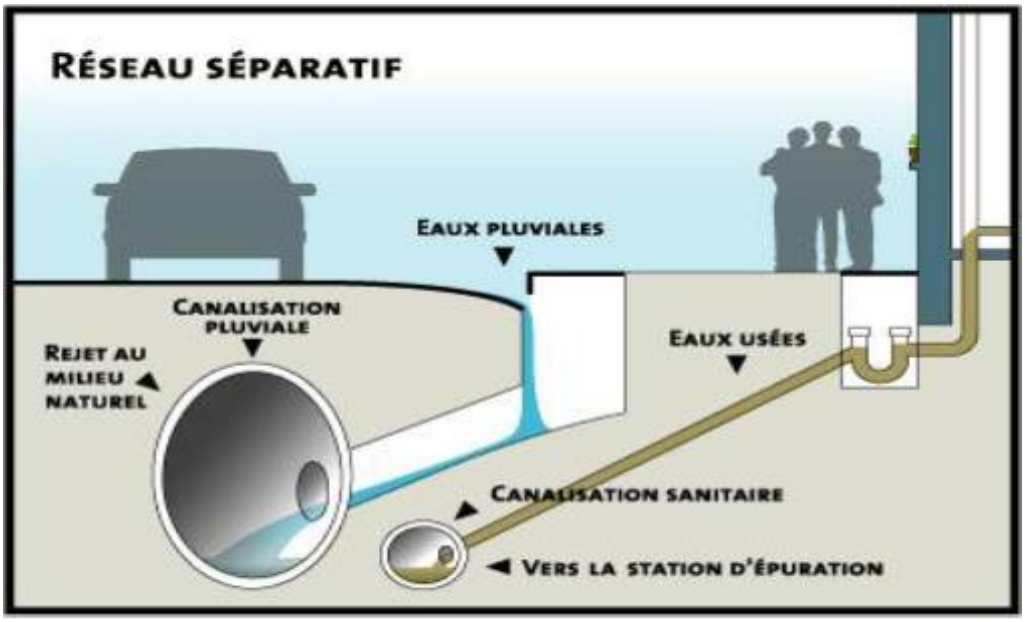


Figure I.2: schéma explicatif du réseau séparatif**[14]**.

I.4.3 Le système pseudo-séparatif (mixte)

Le système pseudo séparatif est un système dans lequel on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties:

L'une provenant uniquement des surfaces de voirie qui s'écoule par des ouvrages particuliers des services de la voirie municipale (caniveaux aqueducs, fossés avec évacuation directe dans la nature). L'autre provenant des toitures et cours intérieures qui sont raccordées au réseau d'assainissement à l'aide des mêmes branchements **[13]**.

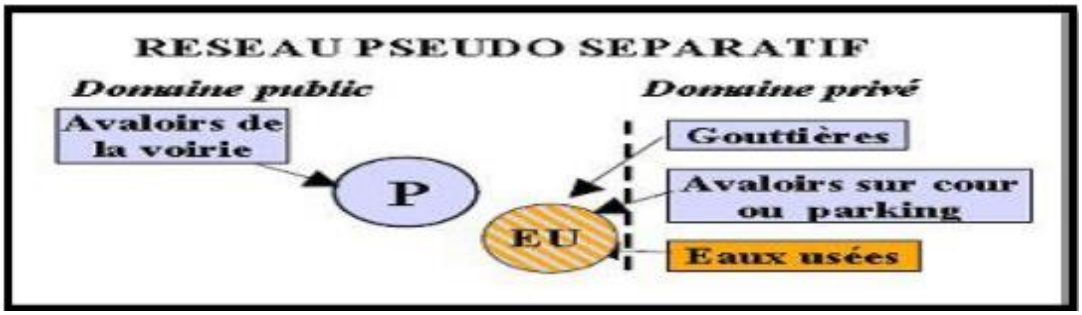


Figure I.3: Schéma explicatif du réseau pseudo séparatif **[15]**.

I.4.4 Système autonome

L'assainissement autonome des habitations, voire des locaux, d'activités isolés concerne les dispositifs à mettre en Suvre pour le traitement et l'élimination des eaux usées domestiques qui ne peuvent être évacuées par un système d'assainissement collectif. Il a pour objectif d'assurer l'épuration des eaux usées par le sol, sous des modes compatibles avec des exigences de la santé publique et de l'environnement **[16]**.

I.5. La pollution des eaux usées

I.5.1. Définition

La pollution des milieux aquatiques est définie par l8OMS comme étant toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l8eau de façon à créer une nuisance ou rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue santé, sécurité bien-être publique, usages destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, ou soit consommée par la faune sauvage et aquatique **[17]**.

I.5.2. Différents types de pollution

On peut classer la pollution en trois catégories:

I.5.2.1. Pollution physique

On parle de pollution physique lorsque le milieu est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir de:

- **Rejets de matières en suspension:** Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension .Elle sont constituées de quartz, d'argiles, des sels minéraux insolubles, des particules organiques composées des microorganismes, et des produits des dégradations animaux ou végétaux **[18]**.

Pollution thermique: Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..) ayant une température de l'ordre de (70 à 80°C.), elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle est en contact avec les eaux des milieux aquatiques entraînant par la suite un échauffement de l'eau, ce qui influe sur la solubilité de l'oxygène **[19]**.

Pollution radioactive: C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements **[19]**.

I.5.2.2. Pollution chimique

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides (pesticides), métaux lourds&.ext.

Ils englobent les:

- Hydrocarbures et leurs produits de combustion.
- Matières plastiques.
- Pesticides.
- Détersifse
- Composés organiques de synthèse divers.
- Dérivés de souffre.
- Nitrates.
- Phosphates
- Métaux lourds.
- Fluorures.
- Particules minérales (aérosols) **[20]**.

I.5.2.3. Pollution microbiologique

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

bactéries, les protozoaires et les helminthes **[5]**. Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique etc&) **[19]**.

I.6. Paramètres de caractérisation de l'effluent

La qualité des eaux correspond à un ensemble de critères physico-chimiques et bactériologiques qui définissent leur degré de pureté et en conséquence, leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles et industriels **[7]**.

Les principaux paramètres caractéristiques sont:

I.6.1. Paramètres physiques

I.6.1.1. Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour de températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C **[8]**. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O_2) dans l'eau ainsi que la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. Elle agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivants dans l'eau **[5]**.

I.6.1.2. Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 µSm/cm, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire **[8]**.

I.6.1.3 Matières en suspension (Mes)

Les Matières en suspension représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules organiques (MVS) ou minérales (MMS) non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel **[8]**.

I.6.1.4 Turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (Mes) présentes dans l'eau **[5]**.

I.6.1.5 Couleur et l'odeur

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organique dissoutes ou colloïdes par des composés chimique soluble qui sont coloré .l'odeur est due à une fermentation des matières organiques.

I.6.2 Paramètres chimiques

I.6.2.1 Potentiel d'Hydrogène (pH)

La valeur du pH dans une eau naturelle, dépend de l'origine de cette eau et de la nature géologique de son cours. La plupart des eaux naturelles ont un pH compris entre 6,5 et 8,3. Il peut arriver que certaines eaux polluées, par des déversements industriels, contiennent des acides forts comme le HCl et le H_2SO_4, leur pH sera alors bien inférieur à 4,5. La mesure du pH a un intérêt dans la détermination de l'agressivité et de la désinfection de l'eau par le chlore **[7]**. Le pH indique la concentration en ion H^+, il joue un rôle important dans:

- Les propriétés physique-chimiques (l'acidité et l'alcalinité) ;
- L'efficacité de certains procédés (coagulation-floculation) ;
- Le processus biologiques **[21]**.

I.6.2.2.Oxygène dissous

L'eau contient toujours de l'oxygène dissous dont les concentrations varient selon la température et la pression partielle du fait de l'équilibre entre l'oxygène de l'air et celui de l'eau, plus les eaux sont superficielles, plus elles sont chargées en oxygène. Les teneurs maximales dépassent rarement 10 mg/l **[17]**.

I.6.2.3. Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La DBO_5 est définit comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme

référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours (c'est la DBO_5). Elle se résume par la réaction chimique suivante**:**

Substrat + micro-organisme + O_2 → CO_2 + H_2O + énergie + biomasse [8].

I.6.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la teneur en oxygène nécessaire pour dégrader l'ensemble des matières oxydables, biodégradables ou non. On exprime la DCO par la quantité d'oxygène fournie par le bichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques totales présentes dans l'eau résiduaire **[7]**.

I.6.2.5. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeur partie de l'azote total **[22]**.

I.6.2.6. Le phosphore

Le phosphore représente le dosage des ortho phosphates, polyphosphates et organophosphates. Cette forme de pollution est entre autres responsable de l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau Elle permet le suivi et la gestion des unités de traitement.

Le phosphore est un élément indispensable au développement de tous les organismes vivants, On en distingue deux formes:

- Le phosphore organique, résidu de la matière vivante ;
- Le phosphore minéral, essentiellement constitué de phosphate (PO_4), qui représente 50 à '0% de la totalité du phosphore dans les eaux usées urbaines.

Le phosphore total (PT) = P organique + P minéral.

La quantité de PT s'exprime en mg/l **[20]**.

I.6.3. Les paramètres bactériologiques

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique:

- **Les virus:** se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau [**5]**.

Les helminthes: sont fréquemment rencontrés dans les eaux usées urbaines. Le nombre d'Sufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103 d'Sufs /l. Parmi ces Sufs on trouve notamment les Ascaris et les tænias **[21]**.

Les protozoaires: Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il y a ceux qui sont responsables de la dysenterie (maladie intestinale). Ces microorganismes passent par une forme de résistances formant des kystes qui peuvent être véhiculés par les eaux usées **[21]**.

I.7. Normes de rejets des eaux usées

I.7.1. Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure qu'il faut la respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive et un décret de loi.

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) pour les eaux usées, les normes internationales sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau I.1: Normes de rejets internationales **[5]**.

Paramètre	Unités	Norme utilisée (OMS)
pH	-	6 ,5-8,5
DBO_5	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH4+	mg/l	<0,5
NO_2	mg/l	1
NO_3	mg/l	<1
P2O5	mg/l	<2
Température	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Incolore

I.7.2. Normes Algériennes

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont Regroupées dans le tableau (2).

Tableau I.2: Valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2014) **[23]**.

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO_5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	3
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénol	mg/l	0,3

Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

I.8. Impact des eaux usées sur la santé humaine et l'environnement

Les rejets des eaux usées brutes perturbent l'équilibre du milieu récepteur d'une part, et d'autre part la perte de ces eaux sans récupération. La quantité de pollution rejetée est devenue incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes sur la santé publique et l'environnement **[1]**.

I.8.1. Risque sur l'environnement

Le rejet d'eaux usées non traitées ou partiellement traitées dans l'environnement entraîne la pollution des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines. Une fois rejetées dans les plans d'eau, les eaux usées sont diluées et transportées en aval ou s'infiltrent dans les aquifères, où elles peuvent affecter la qualité (et donc la disponibilité) des approvisionnements en eau douce **[24]**.

Parmi Les conséquences du rejet d'eaux usées non traitées ou traitées de façon inadéquate on peut citer:

- Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- Présence de produits toxiques.
- Prolifération d'algues.
- Modification physique du milieu récepteur.
- Présence de bactéries ou virus dangereux [**25]**.

I.8.2. Risque sur la santé humaine

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques ils sont dangereux pour la santé humaine.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau: des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé **[25]**.

I.9.Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre d'une partl'origine des eaux usées et leur caractéristiques et d'autre part: les différents type de pollution et les paramètres de caractérisation de l'effluant, nous avons donc conclu que les eaux usées contiennent des contaminants physiques, chimiques, et microbiologiques. Nous avons également discuté du système d'assainissement qui consiste à la collecte et l'évacuation des eaux provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles vers une station d'épuration. Cette dernière a pour rôle de traiter les eaux usées et diminuer ainsi le maximum des effets nuisible de rejet des eaux pollué qui perturbe l'équilibre du milieu récepteur et provoque des conséquences néfastes pour l'environnement et les habitants.

Chapitre II

Procédés d'épuration des eaux usées

II.1 Introduction

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu' à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible. L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore, etc.)

L'épuration se fait dans des stations d'épuration qui comportent des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites. **[1]**

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées comme suite: les prétraitements, les traitements primaires, secondaires et tertiaires.

II.2 Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter unepollution de l'Environnement et non de produire de l'eau potable. **[2]**

II.3 Paramètres du choix d'une technologie de traitement des eaux usées

Les paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte:

- Des exigences du milieu récepteur ;
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.) ;
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.) ;
- De la disponibilité du site:
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation) ;
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien. **[3]**

II.4 Rôle des stations d'épuration

Une STEP, généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées et limiter l'apport en excès de matière organique et dans certains cas, de substances minérales telles les nitrates et les phosphates dans les milieux récepteurs, sachant que certaines substances contenues dans un effluent, à partir d'une certaine concentration, peuvent constituer

un danger pour la communauté aquatique, l'épuration des eaux usées diminue l'impact sur les écosystèmes aquatiques. **[4]**Ce rôle peut être résumé dans les points suivants:

- ❖ Traiter les eaux ;
- ❖ Protéger 1'environnement ;
- ❖ Protéger la santé publique.

Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement. **[5]**

II.5 Les procédés d'épuration

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis: les prétraitements, le traitement primaire, le traitement secondaire et tertiaire. Dans certains cas des traitements tertiaires sont nécessaires notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible.

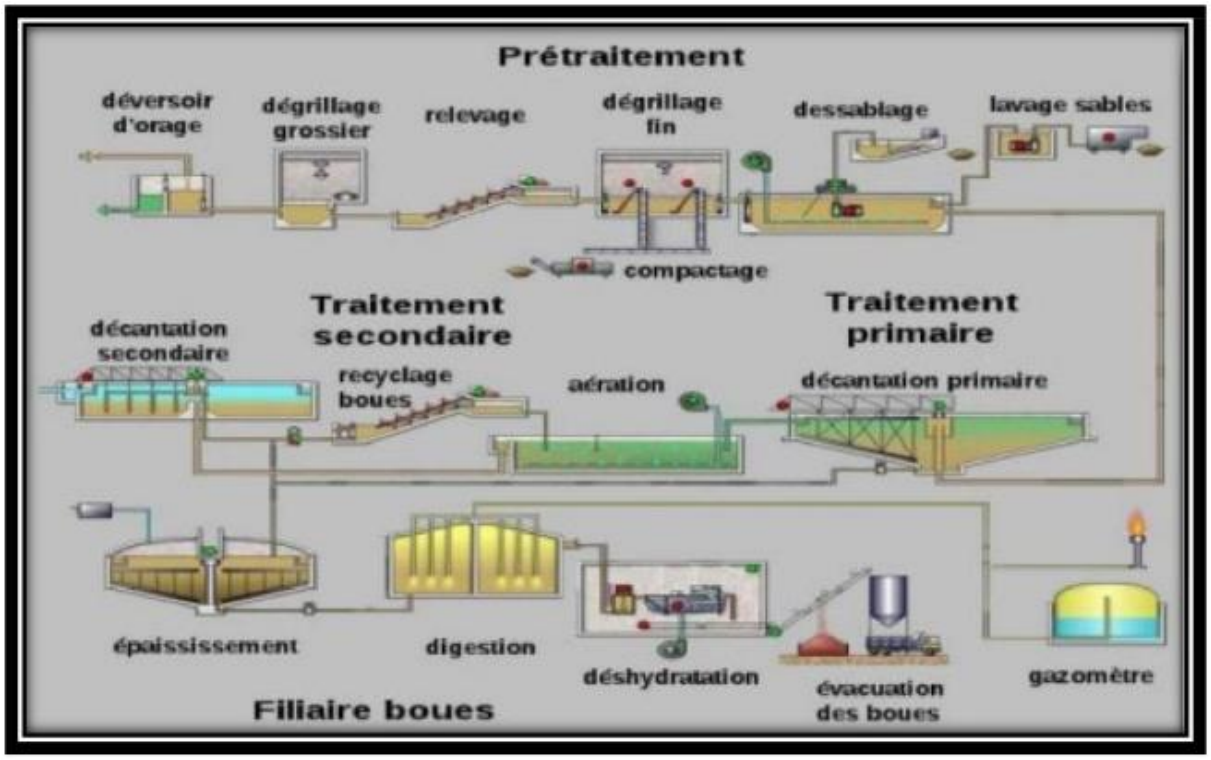


Figure II.1: Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration

II.5.1 Prétraitement

Le Prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieurs du traitement.

Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage, pour obtenir une meilleure décantation, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras**. [6]**

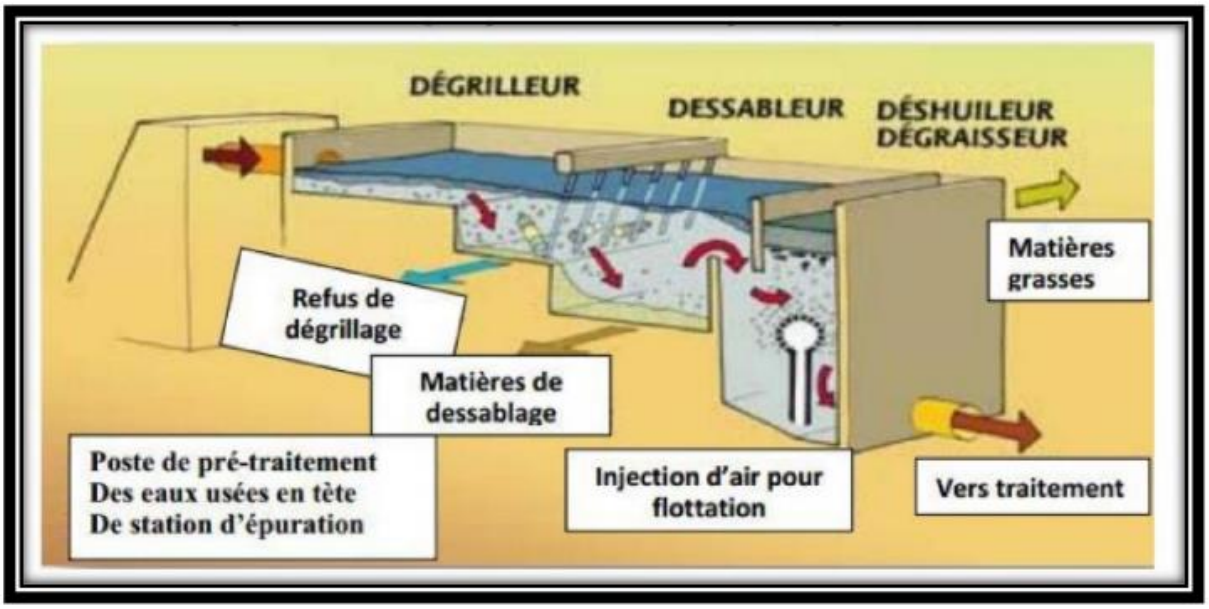


Figure II.2: schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP.**[7]**

II.5.1.1 Le dégrillage

Cette opération consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont.On retire ainsi de l'eau les fragments de dimension supérieure à l'écartement de la grille, le dégrillage permet de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Il rend également plus efficace les traitements suivants car ils ne sont pas gênés par ces matières grossières. Le dégrillage est classé en 03 catégories selon l'écartement entre barreaux de grille:

- Le pré –dégrillage, pour un écartement e = 30-100 mm ;
- Le dégrillage moyen pour un écartement de e =10 à 30 mm ; Le dégrillage fin pour un écartement inférieur à 10 mm**[8]**

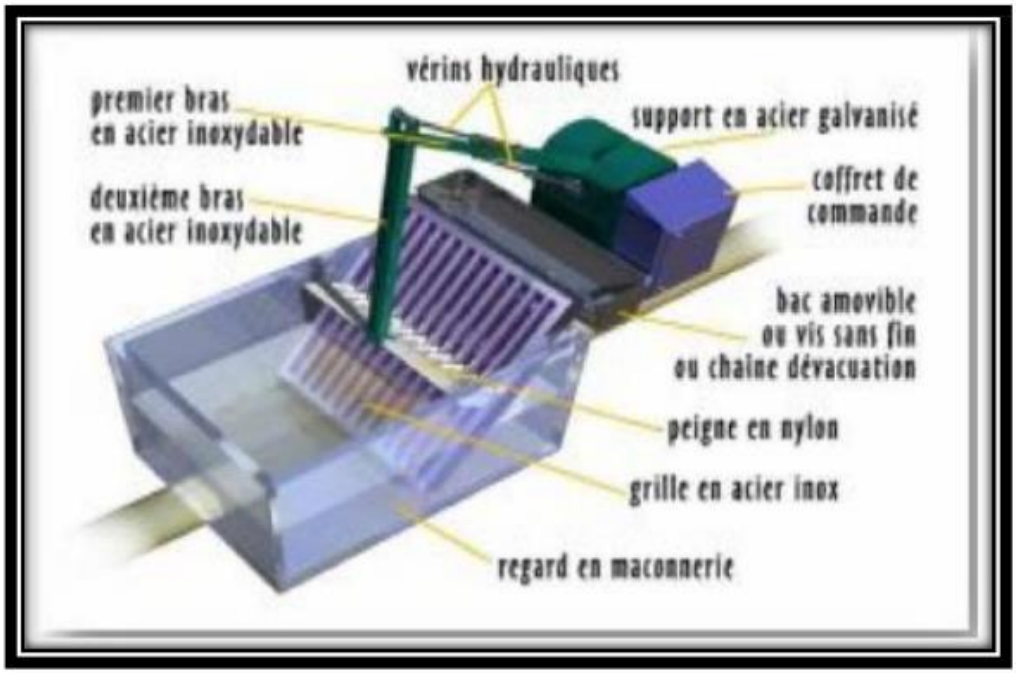


Figure II.3: schéma d'un Dégrilleur.**[8]**



Figure II.4: Dégrilleur.

II.5.1.2 Dessablage

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

L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "déssableur" entraine leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés par aspiration sont ensuite essorés puis

lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage. Cette opération concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100µm. **[9]**

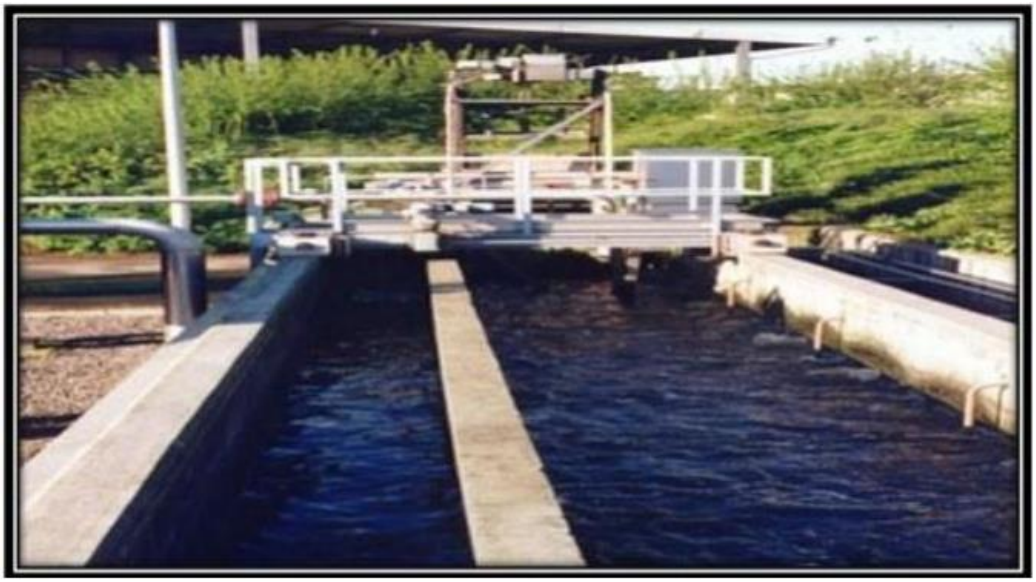


Figure II.5:Déssableur.

II.5.1.3 Dégraissage –déshuilage

C'est une opération destinée à éliminer les graisses et les huiles présentes dans les eaux résiduaires (station-service, abattoirs, industries alimentaires, …).

Les inconvénients des graisses et huiles sont notamment:

- Envahissement des décanteurs ;
- Diminution des capacités d'oxygénation des installations des traitements biologiques;
- Mauvaise sédimentation des boues dans le clarificateur;
- Bouchage des canalisations et des pompes;
- Acidification du milieu dans le digesteur anaérobie. **[10]**



Figure.II.6: Dégraissage **[10]**



Figure.II.7: Déshuilage **[10]**

II.5.2 Traitement primaire

Il consiste en l'enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que des matériaux flottants.

La décantation des matières dans un bassin et déterminée par l'indice de Mohlman, il est défini par le rapport entre le volume de boues décantées en 1/2 heure, et la masse de matières en suspension contenus dans ce volume. **[11]**

Il s'écrit:

$$\mathbf{I_M = V/M}$$

Avec**:**

I_M: Indice de Mohlman.

V: Volume de boues décantées en 1/2 heure.

M: Masse de matières en suspension.

Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

II.5.2.1 Décantation primaire

La décantation primaire a pour objet de parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension (MES) naturellement décantables et par élimination poussé des flottants (huile et graisse).

Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation). La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1.2 m/h, 40 à 60% de MES, soit 40% de matière organique et 10 à 30% des virus. **[12]**

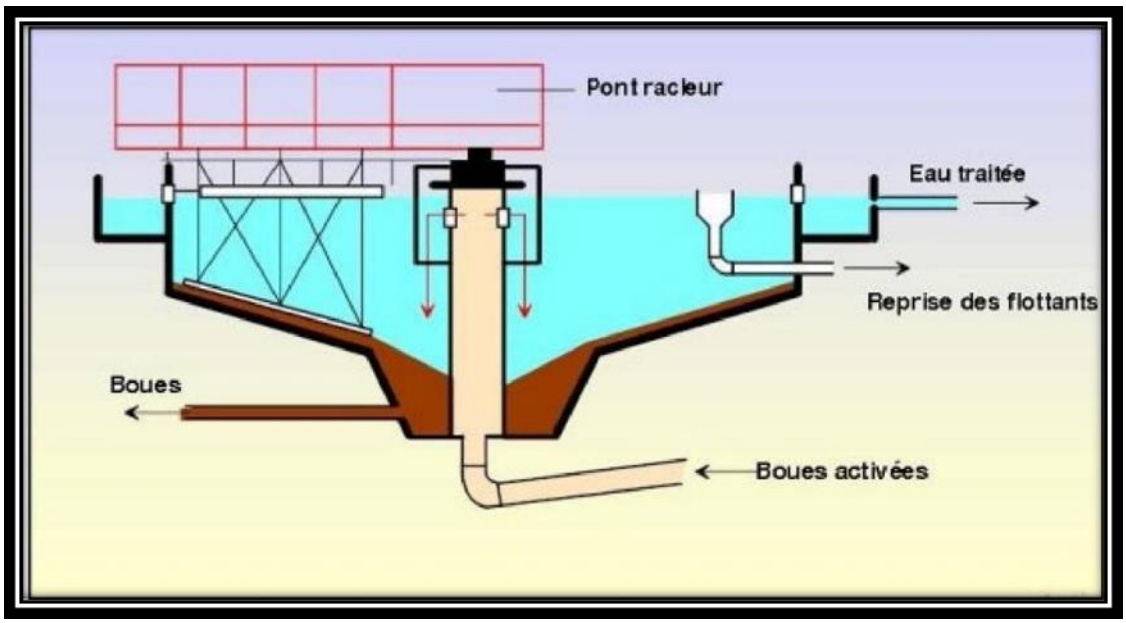


Figure II.8: Schéma d'un décanteur primaire.

II.5.2.2 Décantation physique (naturelle)

Les matières en suspension qui ont souvent une teneur en matière organique importante (de 70 à 90%) et une densité légèrement supérieure à celle de l'eau vont se décanter naturellement dans un décanteur primaire en 1 à 2 heures. L'eau ainsi clarifiée s'écoulera par débordement et les MES qui ont décanté au fond du bassin (boues primaires) seront extraites et envoyées vers les ouvrages de traitement des boues.**[13]**

II.5.2.3 La décantation physico-chimique

Les performances de la décantation peuvent être ainsi améliorées par l'ajout des produits chimiques (sulfate d'alumine, chlorure ferrique...) qui neutralisent les particules chargées, en augmentant ainsi la probabilité de collision entre les particules (coagulation floculation), ainsi que la formation des flocs par la suite facilement décantables. Cette étape permet d'éliminer 90 % des matières colloïdales.**[2]**

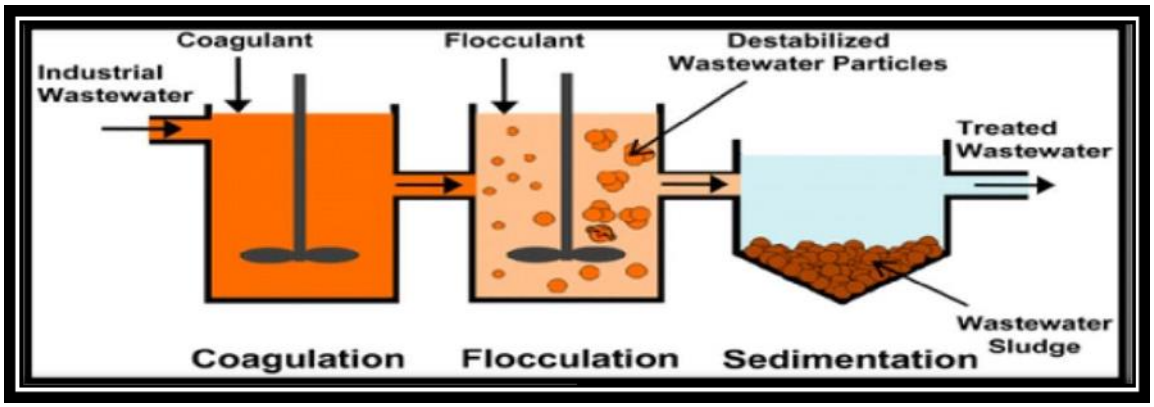


Figure II.9: Schéma d'un procédée de coagulation- floculation.**[14]**

II.5.2.4 La flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient.**[15]**

Pour l'extraction des particules en suspension, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau. **[15]** Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspensions et réduit d'environ 30% de la DBO_5 et de la DCO.**[15]**

II.5.3 Traitement biologique (traitement secondaire)

Le traitement secondaire est un traitement purement biologique des eaux usées et a pour objet de réduire la teneur en matière organique présentes dans ces eaux et leur dégradation biologique par les micro-organiques.

Parmi les divers micro-organismes responsables de la dégradation on trouve les bactéries aérobies et les bactéries anaérobies. **[16]**

II.5.3.1 Procédé biologique extensifs

II.5.3.1.1 Lagunage

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 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 végétaux sont les producteurs du système en matière consommable et en oxygène. **[16]**

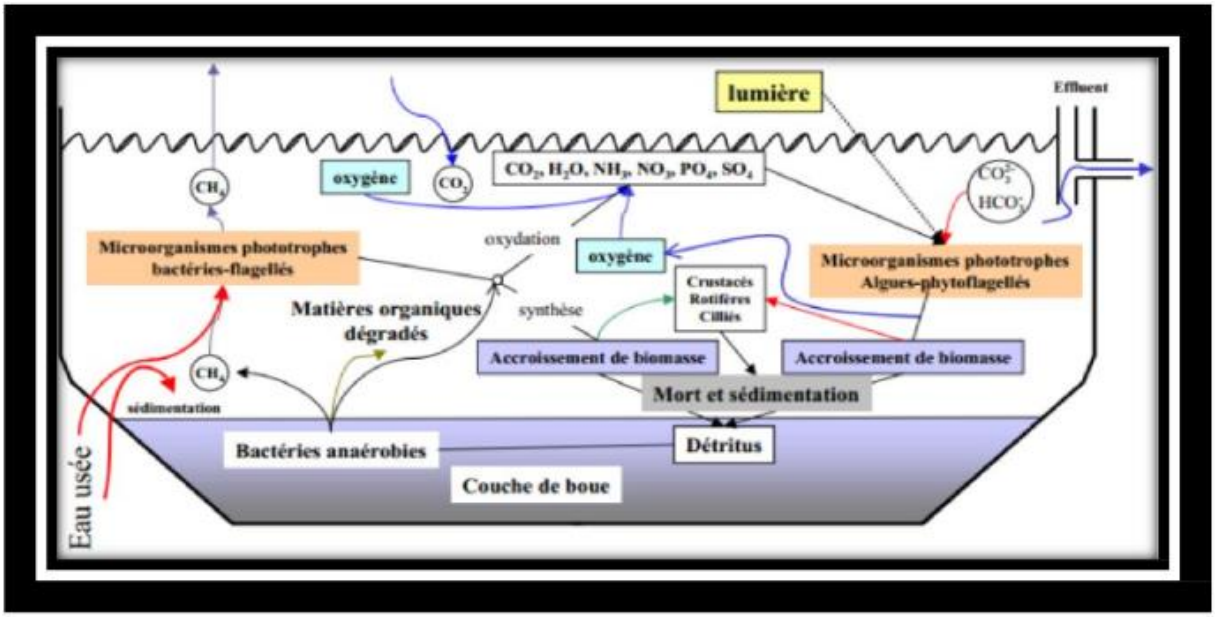


Figure II.10: Schéma de principe du lagunage**. [16]**

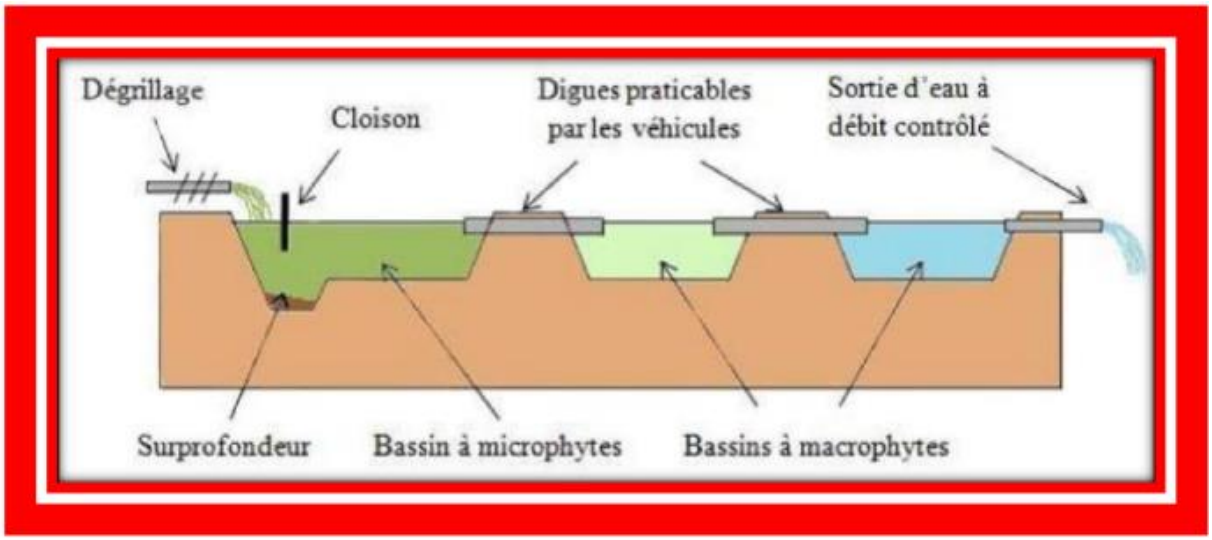


Figure II.11: Schéma du traitement biologique par lagunage.

Tableau II.1: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Avantages	Inconvénients
-Fiabilité et facilité d'exploitation. Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants. ✓ - Investissement modéré si l'on dispose de surface en terrains importantes dont la nature. La structure et la topographie sont adaptées. - Coût d'exploitation limité et ne nécessite pas la qualification du personnel.	Nécessité de surfaces importantes en terrains. ✓ Contraintes de sous-sol: terrains imperméables (protection de la nappe). Risque de prolifération de moustiques et d'odeurs (pour les bassins anaérobies) ✓ Curage périodique indispensable.

a) Lagunage naturel (culture libre)

D'une profondeur de 1.2 à 1.5 m au maximum et de 0.8 m au minimum (afin d'éviter le développement de macrophytes), avec un temps de séjour de l'ordre du mois, ces bassins fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. On peut obtenir un rendement d'épuration de 90 %. Ces procédés sont très sensibles à la température et sont peu applicables aux régions froides. Leur dimensionnement est généralement basé, pour un climat tempéré, sur une charge journalière de 50 kg DBO5 ha^{-1} j^{-1}, soit environ 10 m^2 par habitant. La teneur en matière en suspension dans l'effluent traité reste élevée (de 50 à 150 mg L^{-1}).

Aussi la DBO_5 en sortie est souvent est souvent supérieure à 50 mg L^{-1}.**[17]**

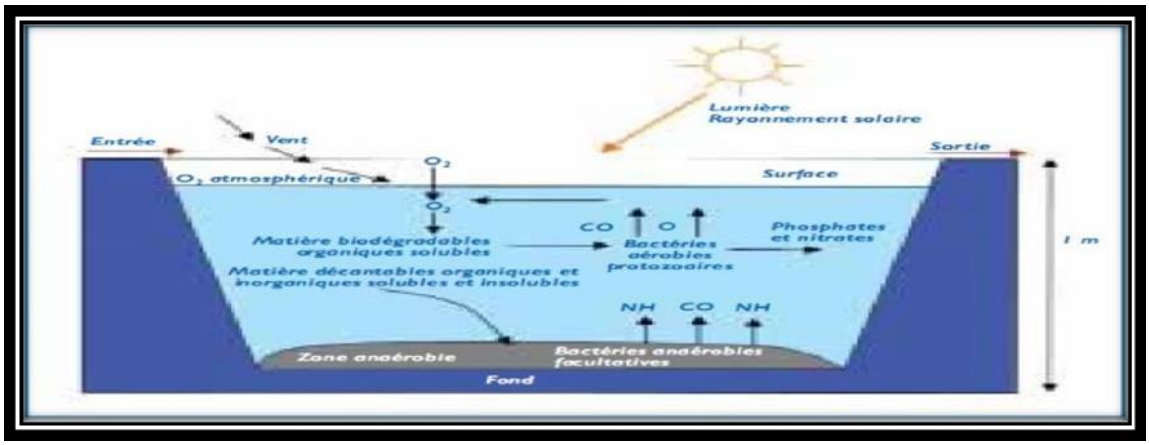


Figure II.12: Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel.

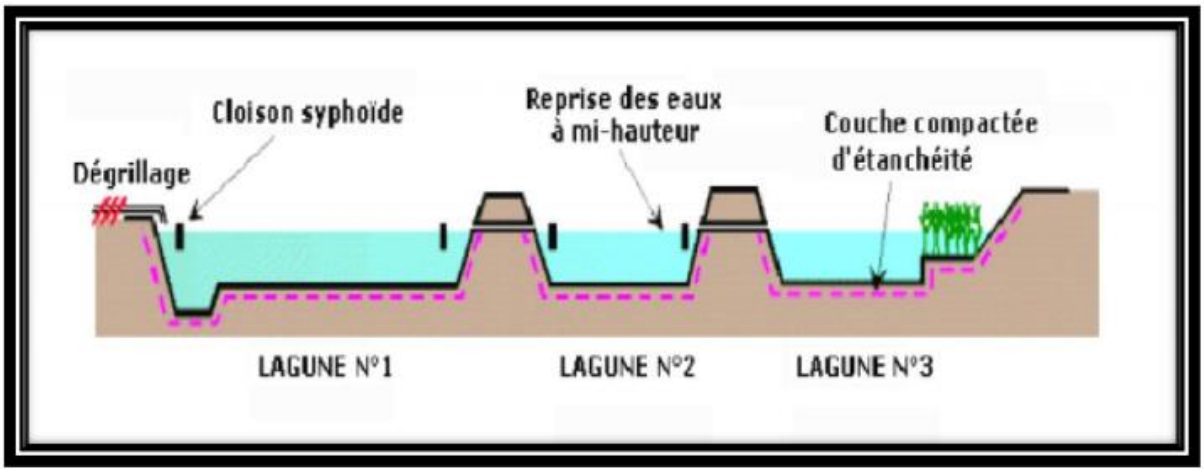


Figure II.13: Lagunage naturel.**[18]**

b) Le lagunage aéré

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique, on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel. Le temps de séjour est de l'ordre d'une semaine, la profondeur est de 1 à 4 m. Le rendement peut être de 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues.

L'homogénéisation doit être satisfaisante pour éviter les dépôts**. [19]**



Figure II.14: Schéma de principe d'un lagunage aéré.



Figure II.15: Lagunage aéré.

II.5.3.2 Procédé biologique intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Trois grands types de procédés sont utilisés: **[20]**

- les lits bactériens ;

- les disques biologiques ; -les boues activées.

II.5.3.2.1 Installation à culture fixée a)Disque biologique

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe horizontal sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émersion, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées**.[21]**

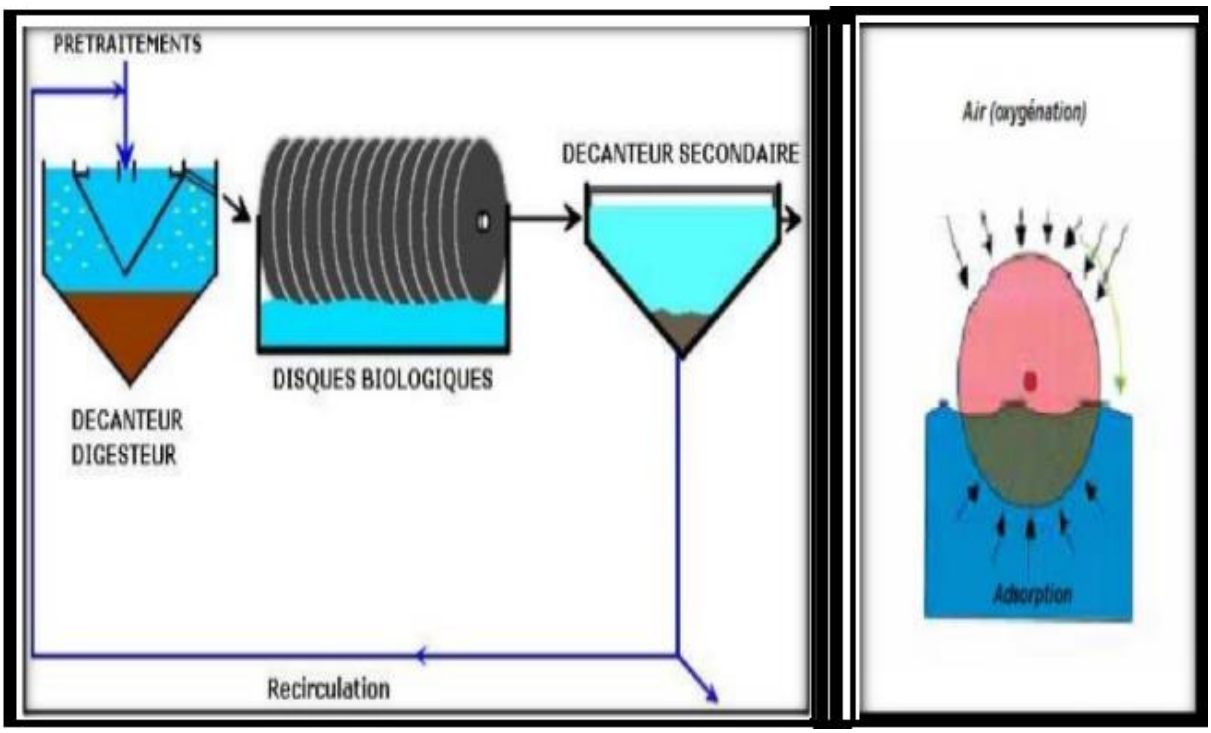


Figure II.16: Schéma du traitement biologique par disque biologique.

Tableau II.2: Avantages et inconvénients du traitement biologique par disque biologique.

Avantages	Inconvénients
- Résistance au froid (les disques sont toujours -protégés par des capots ou par un petit bâtiment) - L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage. - Généralement adaptés pour les petites collectivités. - Faibles consommation d'énergie.	- Très sensible à la quantité des eaux à traiter. - La sensibilité au gel et aux huiles etgraisses. - Coûts d'investissement assez élevés. - Ce procédé pose des problèmes dans la construction.

b) lits bactérien

L'épuration sur lit bactérien est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat.

La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lente (pour une bonne évacuation de MES en excès).

Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'Entamoebahistolytica)**. [22]**

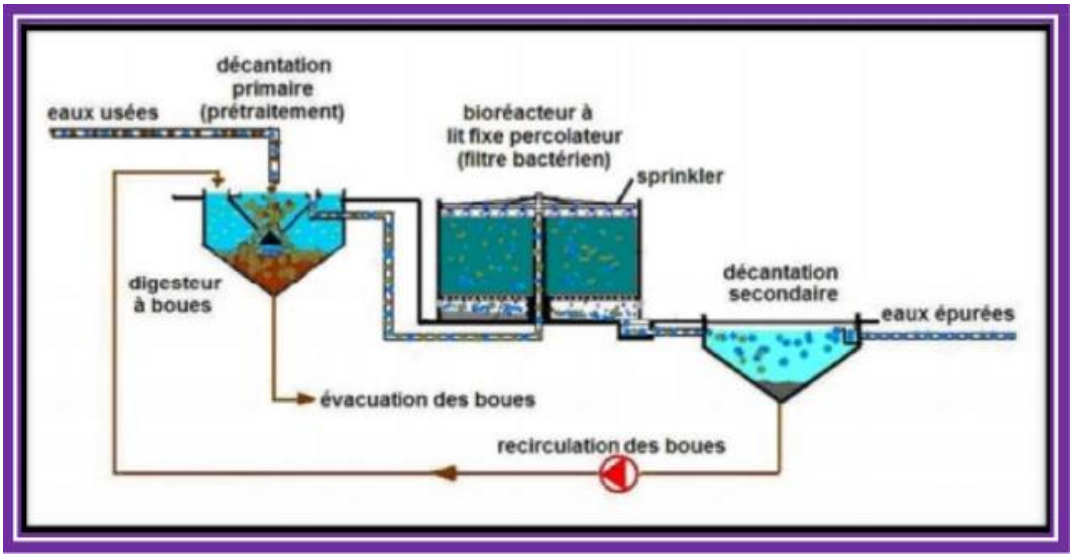


Figure II.17: Schéma d'un Procédée Lit bactérie.

Tableau II.3: Avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.

Avantages	Inconvénients
- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. - Faible consommation d'énergie. - Bonne décantabilité des boues. - l'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple.	- Coûts d'investissement assez élevés. - Source de développement d'insectes et d'odeurs. - Sensibilité au colmatage et au froid. - Boues fermentescibles.

II.5.3.2.2 Les installations à culture libre ou par boues activés

II.5.3.2.2.1 Boues activés

L'oxygène nécessaire à l'oxydation des eaux usées est apporté au moyen d'aérateurs de surface ou de diffuseurs immergés, répartis sur le long du bassin. Les boues formées sont séparées dans un décanteur secondaire et une partie d'entre elles est recyclée vers le bassin d'aération. Les installations de boues activées sont conçues pour fournir des effluents contenant moins de 30 mg/l de matières en suspension, moins de 25 mg/l de DBO et moins de 100 mg/l de DCO.**[19]**

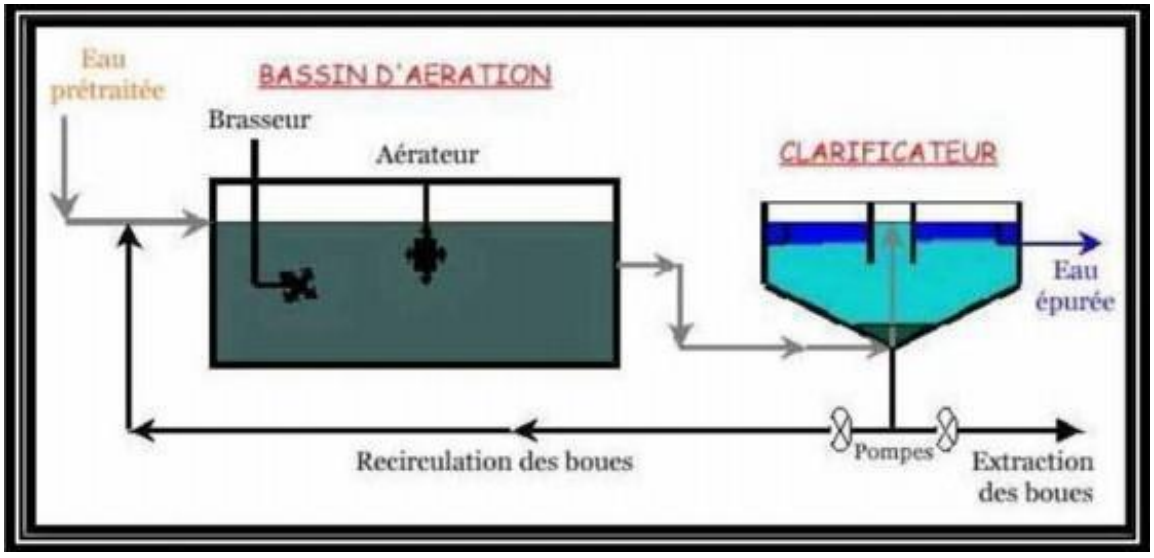


Figure II.18: Traitement biologique par boues activées.

Tableau II.4: Avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
-Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO_5, N par nitrification et dénitrification). - Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). -Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.	-Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser. -Consommation énergétique importante. -Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. -Sensibilité aux surcharges hydrauliques.

II.5.3.2.2.2 Paramètre de fonctionnement des stations à boues activés a)Charge massique (Cm)

La charge massique Cm est le rapport entre la quantité de pollution dont le substrat introduit dans ce réacteur et la masse de boues activées MVS dans ce réacteur. Cette notion Cm est importante car elle conditionne pour les différents paramètres de boue le fonctionnement de la boue activée, tel que **[23]:**

- Le rendement épuratoire ; -La production des boues ;
- Le degré de stabilisation de boues en excès produites ; -Les besoins en oxygène ramenés à la pollution éliminés.

$$C_m = \frac{([DBO_5] \times Q)}{(V_B \times MVS)}$$

Cm: la charge massique (kg DBO_5/ kg MVS.j).

V_{BA} (m^3): volume de bassin d'aération.

MVS (kg/m^3): concentration en matière sèche.

Qj(m^3/j) :débit journalier d'eau résiduaire à épurer.

b) Charge volumique (Cv)

La charge massique Cm est le rapport entre la quantité de pollution (le substrat) introduite dans le réacteur et la masse de boues activées MVS dans le réacteur. Cette notion Cm est importante car elle conditionne le bon fonctionnement de boue activée, tel que:

- Le rendement épuratoire ;
- La production de boues ;
- Le degré de stabilisation de boues en excès produites,
- Les besoins en oxygène ramenés à la pollution éliminés.

$$C_V = \frac{([DBO_5] \times Q)}{V_B}$$

Cm: la charge massique (kg DBO5 / kg MVS.j).

VBA(m^3): volume de bassin d'aération.

Q j (m3/j): débit journalier d'eau résiduaire à épurer.**[24]**

c) Age des boues

L'âge des boues est un rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur et la masse journalière des boues extraite de la station. Cette notion d'âge de boue traduit la présence ou l'absence de germe nitrifications. **[24]**

$$\mathbf{Age} = \frac{C_t}{C_b} = \frac{MES_B}{C_b} \times V_B$$

Age: âge des boues (h).

C bt: concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

C bex: concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique.

d) Besoin de l'oxygène

Les Besoins en oxygène réclamés par l'élimination de la pollution carbonée et azotée se décomposent en **:[25]**

- -besoins nécessaires à la synthèse cellulaire des micro-organismes, proportionnelle à la masse de la pollution carbonée assimilée ;
- -les besoins consommés par l'énergie d'entretien des micro-organismes présents dans le réacteur biologique;
- -Les besoins nécessaires pour l'oxydation de l'azote ammoniacal.

II.5.4 Traitement tertiaire

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables, et échappent à la meilleure décantation. Ainsi même après un traitement secondaire, l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants.

La principale méthode utilisée est la désinfection. Il existe de nombreuses techniques de désinfection des fluides et des surfaces. On trouve:

- ✓ Désinfection par l'ozone ;
- ✓ Désinfection par rayonnement Ultra-Violet (UV) ;
- ✓ Désinfection utilisant le chlore et ses dérivées.

Le coût excessif du traitement tertiaire explique pourquoi dans la majorité des stations d'épuration ce type de traitement est inexistant. Ce coût ne se représente pas seulement le prix des réactifs ou des équipements, mais aussi celui d'un personnel qui doit être hautement qualifié**. [25]**

a) Elimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par: électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "Stripage" de l'ammoniaque, mais ces traitement ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût**.[25]**

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes.

b) Dénitrification

La dénitrification: est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu.**[24]**

c) Elimination de phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico- chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les

plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.**[24]**

d) Désinfection

Pour les zones sensibles, il est primordial de rejeter une eau épurée ne contenant pas de concentration élevée en pathogènes. C'est pourquoi un traitement supplémentaire est parfois réalisé: la désinfection cette dernière peut s'effectuer par différentes méthodes, notamment par la chloration, l'ozonation, les rayons ultraviolets, filtration et lagune de finition. **[26]**

II.6 Conclusion

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants des villes et du monde rural. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important et les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment. Les traitements usuels (primaires et secondaires) ont été complétés par des traitements qui visent à éliminer le plus possible de substances nocives pour les écosystèmes (tertiaires).

Chapitre III:

Présentation des stations d'épuration d'el oued

III.1 Introduction

La région d'El Oued est située dans le Sahara algérien. Elle constitue une wilaya depuis la réorganisation administrative de 1984. Elle s'étend sur une superficie d'environ 54 573 km² selon les données géographiques les plus récentes.

Sur le plan démographique, la population de la wilaya d'El Oued est estimée, selon les projections récentes de l'Office National des Statistiques (ONS) et les estimations démographiques actuelles (2022–2024), à environ 900 000 à 950 000 habitants.

L'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation de la région d'Oued Souf a pour but d'assurer la collecte et le transit de l'ensemble des eaux usées et de procéder à leur traitement avant leurs rejets dans le milieu naturel. Le schéma d'assainissement est constitué de différents ouvrages permettant la collecte des eaux usées par groupes de localités voisines, dans des stations d'épuration par lagunage. Actuellement, le nombre de stations réalisées est quatre (04) et le système d'épuration porte sur trois stations: il s'agit des STEP 01, 02, 03 et 04.

III.2 Epuration des eaux usées dans la région d'El Oued

Le réseau d'assainissement de la région d'El Oued est formé de différents ouvrages de collecte des eaux usées par groupes de localités limitrophes dans des stations d'épuration (VOIR Figure.III.1):

I- Groupe 1: ROBBAH, BAYADA, El Oued et KOUININE. (STEP 1).

II- Groupe 2: TAGHZOUT, GUEMMAR, Hassani Abdelkrim et DEBILA. (STEP 2).

III- Groupe 3: Sidi Aoun, MAGRANE ET HASSI Khalifa. (STEP 3).

IV- Groupe 4: REGUIBA. (STEP 4).

Quatre stations d'épuration ont été réalisées par les sociétés TEIXEIRA DUARTE.

Pour le compte de l'ONA. Le système d'épuration des eaux usées se fait par lagunages aérés. Ce processus du traitement est adopté du fait de la disponibilité des espaces suffisants dans la vallée et également aux coûts d'investissement et de fonctionnement inférieurs aux autres procédés. L'eau traitée à la sortie de la station est envoyée vers le collecteur principal pour être rejetée à 70 Km au Nord de la vallée d'El Oued.

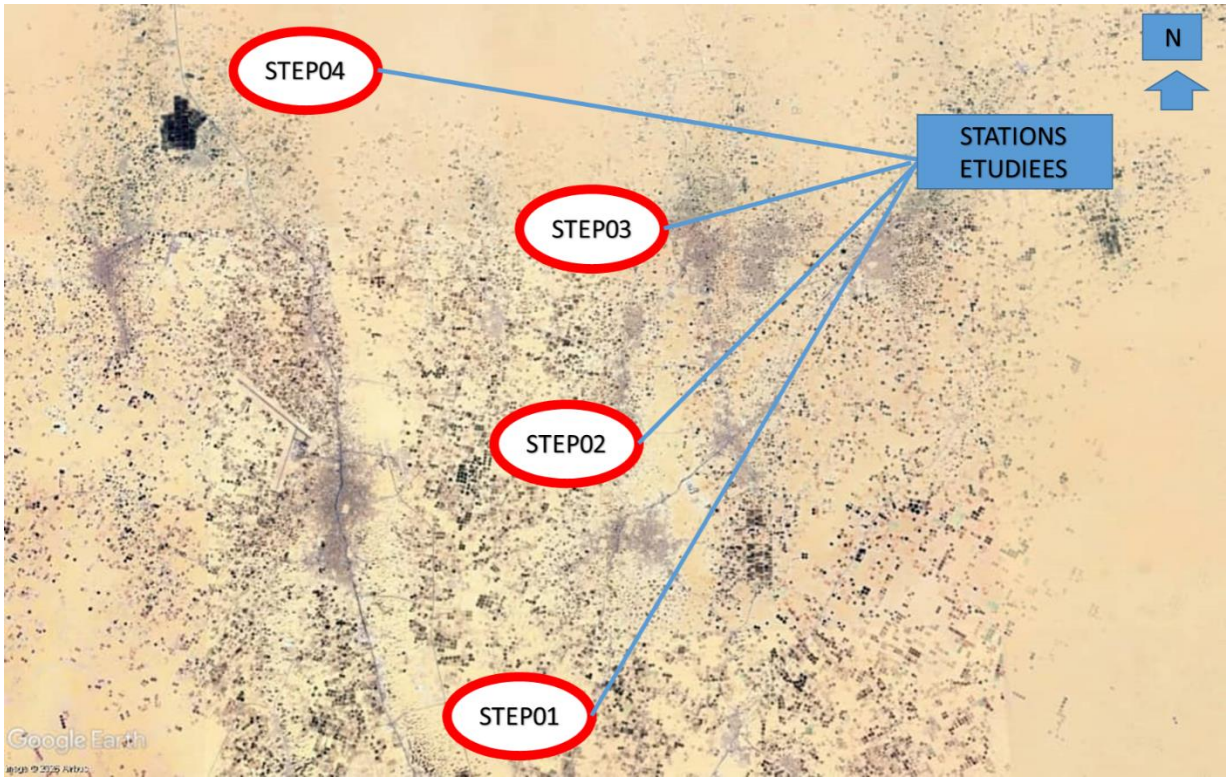


Figure III.1: Situation générale des stations d'épuration étudiées **[1]**

III.3 Présentation des stations étudiées

Le processus de traitement dans les trois stations d'épuration des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci–après (Figure III.2):

- ❖ Prétraitement avec dégrilleur et déssableur longitudinal ;
- ❖ Bassin d'activation primaire (3 lagunages aérés parallèles à (STEP 02 et STEP 03) mais STEP04 ; 2 lagunages aérés parallèles) ;
- ❖ Bassin d'activation secondaire (3 lagunages aérés parallèles à (STEP 02 et STEP 03) et STEP04 ; 2 lagunages aérés parallèles)
- ❖ Lagune de traitement de finition (3 lagunes de post e à (STEP 02 et STEP 03) et 2 lagunes de post e à STEP04- traitement parallèles);
- ❖ Traitement des boues (10 lits de séchage des boues à (STEP 01), 10 lits de séchage des boues à (STEP 02), 09 lits de séchage des boues à (STEP 03) et 06 lits de séchage des boues à (STEP 04)).

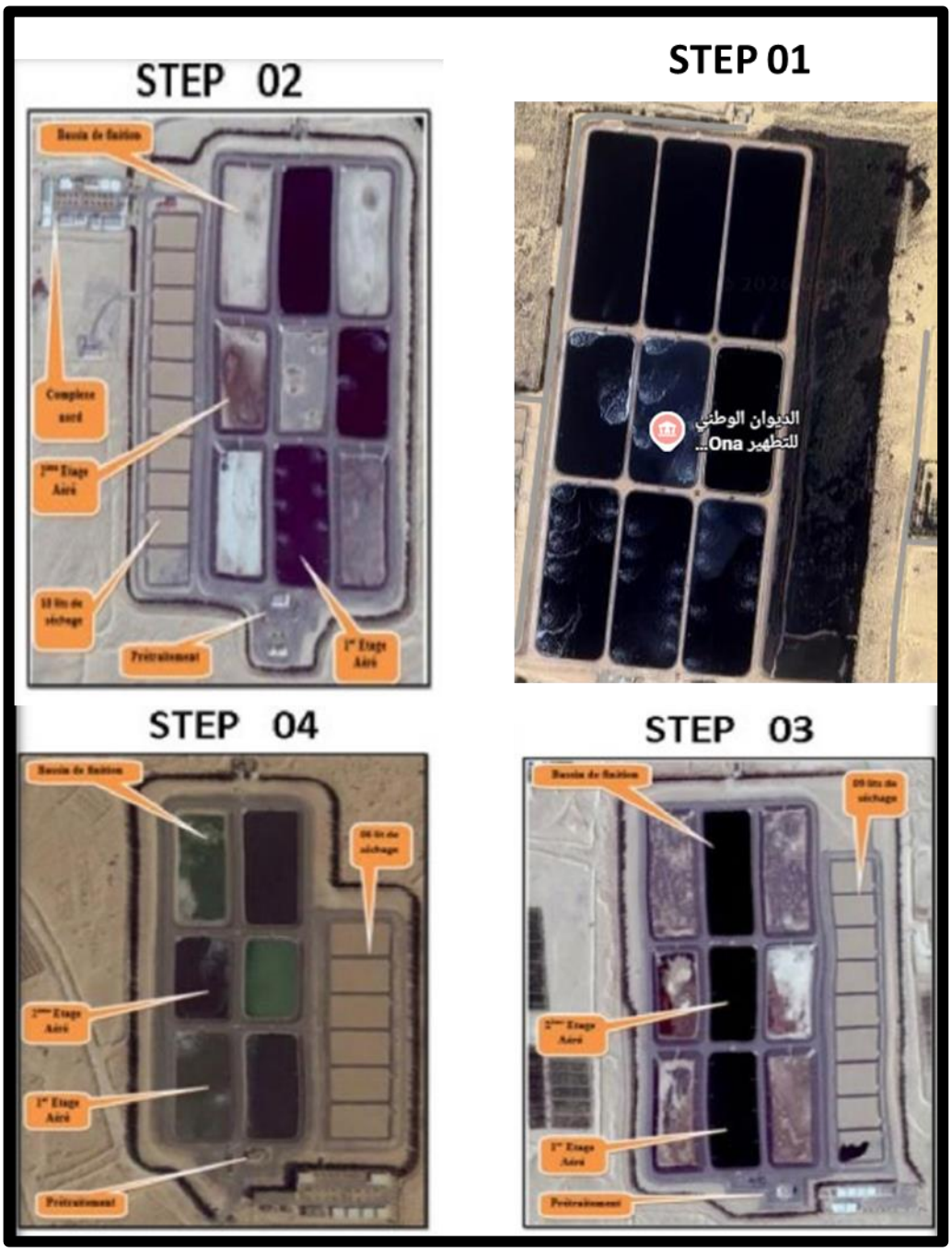


Figure III.2: Plan générale de la station d'épuration.

La STEP 01 de Kouinine est conçue pour desservir les communes de Kouinine, El Oued, Ourmes, Trifaoui, Robbah et El Bayadha. La population totale de ces communes est estimée à environ 246 300 équivalents-habitants (EH). La pleine capacité de cette station d'épuration devrait être atteinte à l'horizon 2030. [2]

La STEP 02 Hassani A/K est conçue pour desservir les communes de: HASSANI ABD /KIRIM, DEBILA, GUEMMAR, TAGHZOUT. La population totale des communes est d'environ 79620 EH. La pleine capacité de cette station sera atteinte en 2030. Quant à la STEP 03 Sidi Aoun, elle est conçue pour desservir les communes de SIDI AOUN, MAGRANE et

HASSI KHALIFA. La population totale de ces communes est d'environ 72286 EH et la pleine capacité de la station sera atteinte en2030. Par ailleurs, la STEP 04 Reguiba est conçue pour desservir uniquement la commune de Reguiba. La population totale de cette commune est d'environ 28451 EH. La pleine capacité de la station d'épuration sera atteinte en2030.**[2]**

Les eaux usées arrivant aux STEP sont refoulées par l'intermédiaire de 02 stations de refoulement pour la STEP 02 Hassani A/K et la STEP 03 Sidi Aoun et par une seule station pour ce qui est des eaux de la STEP 04 Reguiba. Toutes les eaux refoulées débouchent dans des regards de dégazage (Figure III.3). Cette opération permet d'évacuer le H2S (sulfure d'hydrogène) qui pourrait se former dans les conduites de refoulement. Notons que les débits maxima pris en charge par les STEP 02, 03 ET 04 sont respectivement de 14332 m^3/j et de 13011 m^3/j et 5151 m^3/j.

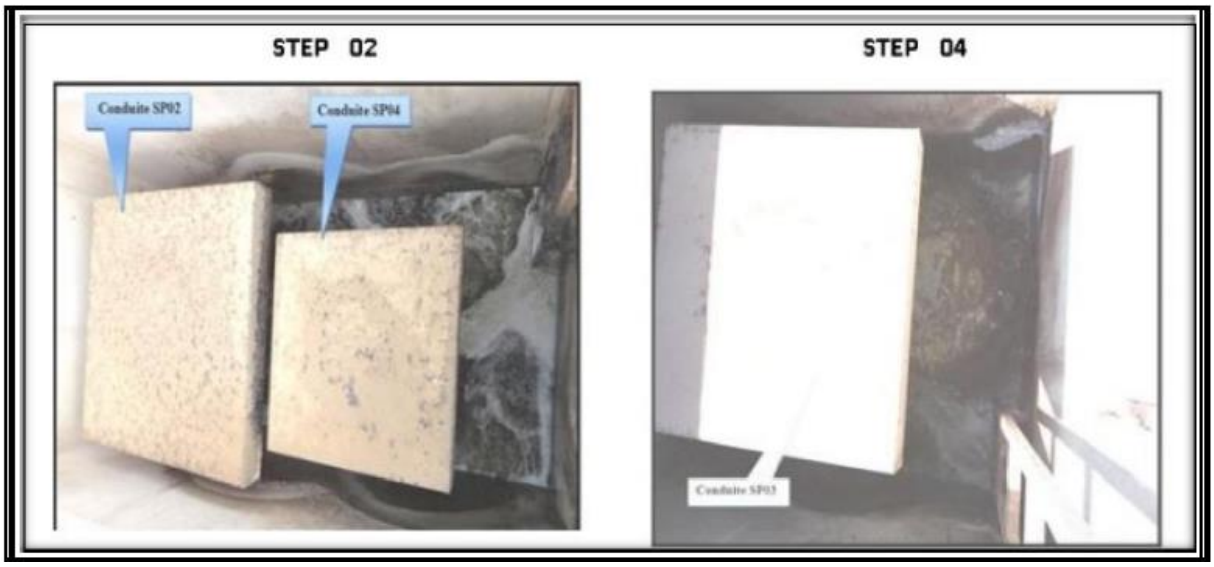


Figure III.3: Regards de dégazage.

Le tableau 05 montre la charge de pollution prise en considération pour le dimensionnement de la station ainsi que la qualité exigée des eaux usées traitées.

Tableau III.1: Paramètres de pollution pour le dimensionnement des stations.

STEP 01				
Paramètres	**A l'entrée**	**Concentration**	**A la sortie**	**Concentration**
DBO5	8476 Kg/j	250 mg O2/l	/	40 mg O2/l
DCO	16952 Kg/j	500 mg O2/l	/	125 mg O2/l

Matière en suspension(MES)	12243 Kg/j	361 mg/l	/	40 mg/l
STEP 02				
Paramètres	**A l'entrée**	**Concentration**	**A la sortie**	**Concentration**
DBO5	3583 Kg/j	250 mg O2/l	573.28 Kg/j	40 mg O2/l
DCO	7166 Kg/j	500 mg O2/l	1791.5 Kg/j	125 mg O2/l
Matière en suspension(MES)	5173.852 Kg/j	361 mg/l	573.28 Kg/j	40 mg/l
STEP 03				
Paramètres	**A l'entrée**	**Concentration**	**A la sortie**	**Concentration**
DBO5	3252.75 Kg/j	250 mg O2/l	520.44 Kg/j	40 mg O2/l
DCO	6505.5 Kg/j	500 mg O2/l	1626.375 Kg/j	125 mg O2/l
Matière en suspension(MES)	4696.971 Kg/j	361 mg/l	520.44 Kg/j	40 mg/l
STEP 04				
Paramètres	**A l'entrée**	**Concentration**	**A la sortie**	**Concentration**
DBO5	1287.75 Kg/j	250 mg O2/l	206.04 Kg/j	40 mg O2/l
DCO	2575.5 Kg/j	500 mg O2/l	643.875 Kg/j	125 mg O2/l
Matière en suspension (MES)	1859.511 Kg/j	361 mg/l	206.04 Kg/j	40 mg/l

III.4 Les différentes étapes de traitement

III.4.1 Prétraitement

Dans cette étape, les eaux usées brutes sont acheminées du regard de dégazage vers l'ouvrage de prétraitement qui est construit en béton armé et constitué d'une étape de dégrillage et d'une étape de dessablage.

III.4.1.1 Dégrillage

Ouvrage construit en béton, avec deux chambres pour les dégrilleurs automatiques et une chambre pour le dégrilleur manuel. (Figure III.4). Les barreaux du dégrilleur automatique sont placés verticalement avec un angle de 90° et l'espacement inter barreaux varie entre 20 et 30 mm et la vitesse à la traversée du dégrilleur est inférieur à 1m/s. les grilles sont nettoyés par un système à racleur motorisé dont l'action automatisée est déclenchée par un capteur de niveau d'eau en amont et en aval sur la grille. Une fois que les débris ont été recueillis et soulevés par le racleur, ils sont chargés dans une cuve horizontale, au moyen d'un transporteur à vis horizontal et sans arbre, ces débris sont ensuite déposés dans un conteneur à débris. Tandisque, les barreaux du dégrilleur manuel sont inclinés de 60° sur l'horizontale. L'espacement inter-barreaux est de 40 mm. La vitesse à la traversée de ce dégrilleur est aussi inférieure à 1m/s.

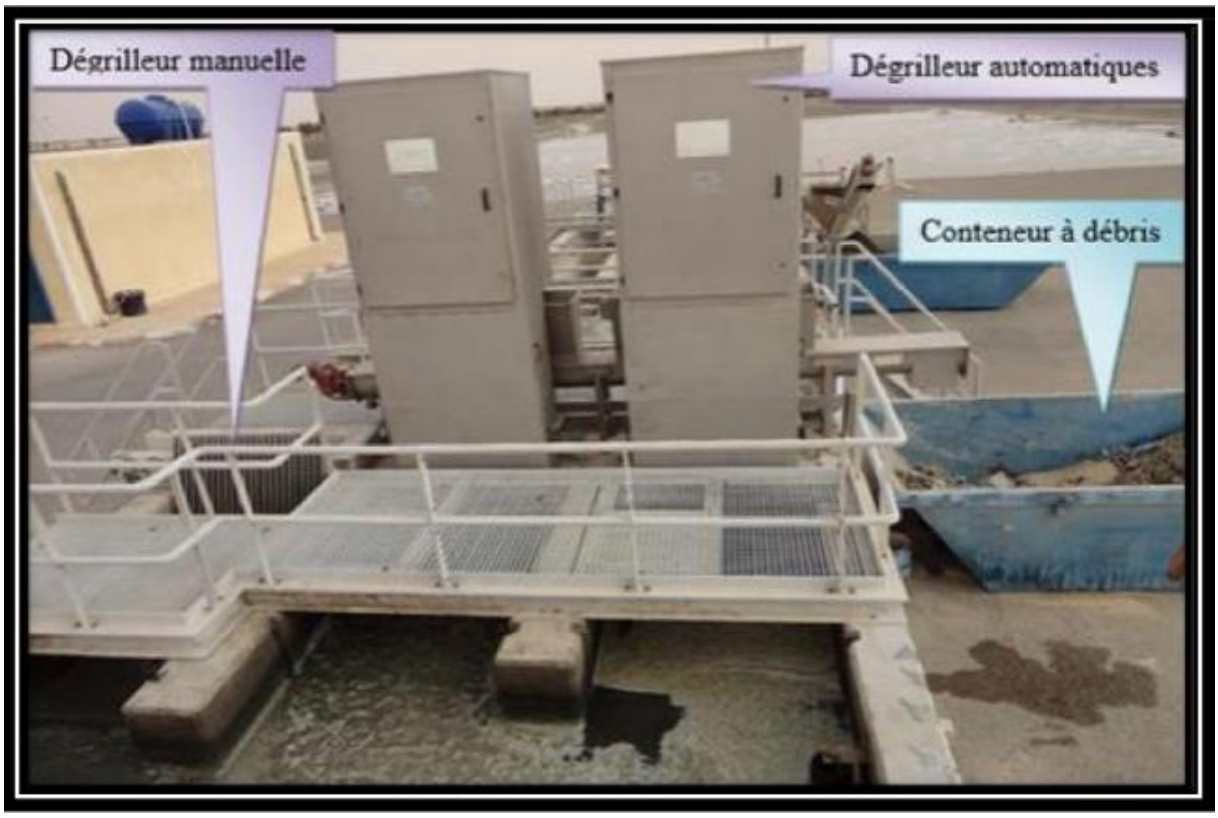


Figure III.4: Dégrilleurs.

III.4.1.2 Dessablage

Cet ouvrage est construit en béton, avec également trois chambres. Le sable contenu dans l'eau usée est décanté grâce à la force gravitaire, la vitesse de sédimentation des sables à retirer est de 0,01 à 0,02 m/s, la largeur de chaque chambre égale à 1m, la longueur est de 5 m et le temps de séjour varie de 45 à 150 s. Ces particules solides sont ensuite aspirées par un pont racleur avec moteur électrique et des pompes immergées d'aspiration fixées à la fin du déssableur. Le mélange sable-eau s'écoule par les conduites en acier montées sur la paroi extérieure du déssableur et ensuite vers le classificateur à sable qui permet l'égouttage avant stockage dans une benne. La production spécifique des sables est 0,004 à 0,180 l/ m^3 des eaux usées.



Figure III.5: Dessaleur.

Le classificateur à sable est un appareil qui s'installe idéalement sur les purges de dessableur en stations d'épuration. Son rôle est de séparer le mélange sable-eau (Figure.III.6).

La faible vitesse de rotation de la vis (5 tr/min) permet une reprise efficace des sables et un meilleur égouttage du produit final.



FigureIII.6: Classificateur à sable.

III.4.2 Traitement biologique

III.4.2.1 Lagunes aérées (première étape)

Suite à l'alignement des vannes du répartiteur, l'eau usée brute s'écoule dans des conduites et répartie d'une manière homogène (Figure III.7).

Le traitement biologique d'eau usée s'effectue par trois lagunes aérées A1, A2 et A3 de même taille et de la même conception. Pour assurer une diminution remarquable et efficace de la charge polluante en présence des micro-organismes aérobies, plusieurs aérateurs sont installés dans chaque lagune.



Figure III.7: Lagunes aérées (première étape)

Tableau III.2: Lagunes d'aération (premier étage) A1, A2, A3

	STEP 01	STEP 02	STEP 03	STEP 04
Nombre de lagunes (pièces)	03	03	03	02
Longueur (m)	232,6	142	136	108
Largeur(m)	91	66	63	49
Profondeur d'eau m	3,5	3,6	3,6	3,6
Longueur du fond (m)	129,6	127,6	121,6	93,6
Largeur du fond (m)	55	51,6	48,6	34,6
Volume de lagune (m^3)	66471	28 574	25 912	15 205
Volume des lagunes (m^3)	88 456	85 722	77 736	30 410
Nombre d'aérateurs par lagune (-)	08	08	07	04
Puissance spécifique de brassage (W/m^3)	03	03	03	03
Puissance total (par Lagune)) kW)	90	89	80	47
Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes (jour)	08	08	08	07

III.4.2.2 Lagunes aérées (2^{émé} étape)

Le fonctionnement de la deuxième étape est identique à la première mais le nombre d'aérateur dans chaque lagune est de 3 aérateurs.

Tableau III.3: Lagunes d'aération (deuxième étage) B1, B2, B3

	STEP 01	STEP 02	STEP 03	STEP 04
Nombre de lagunes (pièces)	03	03	03	03
Longueur (m)	194	115	110	82
Largeur(m)	91	66	63	49
Profondeur d'eau m	2,7	2,9	2,9	3,2
Longueur du fond (m)	105	103,4	98,4	69,2
Largeur du fond (m)	55	54,4	51,4	36,2
Volume de lagune (m^3)	33904	19 091	17 311	10 342

Volume des lagunes (m^3)	66471	57 273	51933	20 684
Nombre d'aérateurs par lagune (-)	03	03	03	03
Puissance spécifique de brassage (W/m^3)	02	02	02	02
Puissance total (par Lagune)) kW)	40	38	35	21
Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes (jour)	05	05	05	05



Figure III.8: Lagunes aérées (deuxième étape)

III.4.2.3 Lagune de finition (F2)

La lagune de finition F2 a été conçue et construite selon le même système que les lagunes aérées 1 et 2, leurs dimensions sont présentées dans le tableau 08.

Cette lagune de finition ou de traitement final, a été réalisée pour améliorer la qualité de l'eau traitée biologiquement, la majeure partie des matières dégradables est retenue dans les lagunes dans l'étape 1 et 2. C'est pourquoi, le dépôt des boues dans la lagune de traitement de finition augmente juste lentement. Les écarts de temps jusqu'au raclage des boues peuvent ainsi être prolongés par rapport aux lagunes aérées. Selon une estimation approximative, on peut assumer une fréquence de raclage de 8-10 ans. L'eau usée clarifiée biologiquement est dirigée vers l'émissaire.



Figure III.9: Lagune de finition.

Tableau III.4: Lagune de finition (F2)

	STEP1	STEP2	STEP3	STEP4
Nombre de lagunes (pièces)	3	3	3	2
Longueur (m)	232	154	147	114
Largeur(m)	91	66	63	49
Profondeur d'eau(m)	1,5	1,5	1,5	1,5
Longueur du fond (m)	150	148	141.0	108
Largeur du fond (m)	60	60	47.0	43
Volume de lagune (m^3)	33904	14 272	12 963	7 662
Volume des trois lagunes (m^3)	44335	42 816	38 889	15 324
Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes (jour)	3	3	3	3

III.4.3 Traitement des boues

(10) lits de séchage à la STEP 02 ont été construits. Ces lits sont remplis de graviers de différentes granulométrie (gravier propre de type 0/40 disposé en une couche de 0,50 m au minimum) et suivie d'une couche de sable lavée (D50 = 2,5 mm) (comme une couche de couverture).

Ces ouvrages sont conçus comme des bâches terrestres avec revêtement en feuille et des tuyaux de drainage pour la déshydratation et des rampes d'accès pour la décharge de la boue sèche.

Pour le raclage de la boue déposée au radier des lagunes d'eau usée, un racleur de boue avec une pompe à piston rotatif aspire le mélange boue-eau et le transmet par une conduite de

refoulement flexible. La boue pompée s'écoule par la suite vers les lits de séchage. La boue stockée dans les lits de séchage est déshydratée dans les conditions naturelles.

Dans les conditions climatiques locales, nous pouvons assumer un temps de séjour d'environ 15-18 jours.



Figure III.10: Lits de séchage.

Chapitre IV

Résultats et discussion

Introduction :

Notre étude est basée sur la comparaison entre le rendement des differentes stations d'epuration dans la zone de El Oued., l'une de l'autre, il s'agit des stations de d'autre part de savoir les taux d'efficacité de chaque une.

Le rendement du traitement est calculé selon l'équation suivante :

Re % =[(XE−XS) / XE]×100

Re : rendement de purification%.

XE : Concentration des fluides présents dans les eaux usées entrant dans la station.

XS : Concentration des fluides présents dans les eaux usées sortant dans la station.

Nous avons effectué cette comparaison sur la moyenne de l'année 2025.

TableauIV.1: Débits moyen journalier des différentes STEP

Débit Moyen Journalier		**(m3/j)**
STEP 01	Entrée STEP 1 (Eau brute)	37860,09
	Sortie STEP 1 (Eau épurée)	35077,24
STEP 02	Entrée STEP 2 (Eau brute)	7245,09
	Sortie STEP 2 (Eau épurée)	6586,86
STEP 03	Entrée STEP 3 (Eau brute)	5699,59
	Sortie STEP 3 (Eau épurée)	5178,80
STEP 04	Entrée STEP 4 (Eau brute)	3183,70
	Sortie STEP 4 (Eau épurée)	2894,28

Resultats et discussion des paramétres analysée des STEP:

1.Parametres physique:

1.1.Temperature:

Les résultats de température sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau IV.2: Variation moyenne de la température(2025)

	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
T° entrée	23,56	22,73	23,37	18,74
T° sortie	23,02	23,02	22,91	18,48
Norme	30	30	30	30

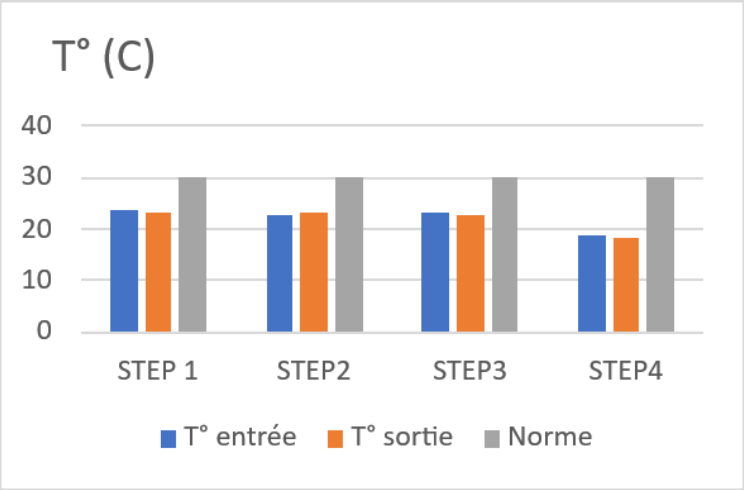


Figure IV.1: Variation moyenne de la température(2025)

La Figure X présente les variations de la température à l'entrée et à la sortie des quatre stations d'épuration étudiées. Les résultats montrent que les températures des eaux usées brutes varient entre 19 et 24 °C, tandis que celles des effluents traités se situent entre 18 et 23 °C. Les stations STEP1, STEP2 et STEP3 présentent des températures relativement similaires, alors que STEP4 enregistre les valeurs les plus faibles aussi bien à l'entrée qu'à la sortie. Une légère diminution de la température est observée après traitement dans l'ensemble des stations, traduisant des échanges thermiques avec l'environnement au cours du procédé d'épuration. Toutes les valeurs mesurées demeurent largement inférieures à la limite réglementaire de l'OMS qui est fixée à 30 °C , indiquant l'absence de pollution thermique et la conformité des rejets vis-à-vis de ce paramètre.

1.2.Conductivité:

La conductivité est une mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique entre deux électrodes.

Tableau IV.3: Variation moyenne de conductivité (2025)

CE (mS/cm)	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
CE entrée	5,24	5,18	4,51	5,27
CE sortie	5,38	5,38	4,43	5,46
Norme	1,5	1,5	1,5	1,5

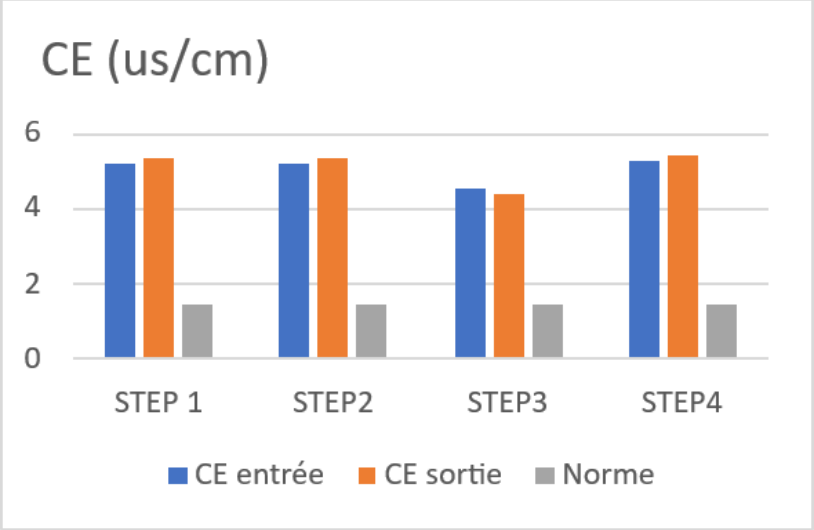


Figure IV.2: Variation moyenne de conductivité (2025)

Les résultats de la conductivité électrique montrent des valeurs relativement élevées dans les quatre stations, reflétant la présence d'une quantité importante de sels dissous dans les eaux usées. Les concentrations mesurées à l'entrée et à la sortie présentent des variations limitées, indiquant que les procédés d'épuration appliqués influencent peu la charge minérale dissoute. STEP2 et STEP4 affichent les conductivités les plus élevées, tandis que STEP3 présente les valeurs les plus faibles. La faible différence observée entre les eaux brutes et traitées confirme que les traitements mis en œuvre sont principalement destinés à l'élimination de la pollution organique plutôt qu'à la réduction de la minéralisation des effluents.

1.3. La matière en suspesion MES:

Les matières en suspension (MES) correspondent à l'ensemble des particules solides, organiques et minérales, non dissoutes dans l'eau et susceptibles d'être retenues par filtration ou de se déposer sous l'effet de la gravité.

Tableau IV.4: Variation moyenne de MES (2025)

MES (mg/l)	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
MES entrée	162,36	228,44	209,46	289
MES sortie	37,03	37,36	25,01	25,88
Norme	50	50	50	50

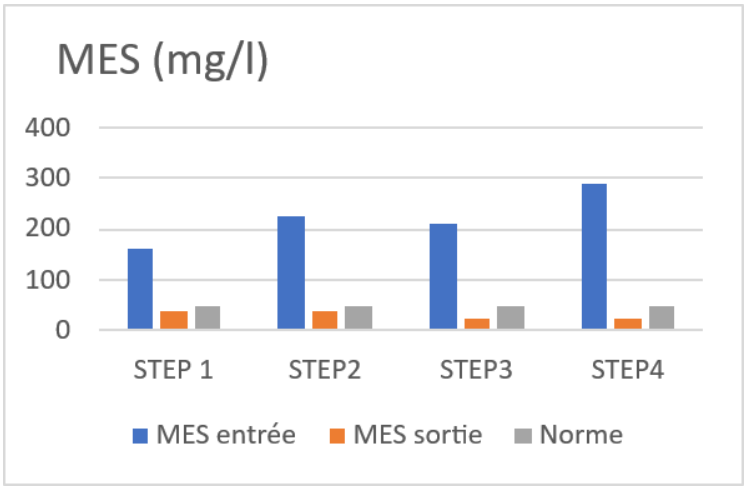


Figure IV.3: Variation moyenne de MES (2025)

Les concentrations en matières en suspension observées à l'entrée des stations varient entre 160 et 290 mg/L. STEP4 présente la charge particulaire la plus élevée, tandis que STEP1 enregistre les concentrations les plus faibles. Après traitement, les concentrations diminuent fortement dans toutes les stations pour atteindre des valeurs comprises entre 20 et 35 mg/L. Les rendements d'élimination sont élevés et traduisent l'efficacité des procédés de décantation et de clarification. Toutes les stations respectent la norme de rejet fixée à 50 mg/L, ce qui confirme la bonne performance des ouvrages chargés de l'élimination des particules solides.

Tableau IV.5 : Les charges moyennes des MES dans les EB et les EE et les rendements de leur élimination (**année 2025**).

mois	Charge moyenne de la MES dans l'eau usée brute (mg/L)	Charge moyenne de la MES dans l'eau usée traitée (mg/L)	Rendements d'élimination de la MES pendant chaque mois (%)
STEP 01	162.36	37.03	77.36
STEP 02	228.44	37.36	83.64
STEP 03	209.46	25.01	88.06
STEP 04	289	25.88	91.04
moyenne	222.32	31.32	85.02

2. Paramètres chimiques

2.1. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Tableau IV.6: Variation moyenne de pH (2025)

pH	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
pH entrée	8,02	7,95	7,83	7,72
pH sortie	8,17	8,19	7,97	8,23
Norme	8	8	8	8

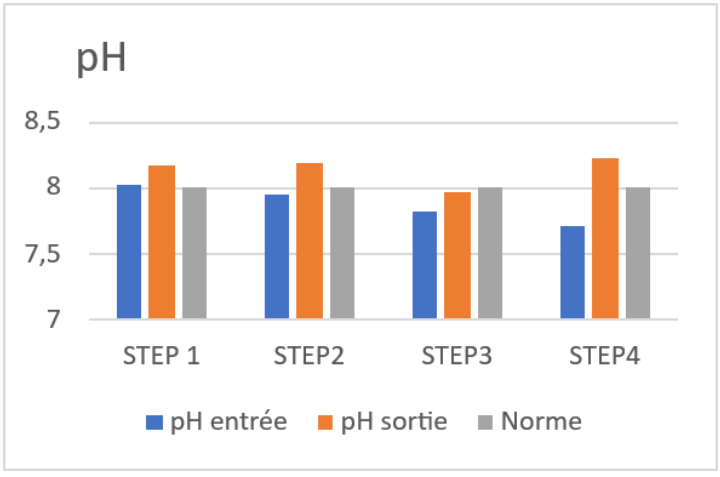


Figure IV.4: Variation moyenne de pH (2025)

La comparaison des valeurs du pH entre les quatre stations révèle des eaux légèrement alcalines aussi bien à l'entrée qu'à la sortie des systèmes de traitement. Les valeurs enregistrées à l'entrée varient entre 7,7 et 8,0, tandis que celles mesurées à la sortie se situent entre 8,0 et 8,2. Une légère augmentation du pH est observée dans toutes les stations après traitement, probablement en raison de l'activité biologique et de la consommation du dioxyde de carbone

dissous. Les différences entre stations restent faibles, traduisant une stabilité du milieu réactionnel. L'ensemble des valeurs demeure dans l'intervalle recommandé pour les rejets d'eaux usées traitées, confirmant la conformité des effluents et des conditions favorables au développement des microorganismes épurateurs.

2.3.Orthophosphates (PO_4^{3-}) :

Les orthophosphates (PO_4^{3-}) représentent la forme minérale dissoute du phosphore directement assimilable par les organismes aquatiques. Ils constituent un indicateur important de la pollution nutritive des eaux et sont généralement exprimés en mg/L.

Tableau IV.7: Variation moyenne de PO4(2025)

PO4 (mg/l)	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
PO4 entrée	5.82	5.22	5.07	4.75
PO4 sortie	3.75	2.97	2.84	2.49
Norme	10	10	10	10

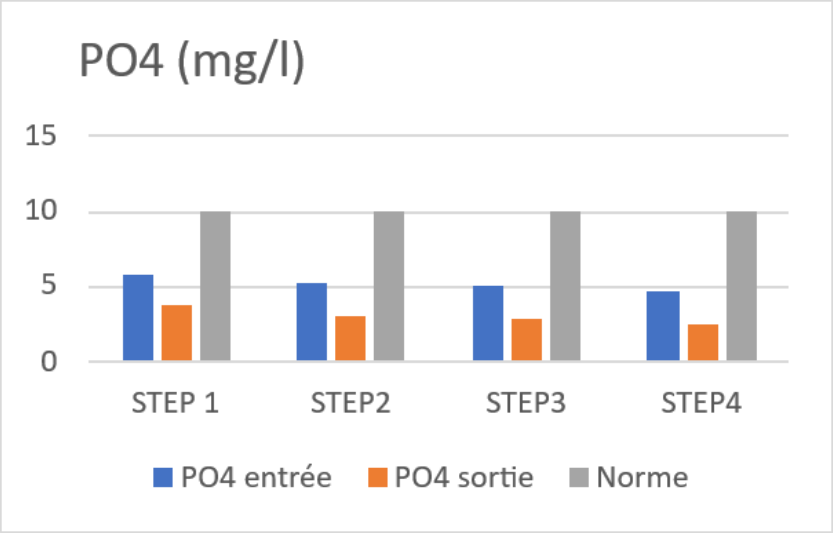


Figure IV.5: Variation moyenne de PO4 (2025)

Les concentrations en orthophosphates à l'entrée des stations sont comprises entre 4,8 et 5,8 mg/L. Une diminution est observée dans les quatre stations après traitement, avec des concentrations résiduelles variant entre 2,5 et 3,8 mg/L. STEP4 semble présenter la meilleure réduction des phosphates, alors que STEP2 affiche les concentrations résiduelles les plus élevées. Les concentrations mesurées à la sortie demeurent largement inférieures à la valeur limite de 10 mg/L, indiquant une élimination satisfaisante du phosphore et un faible risque d'eutrophisation lié aux rejets des stations étudiées.

2.4.Nitrites (NO2-):

Les nitrites (NO_2^-) sont des composés azotés dissous représentant une forme intermédiaire de l'azote entre l'ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-). Ils sont produits lors du processus de nitrification et constituent un indicateur important de la transformation biologique de l'azote dans les eaux usées et les milieux aquatiques. Leur concentration est généralement exprimée en mg/L.

Tableau IV.8: Variation moyenne de NO2 (2025)

NO2 (mg/l)		STEP2	STEP3	STEP4
NO2 entrée	0,73	0,15	0,53	0,17
NO2sortie	0,89	0,09	0,78	0,22
Norme	1	1	1	1

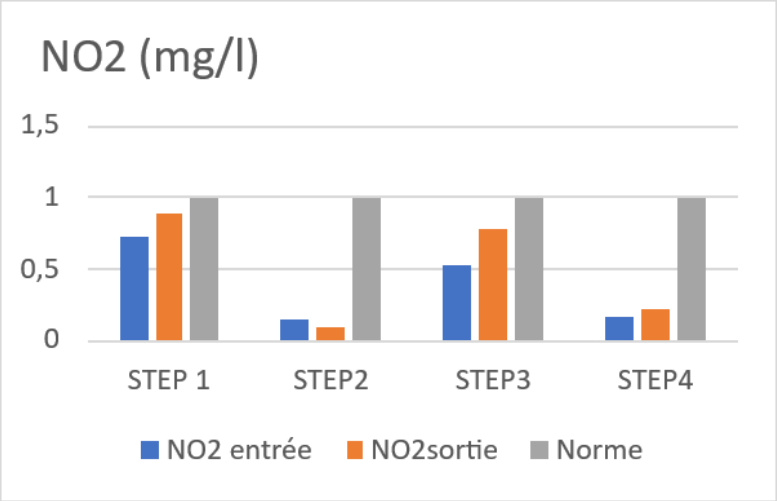


Figure IV.6: Variation moyenne de NO2 (2025)

Les concentrations en nitrites demeurent faibles dans les quatre stations étudiées. Les valeurs observées à l'entrée varient entre 0,1 et 0,7 mg/L, tandis que celles enregistrées à la sortie se situent entre 0,1 et 0,9 mg/L. Une légère augmentation est observée dans certaines stations après traitement, ce qui traduit l'existence d'une activité nitrifiante. Toutefois, les concentrations restent inférieures à la limite réglementaire de 1 mg/L et ne révèlent aucune accumulation excessive de nitrites dans les effluents. Ces résultats témoignent d'un fonctionnement biologique globalement satisfaisant des processus de transformation de l'azote.

2.5.Nitrates (NO3-):

Les nitrates (NO_3^-) sont des composés azotés dissous correspondant à la forme la plus oxydée de l'azote minéral. Ils résultent principalement de la nitrification de l'ammonium et des nitrites et constituent un indicateur important de la qualité des eaux et des processus biologiques de traitement des eaux usées. Leur concentration est généralement exprimée en mg/L.

Tableau IV.9: Variation moyenne de NO3 (2025)

NO3 (mg/l)		STEP2	STEP3	STEP4
NO3 entrée	0,73	0,52	0,28	0,55
NO3sortie	0,89	0,79	0,37	1,39
Norme	1	1	1	1

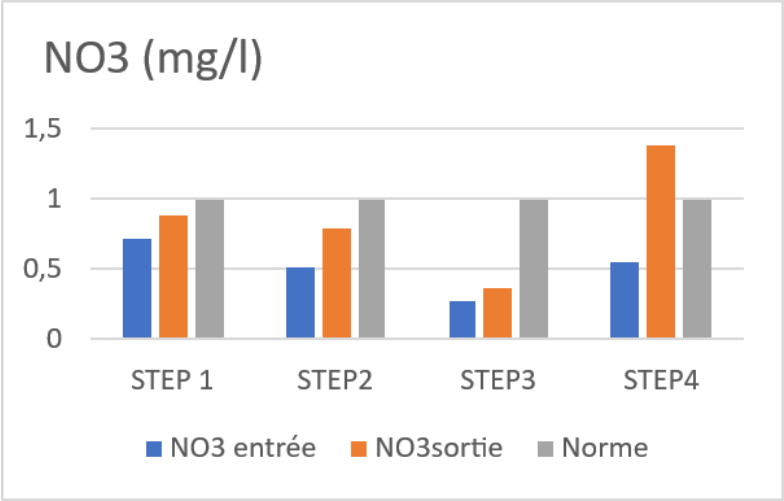


Figure IV.7: Variation moyenne de NO3 (2025)

Les concentrations en nitrates restent faibles dans les quatre stations, avec des valeurs à l'entrée comprises entre 0,3 et 0,7 mg/L. Une augmentation des concentrations est observée à la sortie, particulièrement dans la station STEP4 où les valeurs atteignent environ 1,4 mg/L. Cette évolution traduit la transformation partielle de l'ammonium en nitrates sous l'action des bactéries nitrifiantes. Les faibles concentrations observées confirment cependant que la nitrification reste incomplète, ce qui est cohérent avec les teneurs élevées en ammonium encore présentes dans les effluents traités.

2.7.Azote ammoniacal (NH4+):

L'azote ammoniacal (NH_4^+/NH_3) représente la fraction de l'azote présente dans l'eau sous forme d'ammonium et d'ammoniac. Il provient principalement de la décomposition des matières organiques azotées et constitue un indicateur majeur de la pollution azotée des eaux. Son élimination repose essentiellement sur les processus biologiques de nitrification au sein des stations d'épuration.

Tableau IV.10: Variation moyenne de NH4 (2025)

NH4 (mg/l)	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
NH4 entrée	177,85	187,33	161,05	163,61
NH4 sortie	158,4	155,8	137,29	132,21
Norme	0,5	0,5	0,5	0,5

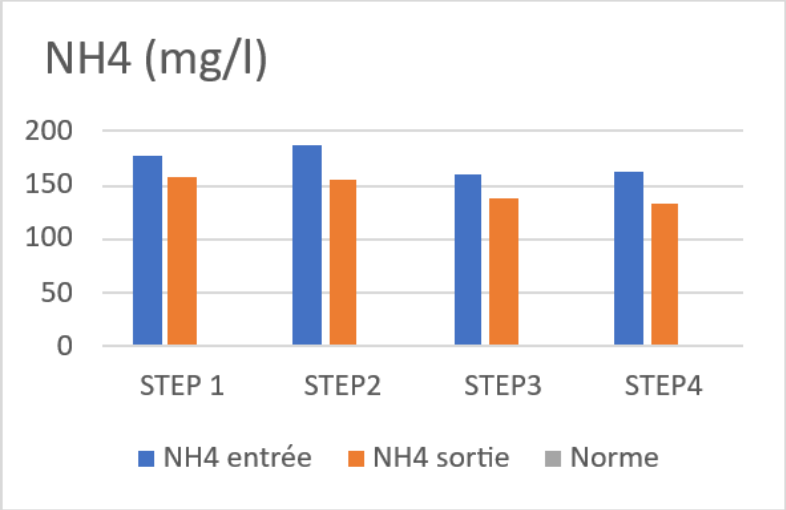


Figure IV.8: Variation moyenne de NH4 (2025)

Les concentrations en ammonium mesurées à l'entrée des stations sont particulièrement élevées et varient entre 160 et 190 mg/L. Une diminution est observée après traitement dans les quatre stations, les concentrations résiduelles restant toutefois comprises entre 130 et 155 mg/L. STEP4 semble présenter l'abattement le plus important, tandis que STEP2 conserve les concentrations les plus élevées à la sortie. Ces résultats indiquent que l'élimination de l'azote ammoniacal demeure limitée dans l'ensemble des stations. Cette situation suggère une nitrification incomplète et met en évidence la nécessité d'optimiser les conditions biologiques responsables de l'élimination de l'azote.

2.8. Oxygène dissous (OD):

L'oxygène dissous (OD) correspond à la quantité d'oxygène moléculaire (O_2) dissoute dans l'eau. Il constitue un indicateur essentiel de la qualité des eaux et du bon fonctionnement des processus biologiques de traitement, en particulier la dégradation de la matière organique par les micro-organismes aérobies. Sa concentration est généralement exprimée en mg/L.

Tableau IV.11: Variation moyenne de O2 (2025)

O2 (mg/l)	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
O2 dissous entrée	0,53	0,5	0,47	0,54
O2 dissous sortie	3,94	5,69	5,16	5,58
Norme	6	6	6	6

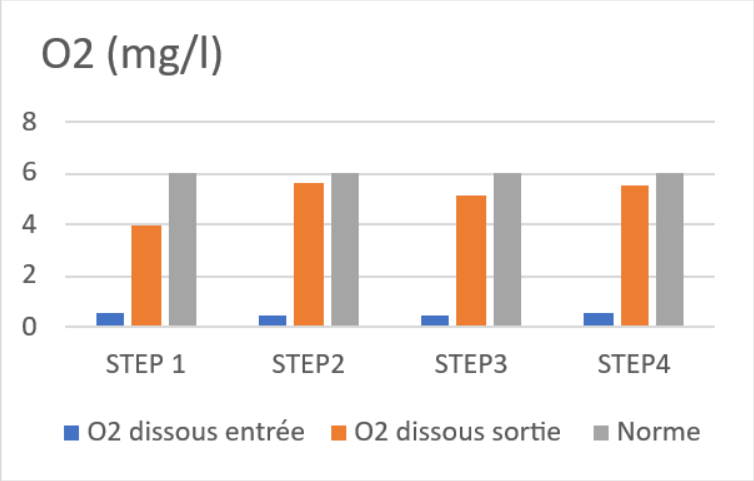


Figure IV.9: Variation moyenne de O2 (2025)

Les eaux usées brutes des quatre stations présentent de faibles concentrations en oxygène dissous, comprises entre 0,4 et 0,6 mg/L, en raison de l'importante charge organique qu'elles contiennent. Après traitement, les concentrations augmentent considérablement pour atteindre des valeurs comprises entre 4 et 5,8 mg/L. STEP2 et STEP4 présentent les niveaux d'oxygénation les plus élevés à la sortie, traduisant une meilleure efficacité des processus biologiques et d'aération. Cette augmentation de l'oxygène dissous confirme l'amélioration de la qualité des effluents après traitement et le bon fonctionnement global des procédés biologiques mis en œuvre.

2.9. LaDCO :

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique des matières organiques et des substances oxydables contenues dans l'eau. Elle constitue un indicateur de la charge polluante globale des eaux usées et est généralement exprimée en mg O_2/L. Une diminution de la DCO après traitement traduit une réduction de la pollution organique de l'effluent.

Tableau IV.12: Variation moyenne de DCO (2025)

DCO (mg/l)	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
DCO entrée	639,03	585,04	622,88	471,52
DCO sortie	143,17	147,48	174,81	176,52
Norme	90	90	90	90

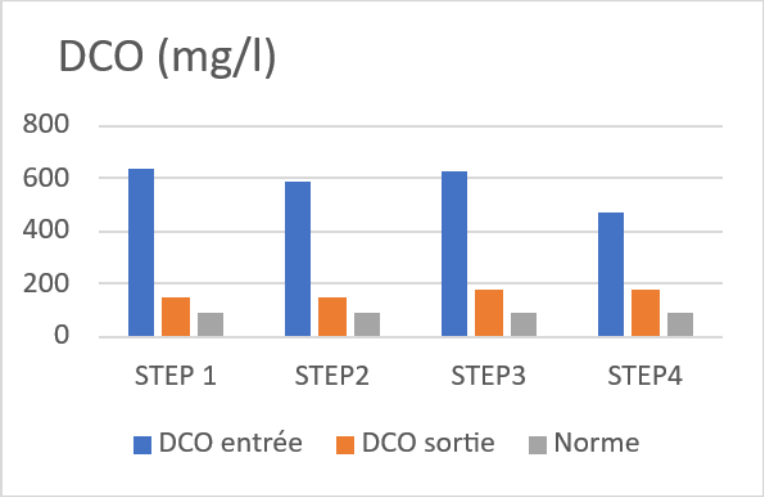


Figure IV.10: Variation moyenne de DCO (2025)

Les concentrations de DCO mesurées à l'entrée des quatre stations varient entre environ 470 et 640 mg/L, traduisant une charge organique importante dans les eaux usées brutes. Après traitement, les concentrations diminuent significativement dans l'ensemble des stations pour atteindre des valeurs comprises entre 140 et 180 mg/L. STEP1 semble présenter le meilleur abattement de la DCO, tandis que STEP3 enregistre les concentrations résiduelles les plus élevées à la sortie. Bien que les rendements d'élimination soient importants, les concentrations finales demeurent supérieures à la norme réglementaire de 90 mg/L. Ces résultats témoignent d'une efficacité appréciable des traitements biologiques mais indiquent également qu'une partie de la matière organique oxydable persiste dans les effluents rejetés.

2.9. La DBO5 :

La Demande Biologique en Oxygène sur cinq jours (DBO_5) correspond à la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau pendant cinq jours à 20 °C. Elle constitue un indicateur essentiel de la pollution organique biodégradable et de l'efficacité des traitements biologiques des eaux usées. Son unité d'expression est le mg O_2/L.

Tableau IV.14: Variation moyenne de DBO (2025)

DBO (mg/l)	STEP 1	STEP2	STEP3	STEP4
DBO entrée	328,07	413,89	299,11	408,67
DBO sortie	77,33	83,11	62,56	67,78
Norme	30	30	30	30

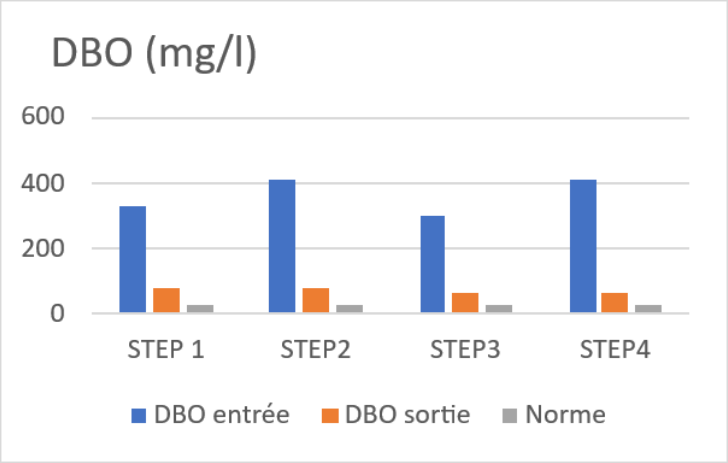


Figure IV.11: Variation moyenne de DBO (2025)

Les résultats relatifs à la DBO_5 montrent des concentrations élevées dans les eaux usées brutes des quatre stations, comprises entre 300 et 410 mg/L. STEP2 présente la charge organique biodégradable la plus importante à l'entrée, alors que STEP4 affiche les valeurs les plus faibles. Après traitement, une réduction significative de la DBO_5 est observée dans toutes les stations, avec des concentrations résiduelles variant entre 50 et 90 mg/L. Malgré ces rendements d'abattement élevés, les valeurs mesurées à la sortie demeurent supérieures à la norme de rejet fixée à 30 mg/L. Ces résultats indiquent que les systèmes de traitement réduisent efficacement la pollution biodégradable mais que leur performance reste insuffisante pour satisfaire pleinement les exigences réglementaires.

Tableau IV.15 : Valeurs moyennes mensuelles de la DBO_5 dans les EB et les EE et les rendements de leur élimination. (**année 2025**).

Stations	Charge moyenne de la DBO_5 dans l'eau usée brute (mg/L)	Charge moyenne de la DBO_5 dans l'eau usée traitée (mg/L)	Rendements d'élimination de la DBO_5 pendant chaque mois (%)
STEP 01	328.07	77.33	76.42
STEP 02	413.89	83.11	79.91
STEP 03	299.11	62.56	79.08
STEP 04	408.67	67.78	83.41
moyenne	362.44	72.69	79.70

Conclusion:

L'analyse comparative des résultats obtenus pour les différentes stations d'épuration étudiées a permis d'évaluer leur efficacité à travers plusieurs paramètres physico-chimiques de qualité des eaux usées. Les résultats montrent une amélioration globale de la qualité des effluents après traitement, traduite par une diminution significative des concentrations de DCO, DBO_5, MES et phosphates.

Cependant, des différences de rendement ont été observées entre les stations, ce qui met en évidence l'influence des conditions d'exploitation, de la maintenance des ouvrages ainsi que des caractéristiques propres à chaque procédé de traitement. Certaines stations ont présenté des performances satisfaisantes et conformes aux normes de rejet, tandis que d'autres ont montré des limites concernant l'élimination de certains paramètres, notamment la matière organique et les composés azotés.

Cette étude comparative a permis d'identifier les points forts et les insuffisances des systèmes étudiés, tout en soulignant l'importance d'un suivi régulier des performances et d'une gestion technique adéquate pour garantir une meilleure efficacité épuratoire. Les résultats obtenus constituent ainsi une base d'évaluation utile pour l'amélioration des stations d'épuration et la valorisation des eaux usées traitées dans la région d'El Oued.

Conclusion général

L'analyse comparative des quatre stations d'épuration étudiées met en évidence une amélioration significative de la qualité des eaux usées après traitement. Les résultats montrent une réduction importante des concentrations de DCO, de DBO_5, de MES et de PO_4^{3-} dans l'ensemble des stations, traduisant l'efficacité globale des procédés d'épuration mis en œuvre. Les meilleures performances sont observées pour l'élimination des matières en suspension et du phosphore, dont les concentrations finales respectent les normes de rejet applicables.

Les paramètres physicochimiques tels que la température et le pH demeurent relativement stables entre l'entrée et la sortie des stations et restent conformes aux valeurs recommandées. L'augmentation notable des concentrations en oxygène dissous à la sortie des stations confirme le bon fonctionnement des procédés biologiques et l'amélioration de la qualité des effluents traités.

En revanche, bien que les concentrations de DCO et de DBO_5 diminuent fortement après traitement, les valeurs résiduelles observées à la sortie demeurent supérieures aux seuils réglementaires, indiquant que la pollution organique n'est pas totalement éliminée. De même, les concentrations élevées d'ammonium associées à une augmentation modérée des nitrites et des nitrates révèlent une nitrification partielle dans les différentes stations. Cette situation suggère que les performances du traitement de l'azote pourraient être améliorées par une optimisation des conditions d'aération et des paramètres d'exploitation.

Globalement, les quatre stations assurent une réduction appréciable de la charge polluante et contribuent à l'amélioration de la qualité des eaux rejetées. Toutefois, les différences observées entre les stations montrent que leurs performances épuratoires ne sont pas identiques et dépendent probablement des caractéristiques des effluents entrants, des conditions d'exploitation et de la conception des ouvrages. Une optimisation des procédés biologiques permettrait d'améliorer davantage l'élimination de la matière organique et des composés azotés, garantissant ainsi une meilleure protection du milieu récepteur.

Au terme de cette étude, il est recommandé d’optimiser les conditions d’exploitation des stations d’épuration, notamment au niveau de l’aération, afin d’améliorer l’élimination de la matière organique et des composés azotés. Un suivi régulier des paramètres physicochimiques et biologiques doit être assuré pour mieux contrôler les performances épuratoires. Il serait également pertinent d’étudier les rendements d’abattement saisonniers afin d’évaluer l’influence des variations climatiques sur le fonctionnement des stations. La mise en place de traitements complémentaires, tels que la nitrification-dénitrification avancée ou le traitement

tertiaire, pourrait contribuer à réduire davantage les concentrations résiduelles de DCO, DBO_5 et d'ammonium. Enfin, des études futures portant sur la qualité microbiologique des effluents traités et leur impact sur le milieu récepteur permettraient d'obtenir une évaluation plus complète de l'efficacité des stations étudiées.

Références bibliographiques

CHAPITRE I

[1] GUENDOUZZ et MEKKI N.2018.Dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville de Sidi 3 Aich (Béjaia) ; Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master académique en Hydraulique; Université Mohamed Boudiaf - M'sila.

[2] OURTELLI S et BRAHIMI S.2013.Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de corps gras de Bejaia (CO.G.B) Labelle après ensemencement ;Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Environnement et Sécurité Alimentaire ;Université Abderrahmane MIRA ; Bejaia.

[3] Abbas S et Raselma S.2017.Dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Khemis Miliana; Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en génie de l'environnement ;Université Djilali Bounaâma Khemis Miliana,Ain Defla.

[4] Lakhadri B et Faleh Ch A et Boulefred S,2013 .évaluation d'un procédé de coagulation floculation au sulfate d'aluminium pour l'enlèvement des colloïdes et les MES dans les eau usées domestique de la STEP de Tlemcen, proceeding du séminaire international sur l'hydrogéologie et l'environnement SIHE ;Ouargla.

[5] BENFIALA I et HAOULI Z. 2017.Le rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma ; Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique ; Université Badji Mokhtar ; Annaba.

[6] CHAOUCH ALIMA. 2013.Surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé biologique de dépollution, Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Magister en Diagnostic et surveillance des systèmes ; Université 20 août 1955, Skikda.

[7] SAFA M et LEKHAL S. 2019. Evaluations des performances des traitements des eaux usées (cas de la STEP de TIARET), Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Sciences Agronomiques ; Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.

[8] METAHRI M.S.2012.Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes cas de la step de la ville de tizi-ouzou, thèse de doctorat, université mouloud mammeri, tiziouzou.

[9] NADER ABDELKADER .2014. Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Ecologie saharienne et environnement, Université Kasdi Merbah 3 Ouargla.

[10] MADAOUI A MOULOUDJ A.2015.Etude de schéma directeur d'assainissement des eaux usées de la zone sidi-Ali lebher, wilaya de Béjaia, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Université Abderrahmane MIRA ; Bejaia**.**

[11] CHELGHOUM RADJA. 2018. Diagnostic du Réseau d'Assainissement de la Commune d'EL FEDJOUDJ, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, l'Université 08 Mai 1945, Guelma.

[12] http://sciences-en-ligne.net/news/item/96.

[13] BAKHTI CHOAYB. 2016. Conception et dimensionnement d'un réseau d'assainissement d'ouled sidi Brahim, et la gestion à l'aide d'un SIG, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en hydraulique, Université Mohamed Boudiaf, M'sila.

[14] GHEDEIR H et HERMA H.2017.Modélisation d'un système d'assainissement par le modèle "swmm" (étude d'un cas de la région de Ouargla), Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en hydraulique, Université Kasdi Merbah, Ouargla.

[15] https://fr.scribd.com/document/335026647/ASSAINISSEMENT-pdf.

[16] LEZZAR B et MENFOUCHE K.201'.Etude du suivi de la performance du fonctionnement de la station d'épuration de Sidi Merouan (Mila) ; Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila.

[17] GUERRAICHE ZOUAOUI. 2017.Impact de la pollution urbaine sur les eaux de surface du Grand Constantinois, thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra.

[18] BIDI Kh et BOUMARAFI Z. 2013.Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux souterraines de la région de fisdis, djerma et el madher (nord- est de Batna), Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Université Larbi Ben M'Hidi, Oum El Bouaghi.

[19] BOUMEDIENE M.2013.Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la step Ain el houtz, Mémoire fin d'étude pour obtenir de diplôme de licence en Hydraulique, université Abou bekr belkaid.

[20] TOUAFEK AICHA.2015.Etudes expérimentale de l'épuration des effluents par procédés a culture fixée, Projet de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Magister en Hydraulique, Université des sciences et de la technologie Mohamed Boudiaf, Oran.

[21] DEHBI FATIMA ZOHRA.2015. Etude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de Beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Université Abou bekr belkaid, Tlemcen.

[22] BENGOUGA KHALILA.2010.Contribution à l'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans les régions arides, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Magister en Agronomie, université Mohammed Khider, Biskra.

[23] KESBI Rafika.2016. Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'ouest Algérien Cas de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent, Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

[24] BOUMAARAFI Amina.2019. Etude de performance d'un décanteur secondaire «station d'épuration de la ville d'Ain Beida », Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en Hydraulique, Université Larbi Ben M'hidi, Oum EL Bouaghi.

[25] BELAID Z et AOUADI H.2018.Suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration (cas step 02), Mémoire de fin d'études pour l'obtention de diplôme du Master en hydraulique, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued.

CHAPITRE II

[1] BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, France, (2005).

[2] SAGGAI M, (2004), Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophtes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.

[3] BEKKOUCHE M., ZIDANE F, (2004), Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. D'Ouargla.

[4] Briere F.G,(1994). Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal.

[5] Site http://www.hygienne_publique.gov.pdf/spip.php? Article 61

[6] Régis Bourrier, Marc Satin, Béchir Selmi, (2010), « Guide technique de l'assainissement» (collecte-épuration-conception-exploitation) ,4^{éme} édition.

[7] Léonard, A, Etude du séchage convectif des boues de station d'épuration suivi de la texture par micro-tomographie à rayons x,, Faculté des sciences appliquées, université de Liège, thèse de doctorat, Belgique, 2002.

[8] www cum.fr station/ mouvtaf htm, consulté le (29/01/2016).

[9] Mr. Yousfi Mustapha, soutenue le 24/10/2011, « Etude d'un séchoir solaire de boue » mémoire de master, université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.

[10] D.H. W. A Direction de l'hydraulique wilaya d'Ain Defla, Etude du système d'épuration des eaux usées des villes de Khemis Miliana et Miliana, wilaya d'Ain Defla, 2010.

[11] J. P. Bechac-P. Boutin-B. Mercier-P. Nuer, " Traitement des eaux usées", Eyrolles, 1984.

[12] Station de Bordj Bou Arreridj: Mars 2018

[13] Mohand Saïd Ouali: Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux.

Place centrale de Ben-Aknoun Alger 05-2001.

[14] Memento Thechnique Des Eaux: chap 09:prétraitement [595-605 pdf]

[15] Chee Yang Teh, Pretty Mori Budiman, Katrina Pui Yee Shak, Ta Yeong Wu, 2016, Recent Advancement of Coagulation–Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment, 4363-4389.)

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

[17] Satin, M., Bourrier, R., Selmi, B. Guide technique de l'assainissement, 4éme édition, le moniteur référence technique, Parise, 2010.

[18] Bongiovanni, J, J.-M.,Traitement des boues résiduaires par l'association en série d'une déshydratation mécanique et d'un séchage thermique, Thèse de doctorat, Université de Pau et des pays de l'Adour (1998).

[19] Hatem Dhaouadi, (2008), « Traitement des eaux usées urbaines, les procédés biologiques d'épuration, université Virtuelle de Tunis.

[20] GUENDOUZZ et MEKKI N. 2018.Dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville de Sidi – Aich (Béjaia) ; Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master académique en Hydraulique; Université Mohamed Boudiaf - M'sila.

[21] Mimeche Leila, Etude de faisabilité de l'installation de station d'épuration des rejets urbains par les filtres plantés de l'installation de station d'épuration des rejets urbaines par lesfiltres plantés en milieu aride, Application à la région de Biskra, université Mohamed khider Biskra, Thèse et mémoire, Algérie, 2014.

[22] Betaouaf, N. (2012). Réutilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine et périurbaine au Maghreb arabe. Avantages et inconvénients (Memoire de Master). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algerie.

[23] Dahou Abderahim, Brek Adem, (2013), lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région d'ouaregla).mémoire master académique.université de ouaregla.

[24] Mémoire: Etude de faisabilité de l'épuration des eaux uséespar un lagunage naturel (cas de la région de M'rara).

[25] ONA, 2025

[26] Réunion Cadres Algérie, 2020

CHAPITRE III

[1] ONA, 2025.

[2] Réunion Cadres Algérie, 2020.