

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique
بلحاج بوشعيب جامعة عين تموشنت
Université–AinTemouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département HYDRAULIQUE



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en HYDRAULIQUE
Domaine : HYDRAULIQUE
Filière : HYDRAULIQUE URBAINE
Spécialité : HYDRAULIQUE URBAINE
Thème

**ANALYSE DE LA STEP PAR LAGUNAGE NATUREL DE
LA VILLE D'EL AMRIA**

Présenté Par :

1) Mr.Boudemia Yassine

Devant le jury composé de :

Dr. MESTFAOUI Laila UAT.B.B (Ain Temouchent) Président
Mr. NEHARI Abderrahmane UAT.B.B (Ain Temouchent)Examineur
Mr. BENAICHA Mohammed M C AUAT.B.B (Ain Temouchent)Encadrant

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, Professeur Mohammed Benaïcha, pour ses précieux conseils, son soutien indéfectible et sa patience tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Ses encouragements constants et ses directives éclairées ont été essentiels pour la réussite de ce travail.

Je remercie également Monsieur Green Moustafa et Monsieur Samir fatmi pour leur encadrement et leur bienveillance lors de mon stage. Leur expertise et leur disponibilité m'ont permis d'acquérir des connaissances précieuses et de mettre en pratique les concepts théoriques dans un contexte professionnel.

Je suis infiniment reconnaissant envers ma famille pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants. Ils ont toujours cru en moi et m'ont donné la force de persévérer dans mes études et dans mes projets.

Enfin, je ne saurais oublier de remercier Dieu, le Tout-Puissant et le Miséricordieux, pour sa bonté infinie et sa guidance tout au long de mon parcours. C'est grâce à Lui que j'ai pu surmonter les obstacles et atteindre mes objectifs.

Que ce mémoire soit le fruit de la contribution de toutes ces personnes que je remercie du fond du cœur.

Dédicace

À Dieu, le Tout-Puissant et le Miséricordieux, source de toute connaissance et de toute sagesse, je dédie ce travail en signe de gratitude pour ses bienfaits innombrables.

À mes chers parents, qui m'ont donné la vie, m'ont entouré d'amour et de soutien inconditionnels, et m'ont inculqué les valeurs qui m'ont guidé tout au long de mon parcours, je dédie ce travail en témoignage de mon immense reconnaissance et de mon profond respect.

À mes deux frères, mes confidents et mes piliers de soutien, je dédie ce travail en signe d'amitié indéfectible et d'admiration sincère.

Que ce travail soit le fruit de vos sacrifices et de vos encouragements.

Résumé

Le procédé de lagunage est largement recommandé pour les zones rurales en Algérie en raison de son faible coût d'exploitation et de l'influence favorable des conditions climatiques locales. En outre, d'un point de vue environnemental et sanitaire, le lagunage permet de contribuer à atténuer la crise de l'eau en Algérie en offrant la possibilité de réutiliser les eaux usées épurées pour l'irrigation. L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances épuratoires du lagunage en Algérie.

À cet effet, l'étude s'est concentrée sur une station de lagunage naturel située dans la wilaya d'AïnTémouchent, à El Amria. Les analyses des eaux entrantes et sortantes de cette lagune ont porté sur les paramètres suivants : pH, MES, DBO5, DCO, NH4+. Ces analyses ont été réalisées pour les années 2020, 2021, 2022, 2023 et 2024.

Les résultats obtenus montrent que les performances épuratoires des lagunes sont influencées par les conditions climatiques et les charges polluantes. La lagune naturelle d'El Amria a démontré une capacité significative à traiter les eaux usées, bien que ses performances puissent varier en fonction des saisons et des conditions environnementales. En particulier, les résultats indiquent que l'efficacité de l'épuration est fortement liée aux températures et aux précipitations, qui influencent les processus biologiques au sein des lagunes.

Abstract

The lagooning process is widely recommended for rural areas in Algeria due to its low operating cost and the favorable influence of local climatic conditions. Additionally, from an environmental and health perspective, lagooning helps alleviate Algeria's water crisis by offering the possibility of reusing treated wastewater for irrigation. This study aims to evaluate the purification performance of lagooning in Algeria.

For this purpose, the study focused on a natural lagooning station located in the wilaya of Aïn Témouchent, in El Amria. The analyses of the incoming and outgoing waters of this lagoon covered the following parameters: pH, TSS, BOD5, COD, NH₄⁺. These analyses were conducted for the years 2020, 2021, 2022, 2023, and 2024.

The results obtained show that the purification performances of the lagoons are influenced by climatic conditions and pollutant loads. The natural lagoon of El Amria has demonstrated a significant capacity to treat wastewater, although its performances can vary depending on the seasons and environmental conditions. In particular, the results indicate that purification efficiency is strongly linked to temperatures and precipitation, which influence biological processes within the lagoons.

ملخص

يُوصى بعملية التهوية في المناطق الريفية بالجزائر بسبب تكلفتها التشغيلية المنخفضة وتأثير الظروف المناخية المحلية المواتية. بالإضافة إلى ذلك، من منظور بيئي وصحي، يساهم التهوية في تخفيف أزمة المياه في الجزائر من خلال إمكانية إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة للري. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم أداء التهوية في الجزائر

لهذا الغرض، ركزت الدراسة على محطة تهوية طبيعية تقع في ولاية عين تموشنت، في العامرية. شملت تحليلات المياه الداخلة والخارجة من هذه البحيرة الطبيعية المعايير التالية: الرقم الهيدروجيني، المواد الصلبة العالقة، الطلب البيوكيميائي على الأكسجين، الطلب الكيميائي على الأكسجين، أيونات الأمونيوم. تم إجراء هذه التحليلات للأعوام 2020، 2021، 2022، 2023، و2024

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن أداء التهوية يتأثر بالظروف المناخية والأحمال الملوثة. أظهرت البحيرة الطبيعية في العامرية قدرة كبيرة على معالجة المياه العادمة، على الرغم من أن أدائها قد يتغير تبعاً للفصول والظروف البيئية. على وجه الخصوص، تشير النتائج إلى أن كفاءة التنقية ترتبط بشكل وثيق بدرجات الحرارة وكميات الأمطار التي تؤثر على العمليات البيولوجية داخل البحيرات.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : L'épuration des eaux usées	2
I.1 Introduction.....	3
I.2 Origine et nature des eaux usées à traiter	3
I.2.1 Origine des eaux usées.....	3
I.2.2 Pollution des eaux usées	4
I.2.3 Les paramètres physiques	5
I.2.4 Les paramètres chimiques de la pollution.....	6
I.2.5 Paramètres complémentaires	7
I.3 Méthodes d'oxydation biologique.....	7
I.3.1 Traitement aérobie	7
I.3.2 Traitement anaérobie	7
I.3.3 Élimination de l'Azote	8
I.3.4 Élimination du Phosphore.....	9
I.4 Classification des procédés de l'épuration.....	9
I.5 Etat de l'épuration en Algérie	10
I.6 Conclusion	13
Chapitre II : Lagunage naturel	14
II.1 Introduction	15
II.2 Définition.....	15
II.3 Historique et développement du lagunage dans le monde	15
II.4 Classification des lagunages	16
II.5 Le lagunage naturel	16
II.5.1 Principe de fonctionnement du lagunage naturel	16
II.5.2 Critères de conception et de dimensionnement du lagunage naturel	18
II.5.3 Caractéristiques des lagunes naturelles	23
II.5.4 Avantages et inconvénients du lagunage naturel.....	23
II.6 Facteurs influençant le pouvoir épuratoire	24
II.6.1 Facteurs climatiques	24
II.6.2 Facteurs physiques.....	24
II.6.3 Facteurs chimiques	25
II.6.4 Facteurs biologiques.....	25
II.7 Devenir des sous-produits	25

II.8 CONCLUSION	26
Chapitre III : Présentation de station de lagunage.....	28
III.1 Introduction	29
III.2 Contexte géographique.....	29
III.3 Description de la lagune naturelle d'El Amria	29
III.3.1 Objectifs de la lagune	30
III.4 Localisation de la STEP	30
III.4.1 Capacité de traitement.....	30
III.4.2 Qualité des eaux	30
III.4.3 Positionnement des rejets	31
III.4.4 L'amenée vers la STEP.....	31
III.5 Contexte climatique	31
III.5.1 La pluviométrie	32
III.6 Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations	34
III.6.1 Ciel Nuageux.....	34
III.6.2 Soleil	34
III.6.3 Jours de Précipitations.....	34
III.7 Quantité de précipitations	35
III.8 Vitesse du vent	35
III.9 Localisation du lagunage de la ville El Amria	36
III.10 Données générales de la station	37
III.11 Bases de dimensionnement des ouvrages	38
III.11.1 Charge hydraulique	38
III.11.2 Charge polluante	38
III.12 Qualité des eaux épurées rejetés	39
III.12.1 Principaux ouvrages et équipements annexes[25]	41
III.13 Avantages et inconvénients.....	49
III.13.1 Avantages[25]	49
III.13.2 Inconvénients[25].....	49
III.14 Conclusion.....	50
Chapitre IV : Analyse et discussion	51
IV.1 Introduction.....	52
IV.2 Normes des effluents en Algérie	52
IV.3 Normes Internationale.....	53
IV.4 Les analyses physico-chimiques	53

IV.4.1 Les paramètres physiques	53
IV.4.2 Les paramètres chimiques.....	56
IV.4.3 Les indicateurs de performance	59
IV.5 Analyse du Rendement des Paramètres Physico-chimiques de la Station de l'Amria.....	61
IV.5.1 Paramètres Physiques.....	61
IV.5.2 Paramètres Chimiques	64
IV.6 Recommandation	71
IV.6.1 Le suivi technique	72
IV.6.2 Contrôle des paramètres de pollution	72
IV.6.3 Décision de curage.....	72
IV.7 Conclusin	73
Conclusion générale	76
Bibliographie.....	77

Liste des figures

Figure 1 : élimination de l'Azote	9
Figure 2 : classification des procédés d'épurations des eaux usées.[14]	10
Figure 3: Répartition des stations d'épuration en Algérie selon leurs procédés de traitement.[15].....	11
Figure 4 : Répartition de la gestion des stations d'épuration en Algérie.[15].....	12
Figure 5: Répartition des stations d'épuration en Algérie selon leurs capacités EQH.[15].....	12
.....	
Figure 6 : Lagunage naturel [19].....	17
Figure 7: Image Lagunage Naturel de la commune el amria[28]	30
Figure 8:Températures et précipitations moyennes[29].....	32
Figure 9:Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations[29]	34
Figure 10:Quantité de précipitations[29]	35
Figure 11:Vitesse du vent [29].....	36
Figure 12:Localisation du lagunage de la ville El Amria[25].....	36
Figure 13: Plan étude d'un système d'épuration par lagunage d'El AMRIA.[27].....	40
Figure 14: Les grilles manuelles	42
Figure 15: station de relevage	42
Figure 16:Mesure de débit	42

Figure 17: Déssableur et déshuileur	44
Figure 18: Variation de pH à la station de L'AMRIA (2020-2024)	54
Figure 19: ph meter	54
Figure 20: Variation de la MES à la station de L'AMRIA (2020-2024)	55
Figure 21: Variation de la DBO ₅ à la station de L'AMRIA (2020-2024)	56
Figure 22 : Incubateur DBO de la STEP bouzagar	57
Figure 23: Variation de la DCO à la station de L'AMRIA (2020-2024)	57
Figure 24: DCO metre	58
Figure 25 : Variation de la DCO à la station de L'AMRIA (2020-2024)	58
Figure 26: Rendements �puratoire(MES) de la lagune EL AMRIA année 2020	61
Figure 27: Rendements �puratoire(MES) de la lagune EL AMRIA année 2021	62
Figure 28: Rendements �puratoire(MES) de la lagune EL AMRIA	62
Figure 29: Rendements �puratoire(MES) de la lagune EL AMRIA	63
Figure 30: Rendements �puratoire(MES) de la lagune EL AMRIA	63
Figure 31: Rendements �puratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2020	64
Figure 32: Rendements �puratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2021	64
Figure 33: Rendements �puratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2022	65
Figure 34: Rendements �puratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2023	65
Figure 35: Rendements �puratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2024	66
Figure 36: Rendements �puratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2020	66
Figure 37: Rendements �puratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2021	67
Figure 38: Rendements �puratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2022	67
Figure 39: Rendements �puratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2023	68
Figure 40: Rendements �puratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2024	68
Figure 41: Rendements �puratoire(NH ₄) de la lagune EL AMRIA année 2020	69
Figure 42: Rendements �puratoire(NH ₄) de la lagune EL AMRIA année 2021	69
Figure 43: Rendements �puratoire(NH ₄) de la lagune EL AMRIA année 2022	70
Figure 44: Rendements �puratoire(NH ₄) de la lagune EL AMRIA année 2023	70
Figure 45: Rendements �puratoire(NH ₄) de la lagune EL AMRIA année 2024	71

Liste des tableau

Tableau 1 : Répartition des stations d'épuration en Algérie selon procédé.[14]	10
Tableau 2 :Les caractéristiques des divers types de lagunes naturelles	23
Tableau 3:La pluviométrie ain temouchant Année 1974 - 2017[25]	33
Tableau 4:Fiche technique de station de lagunage naturel d'El Amria[34].....	37
Tableau 5: Charge hydraulique des ouvrages[24],[25]	38
Tableau 6: Charge polluante des ouvrages[24],[25]	38
Tableau 7: Qualité des eaux épurées rejetés.....	39
Tableau 8:valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels	52
Tableau 9:les normes internationales des paramètres de rejets d'effluents liquides.....	53
Tableau 10:rapport DCO/DBO5 2020	60
Tableau 11:rapport DCO/DBO5 2021	60
Tableau 12:rapport DCO/DBO5 2022	60
Tableau 13:rapport DCO/DBO5 2023	60
Tableau 14:rapport DCO/DBO5 2024	60

Liste des abréviations :

T C° : température en degré Celsius

PH : potentiel hydrogène

ha : Hectare

CO₂ : dioxyde de carbone

O₂ : oxygène

OD : oxygène dissous

DBO₅ : demande biologique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : demande chimique en oxygène

MES : matière en suspension

EH : Equivalent habitant

g : gramme

Mg : milligramme

L : litre

Eh : écoulement horizontal

M³/j : mètre cube par jour

NH₄⁺: azote ammoniacal

NO₂⁻ : nitrite

NO₃⁻ : nitrate

STEP: station d'épuration

*Introduction
générale*

Introduction générale

L'eau, ressource vitale et précieuse, est confrontée à une pression croissante due à l'augmentation de la population, l'urbanisation et les activités humaines. La pollution des eaux usées, issue des activités domestiques, industrielles et agricoles, représente une menace majeure pour les écosystèmes aquatiques et la santé publique. L'épuration des eaux usées s'impose donc comme une nécessité impérieuse pour préserver la qualité de nos ressources en eau et garantir un environnement sain.

Parmi les différentes techniques d'épuration des eaux usées, le lagunage naturel se distingue par son approche écologique et durable. Ce procédé utilise des bassins peu profonds exposés à la lumière naturelle et à l'air libre pour favoriser la dégradation biologique des polluants par des micro-organismes. Le lagunage naturel présente plusieurs avantages, tels que sa faible consommation d'énergie, sa simplicité d'exploitation et son faible coût d'investissement.

En Algérie, l'utilisation du lagunage naturel pour le traitement des eaux usées est une solution prometteuse, particulièrement dans les zones rurales et semi-urbaines. En effet, cette technique s'adapte bien aux contraintes du contexte algérien, notamment la disponibilité de terrains et la rareté des ressources financières.

Le présent mémoire de master s'intéresse à l'analyse du système de lagunage naturel de la ville d'Ela AMRIA, située dans la wilaya d'Ain-temouchent. Ce système, mis en place pour traiter les eaux usées de la ville, offre une alternative aux méthodes d'épuration conventionnelles. L'objectif de ce travail est d'évaluer les performances du système de lagunage d'El Amria en termes d'efficacité de traitement, d'impact environnemental et de coûts d'exploitation.

Chapitre I : L'épuration des eaux usées

I.1 Introduction

Les eaux usées, connues également sous le nom d'« effluents liquides », sont des eaux contaminées par divers polluants d'origine physique, chimique ou biologique, susceptibles de nuire aux environnements dans lesquels elles sont déversées.

La pollution de l'eau peut revêtir différentes formes, notamment chimique, bactériologique et thermique. Les sources de pollution peuvent être variées, allant des eaux douces aux eaux salées, en passant par les eaux souterraines ou de surface. Même des phénomènes tels que la pluie, la neige ou la glace polaire peuvent contribuer à cette pollution.

Elle peut également toucher divers écosystèmes, y compris les estuaires et les zones humides, ainsi que leurs sédiments, qui ont la capacité d'absorber et de libérer certains polluants. Ces sédiments peuvent être fortement contaminés et témoigner de pollutions anciennes.[1]

I.2 Origine et nature des eaux usées à traiter

I.2.1 Origine des eaux usées

I.2.1.1 Eaux usées domestiques

Ces eaux sont issues des activités domestiques et se composent généralement des eaux de bain, de lessive et des eaux vannes (urines, fèces). Elles contiennent souvent des matières organiques, des graisses et des résidus de produits ménagers, présentant une bonne biodégradabilité.[2]

I.2.1.2 Eaux usées industrielles

Elles émanent des divers processus de fabrication ou de transformation industrielle. Leur qualité varie selon le type d'industrie et peut contenir des substances toxiques difficilement biodégradables, nécessitant des traitements spécifiques.[3]

I.2.1.3 Eaux de ruissellement

Ce sont les eaux de pluie et de lavage des surfaces urbaines, notamment des chaussées. Elles sont souvent chargées de matières en suspension et d'hydrocarbures provenant de la circulation automobile.[4]

I.2.1.4 Eaux de caractéristiques mixtes

Ces eaux résultent d'un mélange entre les eaux usées industrielles et domestiques, présentant une composition variable et parfois très chargée.[4]

I.2.1.5 Eaux usées agricoles

Elles comprennent les eaux de drainage et les rejets provenant des activités agricoles, caractérisées par des concentrations élevées en pesticides et en engrais, présentant une valeur fertilisante significative.[2]

I.2.2 Pollution des eaux usées

La pollution des eaux usées se manifeste sous différentes formes :

I.2.2.1 Pollution minérale

Elle comprend principalement les métaux lourds provenant des industries métallurgiques et minières, ainsi que certains sels à forte concentration. Ces éléments sont non biodégradables, nécessitant souvent un traitement tertiaire.[5]

I.2.2.2 Pollution phosphatée

Le phosphore est présent sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates) et de composés organiques. Sa présence est liée à divers facteurs comme la nature des terrains, les engrais et les activités industrielles. Les polyphosphates peuvent être toxiques et sont associés à des problèmes cardiovasculaires.[6]

I.2.2.3 Pollution azotée

L'azote se trouve sous différentes formes dans les eaux usées, favorisant la prolifération d'algues. Il est crucial de réduire sa teneur avant le rejet des eaux.

L'azote se présente sous diverses formes dans les eaux usées :

- Forme oxydée : azote nitreux (NO₂-) et nitrique (NO₃-)
- Forme moléculaire : azote dissous (N₂)
- Forme réduite : azote organique, NH₄⁺ [24]

I.2.2.4 Pollution organique

Cette pollution est principalement composée de protéines, de glucides, de lipides et de détergents. Elle peut également inclure des substances organiques utilisées ou produites industriellement, telles que les phénols et les aldéhydes.[6]

I.2.2.5 Pollution microbiologique

Les eaux usées urbaines peuvent contenir divers micro-organismes pathogènes tels que virus, bactéries, protozoaires, vers et micro-champignons. Ces éléments jouent un rôle dans le processus d'épuration par biodégradation.[5]

I.2.3 Les paramètres physiques

I.2.3.1 Température

La température de l'eau affecte sa capacité à retenir l'oxygène dissous, influençant ainsi la vie aquatique. Une température élevée peut augmenter la toxicité des polluants et affecter le métabolisme des organismes aquatiques.[7]

I.2.3.2 Turbidité

La turbidité mesure la clarté de l'eau et indique la présence de particules en suspension. Une turbidité élevée peut diminuer la pénétration de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques.[8]

I.2.3.3 Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire l'électricité, ce qui est directement lié à la concentration d'ions dissous. Elle donne une indication de la salinité et de la pollution ionique.[9]

I.2.3.4 Couleur et odeur

La couleur et l'odeur de l'eau peuvent indiquer la présence de substances organiques ou inorganiques. Une couleur ou une odeur inhabituelle peut signaler une contamination chimique ou biologique.[10]

I.2.3.5 Matières en suspension (M.E.S)

Les matières en suspension sont des particules solides présentes dans l'eau qui peuvent provenir de l'érosion des sols, des rejets industriels ou domestiques. Elles peuvent réduire la qualité de l'eau et affecter les organismes aquatiques.[11]

I.2.3.6 Matières volatiles en suspension (MVS)

Les MVS sont des substances organiques qui peuvent se volatiliser à haute température. Elles comprennent des composés tels que les huiles et les graisses, qui peuvent avoir des effets néfastes sur la vie aquatique.[11]

I.2.3.7 Matières minérales (M.M)

Les matières minérales sont des particules inorganiques telles que les sédiments et les minéraux dissous. Elles proviennent souvent de l'érosion naturelle ou des activités industrielles.[12]

I.2.4 Les paramètres chimiques de la pollution

I.2.4.1 Potentiel hydrogène (pH)

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. Un pH trop bas ou trop élevé peut être toxique pour les organismes aquatiques et affecter la solubilité et la toxicité des autres polluants.[9]

I.2.4.2 Demande biologique en oxygène (DBO5)

La DBO5 mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer la matière organique présente dans l'eau sur une période de 5 jours. Elle indique le niveau de pollution organique et l'impact potentiel sur l'oxygène dissous disponible pour la vie aquatique.[8]

I.2.4.3 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO mesure la quantité totale d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement toute la matière organique présente dans l'eau. Elle fournit une estimation plus rapide et plus globale de la pollution organique que la DBO5.[13]

I.2.4.4 Relation entre DCO et DBO5

La relation entre la DCO et la DBO5 permet de déterminer la nature de la pollution organique. Une DCO beaucoup plus élevée que la DBO5 indique une présence significative de substances organiques non biodégradables ou lentement biodégradables.[10]

I.2.5 Paramètres complémentaires

I.2.5.1 Métaux lourds

Les métaux lourds tels que le plomb, le mercure et le cadmium sont toxiques même à faibles concentrations. Ils peuvent s'accumuler dans les organismes aquatiques et causer des effets néfastes sur la santé humaine et animale.[11]

I.2.5.2 Équilibre nutritionnel

L'équilibre nutritionnel des nutriments tels que l'azote et le phosphore est crucial pour la santé des écosystèmes aquatiques. Un excès de ces nutriments peut entraîner des phénomènes d'eutrophisation, caractérisés par une croissance excessive des algues et une diminution de l'oxygène dissous.[13]

I.3 Méthodes d'oxydation biologique

I.3.1 Traitement aérobie

Les méthodes de traitement biologique aérobie font usage des micro-organismes naturellement présents dans l'environnement pour décomposer la pollution. Elles s'inspirent des mécanismes d'assainissement observés dans les sols (comme les filtres plantés de roseaux - phytoépuration, les filtres à sable) ou dans les cours d'eau (comme le lagunage, les boues activées). L'apport en oxygène peut être naturel (par le vent ou un système de cascade) dans de petites installations de lagunage, ou artificiel (à l'aide de turbines ou de diffuseurs de microbulles) dans les stations d'épuration de type « boues activées ». Les bactéries impliquées peuvent être en suspension libre (comme dans les boues activées ou le lagunage) ou fixées (dans des lits bactériens, des filtres plantés, des filtres à sable, des biofiltres) voire présentes sur des supports tels que les biodisques.[2]

I.3.2 Traitement anaérobie

Dans cette phase, le processus d'auto-oxydation se produit. Les micro-organismes sont contraints de puiser leur énergie à partir de leurs réserves pour leurs activités et leur

reproduction, ce qu'on appelle la "respiration endogène". Cela conduit à la transformation des composés azotés (en azote ammoniacal) et carbonés.[2]

I.3.3 Élimination de l'Azote

En permettant un temps de contact adéquat entre les effluents et les bactéries, les réacteurs biologiques peuvent atteindre une étape supplémentaire de traitement : la nitrification. Il s'agit de l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite, puis en nitrate par des bactéries nitrifiantes. L'ammoniac est toxique pour la faune aquatique et entraîne une importante consommation d'oxygène dans le milieu récepteur. Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes, c'est-à-dire qu'elles synthétisent elles-mêmes le carbone nécessaire à leur croissance à partir du CO₂ dissous dans l'eau.

Elles se développent donc plus lentement que les bactéries hétérotrophes. Avant de pouvoir nitrifier, une station d'épuration municipale doit d'abord éliminer les composés organiques. Une troisième étape consiste à dénitrifier les nitrates résultant de la nitrification. Pour cela, plusieurs techniques sont utilisées : la dénitrification peut avoir lieu dans le bassin d'aération pendant la phase d'arrêt des turbines, ou une partie de l'eau contenant des nitrates en fin de traitement biologique est pompée et mélangée à l'eau entrante en tête de traitement. La dénitrification se déroule alors dans un réacteur anoxique, en présence de composés organiques et de nitrate. Le nitrate est réduit en azote moléculaire (N₂) qui est relâché dans l'air sous forme de bulles, éliminées dans le dégazeur dans le cas de la dénitrification dans le bassin d'aération. Les nitrates en excès sont des polluants responsables de la prolifération d'algues dans certaines mers, notamment la Mer du Nord.[6]

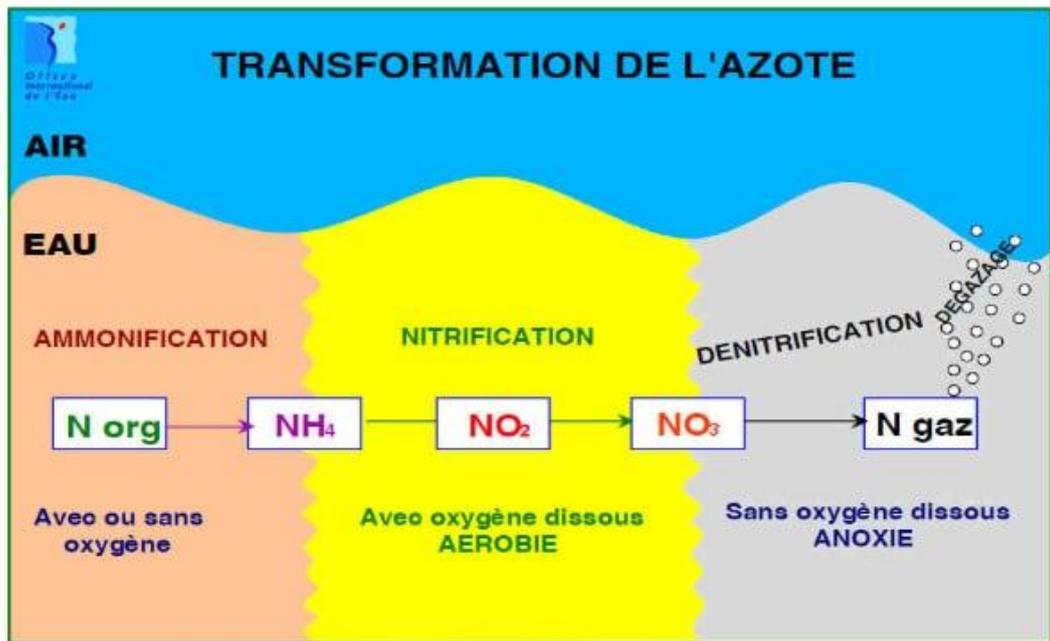


Figure 1 : élimination de l'Azote

I.3.4 Élimination du Phosphore

La déphosphatation biologique repose sur le relargage du phosphore comme mécanisme permettant ensuite son assimilation forcée par les bactéries déphosphatantes. Dans une boue activée déphosphatante, la concentration en phosphore organique peut atteindre 8 à 10 % par gramme de biomasse. Pour mettre en œuvre ce procédé, il faut exposer les bactéries à des conditions alternantes d'anoxy (absence d'oxygène et de nitrate) et d'aération. Les bactéries déphosphatantes peuvent stocker le phosphore sous forme de polyphosphate à l'intérieur de leurs cellules. Pendant la phase anaérobie, ces bactéries utilisent l'énergie libérée par l'hydrolyse intra-cellulaire des polyphosphates stockés pour assimiler des substrats facilement biodégradables tout en relarguant du phosphore inorganique dans le milieu externe. En conditions aérobies, les substrats stockés sont oxydés, ce qui génère de l'énergie et permet la croissance bactérienne. La respiration (à base d'oxygène) fournit l'énergie nécessaire aux bactéries pour reconstituer le stock de polyphosphates à partir du phosphore inorganique prélevé dans le milieu. Ce stock augmente avec la croissance des cellules, aboutissant ainsi à une assimilation de phosphore supérieure à la quantité relarguée.[6]

I.4 Classification des procédés de l'épuration

Le schéma ci-dessous illustre les différents procédés biologiques d'épurations des eaux usées.

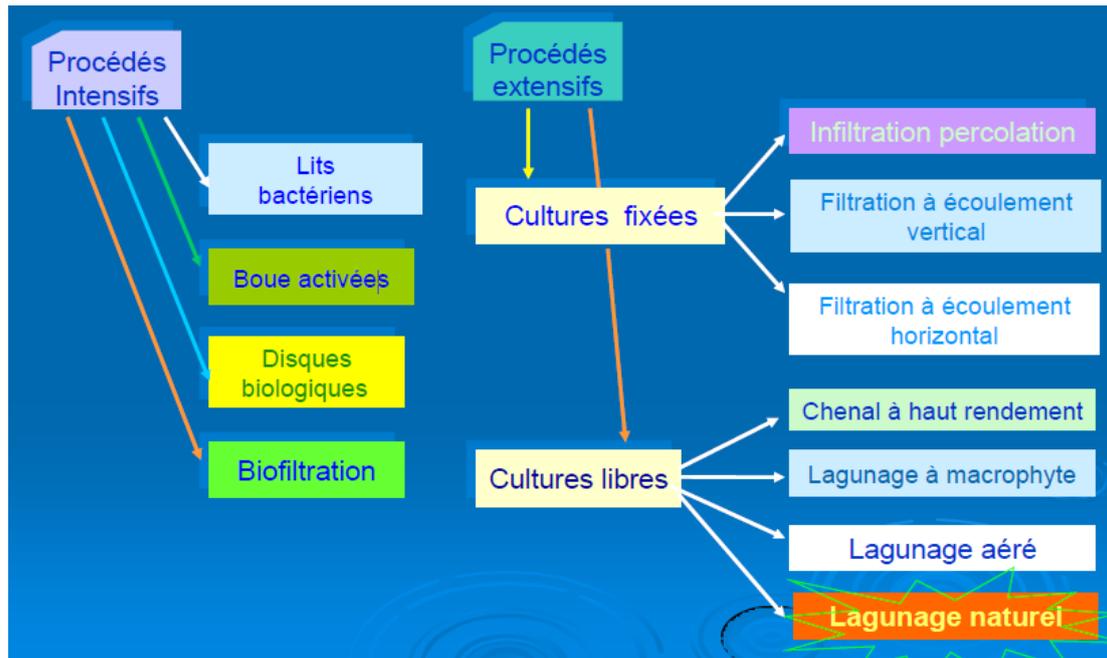


Figure 2 : classification des procédés d'épurations des eaux usées.[14]

I.5 Etat de l'épuration en Algérie

Actuellement, l'Algérie dispose de 156 installations de traitement réparties sur son territoire dans le dessein de protéger les ressources hydriques et le littoral par le biais d'une législation de plus en plus exigeante concernant la qualité des eaux usées déversées dans l'environnement naturel. Ces unités de traitement gèrent collectivement environ 18 660 000 mètres cubes d'eaux usées chaque année.[14]

Tableau 1 : Répartition des stations d'épuration en Algérie selon procédé.[14]

STATIONS D'EPURATION	NOMBRE
BOUES ACTIVEES	79
LAGUNAGE NATUREL	44
LAGUNAGE AERE	29
FILTRE PLANTE DE ROSEAUX	3
MONOBLOC	1
TOTALE	156

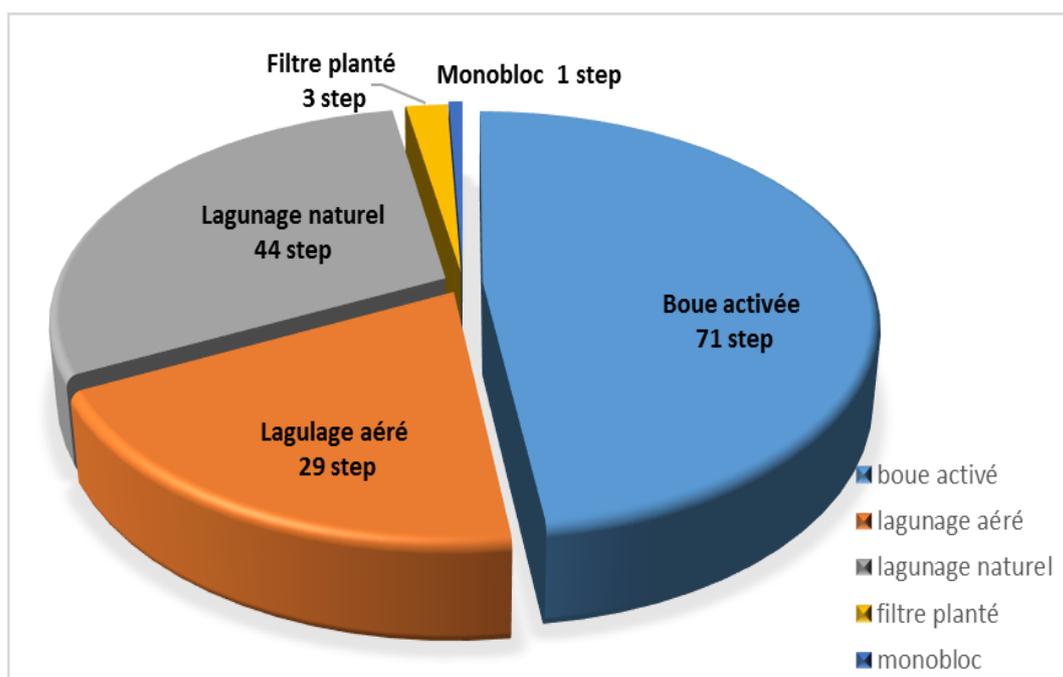


Figure 3: Répartition des stations d'épuration en Algérie selon leurs procédés de traitement.[15]

En observant la figure ci-dessus, on remarque que le procédé à boue activée est largement privilégié en raison de son efficacité épuratoire avancée. Il est suivi par les systèmes de lagunage naturel et aéré, qui obtiennent également des résultats prometteurs, notamment grâce à leur adaptation au climat algérien caractérisé par des températures élevées et un fort ensoleillement.

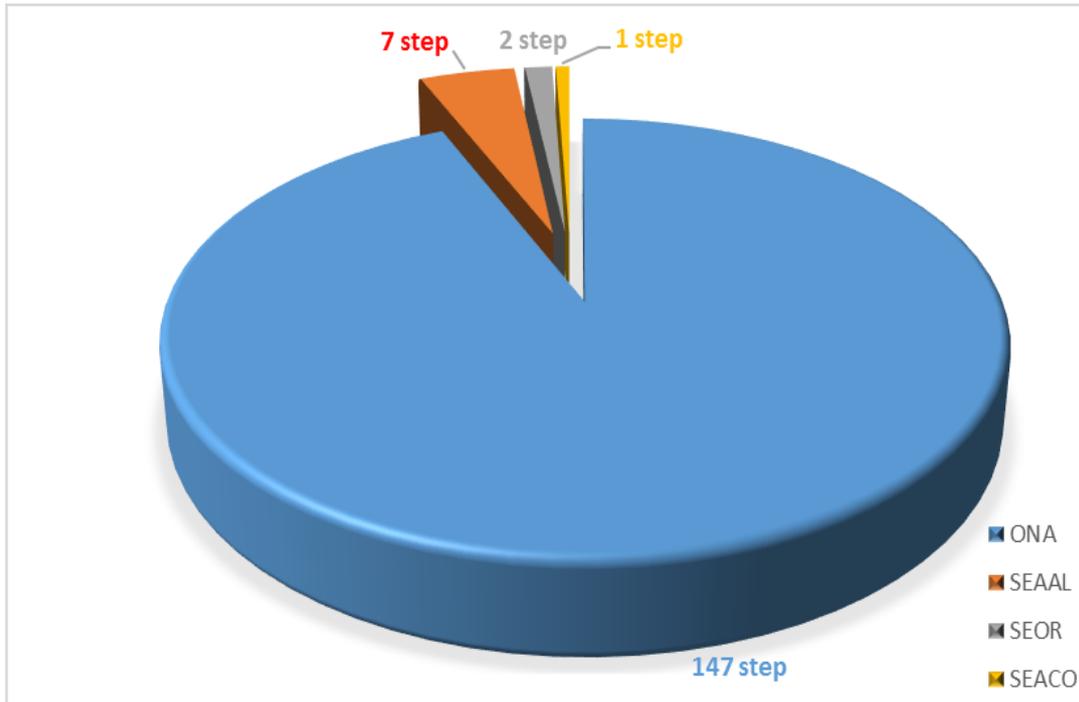


Figure 4 : Répartition de la gestion des stations d'épuration en Algérie.[15]

D'après la figure 4, il est clair que l'ONA prime la série par le nombre des stations et cela revient sûrement à la date de fondation de chaque organisme.

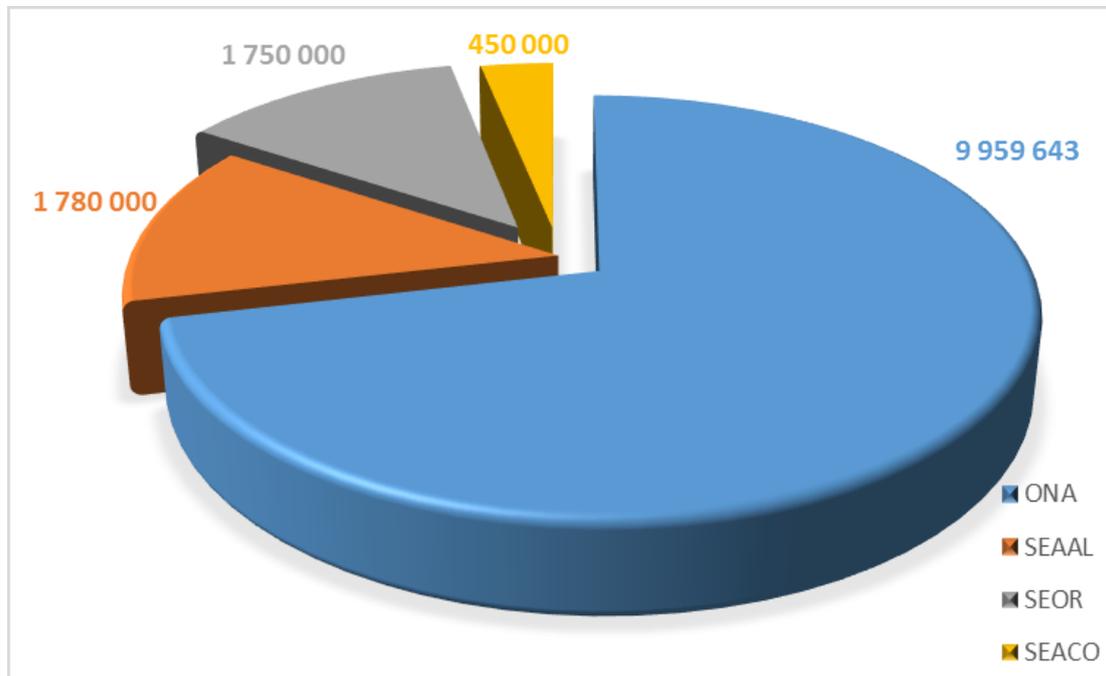


Figure 5: Répartition des stations d'épuration en Algérie selon leurs capacités EQH.[15]

La Figure 5 illustre que l'Algérie occupe la deuxième position en Afrique, juste après l'Afrique du Sud, en termes d'avancement du système d'assainissement tel que déclaré par l'Organisation mondiale de la Santé en 2000. La capacité d'épuration s'élève à environ 14 millions d'équivalents habitants.

I.6 Conclusion

L'épuration des eaux usées est un défi permanent qui exige une évolution constante des technologies et des connaissances. L'optimisation des procédés de traitement, la recherche de solutions innovantes et la gestion efficace des stations d'épuration sont indispensables pour garantir un traitement performant et durable.

L'analyse approfondie des eaux usées, basée sur des paramètres physiques, chimiques et microbiologiques, est essentielle pour évaluer la charge polluante et orienter le traitement. Les procédés d'oxydation biologique, tels que les boues activées et les filtres à sable, constituent le pilier du traitement, en dégradant la matière organique par l'action de micro-organismes. Des traitements complémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour éliminer des polluants spécifiques et répondre à des réglementations plus strictes.

En conclusion, l'épuration des eaux usées se positionne comme un élément clé de la gestion de l'eau et de la protection de l'environnement. En luttant contre la pollution des eaux usées, nous préservons la qualité de nos ressources en eau, protégeons les écosystèmes aquatiques et contribuons à la santé publique.

Chapitre II : Lagunage naturel

II.1 Introduction

Le lagunage est une technique d'épuration ancienne ; les étangs naturels servaient de récepteurs des eaux vannes longtemps avant que soit reconnue la possibilité de traiter les eaux par un tel procédé.

Un peu plus tard, les biologistes ont remarqué les effets favorables de la photosynthèse dans les bassins alimentés en eaux usées.

De tels étangs récepteurs ont été exploités dans plusieurs pays tels que les Etats-Unis, utilisant la photosynthèse pour la stabilisation des effluents. A partir de 1920, le procédé a connu une extension considérable dans de nombreux pays aux climats très divers : Australie, Europe...etc[16]

II.2 Définition

Le lagunage n'est autre qu'un réacteur « agro-bactérien », il s'agit d'un ou de plusieurs bassins en série exposés à l'air libre destinés au traitement biologique des eaux usées.

Il s'y réalise à la fois une transformation des charges polluantes et une stabilisation des boues produites qui, sous l'action des micro-organismes se développent dans le milieu (bactéries et algues en particulier). Les bassins reproduisent un phénomène en amplifiant l'action auto - épurateur des étangs.[16]

II.3 Historique et développement du lagunage dans le monde

Technique extensive d'épuration des eaux résiduaires, le procédé par lagunage a connu ses premières applications au tout début du vingtième siècle.

Les premières applications pratiques de l'épuration par action oxydante naturelle des micro-organismes ont eu lieu au Texas en 1901.

En 1920, des lagunes sont installées aux Etats-Unis, au Canada, en Australie et en Suède. En 1945, quarante-cinq (45) installations de lagunage ont été localisées aux Etats-Unis. En 1964, on comptait déjà mille six cent cinquante (1560) lagunes en service et quinze ans plus tard près de quatre mille (4000) lagunes à travers les cinquante (50) états. Une première enquête menée par l'OMS (l'organisation mondiale de la santé) en 1964 a noté l'existence des bassins dans trente neuf (39) pays dans le monde incluant sept (7) pays européens.

En Algérie, les premières installations ne datent que d'une dizaine (10) d'années et restent encore peu exploitées. Les efforts consentis pour adopter cette technique aux conditions spécifiques de la région restent encore insuffisantes.[17]

II.4 Classification des lagunages

On distingue deux types de lagunages :

- Le lagunage naturel
- Le lagunage aéré (dans cette mémoire en basse juste sur le lagunage naturel)

II.5 Le lagunage naturel

II.5.1 Principe de fonctionnement du lagunage naturel

Le lagunage naturel est le procédé se rapprochant le plus du procédé d'autoépuration naturelle présent dans les rivières.

Après prétraitements, les eaux usées transitent par une succession de 3 bassins peu profonds.

En surface, l'oxygène de l'air permet le développement des microorganismes aérobies (vivant en présence d'oxygène) et la lumière favorise le développement des algues qui enrichissent également le milieu en oxygène grâce au phénomène de photosynthèse. Les matières solides les plus lourdes décantent dans le fond des bassins et sont transformées par des microorganismes anaérobies (vivant en absence d'oxygène). La microfaune et la flore qui se développent, contribuent à la dégradation de la pollution organique en favorisant la formation de boues minéralisées piégées dans le fond des ouvrages, ce qui nécessite un curage des bassins au bout d'une dizaine d'années environ.

La qualité des rejets est conditionnée dans nos régions par les saisons puisque l'ensoleillement impacte le développement des algues et contribue à la destruction des bactéries pathogènes[18]

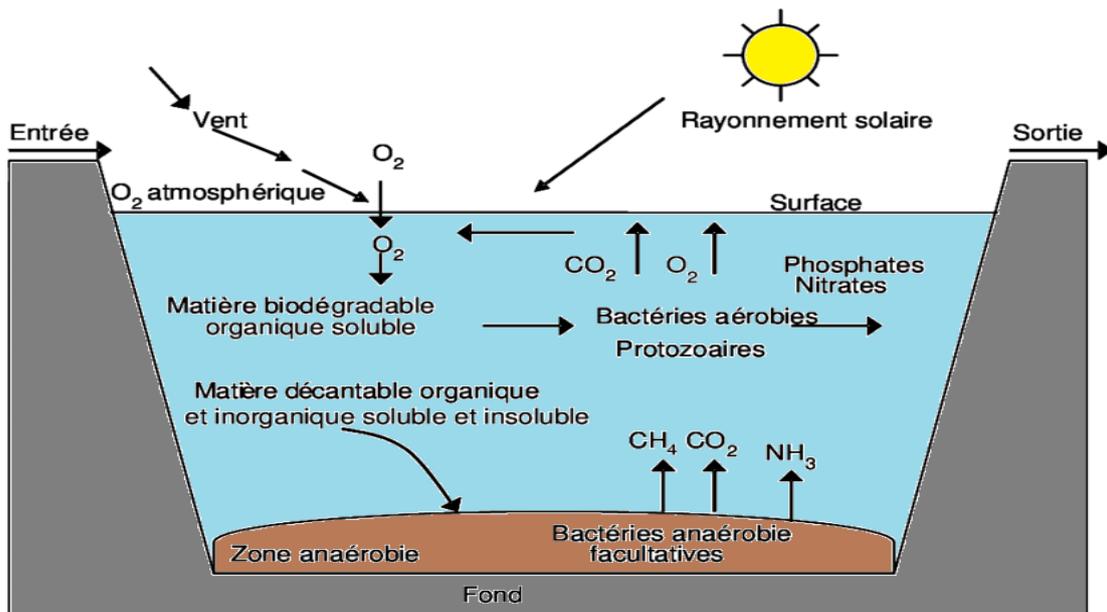


Figure 6 : Lagunage naturel [19]

La microfaune et la flore qui se développent, contribuent à la dégradation de la pollution organique en favorisant la formation de boues minéralisées piégées dans le fond des ouvrages, ce qui nécessite un curage des bassins au bout d'une dizaine d'années environ. La qualité des rejets est conditionnée dans nos régions par les saisons puisque l'ensoleillement impacte le développement des algues et contribue à la destruction des bactéries pathogènes. [19]

Le lagunage est un procédé de traitement des eaux résiduaires. La technique d'épuration consiste en un écoulement permanent d'un effluent à traiter, dans une série de bassins, d'une surface et d'une profondeur étudiées. Dans ces bassins les matières en suspension du liquide bénéficient d'éléments contenus dans l'eau brute où se développe une biomasse représentée par les micro-organismes.

L'essentiel du traitement semble s'effectuer au sein de la colonne d'eau qui se compose de deux zones :

- Une zone en contact avec la surface libre où la colonne d'eau est soumise à l'influence des facteurs climatiques (vent, éclaircissement...).
- Et une zone qui est inférieure où la colonne d'eau est en contact permanent avec les sédiments, où le rôle des sédiments est fondamental dans le piégeage et la recirculation des nutriments.

Les sédiments emmagasinent des matières en suspension qu'ils restituent en partie à la phase eau par solubilisation ou qu'ils libèrent sous forme de gaz par méthanisation ou nitrification en fonction des conditions climatiques et de la charge.[20]

II.5.2 Critères de conception et de dimensionnement du lagunage naturel

II.5.2.1 Critères de faisabilité

A. Les principaux critères de faisabilité des installations de lagunage sont les suivants

Disponibilité des terrains et leur coût ;

- Imperméabilité des terrains : une étude géotechnique est nécessaire pour déterminer aussi finement que possible la perméabilité des terrains qui constitueront le fond des étangs.
- Une imperméabilisation des fonds s'avère nécessaire : cette opération onéreuse à souvent pour conséquence de préférer une autre solution plus économique ;
- Conception des digues dans certains cas : cette conception dépend des caractéristiques des zones d'emprunt disponibles à proximité et du degré d'imperméabilité du fond des étangs et des digues éventuelles.
- Influence de la nappe sur les étangs : cette influence peut se manifester de manière quantitative (alimentation des étangs par la nappe, ce qui doit rester une exception) et de manière qualitative (apports d'éléments tels que le sel retardant le processus d'épuration). [21]

B. Les principaux critères de bon fonctionnement des installations d'épuration sont les suivants

- Premier remplissage correct des étangs pouvant nécessiter un apport complémentaire d'eau claire dans le cas d'une forte évaporation pour éviter une concentration trop importante de la pollution ;
- Homogénéisation de l'effluent obtenue par une multiplication des points d'arrivée pour éviter les courants préférentiels ;
- Recyclage de l'effluent en tête de lagune pour améliorer l'homogénéisation et réactiver l'oxygénation des bassins amont. [21]

II.5.2.2 Types des lagunes naturelles

Dans le système de lagunage naturel on distingue deux à trois lagunes disposées en série :

A. Lagunes anaérobies

Dans ce type de bassin, la dégradation des matières organiques est assurée par des bactéries anaérobies, les profondeurs peuvent aller jusqu'à 2 à 5m. L'emploi des bassins anaérobies est limité par suite de certains inconvénients : odeurs désagréables, arrêt des réactions à basse température.

L'accumulation des boues au fond du bassin favorise le processus de digestion puis se traduit par la formation et le dégagement des bulles de gaz vers la surface du bassin. L'entraînement des particules solides liées aux bulles de gaz, tend à créer des zones de turbidité de l'eau empêchant le développement des algues. [19]

B. Lagunes facultatives

Ces types de bassins sont composés de deux couches ; une aérobie en surface et l'autre anaérobie en profondeur (1 à 2,5m).

Dans ce type de bassins, on s'efforce généralement d'avoir des conditions d'aérobiose dans la plus grande partie du bassin et de limiter l'anaérobiose aux sédiments du bassin.

□ Dans la zone supérieure aérobie, la matière organique dissoute et colloïdale est dégradée en donnant du CO₂, H₂O, PO₄, NO₃ et un développement de culture bactérienne ;

□ Dans les parties inférieures, les micro-organismes anaérobies utilisent la matière organique en deux phases successives :

- ✓ Certains enzymes extracellulaires hydrolysent la matière solide qui diffuse vers la partie supérieure où elle est stabilisée de façon aérobie.
- ✓ La matière organique restante est transformée par les bactéries anaérobies en (CH₄, NH₃...). [19]

C. Lagunes de maturation

Ce sont des bassins dont la profondeur est 0.5 à 1m, on traite généralement des eaux déjà épurées. Ces bassins sont destinés à purifier les eaux. Leur rôle est dans la réduction du nombre des germes pathogènes. [19]

II.5.2.3 Dimensionnement et mise en œuvre des lagunes naturelles

A. Formules de base

Plusieurs modèles ont été utilisés pour le calcul des lagunes naturelles. En pratique, on utilise les relations suivantes :

- Pour une seule lagune :

$$\frac{L_f}{L_0} = \frac{1}{1+Kt_s} \quad (1)$$

- Pour plusieurs lagunes en série :

$$\frac{L_f}{l_0} = \frac{1}{(1+Kt_1)+(1+Kt_2)+\dots+(1+Kt_n)} \quad (2)$$

L_0 : La concentration en DBO5 à l'entrée. (Mg/ l)

L_f : La concentration en DBO5 à la sortie. (Mg/l)

t_s : temps de séjour en jours.

K : Coefficient de dégradation biologique en [j-1]

La relation qui concerne les lagunes en série, suppose que la valeur du coefficient K est identique dans tous les bassins. Pour les eaux usées de composition complexe, ceci n'est probablement pas correct. Les composés les plus facilement dégradables seront en effet éliminés dans les premiers bassins, dans ce cas des essais seront nécessaires pour définir les variations du coefficient K . pour les eaux usées domestiques ; MORAIS et SHOW (chercheurs) ont trouvé pour valeur du coefficient $K = 0,22 \text{ j-1}$ et on utilise pour le dimensionnement $K = 0,17 \text{ j-1}$. Des essais même sur les eaux usées des industries chimiques on conduit en anaérobiose à un coefficient de $0,05 \text{ j-1}$ ($t=20^\circ\text{c}$) et de $0,5 \text{ j-1}$ en aérobiose. [22]

B. Quantité d'oxygène

L'oxygène nécessaire à la bioxydation est fonction du poids de DBO5 à éliminer et de la quantité de matières bactériennes présentes.

L'oxygène est produit naturellement par le vent d'une part et par la photosynthèse de l'autre (majoritairement).

La quantité d'oxygène produite par photosynthèse est estimée par la relation suivante :

$$q_{O_2} = 0,28 f.I \quad (3)$$

- qO_2 : Production d'oxygène (kg/ha/j) ;
- f : Rendement lumineux ;
- I : Intensité lumineuse ; en calorie/cm².j ;

Le rendement lumineux est estimé à 4% environ, l'intensité lumineuse dépend de la saison et de la latitude. On peut estimer que pour une latitude de 30° l'intensité lumineuse variera de 100 à 300 calorie/cm².J selon la saison ceci limite les charges entre 0,011 et 0,034 kg/m².j. [17]

C. Temps de séjour

Dans les étangs aérobies ou facultatifs, le temps de séjour de l'effluent varie de 30 à 60 jours suivant que l'effluent d'entrée est décanté ou directement rejeté dans le bassin.

La durée de séjour dans les bassins anaérobies varie suivant la saison entre 2,5 à 3 jours en été et 5 à 7 jours en hiver.

Ces variations dépendent de divers facteurs physiques tels que la lumière et la température.

L'avantage d'un temps de séjour élevé est qu'il supporte les brusques variations de charge. Ce qui est intéressant pour les villes à forte variation de population.

Si on fixe la DBO₅ à la sortie et on connaît la DBO₅ à l'entrée on peut obtenir le temps de séjour par la relation suivante :

$$T_s = \left[\frac{L_0}{L_f} - 1 \right] \cdot \frac{1}{K} \quad (4)$$

L_0 : DBO₅ à l'entrée ;

L_f : DBO₅ à la sortie ;

K : Coefficient de dégradation biologique.

Ce coefficient K dépend de la température.

Différentes formules ont été proposées parmi lesquelles on peut citer :

$$K = 1,2 \cdot (1,089)^{T-35} \text{ (GLOYNA)}$$

$$K = 0,39 \cdot (1,114)^T \text{ (SAUZE)}$$

$$K = 0,29 \square 0,36 \text{ (MAR pour } T = 25^\circ\text{C)}.[5]$$

D. Charge maximale admissible sur les étangs primaires en lagunage naturel

La formule de Mac GARRY et PESCOB donne la charge maximale admissible en DBO5 sur des étangs primaires en fonction de la température : [28]

$$DBO_5^{max} = 11,2 \cdot (1,054)^{(1,80+32)} \quad (5)$$

Avec

- DBO5max : Charge maximale en DBO5 en kg/ha/j ;
- O : Température moyenne mensuelle en °C.

E. Volume des lagunes

Le volume est donné par la formule suivante

$$V = Q_j \cdot t_s \quad (6)$$

Avec

Q_j : Débit journalier des eaux usées ;

t_s : Temps de séjour (en jours) ;

F. Surface des lagunes

La surface totale des lagunes est calculée comme suit

$$S = V/H \quad (7)$$

Avec

V : Volume des lagunes ;

H : Profondeur d'une lagune.

G. Profondeur limite de l'aérobiose en lagunage naturel

Cette profondeur est estimée par la formule empirique de MARAIS et SHAN :

$$P = \frac{\text{Constante}}{2d+8} \quad (8)$$

Avec

P : DBO5 à l'entrée (mg/l)

d : la profondeur (en m) de la lagune.

Constante = 1000 pour la profondeur limite de l'aérobiose

Constante =750 pour la profondeur limite des bassins aérobioses*(secondaires ou tertiaires).

II.5.3 Caractéristiques des lagunes naturelles

Les caractéristiques des divers types de lagunes naturelles sont précisées dans le tableau suivant :

Tableau 2 :Les caractéristiques des divers types de lagunes naturelles[23]

Caractéristiques	Aérobie	Facultatif	Anaérobie
Profondeur (m)	0,2 ÷ 0,3	1 ÷ 2,5	2,5 ÷ 5
Temps de séjour (jours)	2 ÷ 6	7 ÷ 50	5 ÷ 50
Charge (DBO5) (kg/ha/j)	111 ÷ 222	22 ÷ 55	280 ÷ 500
Rendement (%)	80 ÷ 95	70 ÷ 95	50 ÷ 80
Concentration en algues (mg/l)	100	10 ÷ 50	nul le

II.5.4 Avantages et inconvénients du lagunage naturel

II.5.4.1 Avantages

- Elimination microbienne ;
- Fiabilité ;
- Investissement modéré si le terrain est disponible à bas prix ;
- Contrôle et entretien réduit ;
- Peu ou pas d'utilisation d'énergie, de produits chimiques.

II.5.4.2 Inconvénients

- Surface nécessaire très importante ;
- Temps de séjour élevé ;
- Rendement faible aux variations de charge ;
- Rendement plus faible en climat froid.[19]

II.6 Facteurs influençant le pouvoir épuratoire

II.6.1 Facteurs climatiques

II.6.1.1 Radiations solaires

Elles représentent la principale source de chaleur dans la lagune, favorisant ainsi la dégradation de la matière organique. Ces radiations solaires sont essentielles à la photosynthèse. La réaction de surface contribue peu à l'apport en oxygène des organismes aérobies. La majeure partie de l'oxygène est fournie par les algues, qui ne peuvent en produire qu'en présence d'une lumière adéquate.

II.6.1.2 Température

La température est un facteur très important aussi, elle agit directement sur la vitesse des réactions biologiques. L'activité biologique du milieu est d'autant plus importante que la température augmente.

L'optimum se situe autour de 25°C. il y a une forte croissance algale dès que la température de l'eau atteint 20°C.

II.6.1.3 Le vent :

Le vent assure le brassage des eaux et contribue ainsi à une meilleure répartition de la température et de l'oxygène dissous et évite la stratification des eaux. Il contribue à l'évaporation au niveau de la surface d'eau en renouvelant la pellicule d'air située immédiatement au-dessus de celle-ci.

II.6.1.4 Evaporation

Dans la période estivale l'évaporation est très intense, elle peut diminuer le débit des effluents traités et peut augmenter la charge. Elle peut être néfaste et doit donc être prise en compte lors du dimensionnement. [20]

II.6.2 Facteurs physiques

II.6.2.1 La forme des bassins

La forme de bassins doit être hydrodynamique pour faciliter la circulation des effluents et éviter aussi les zones mortes.

II.6.2.2 Profondeur des bassins

La profondeur agit directement sur la pénétration de la lumière qui favorise la photosynthèse.

II.6.2.3 Le volume des bassins

Le volume de bassin permet avec les débits de fixer un temps de séjour optimum dépendant de la charge admise et de la dépollution souhaitée.

II.6.3 Facteurs chimiques

II.6.3.1 Le pH

Le pH est un potentiel très important pour le pouvoir épuratoire. Un milieu très alcalin ou très acide ne peut être toléré puisqu'il y a une limite de tolérance imposée par les micro-organismes.

II.6.3.2 La charge organique

La charge organique a son poids dans le pouvoir épuratoire. Il faut la choisir de façon à répondre aux exigences des micro-organismes sans dépasser le seuil de surcharge ou un manque de charge.

II.6.3.3 La composition en sels minéraux

Cette composition doit être suffisante pour assurer aux végétaux une croissance normale, tout excédant peut provoquer des inhibitions.

II.6.4 Facteurs biologiques

Le lagunage est basé sur des mécanismes d'épuration naturels où chaque organisme a un rôle à jouer, tout particulièrement les bactéries et les algues. Un des rôles essentiels du lagunage est l'oxygénation de l'eau par les algues, qui est suivie par une minéralisation et une production des déchets inorganiques. On reconnaît trois avantages aux algues ; la réoxygénation, la minéralisation et la production d'une chaîne alimentaire. [24]

II.7 Devenir des sous-produits

Les sous-produits des installations de lagunage sont :

- L'eau épurée
- Les boues
- La flore monocellulaire (algues)

Les utilisations possibles de certains de ces sous-produits sont les suivantes :

- L'eau épurée peut être utilisée dans l'irrigation, sous réserve de contrôles bactériologiques systématiques. L'irrigation devrait être possible pour des cultures autres que les cultures maraîchères ;
- L'utilisation des boues sous forme liquide (épandage) ou sous forme séchée comme amendements organiques sous réserve que la non-toxicité de ces boues ait été vérifiée ;
- Epandage des effluents de lagunes, en particulier de ceux concernant certaines industries alimentaires et agricoles (sucrieries, ...)

❖ Cas particulier de l'aquaculture

La réutilisation des eaux traitées pour l'aquaculture a récemment été expérimentée, notamment aux États-Unis. Sous la direction de John Ryther (Wood Hole Oceanographic Institution, Massachusetts), un système intégré d'aquaculture marine a été mis au point. Dans ce système, des algues unicellulaires assimilent les sels minéraux et certaines substances organiques présentes dans les eaux traitées diluées (généralement à 50%) avec de l'eau de mer. Ces algues servent ensuite de nourriture à des mollusques bivalves.

Les éléments tels que l'azote et le phosphore, ainsi que d'autres substances non absorbées par les algues unicellulaires, sont captés par des algues pluricellulaires.

On aboutit ainsi à un double résultat :

- Les eaux épurées ont une teneur en élément nutritif très proche de celle des eaux naturelles et peuvent donc être rejetées dans le milieu naturel sans risque d'eutrophisation ;
- Le processus permet la production de mollusques, éventuellement de poissons (en mettant en oeuvre une chaîne alimentaire plus courte : algues unicellulaires, crustacés, poissons planctonophages) et d'algues productrices d'agar (qui a une valeur commerciale).[21]

II.8 CONCLUSION

Le lagunage naturel est une technique d'épuration extensive et économique des eaux résiduaires, basée sur les processus naturels de dégradation de la pollution par les micro-organismes (bactéries, algues). Il consiste en un écoulement permanent de l'effluent à traiter dans une série de bassins peu profonds exposés à l'air libre.

Les principaux facteurs influençant l'efficacité épuratoire sont les conditions climatiques (température, ensoleillement, vent), les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (pH, charge organique, etc.) et les facteurs biologiques avec le développement d'une biomasse algale et bactérienne. Un dimensionnement et une conception adaptés des lagunes en fonction des charges à traiter et du contexte local sont essentiels.

Malgré des rendements épuratoires modérés et une grande emprise foncière, le lagunage naturel présente de nombreux avantages : simplicité de mise en œuvre, faibles coûts d'investissement et d'exploitation, fiabilité du procédé. C'est une solution particulièrement bien adaptée à l'assainissement des petites collectivités dans les régions disposant d'espaces naturels suffisants et bénéficiant d'un climat favorable. Les sous-produits des lagunes (eau épurée, boues, algues) peuvent également avoir des valorisations agronomiques ou aquacoles intéressantes

Chapitre III : Présentation de station de lagunage

III.1 Introduction

La gestion efficace des eaux usées est un enjeu crucial pour la préservation de l'environnement et la santé publique. Dans cette optique, la station d'épuration de lagunage d'El Amria, située dans la wilaya d'AïnTémouchent en Algérie, joue un rôle primordial. Cette étude vise à présenter cette installation clé dans le traitement des eaux usées de la région.[25],[26]

III.2 Contexte géographique

El Amria est une ville située dans la wilaya d'Aïn Témouchent, dans le nord-ouest de l'Algérie. Voici une description similaire pour El Amria :

El Amria est une commune du nord-ouest de l'Algérie, située dans la wilaya d'Aïn Témouchent. Elle se trouve à environ 25 km au sud de la mer Méditerranée. La commune d'El Amria est délimitée :

- ✚ Au nord par la commune de Terga ;
- ✚ À l'ouest par la commune d'Oulhassa Gheraba ;
- ✚ À l'est par la commune d'Ain Tolba ;
- ✚ Au sud par la commune d'Aïn Kihel.[27]

III.3 Description de la lagune naturelle d'El Amria

La lagune naturelle d'El Amria est une installation de traitement des eaux usées basée sur le principe du lagunage naturel. Cette technique classique consiste en l'implantation de grands bassins d'aération et de maturation, favorisant l'ensoleillement et l'oxygénation nécessaires à la dégradation biologique naturelle de la matière organique par les micro-organismes. [25],[26]



Figure 7: Image Lagunage Naturel de la commune el amria[28]

III.3.1 Objectifs de la lagune

L'objectif de l'installation du système de lagunage à El Amria est de protéger l'environnement naturel, en particulier la Sebkhha d'Oran, d'éviter la contamination de la nappe phréatique et de permettre la réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation. [25],[26]

III.4 Localisation de la STEP

Le terrain d'assiette retenu pour recevoir STEP, se situe à environ 2 km au sud du centre d'EL - AMRIA (un point représentatif du site a pour coordonnées

$X = 680590; Y = 3930900; Z = 92$

Il occupe une superficie d'environ 22 hectares dans une zone agricole. [25],[26]

III.4.1 Capacité de traitement

La lagune naturelle d'El Amria dispose d'une capacité de traitement considérable, pouvant traiter jusqu'à 3000 m³ d'eaux usées par jour. Cette capacité en fait un acteur majeur dans la gestion des eaux usées de la région d'AïnTémouchent. [25],[26]

III.4.2 Qualité des eaux

Les eaux usées d'EL - AMRIA sont d'origine domestique

Toutefois nous avons noté l'existence d'une unité tannerie et de deux conserveries de poisson Le collecteur de rejet de la tannerie est raccordé au collecteur de rejet domestique après traitement. l'unité tannerie étant dotée d'une station d'épuration. [25],[26]

Les rejets des deux conserveries de poisson déversent également dans le réseau urbain.

III.4.3 Positionnement des rejets

Il existe un seul rejet.

Le collecteur 500 se raccorde au collecteur principal Ø1000 qui déverse dans l'oued Sidi Baroudi puis vers la Sebkha. [25],[26]

III.4.4 L'amenée vers la STEP

- Un bureau d'étude (bureau d'études K.KHATAR) a fait l'étude du rejet d'assainissement d'EL AMRIA jusqu'au site choisi pour l'étude de la STEP projeté.
- Le linéaire projeté pour l'acheminement des eaux usées vers la future STEP est d'environ 996 ml.
- Après que les eaux usées passent par le déversoir d'orage projeté, les eaux pluviales continueront leur cheminement vers l'oued Sidi Baroudi.
- Les eaux usées diluées seront acheminées vers la station de relevage projetée puis vers la future step. [25],[26]

III.5 Contexte climatique

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour El Amria. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années. Pour la planification de vacances, vous pouvez vous attendre à des températures moyennes, et être prêt à des jours plus chauds et plus froids. La vitesse du vent n'est normalement pas affichée, mais peut être ajustée en bas du graphique[29].

Le graphique des précipitations est utile pour la planification des effets saisonniers, tels que climat de mousson en Inde ou la saison des pluies en Afrique. Précipitations mensuelles supérieures à 150mm sont pour la plupart humides, en dessous de 30mm généralement séchés. Note : Les quantités de précipitation simulée dans les régions tropicales et terrains complexes tendent à être plus petites que les mesures locales[29].

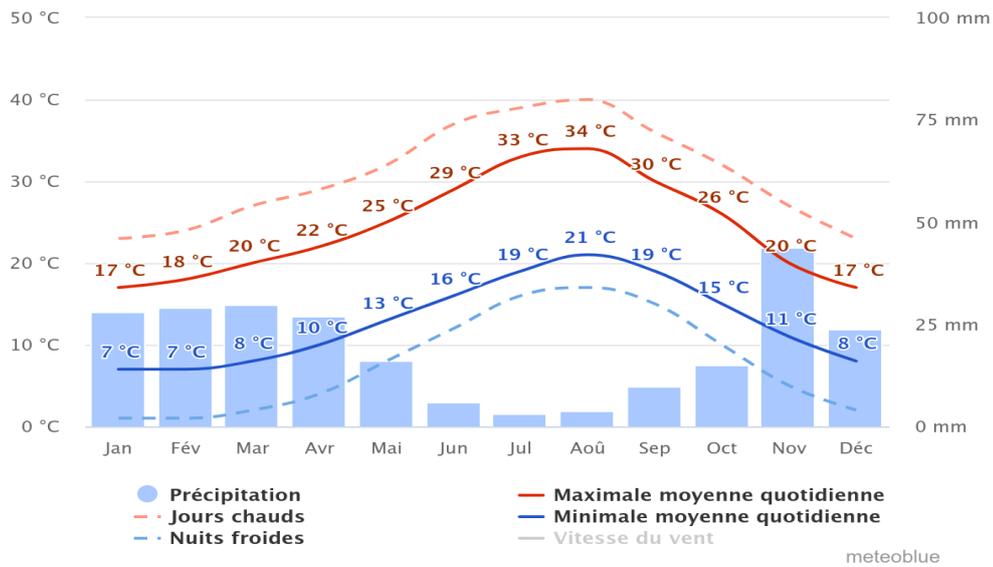


Figure 8:Températures et précipitations moyennes[29]

III.5.1 La pluviométrie

La pluviométrie est une mesure de la quantité de pluie qui tombe sur une surface donnée pendant une période de temps spécifique. Elle est généralement exprimée en millimètres (mm) et peut être mesurée à l'aide d'un pluviomètre. La pluviométrie est une donnée essentielle en météorologie et en climatologie, car elle permet d'analyser les régimes de précipitations et d'étudier leurs impacts sur l'environnement et les activités humaines.[30]

III.6 Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations

III.6.1 Ciel Nuageux

Le terme "ciel nuageux" désigne une condition météorologique où le ciel est couvert par des nuages de manière significative, réduisant l'ensoleillement direct. En général, le ciel est considéré comme nuageux lorsque la couverture nuageuse est entre 70% et 100%.

III.6.2 Soleil

En météorologie, "soleil" fait référence à une condition où le ciel est principalement dégagé avec peu ou pas de nuages, permettant une exposition directe aux rayons solaires. Les jours ensoleillés sont ceux où le ciel est clair et où l'ensoleillement est maximal.

III.6.3 Jours de Précipitations

Les "jours de précipitations" sont les jours au cours desquels une certaine quantité de précipitations (pluie, neige, grêle, etc.) est mesurée. Généralement, un jour de précipitation est défini par la présence d'au moins 0,1 mm de précipitation enregistrée dans un intervalle de 24 heures.[31],[32]

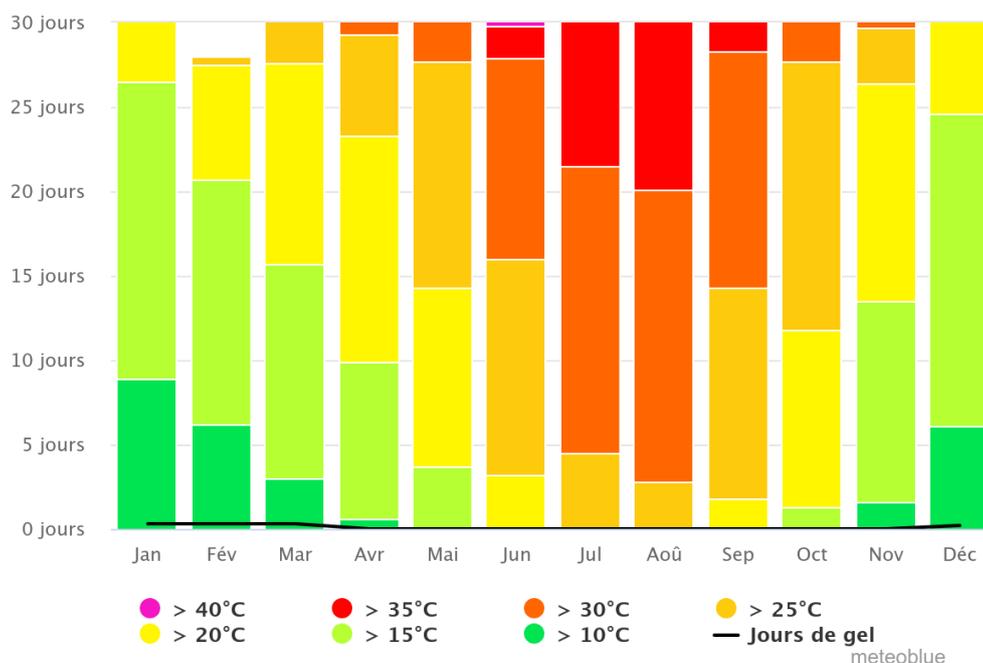


Figure 9:Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations[29]

III.7 Quantité de précipitations

La quantité de précipitations est une mesure de l'eau provenant de l'atmosphère qui tombe sur une surface donnée sous forme de pluie, de neige, de grêle ou de brouillard. Elle est généralement exprimée en millimètres (mm) ou en litres par mètre carré (L/m²) sur une période spécifique, souvent quotidienne, mensuelle ou annuelle. Cette mesure est essentielle pour évaluer les conditions climatiques d'une région et pour la gestion des ressources en eau[33].

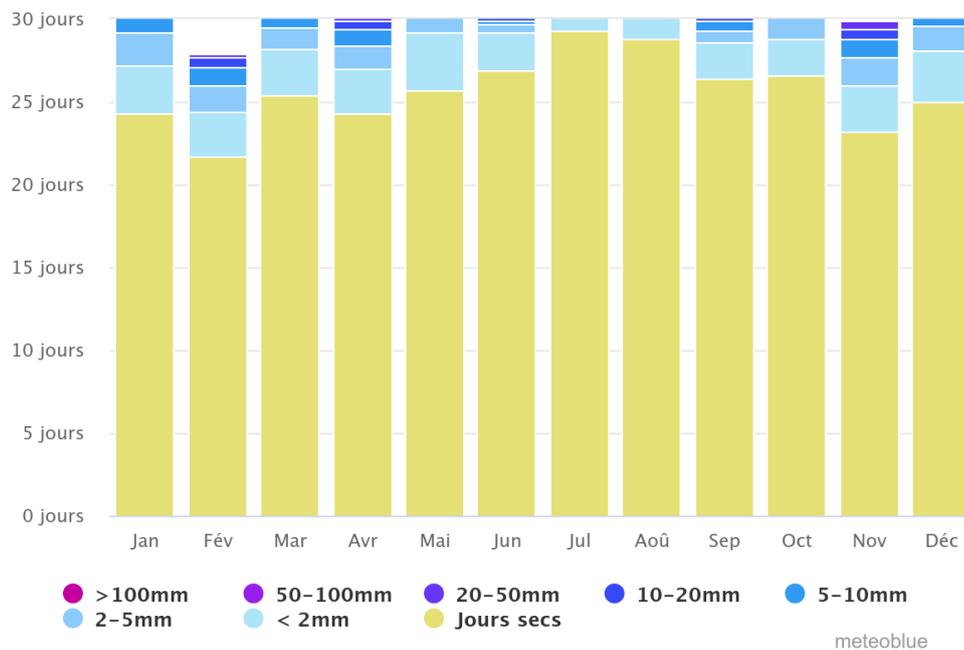
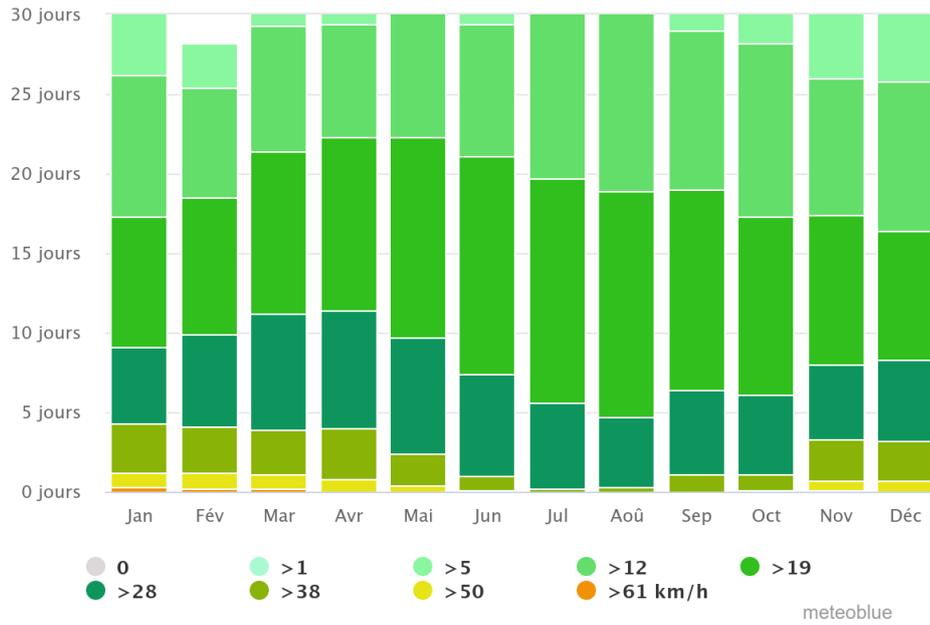


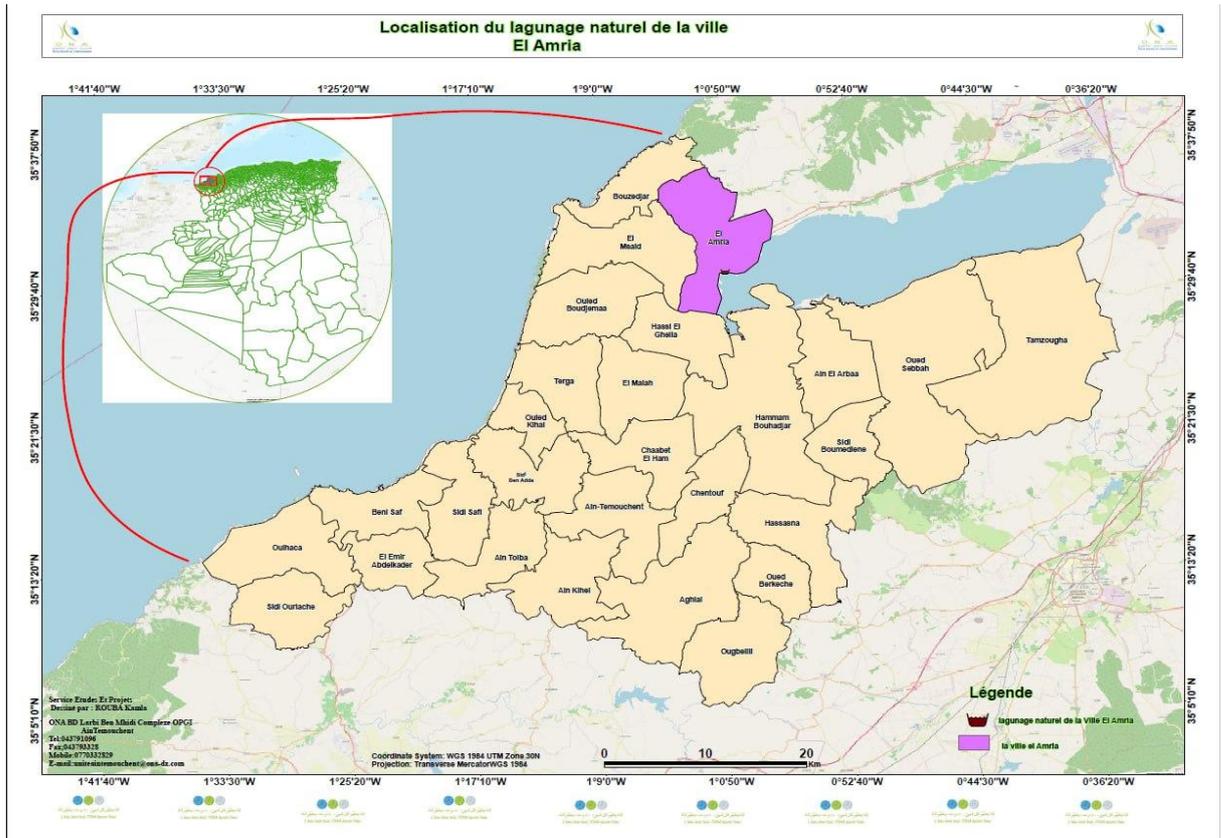
Figure 10:Quantité de précipitations[29]

III.8 Vitesse du vent

La vitesse du vent est une mesure de la rapidité du déplacement de l'air dans l'atmosphère. Elle est généralement exprimée en mètres par seconde (m/s), kilomètres par heure (km/h), ou en nœuds (nautical miles per hour). La vitesse du vent est un facteur clé en météorologie, influençant les conditions climatiques et les phénomènes météorologiques. Elle est mesurée à l'aide d'anémomètres et est essentielle pour diverses applications, y compris la prévision météorologique, l'aviation, et la gestion des énergies renouvelables comme l'énergie éolienne.[33],[34]



III.9 Localisation du lagunage de la ville El Amria



III.10 Données générales de la station

Tableau 4: Fiche technique de station de lagunage naturel d'El Amria[23]

Nom de la station de lagunage	Station d'épuration par lagunage naturel d'El Amria.	
Commune	El Amria	
Wilaya	Ain Témouchent	
Localités concernées par le traitement	Chef lieu de la commune d'El Amria	
Superficie de l'assiette	21,8 hectares	
Milieu récepteur	Sebkha	
Procédé de traitement	Lagunage naturel	
Capacité de la station (horizon 2030)	30 300 EQH	5 500m ³ /j
Nature des eaux brutes	Résiduaire urbaine	
Le dispositif d'assainissement de la ville est de type	Unitaire	
Alimentation en eau usée	Gravitaire avec un poste de relevage a l'intérieur de la station	
Impact de réalisation de la station	-Protection du milieu naturel récepteur -Réutilisation des eaux épurées dans l'irrigation agricole	
Groupement de réalisation - Génie civil - Equipements	BENDIMIA	
Date de mise en service de la station	Novembre 2008	
Date de transfert de la station à l'ONA	2008	

III.11 Bases de dimensionnement des ouvrages

III.11.1 Charge hydraulique

Tableau 5: Charge hydraulique des ouvrages[25],[26]

Paramètres	Unités	
Equivalent. habitant	EQ.H	30 300 Horizon 2030
Volume journalier	m ³ /h	229,16
Débit moyen de temps sec	m ³ /h	229,16
Débit de pointe temps sec	m ³ /h	417,07
Débit maximal admis en temps de pluie	m ³ /h	687,48

III.11.2 Charge polluante

Tableau 6: Charge polluante des ouvrages[25],[26]

Paramètres	Unités	
Charge journalière en DCO	Kg/j	1 782
Charge journalière en DBO ₅	Kg/j	1 100
Charge journalière en MES	Kg/j	6 506,5
Charge en azote ammoniacal (N- NH ₄)	Kg/j	/

III.12 Qualité des eaux épurées rejetés

Tableau 7: Qualité des eaux épurées rejetés[25]

Paramètres	Concentration en mg/l	Rendement minimum d'élimination en %
DBO ₅	70,68	74,82
DCO	111,14	68,09
MES	448,36	39
NTK	/	/

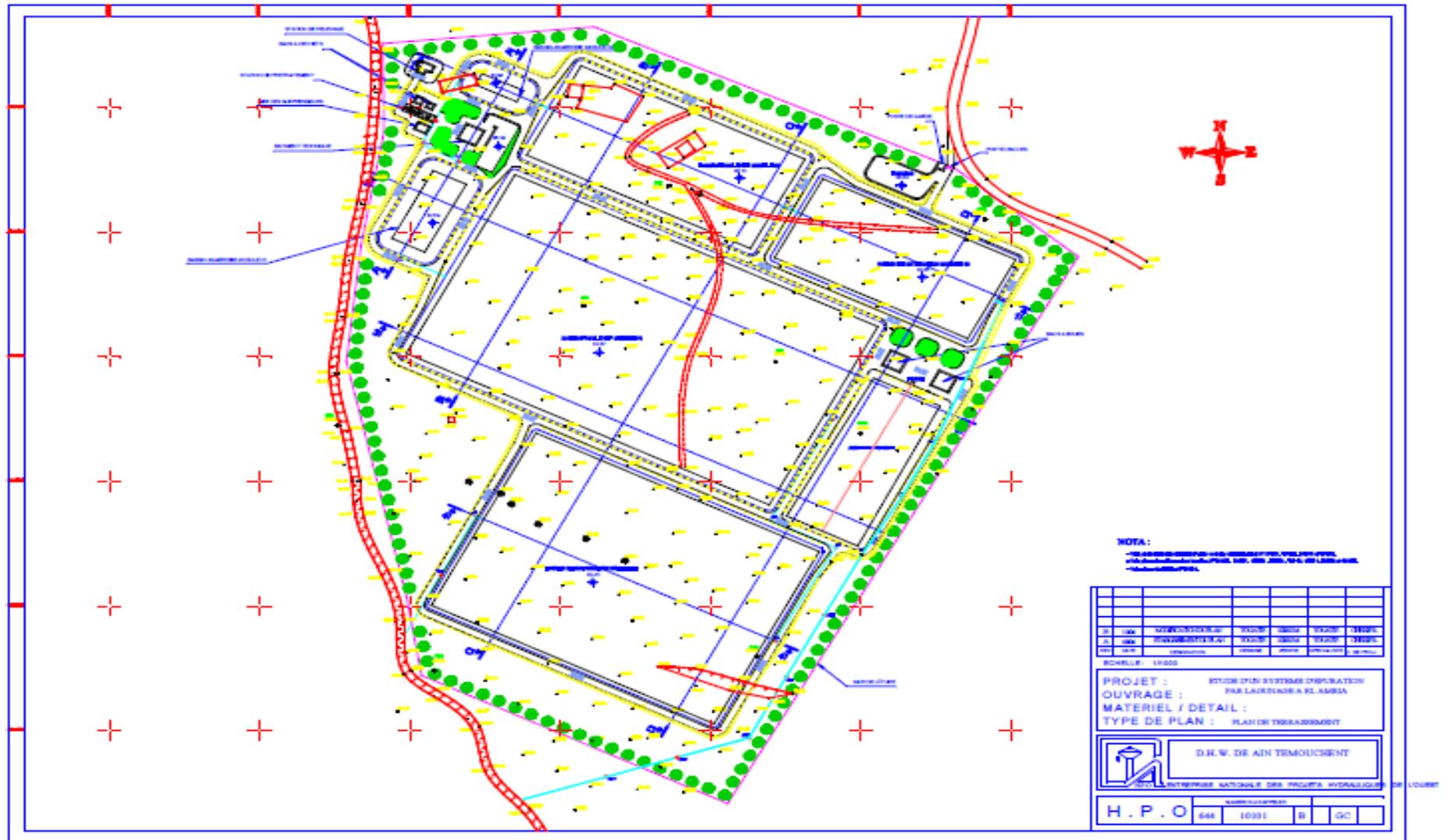


Figure 13: Plan étude d'un système d'épuration par lagunage d'El AMRIA.[27]

III.12.1 Principaux ouvrages et équipements annexes

- Poste de relevage avec deux pompes.
- 01 loge gardien.
- 01 bloc technique.
- 02 bacs de stockage des boues.
- 01 salle des sous presseurs avec deux sous presseurs.
- 01 groupe électrogène avec son abri. [25]

III.12.1.1 Description du procès

A. Pretraitement

- Ouvrage de réception : déversoir d'orage a l'extérieur de la lagune menant vers la bache du poste de relevage de la lagune.
- Dégrillage : manuel + Mécanique (a l'arrêt).
- Comptage des eaux brutes : inexistant débitmètre inexistant.
- by- pass : inexistant et trop plein non fonctionnel.
- Dessablage déshuilage : l'extraction des sables se fait manuellement et le déshuilage se fait par insufflation d'air (en arrêt). [25]

- **des grilles manuelles**

Les eaux usées alimentent un canal en béton armé équipé d'une grille à nettoyage mécanique.

Les déchets grossiers retenus par les grilles sont remontés par un système de raclage fonctionnant par minuterie et sont éjectés dans un bac à déchets installé à proximité La vitesse de passage est calibrée entre 0,6 m/s et 1 m/s. Cette vitesse est suffisante pour éviter les dépôts et également faible pour fixer les matières à retenir sur la grille sans entraîner un colmatage définitif.

L'espacement entre les barreaux est choisi suivant l'efficacité désirée

Pour assurer le fonctionnement, le canal est réalisé en deux (02) modules[25]



Figure 14: Les grilles manuelles

- station de relevage



Figure 15: station de relevage

- Mesure de débit



Figure 16: Mesure de débit

- **Déssableur et déshuileur**

- a) Dessablage

Son rôle est d'éliminer les particules denses (graviers, sable) afin d'éviter l'abrasion des équipements et les dépôts dans les conduites.

Les eaux usées dégrillées arrivent dans le canal dessableur où la vitesse d'écoulement est proche de 0,3 m/s. Seuls les particules de diamètre supérieur à 200 microns et plus, sont retenues par sédimentation avec une vitesse de chute voisine de 60 m/h

L'évacuation périodique des sables est réalisée manuellement vers un bac déchets correspondant.

Après un séchage partiel dans le bac à déchets, les sables sont évacués vers décharge publique[25]

- b) Déshuilage – dégraissage

C'est une opération importante pour l'élimination des corps flottants moins denses que l'eau (huiles grasses) qui présentent plusieurs inconvénients pour le traitement biologique ultérieur tel que:

- ✓ Mauvaise diffusion de l'oxygène
- ✓ Risque de colmatage des canalisations

Les eaux usées après être dégrillées et dessablées arrivent au déshuileur, c'est un ouvrage en béton où les corps flottants subissent une décantation inverse améliorée par insufflation d'air

La séparation des matières flottantes est améliorée par une série de tôles situées dans la partie aval du déshuileur. Un système de déversement permet d'évacuer les flottants vers une rigole, d'où ils seront évacués par tuyauterie jusqu'aux bacs à déchets correspondants

L'évacuation des huiles se fera périodiquement par un rejet vers la décharge publique[25]



Figure 17: Désableur et déshuileur

B. Traitement biologique

La filière biologique comprend :

a. deux bassins anaérobiques en parallèle

Il y a deux bassins anaérobies travaillant en parallèle dont la surface du premier bassin est 2663 m² et la surface du deuxième bassin est de 919 m².

Les bassins anaérobies permettent de réduire de 60% la charge en DBO: initiale avec un temps de séjour relativement court. Ce sont des bassins profonds (25m), ce qui permet de garantir le caractère du processus.

Ce processus est partiellement actif pour des températures supérieures à 15°C.

Les bassins facultatifs peuvent être de deux (02) types:

Bassins facultatifs qui reçoivent les eaux usées brutes (en l'absence de bassins anaérobies en amont).

Bassins facultatifs secondaires, qui reçoivent les eaux usées brutes décantées, généralement dans des bassins anaérobies en amont. [25]



Figure 8: Bassin anaérobie 1



Figure 9: Bassin anaérobie 2

b. Deux bassins facultatifs en parallèle

Il y a deux bassins facultatifs travaillant en parallèle $S_1 = 45748 \text{ m}^2$, $S_2 = 14527 \text{ m}^2$ la profondeur $H = 1.50 \text{ m}$.

Les bassins de maturation (aérobie) reçoivent les effluents des bassins facultatifs, Ce sont des bassins entièrement aérobies avec de faible profondeur (1-1,5) m.

Leur taille et nombre est déterminé principalement par la qualité bactériologique requise des eaux rejetées. Les taux de réduction de pathogènes fécaux sont très élevés, aussi l'utilisation des bassins est en général réservée aux applications de réutilisation agricole non restrictive. [25]



Figure 10:bassin facultatif 1



Figure 11:bassin facultatif

c. Deux bassins de maturations en parallèle

Il y a deux bassins fonctionnent en série, la surface de bassin1, $S_1 = 33961 \text{ m}^2$ et celle du deuxième $S_2 = 14527 \text{ m}^2$



Figure 12:bassin de maturation 1



Figure 13:bassin de maturation 2

- **Aire de séchage**

Les dimensions de lit de séchage est $A=7328 \text{ m}^2$, $H= 40 \text{ cm}$.

Le schéma de la station de lagunage



III.13 Avantages et inconvénients

III.13.1 Avantages

- Technologie très simple.
- Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si la dénivelée est favorable.
- S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique.
- Elimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote.
- Très bonne élimination des germes pathogènes en été, bonne en hiver.
- Pas de construction « en dur », le génie civil reste simple.
- Dépenses moins importantes.
- Bonne intégration paysagère. [25]

III.13.2 Inconvénients

- Forte emprise au sol : la surface à étancher est importante .
- Dégagement odeurs de mauvaises.
- Temps de séjour élevé. [25]

III.14 Conclusion

La station d'épuration de lagunage d'El Amria joue un rôle primordial dans la gestion efficace des eaux usées de la wilaya d'Aïn Témouchent en Algérie. Basée sur le principe du lagunage naturel, cette installation permet le traitement des eaux résiduaires urbaines par aération naturelle et dégradation biologique.

Avec une capacité de traitement de 3000 m³ d'eaux usées par jour à l'horizon 2030, la lagune d'El Amria contribue significativement à la protection de l'environnement et du milieu récepteur en épurant les rejets avant leur rejet. Le procédé complet comprend plusieurs étapes allant du prétraitement à la filtration jusqu'aux bassins anaérobies, facultatifs et de maturation.

Les données techniques présentées, telles que les dimensions des bassins, la qualité des eaux traitées et les rendements d'élimination, témoignent de l'efficacité de cette installation. Cependant, un suivi régulier et une maintenance adéquate des équipements sont essentiels pour assurer des performances optimales à long terme.

En définitive, la station de lagunage d'El Amria représente une solution durable et respectueuse de l'environnement pour la gestion des eaux usées dans cette région. Son rôle est fondamental pour la préservation des ressources en eau et la promotion d'un développement écologique et durable.

Chapitre IV : Analyse et discussion

IV.1 Introduction

En effet, la notion de qualité de l'eau varie en fonction de l'usage et quel que soit l'emploi fait de l'eau, il demeure essentiel que sa qualité soit préservée. Comme son contenu varie beaucoup, il s'agit de définir les valeurs moyennes des caractéristiques de la plupart des eaux naturelles et salubres

IV.2 Normes des effluents en Algérie

D'après le décret exécutif nA 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels qui fixent les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels et obligent toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels à assurer un traitement aboutissant à des rejets définies dans le tableau suivant :

Tableau 8: valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

PARAMETRES	VALEURS MAXIMALES	PARAMETRES	VALEURS MAXIMALES
Températures	30 C°	Fer	5 mg/l
PH	6,5 à8,5	Manganèse	1 mg/l
Mes	30 mg/l	Mercure	0,01 mg/l
DBO5	40 mg/l	Nickel	5 mg/l
DCO	120 mg/l	Plomb	1 mg/l
Azote Kjeldahl	40 mg/l	Cuivre	3 mg/l
Phosphates	02 mg/l	Zinc	5 mg/l
Cyanures	0,1 mg/l	HuilesetGraisses	20 mg/l
Aluminium	5 mg/l	Hydrocarbures	20 mg/l
Cadmium	0,2 mg/l	Phénols	0,5 mg/l
Chrome3+	3,0 mg/l	Solvant-organique	20 mg/l
Chrome6+	0,1 mg/l	Chlore actif	1,0 mg/l
Détergents	2 mg/l	PCB	0,001 mg/l
Tensio-actifsanioniques	10 mg/l		

IV.3 Normes Internationale

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

Tableau 9: les normes internationales des paramètres de rejets d'effluents liquides

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH ₄	<0,5 mg/l
NO ₂	1 mg/l
NO ₃	<1 mg/l
P ₂ O ₅	<2 mg/l
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

IV.4 Les analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques sont des paramètres simples à mesurer. On les mesure généralement sur le terrain

IV.4.1 Les paramètres physiques

IV.4.1.1 Potentiel d'hydrogène (PH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) joue un rôle essentiel dans le domaine de l'eau, en influençant plusieurs aspects :

Propriétés physico-chimiques : Le pH affecte l'acidité, l'alcalinité et l'agressivité de l'eau.

Processus biologiques : Certains processus biologiques nécessitent des plages de pH très spécifiques.

Efficacité des traitements : Le pH impacte l'efficacité des traitements de l'eau tels que la coagulation, l'adoucissement, le contrôle de la corrosion et la chloration.

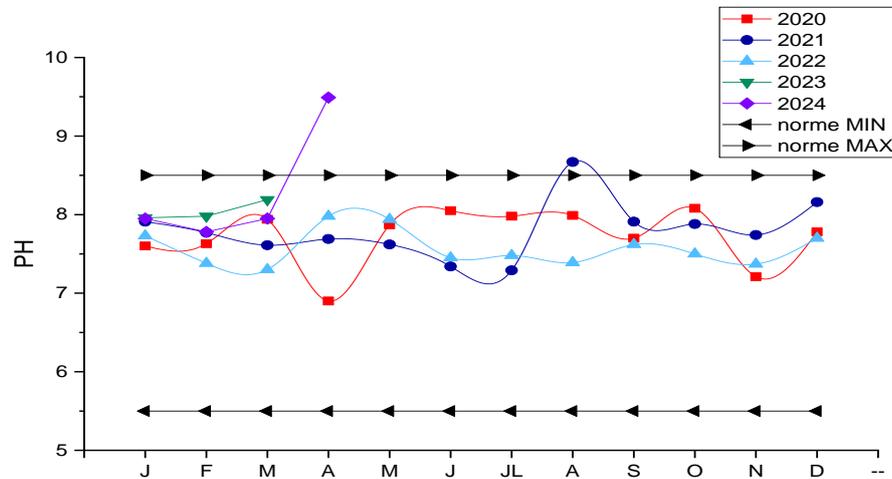


Figure 18: Variation de pH à la station de L'AMRIA (2020-2024)



Figure 19: pH meter

Les constatations faites en exploitant le graphe qui représentent les mesures du pH (potentiel d'hydrogene) durant la période de 2020 à 2024 (**Figure 18**) , pendant la les années 2020,2022,2023cette période dont le pH durant tout les mois des années sus citees était dans les normes ,par ailleurs pendant le mois d'aout de l'année 2021 et le mois d'avril 2024 , ce laps de temps a connu un dépassement des normes pour le pH.

IV.4.1.2 Matière en suspension MES

Les matières en suspension (MES) sont des particules présentes dans l'eau qui ne sont ni dissoutes ni colloïdales. Elles constituent un intermédiaire entre les particules minérales, comme le sable ou les poussières de carbone, et les particules mucilagineuses. Les MES contiennent des matières organiques et minérales.

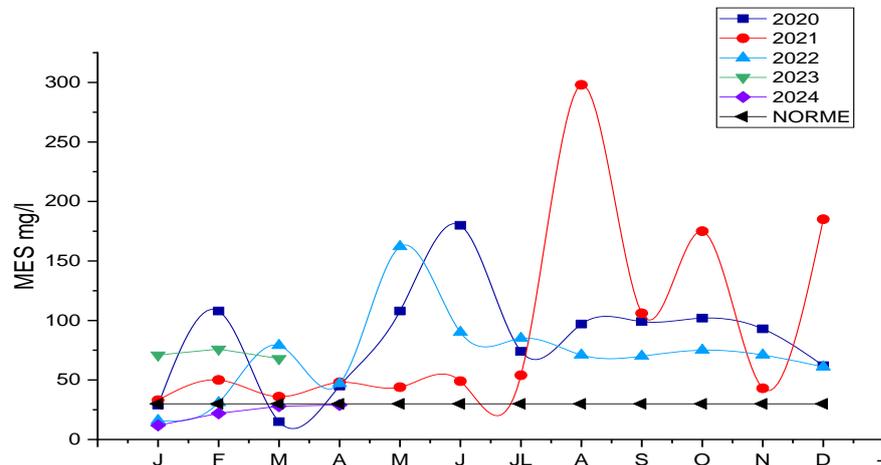


Figure 20: Variation de la MES à la station de L'AMRIA (2020-2024)

Pour les matières en suspension (MES) (**Figure 20**), l'année 2020, seulement le mois de mars était dans les normes, même pour l'année 2021, seulement le mois de janvier était dans les normes, l'année 2022 seulement les mois de janvier et février étaient dans les normes, par ailleurs, la step était hors fonction durant la période qui s'étale du mois de d'avril au mois de décembre 2023), car la période de janvier au mars 2023 était sous les normes, mais durant l'année 2024 (du mois de janvier au mois d'avril) était dans les normes.

IV.4.2 Les paramètres chimiques

IV.4.2.1 Demande biochimique en oxygène DBO₅

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) indique la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou en suspension dans l'eau. Elle est exprimée en mg/L et sert de bon indicateur pour évaluer la quantité de matières organiques biodégradables dans l'eau. La valeur de la DBO₅ est mesurée après cinq jours à une température de 20°C.

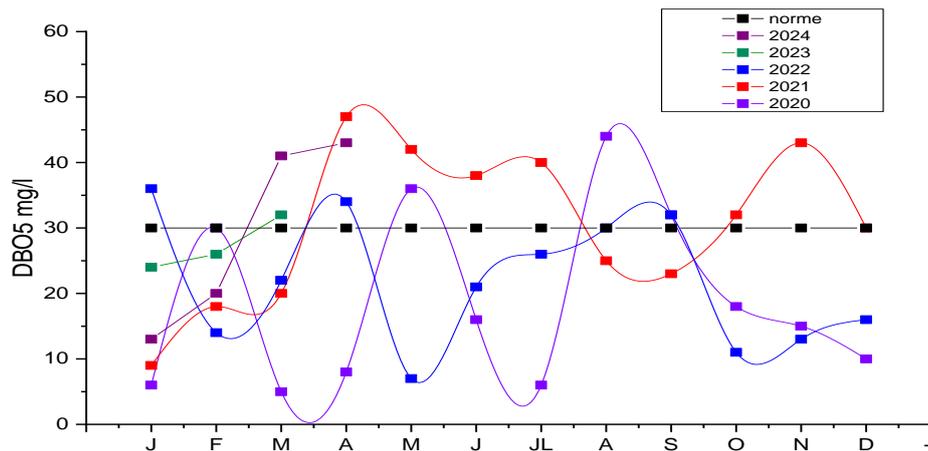


Figure 21: Variation de la DBO₅ à la station de L'AMRIA (2020-2024)

L'analyse du graphe du DBO₅ (**Figure 21**) révèle des dépassements des normes aux périodes suivantes : en 2020, les mois de mai et août ; en 2021, les mois d'avril, mai, juin, juillet, octobre et novembre ; en 2022, les mois de janvier, avril et septembre ; en 2023, le mois de mars ; et en 2024, les mois de mars et avril.



Figure 22 : Incubateur DBO de la STEP bouzagar

IV.4.2.2 Demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg/L, mesure la concentration en oxygène requise lors d'une réaction d'oxydation chimique utilisant du dichromate de potassium avec du sulfate d'argent comme catalyseur. Cette méthode permet d'obtenir rapidement un résultat mais ne renseigne pas directement sur la biodégradabilité de l'effluent. Certaines fractions de matière organique sont très difficiles, voire impossibles, à dégrader (appelées "DCO dure" ou "réfractaire"). Ces fractions posent peu de problèmes lors du traitement des eaux usées urbaines, mais sont plus préoccupantes dans le cas des effluents industriels ou mixtes, où il est souvent difficile de respecter les limites réglementaires pour les rejets traités.

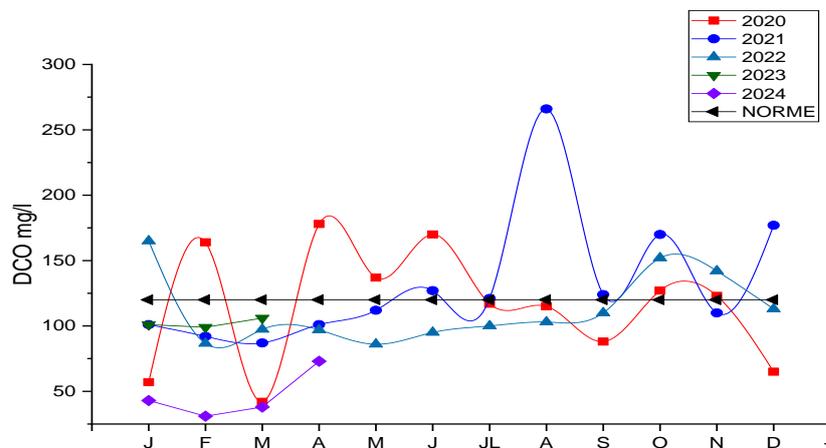


Figure 23: Variation de la DCO à la station de L'AMRIA (2020-2024)



Figure 24: DCO metre

Pour les années 2020 (mois de fevrier , avril , mai , juin , aout), 2021 (mois de juin , aout, octobre , decembre) et 2022 (mois de janvier , octobre,novembre) , ces periodes ont connu un depassement des normes nationales, pr ailleurs les années 2023 et 2024 etaient dans les normes.

IV.4.2.3 L'azote ammoniacal NH₄

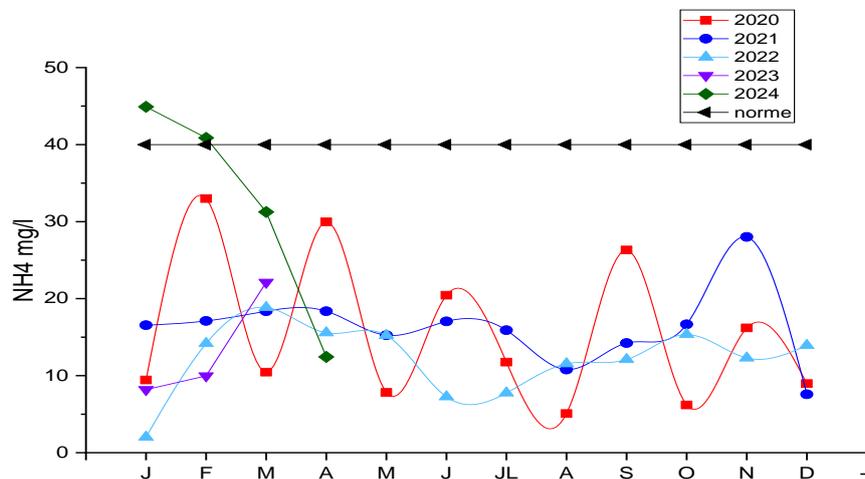


Figure 25 : Variation de la DCO à la station de L'AMRIA (2020-2024)

Pour les années 2020 à 2023, les mesures étaient conformes aux normes nationales. Cependant, en janvier 2024, il y a eu un dépassement par rapport aux normes.

IV.4.3 Les indicateurs de performance

Les indicateurs de performance sont des outils d'aide à la décision et de suivi facile à utiliser et elle nous permis de évalué et diagnostiqué pour assurer un progrès continu.

IV.4.3.1 Rapport DCO/DBO5

Le rapport DCO/DBO5 a une importance pour la définition de la chaine d'épuration. Il permet d'évaluer la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné .En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO5 implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables ce qui permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique. [35]

- $DCO/DBO5 < 3$ effluent facilement biodégradable
- $3 < DCO/DBO5 < 5$ effluent moyennement biodégradable
- $DCO/DBO5 > 5$ effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable. (Rodier, Analyse de l'eau).

Le rapport DCO/DBO5 permet d'indiquer si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO5 inférieur à 3). [35]

Le rapport DCO/DBO5 permet de déduire si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO5 inférieur à 3). [35]

Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables.[35]

a) Rapport DCO/DBO5 à la Station de l'Amria

Les tableaux ci-dessous résumant les valeurs de la Demande Biologique en Oxygène (DBO), de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), et du rapport DCO/DBO5 pour la station de l'Amria sur la période de 2020 à 2024, ainsi que la classification de l'effluent en termes de biodégradabilité.

➤ 2020

Tableau 10:rapport DCO/DBO5 2020

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	18,83	115,25	6,12

DCO/DBO5 > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

➤ 2021

Tableau 11:rapport DCO/DBO5 2021

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	30,58	132,33	4,33

3 < DCO/DBO5 < 5 effluent moyennement biodégradable

➤ 2022

Tableau 12:rapport DCO/DBO5 2022

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	21,83	112,25	5,14

DCO/DBO5 > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

➤ 2023

Tableau 13:rapport DCO/DBO5 2023

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	27,33	102	3,73

3 < DCO/DBO5 < 5 effluent moyennement biodégradable

➤ 2024

Tableau 14:rapport DCO/DBO5 2024

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	29,25	46,25	1,58

DCO/DBO5 < 3 effluent facilement biodégradable

IV.4.3.2 Rapport MES/DBO5

Le rapport MES/DBO5 indique la répartition de la pollution particulaire représentée par la MES et de la pollution dissoute représentée par la DBO5.

Les valeurs de ce ratio varient en fonction du phénomène de sédimentation-érosion au sein du réseau ainsi qu'au lessivage du sol (d'après Chebbo 1992), des valeurs importantes pour ce rapport sont observées suite à des événements pluvieux importants, en effet plusieurs études montrent que le flux de MES rejeté par temps de pluie dans les milieux récepteurs proviennent majoritairement de la remise en suspension des dépôts accumulés (dépôts et biofilms) dans le collecteur. [35]

IV.5 Analyse du Rendement des Paramètres Physico-chimiques de la Station de l'Amria

IV.5.1 Paramètres Physiques

IV.5.1.1 Matière en Suspension

A. 2020

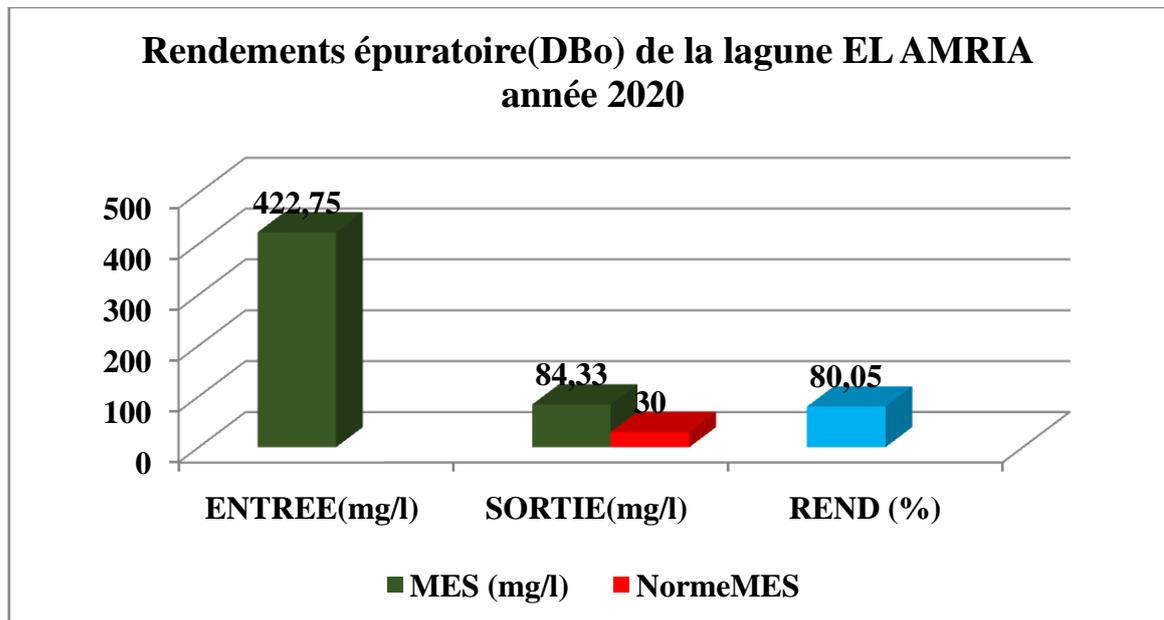


Figure 26: Rendements épuratoire(MES) de la lagune EL AMRIA année 2020

B. 2021

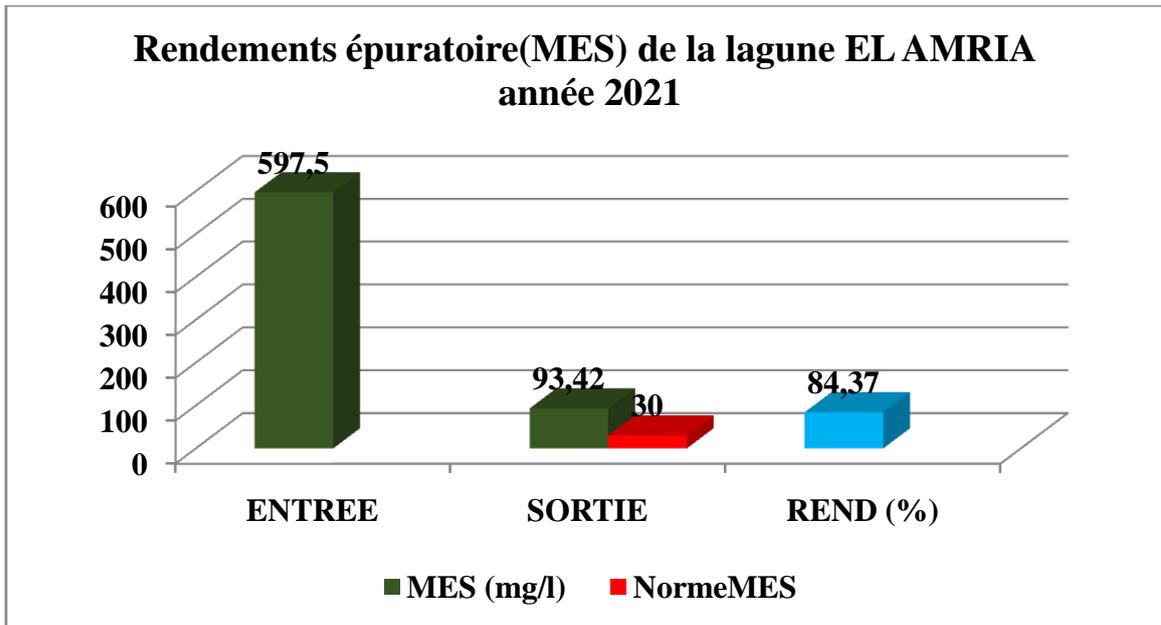


Figure 27: Rendements épuratoire(MES) de la lagune EL AMRIA année 2021

C. 2022

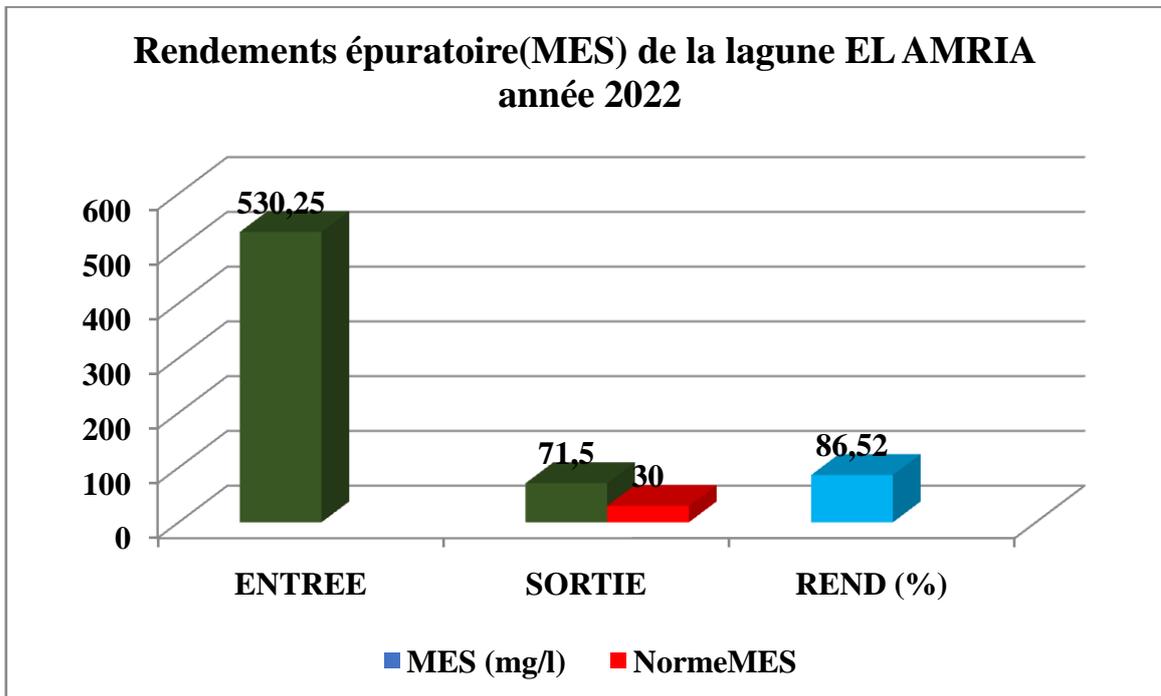


Figure 28: Rendements épuratoire(MES) de la lagune EL AMRIA année 2022

D. 2023

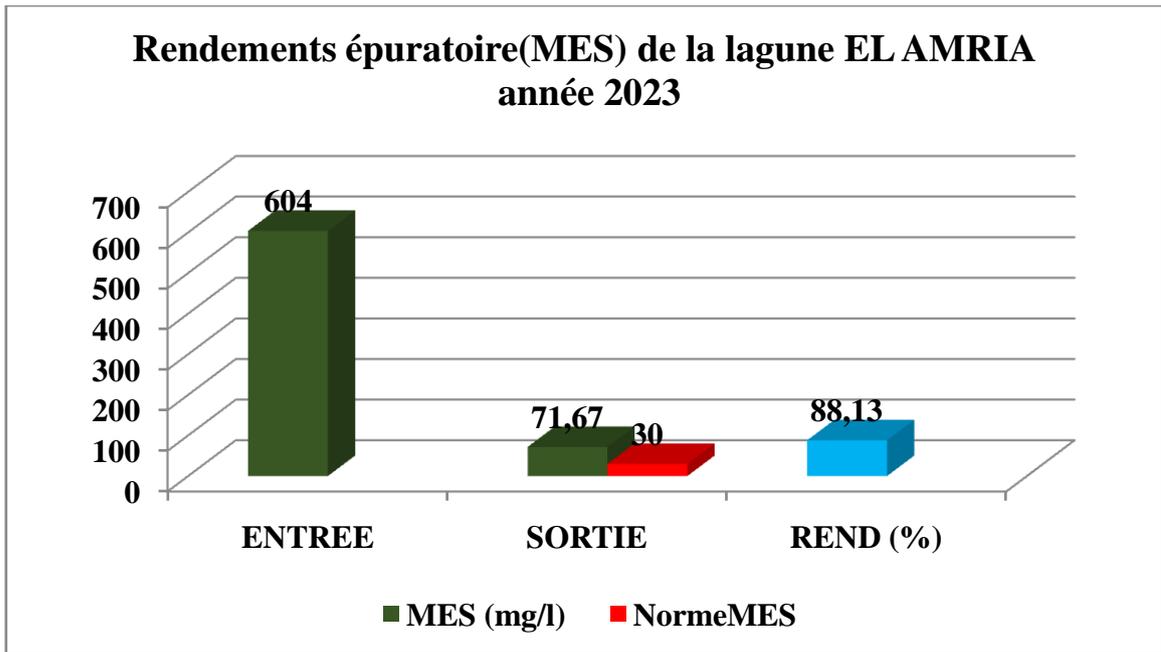


Figure 29: Rendements épuratoire(MES) de la lagune EL AMRIA année 2023

E. 2024

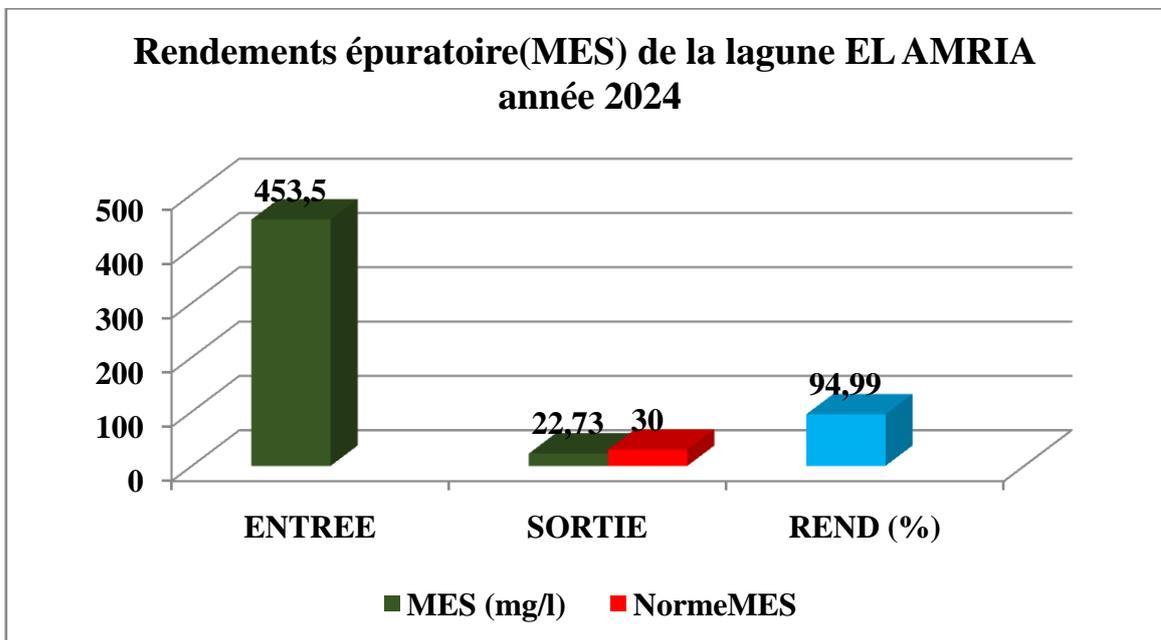


Figure 30: Rendements épuratoire(MES) de la lagune EL AMRIA année 2024

IV.5.2 Paramètres Chimiques

IV.5.2.1 Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

A. 2020

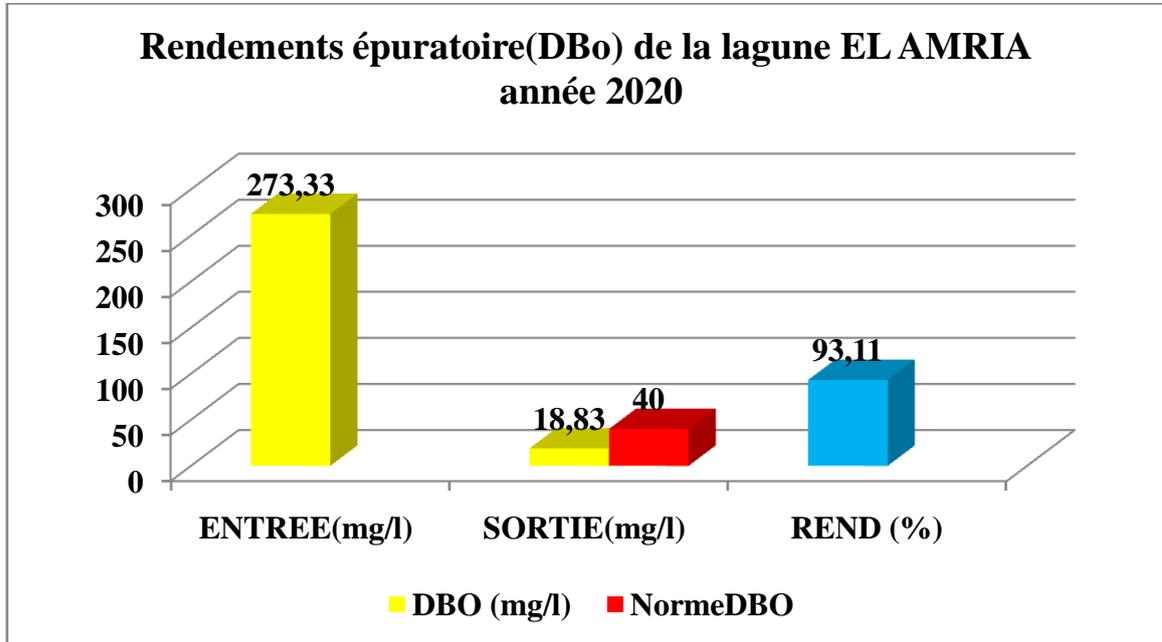


Figure 31: Rendements épuratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2020

B. 2021

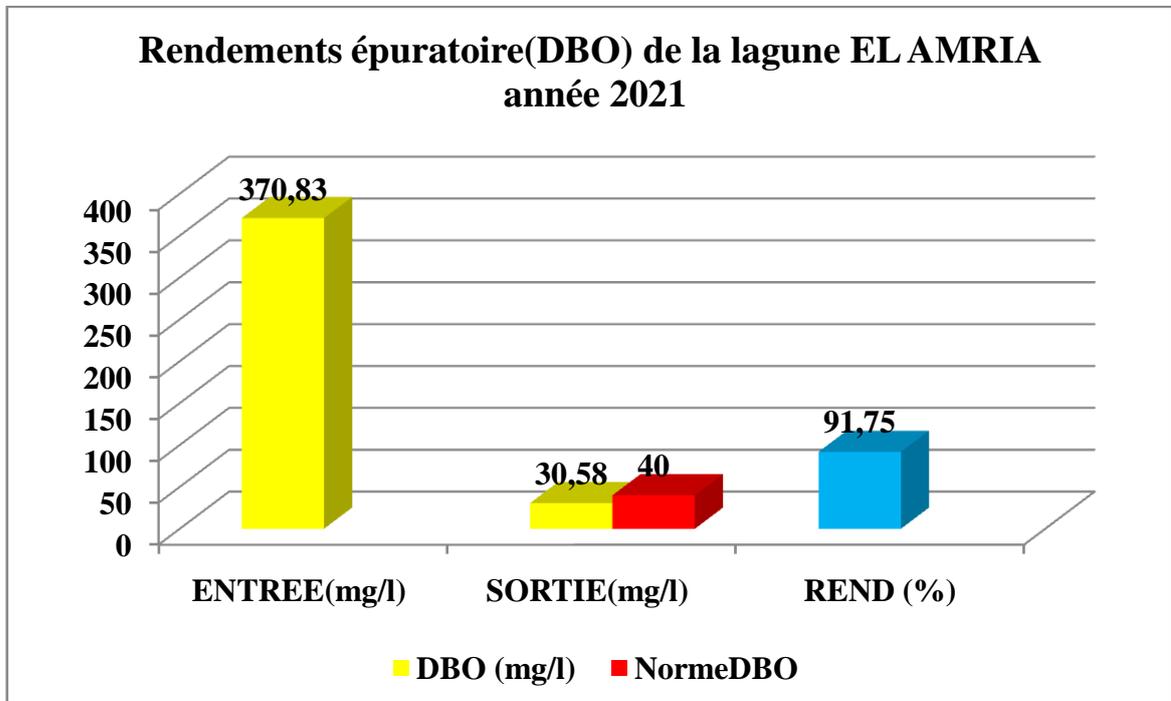


Figure 32: Rendements épuratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2021

C. 2022

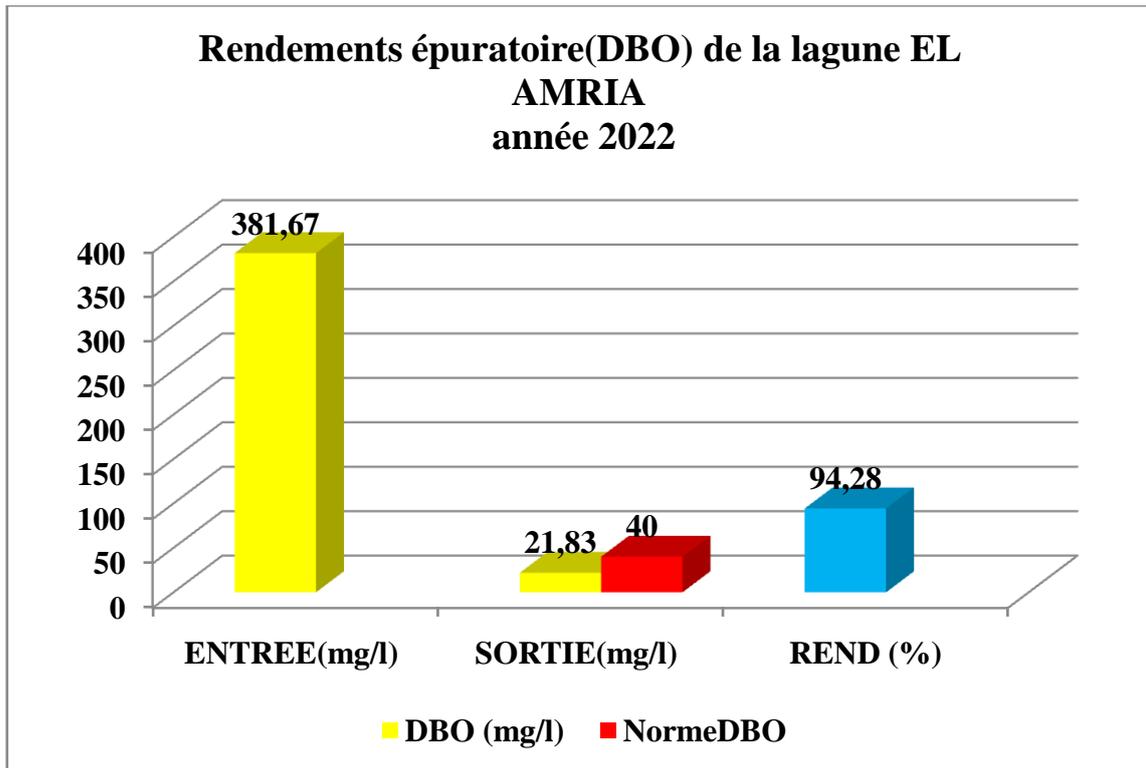


Figure 33: Rendements épuratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2022

D. 2023

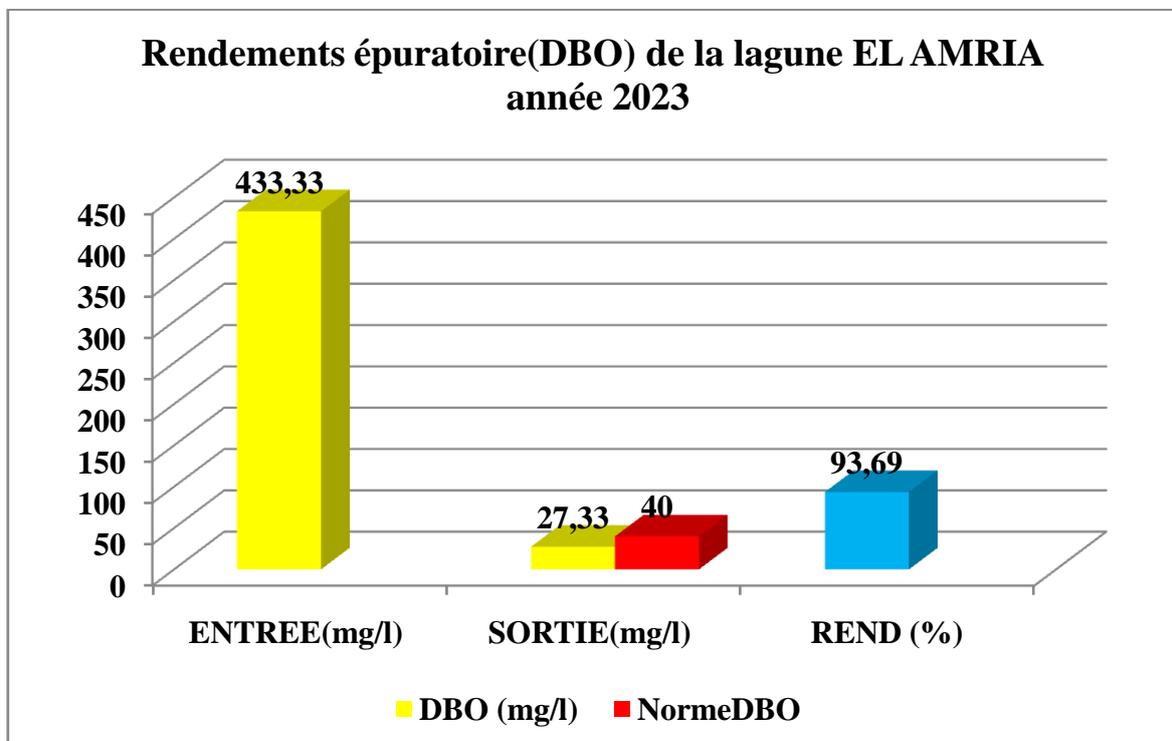


Figure 34: Rendements épuratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2023

E. 2024

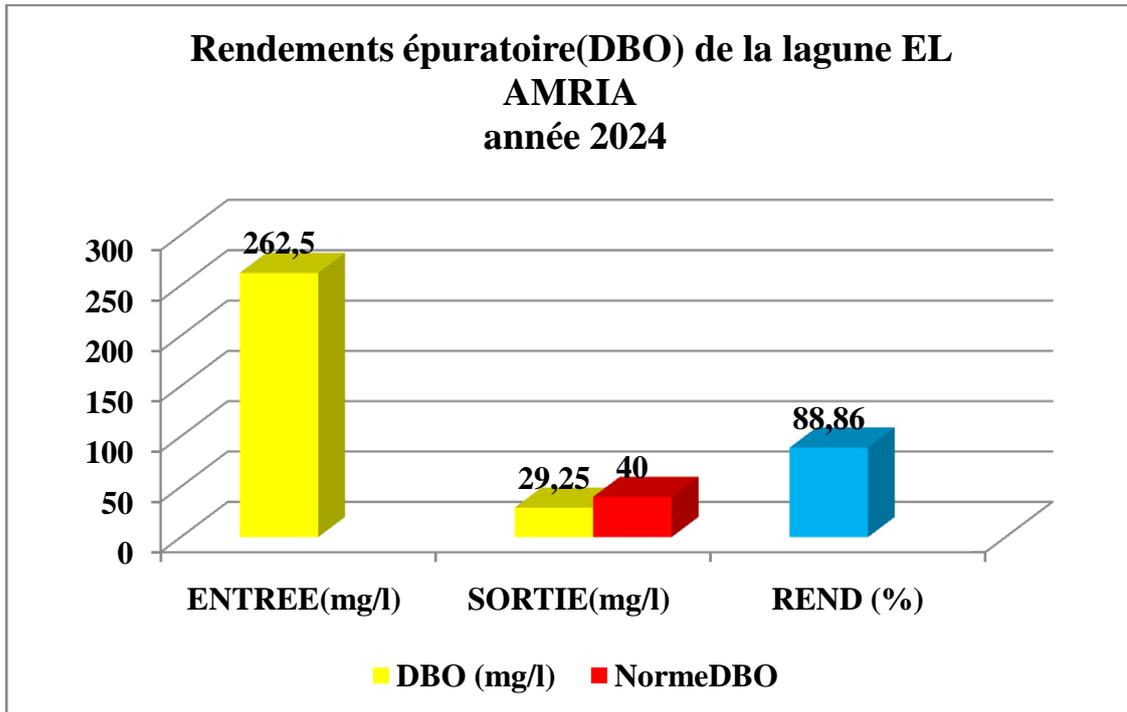


Figure 35: Rendements épuratoire(DBO) de la lagune EL AMRIA année 2024

IV.5.2.2 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

A. 2020

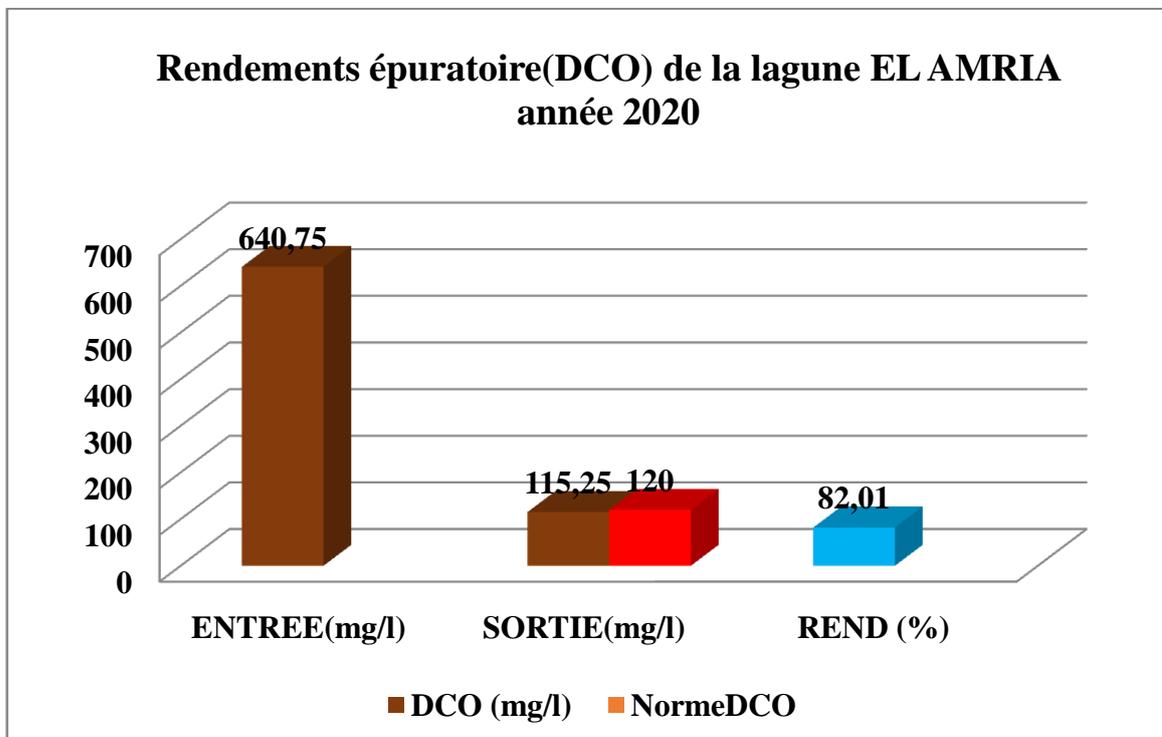


Figure 36: Rendements épuratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2020

B. 2021

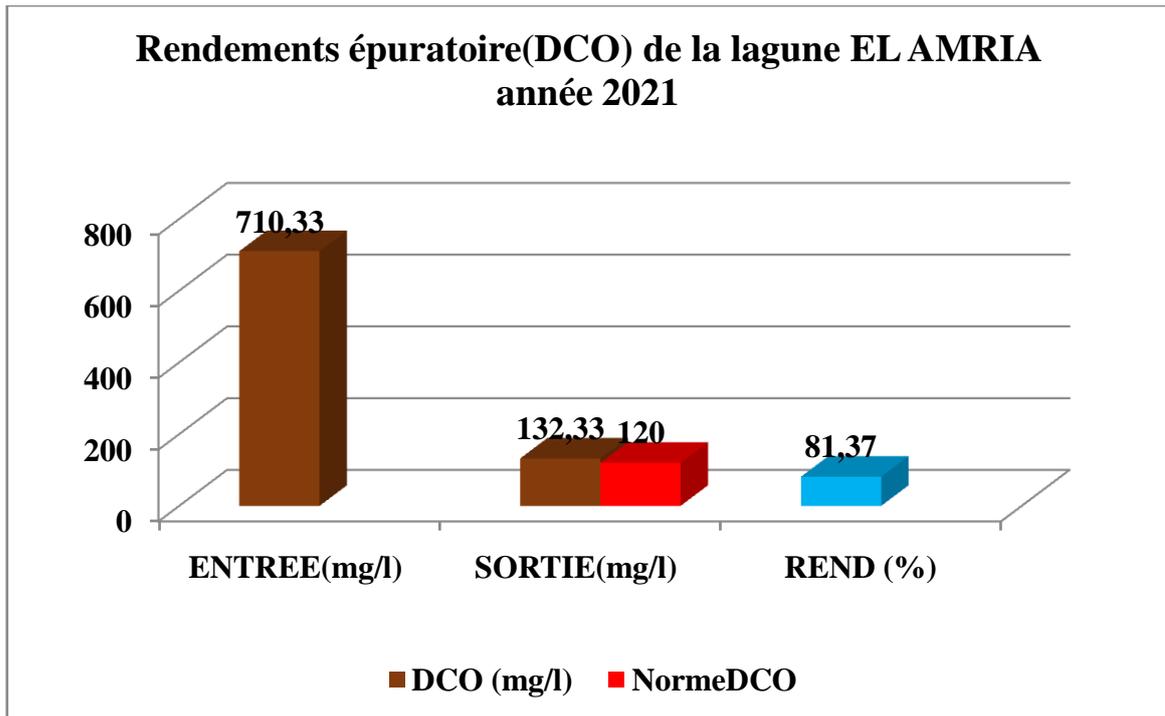


Figure 37: Rendements épuratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2021

C. 2022

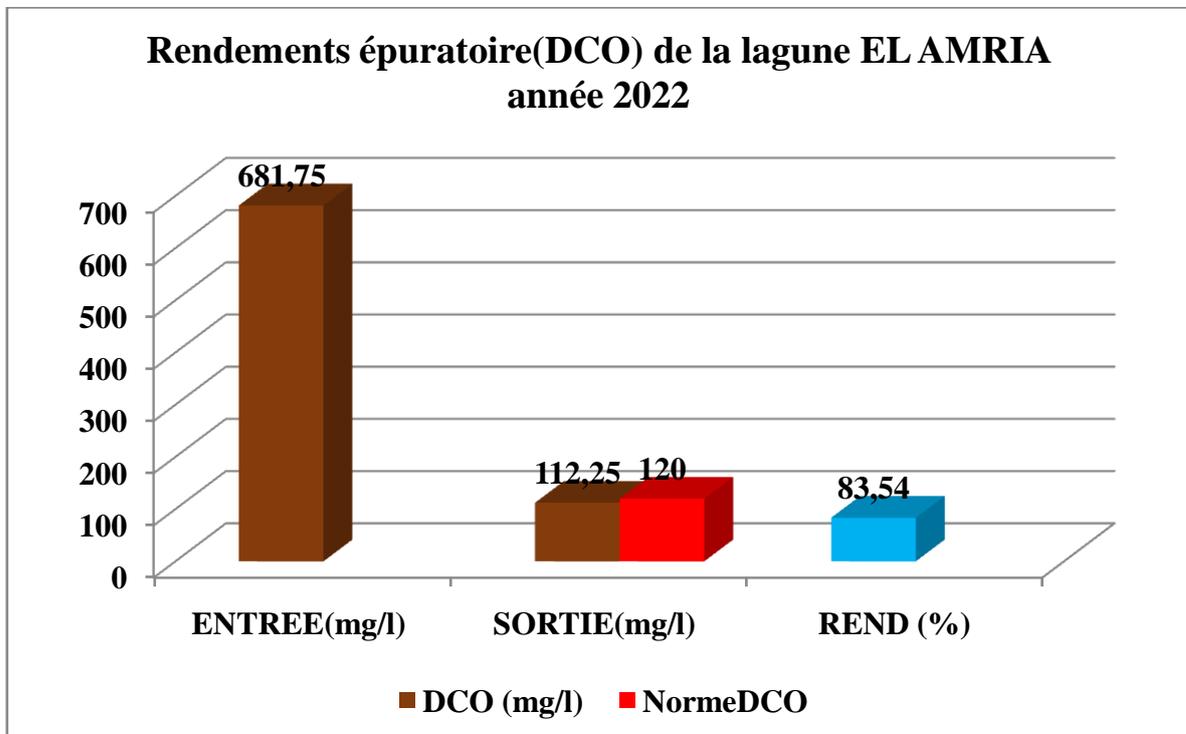


Figure 38: Rendements épuratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2022

D. 2023

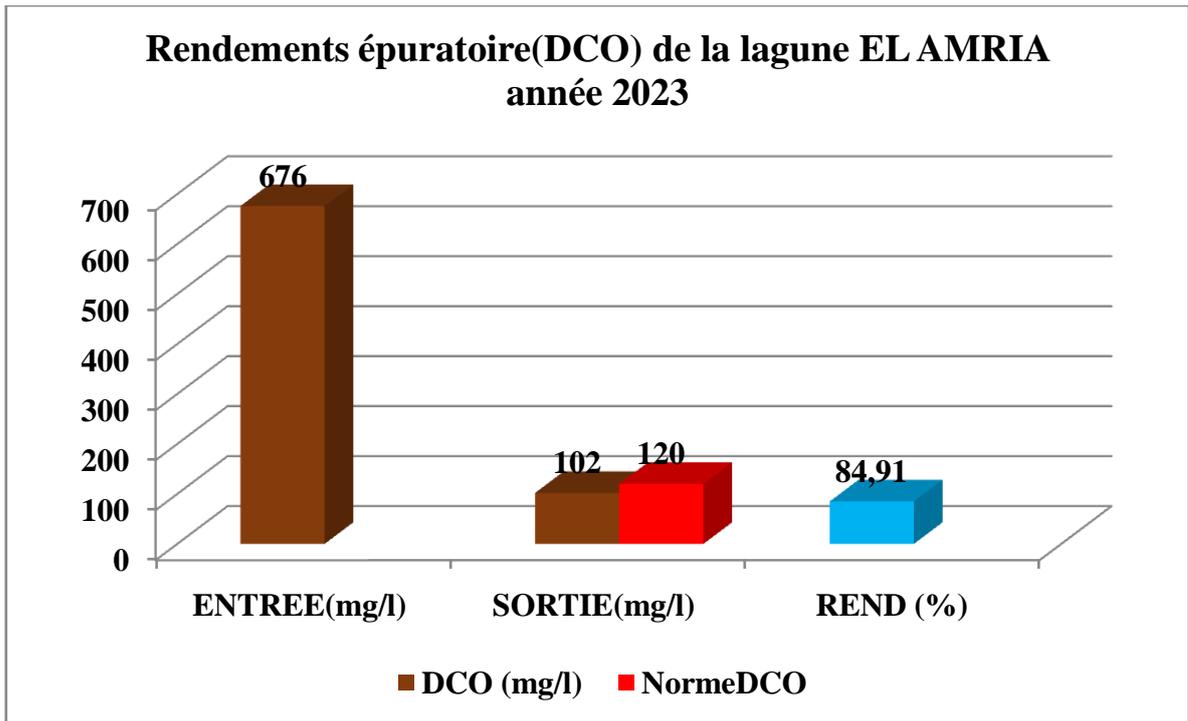


Figure 39: Rendements épuratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2023

E. 2024

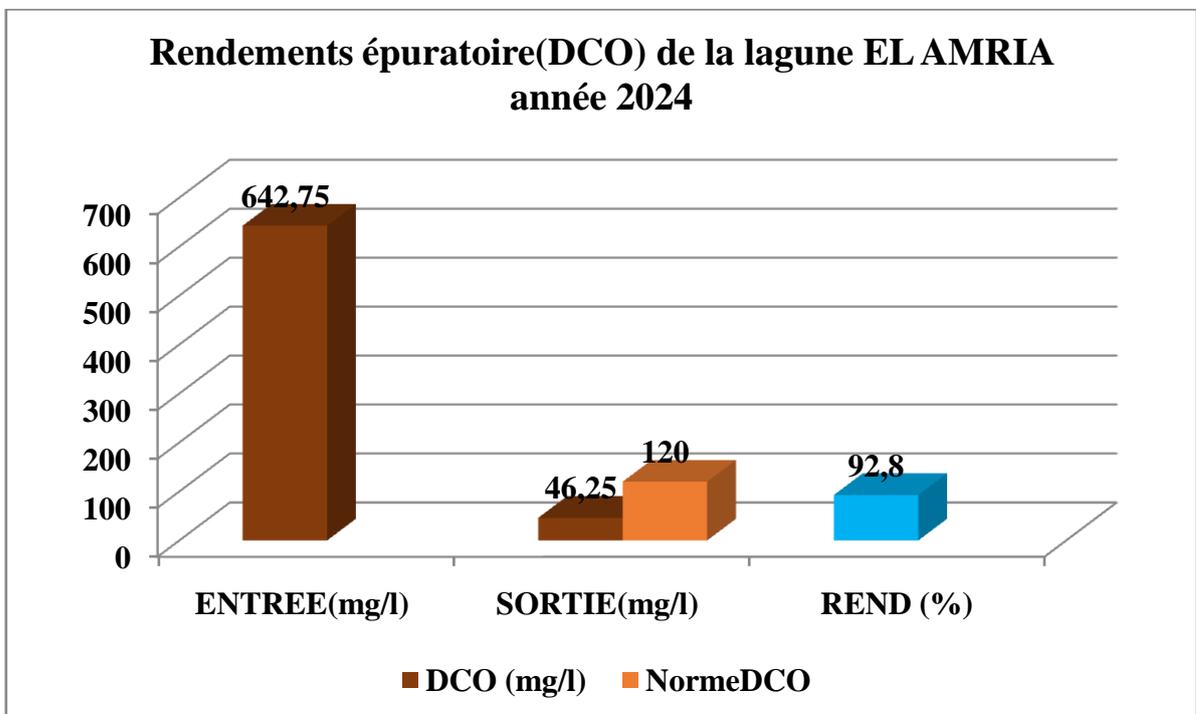


Figure 40: Rendements épuratoire(DCO) de la lagune EL AMRIA année 2024

IV.5.2.3 Ammonium (NH₄)

A. 2020

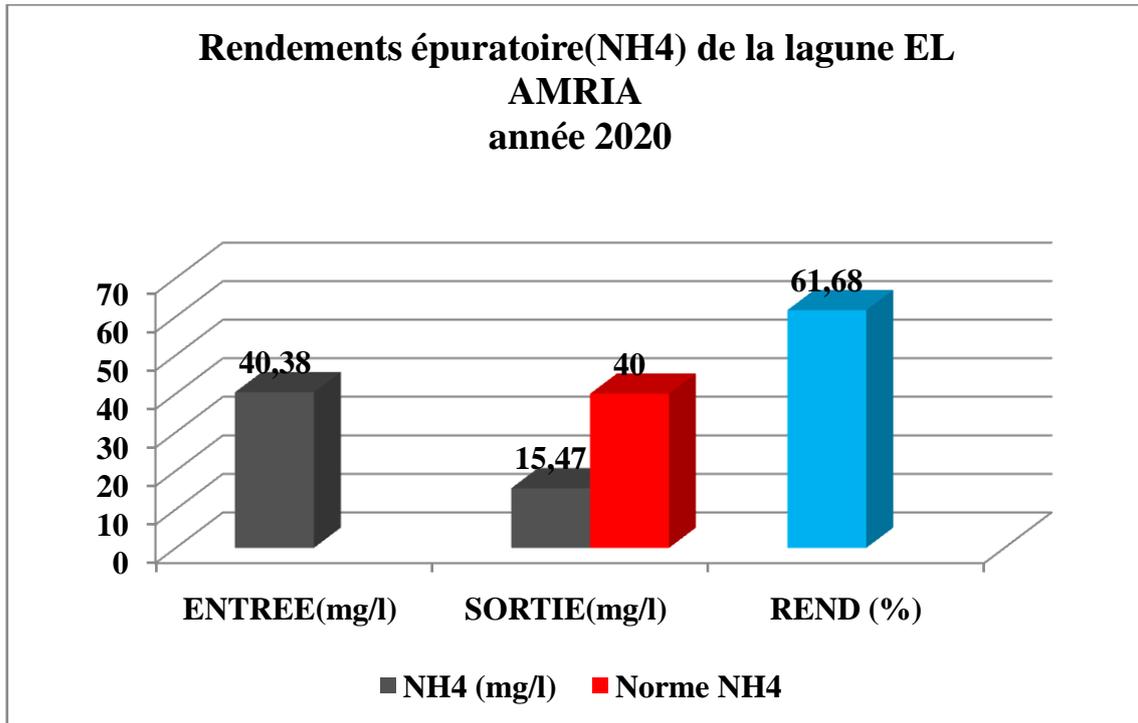


Figure 41: Rendements épuratoire(NH₄) de la lagune EL AMRIA année 2020

B. 2021

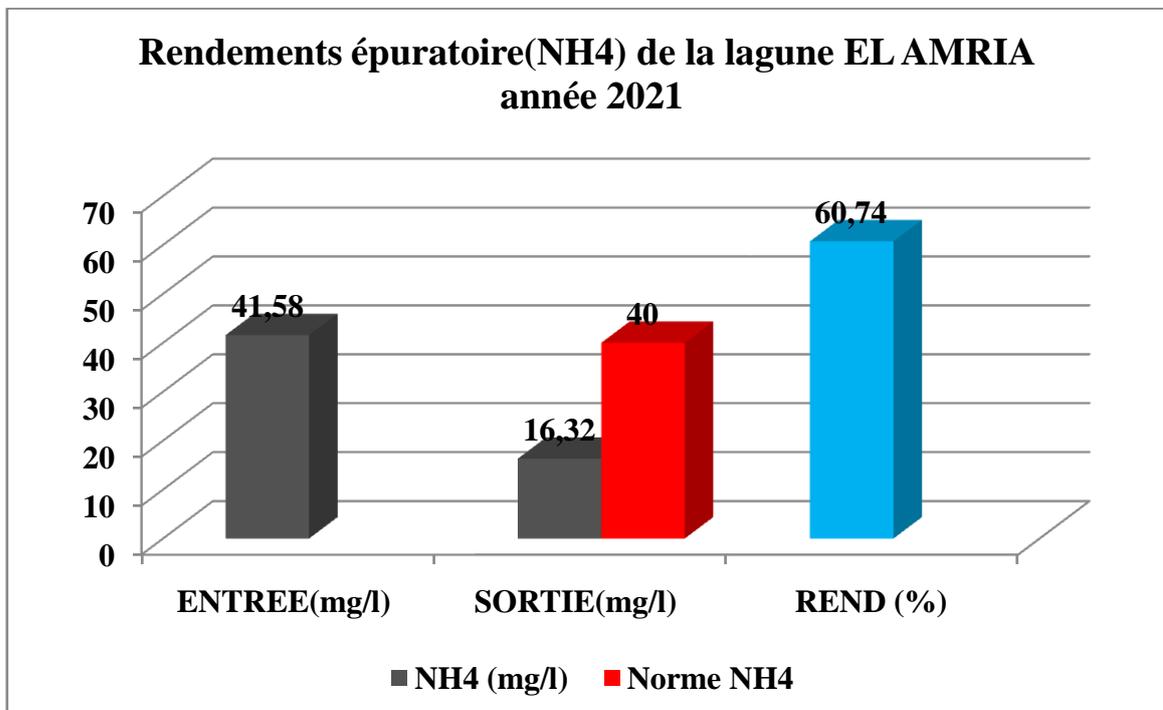


Figure 42: Rendements épuratoire(NH₄) de la lagune EL AMRIA année 2021

C. 2022

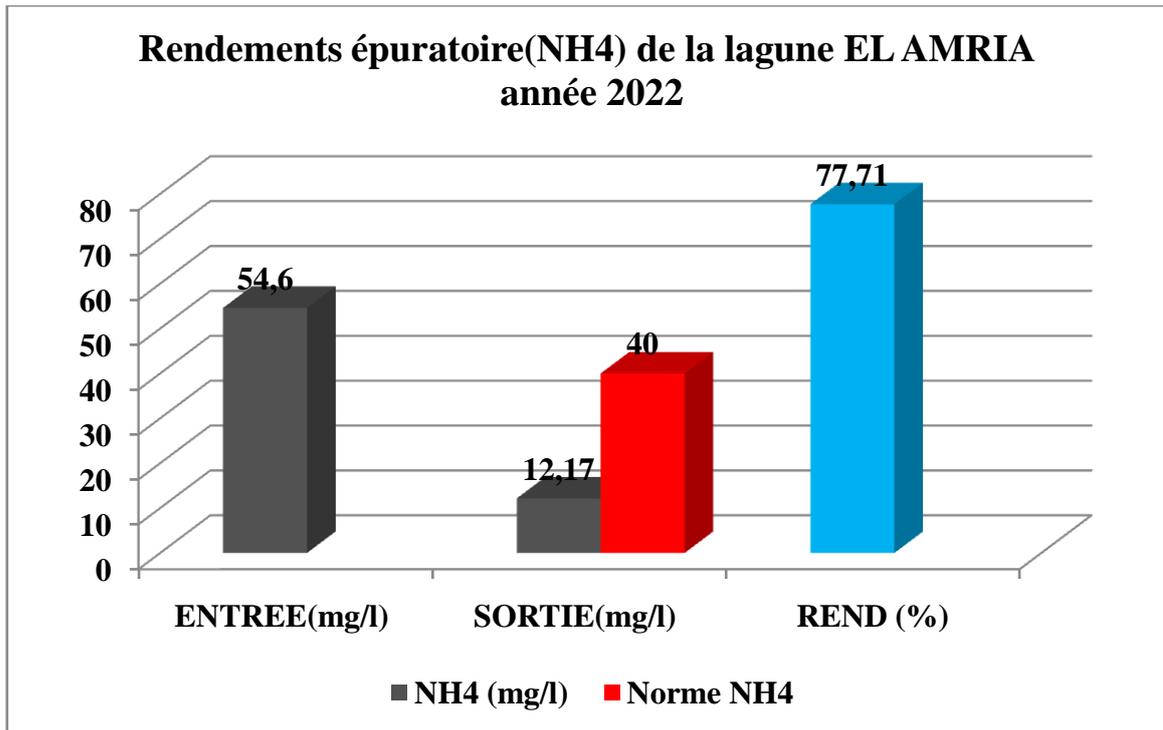


Figure 43: Rendements épuratoire(NH4) de la lagune EL AMRIA année 2022

D. 2023

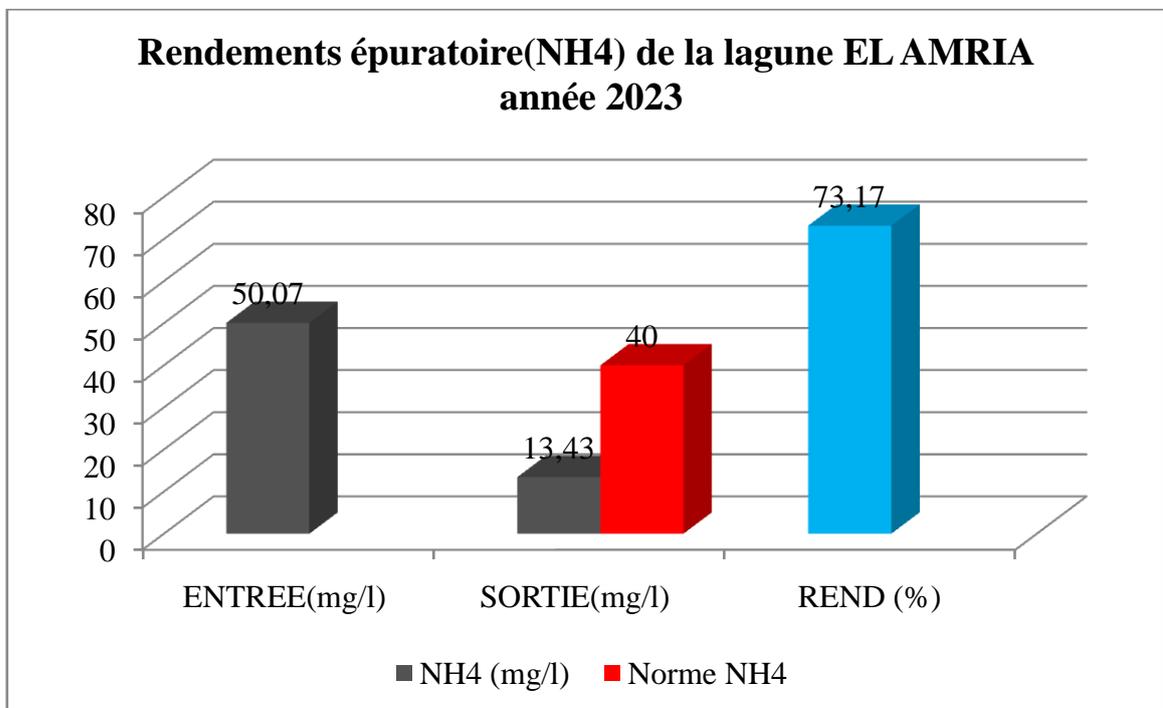


Figure 44: Rendements épuratoire(NH4) de la lagune EL AMRIA année 2023

E. 2024

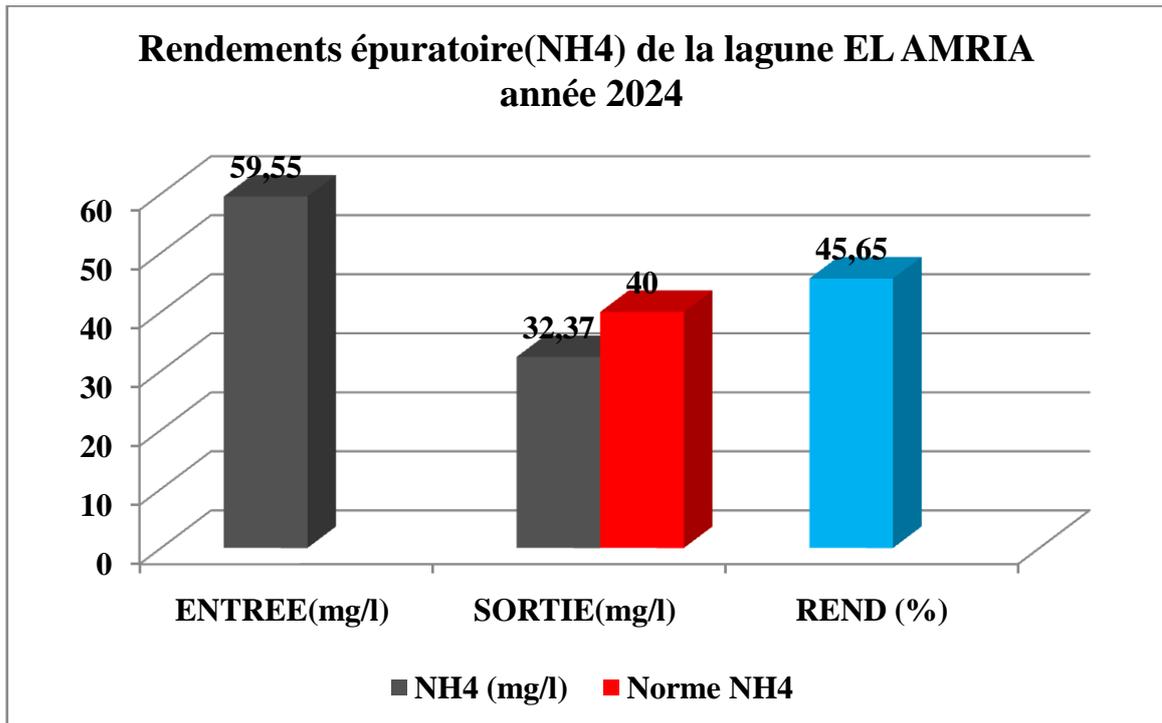


Figure 45: Rendements épuratoire(NH₄) de la lagune EL AMRIA année 2024

IV.6 Recommandation

Mise en eau préalable pour éviter les risques de fissuration de l'argile de lagunes et leur colonisation par les végétaux causes des fuites ultérieures.

Le curage complet des bassins reste l'opération la plus contraignante, elle n'intervient généralement qu'après plusieurs années de fonctionnement (minimum 2 à 6 ans), pour des conditions d'alimentation normales, il est souhaitable de procéder en deux temps : siphonage de l'eau, puis reprise des boues.

D'évaluer les pertes par évaporation, par la suite ils permettront de détecter les infiltrations en cas de détérioration de l'étanchéité. L'exploitation devra en particulier vérifier les points suivants :

- ✓ Le bon écoulement de l'eau.
- ✓ L'absence de flottant
- ✓ La couleur de l'eau.
- ✓ L'absence d'odeurs.
- ✓ L'état des digues. [36]

IV.6.1 Le suivi technique

Malgré la rusticité du lagunage, tout comme les autres types de procédés d'épuration, il doit bénéficier d'un suivi technique adopté à sa spécificité. Le but est donc de proposer aux techniciens assurant le suivi une panoplie de moyens à mettre en oeuvre pour atteindre les objectifs suivants :

- ✓ Maintien des installations en bon état ;
- ✓ Appréciation de la qualité des rejets ;
- ✓ Evaluation des rendements. [36]

IV.6.2 Contrôle des paramètres de pollution

Il est utile de procéder à des campagnes de prélèvements et d'analyses des eaux à l'entrée et à la sortie de la station pour pouvoir garantir le fonctionnement du système et son rendement épuratoire, ce qui permet aussi de procéder à une banque de données concernant la qualité des eaux usées.[37]

IV.6.3 Décision de curage

La décision de curer un bassin nécessite un diagnostic de l'état d'envasement. L'opération de curage doit être réalisée en fonction des contraintes locales (hors pointes de charge, hors étiage, en période d'épandage favorable), et sa durée doit être la plus courte possible.

Les curages se font généralement lorsque le volume de boue atteint 30% du volume du bassin. Le rythme d'accumulation des boues étant très variable suivant les installations, il est difficile de donner un âge moyen ; en pratique, une dizaine d'années la première fois en raison la sous-charge habituelle des installations. Par la suite la périodicité serait de sept, voire cinq ans. [33]

IV.6.3.1 Méthode de curage

Deux méthodes sont habituellement utilisées pour le curage des bassins de lagunage :

- Le curage dit à sec ;
- Le curage sans vidange dit "sous eau".

A. Curage à sec

Après mise hors circuit du bassin à nettoyer, la lame d'eau couvrant les boues est évacuée par pompage, par siphonage ou par gravité vers le bassin suivant.

Les sédiments sont alors homogénéisés manuellement ou avec un engin mécanique, puis pompés avec une tonne à lisier ou avec un camion hydrocureur. Cependant, toute utilisation d'un engin mécanique susceptible de dégrader l'étanchéité du bassin est absolument à proscrire. [36]

B. Curage sous eau

Le curage sous eau est effectué à l'aide d'une tête de succion supportée par un radeau et reliée à un camion hydrocureur. Le radeau est déplacé depuis la berge à l'aide d'un système de moufle le long d'un câble[38]

C. Avantages et inconvénients de chaque méthode

Le curage sous eau ne permet pas de garantir la régularité de la reprise des sédiments. Par ailleurs, bien qu'articulée, la tête de succion passe difficilement à proximité des berges. Cette technique supprime toutefois la nécessité de "by-passer" le bassin à nettoyer.

Si le curage après élimination de la lame d'eau peut être total, la difficulté de l'opération réside dans l'homogénéisation correcte des boues. Cette homogénéisation peut être rendue indispensable par la teneur importante en MES des boues anciennes et par les performances du matériel de pompage. Les pompes de petites puissances ne permettent pas en général la reprise de boues dont la teneur en MES est supérieure à 50 g/l, or la teneur en MES des boues de lagune peut atteindre 150 g/l.

Une mauvaise homogénéisation s'accompagne d'un allongement important du temps de pompage quand les boues s'épaississent. De ce fait, la dilution qui accompagne la reprise des boues par succion sous l'eau (au demi environ), et qui conduit à accroître le volume final à éliminer, constitue un avantage en facilitant le pompage des boues les plus épaisses.

Le volume de boue repris après raclage au tracteur est de l'ordre de 200 m³/j et 100 m³/j pour un raclage manuel.

Quelle que soit la technique mise en oeuvre, la durée moyenne d'un chantier pour un bassin primaire peut être estimée à une semaine, sauf pour les cas des plus petites installations, les moyens en personnel et en matériel étant à adapter à la dimension des bassins.[36]

IV.7 Conclusin

Dans ce chapitre, nous avons entrepris une analyse approfondie des performances de la station de lagunage naturel d'El Amria. L'objectif principal était d'évaluer l'efficacité de cette méthode de traitement des eaux usées en comparant les résultats obtenus avec les normes algériennes et internationales.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont révélé quelques irrégularités dans les performances de la station de lagunage naturel. Les paramètres physiques tels que la température et la turbidité, ainsi que les paramètres chimiques comme la demande biologique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO), et les concentrations en ammonium (NH_4^+), ont parfois montré des niveaux de polluants supérieurs aux normes acceptables.

L'étude des rendements épuratoires a indiqué que la station d'El Amria, bien qu'ayant quelques irrégularités, parvient globalement à réduire les niveaux de MES, DBO, DCO et NH_4^+ . Cependant, ces performances ne sont pas toujours constantes et certaines valeurs dépassent les normes.

Il est à noter que la station était en état de maintenance en 2023, en raison de problèmes de niveau à la station de relèvement. Cette maintenance a probablement affecté les performances de la station, entraînant des irrégularités dans les résultats des tests.

Des recommandations ont été formulées pour améliorer davantage les performances de la station. Parmi celles-ci, un suivi technique rigoureux et régulier, des contrôles fréquents des paramètres de pollution, et des interventions de curage planifiées sont essentiels pour assurer le bon fonctionnement et la durabilité de la station.

En conclusion, le chapitre a mis en évidence que la station de lagunage naturel d'El Amria, malgré quelques irrégularités, reste une solution viable pour le traitement des eaux usées. Toutefois, des améliorations sont nécessaires pour garantir une conformité constante aux normes environnementales.

Conclusion générale

Conclusion générale

La présente étude visait à évaluer les performances épuratoires de la station de lagunage naturel d'El Amria, située dans la wilaya d'Aïn Témouchent en Algérie. Cette station joue un rôle crucial dans la gestion des eaux usées de la région, en offrant une méthode de traitement écologique et durable adaptée aux conditions locales.

Les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques menées sur les eaux entrantes et sortantes de la station ont permis de démontrer l'efficacité du lagunage naturel dans la réduction des polluants. Les paramètres étudiés, notamment le pH, les matières en suspension (MES), la demande biologique en oxygène (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'ammonium (NH_4^+) et la conductivité, ont montré des variations saisonnières influencées par les conditions climatiques.

L'analyse des données sur la période 2020-2024 a révélé des résultats alarmants concernant les performances épuratoires de la station. Toutes les mesures indiquent que les niveaux de traitement sont largement en deçà des normes réglementaires établies. Même durant les saisons plus favorables comme l'été, les performances demeurent très insuffisantes, en dépit des conditions climatiques propices telles que l'ensoleillement et les températures élevées. En hiver, la situation est encore plus préoccupante avec une activité biologique quasiment nulle et des températures basses qui exacerbent les problèmes.

En conclusion, la station de lagunage naturel d'El Amria se trouve dans un état catastrophique en termes de traitement des eaux usées. Les résultats des analyses montrent que le système n'est pas en mesure de répondre aux exigences minimales pour une épuration efficace. Cela représente une menace grave pour l'environnement local et compromet la possibilité de réutiliser les eaux épurées pour l'irrigation. Des actions urgentes sont nécessaires pour réhabiliter et améliorer radicalement ce système afin de le rendre conforme aux normes requises.

Bibliographie

- [1] “W.Echenfelder, , Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, Techniques et documentations (Lavoisier).1982”.
- [2] “GOMELLA et GUERREE, Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p. 1978”.
- [3] “GAUJOUS, La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p. 1995”.
- [4] “BONTOUX, Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p. 1993”.
- [5] “A. GAID, Epuration biologique des eaux usées urbaines Tome I Ed. OPU Alger, 1984.”
- [6] “J. P. BECHAC-P. BOUTIN-B. MERCIER-P. NUER, Traitement des eaux usées Ed. EYROLLES , Bd St Germaine-75005 Paris cedex 05, 1984.”.
- [7] “Cloern, J. E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 223-253. DOI: 10.3354/meps210223”, doi: 10.3354/meps210223.
- [8] “Chapman, D. V. (Ed.). (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. CRC Press. ISBN: 9780419215905,” p. 1996, 1996.
- [9] “Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for environmental engineering and science*. McGraw-Hill. ISBN: 9780072480665”.
- [10] “Gray, N. F. (2008). *Drinking water quality: problems and solutions*. Cambridge University Press. ISBN: 9780521872640”.
- [11] “Manahan, S. E. (2005). *Environmental chemistry*. CRC Press. ISBN: 9780849339370.”
- [12] “Chapman, D. V. (Ed.). (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. CRC Press. ISBN: 9780419215905”.

- [13] “Wurtsbaugh, W. A., Paerl, H. W., & Dodds, W. K. (2019). Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *WIREs Water*, 6(5), e1373. DOI: 10.1002/wat2.1373,” vol. 6, p. 2019, 2019, doi: 10.1002/wat2.1373.
- [14] “ONA, SEAAL, SEOR, SEACO, 2018.”
- [15] “Sahnoun Ali Yacine, Contribution à la valorisation des boues des stations d’épuration des eaux usées, thèse de doctorat, département d’hydraulique, USTO -MB, 2019,” p. 2019, 2019.
- [16] “AERM, Procédés d’épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse, Juillet 2007.”
- [17] “ABOUANANI, A. TERFOUS et M. BENSLIMANE, Le lagunage en zone steppique, faisabilité et conception, cas de Belhadj dans la wilaya de Tlemcen, Thèse d’ingénieur d’état, université Aboubakre BELKAID, Tlemcen, 1998.”.
- [18] Mickels-Kokwe, “Y. Racault, Catherine Boutin, Pascal Molle. Le lagunage naturel en France : retour d’expérience et évolutions de la technique. 85ème Congrès de l’ASTEE, Deauville, 12-15 juin 2006, Jun 2006, Deauville, France. pp.12. (hal-02588045) ”.
- [19] “Conseil général de Seine-et- Marne, Fiche technique sur l’assainissement collectif n° 6Le Lagunage naturel,”.
- [20] “S. BELBAHRI, H. DAHMANE, Etude du rôle des sédiments dans l’épuration par lagunage naturel, Thèse de doctorat d’état Université de Batna, Rue Chahid BOUKHLOUF 05000, Batna – Algérie, 1984.”.
- [21] “F. VALION, La réutilisation des eaux usées, Ouvrage collectif rédigé sous la direction de Ed. du BRGM, BP 6009 11, rue Lavoisier, 45060 Orléans Cedex, 75384 Paris Cedex 08, 1983.”.
- [22] “LES CONFERENCES PROFESSIONNELLES de l’agence de l’eau Artois – Picardie, Le lagunage naturel en épuration, Agence de l’eau Artois – Picardie, 764 Boulevard Lahure BP 818 89508, DOUAL Cedex, Mardi 30 mars 1993”.
- [23] “(OFFICE NATIONAL DE L’ASSAINISSEMENT Fiche technique de station de lagunage naturel d’El Amria)”.
- [24] “RECHERCHE APPLIQUEE, Etude préliminaire du fonctionnement du lagunage

- naturel, Document ANRH.”.
- [25] “(Ona) office national d’assainissement.”
- [26] “Direction de l’Hydraulique.”
- [27] “Cartes et Atlas Géographiques.”
- [28] “google earth.pdf.”
- [29] “Meteobleue.pdf.”
- [30] “Météo-France. (2023). Pluviométrie. Récupéré de Météo-France.”
- [31] “o Office National de la Météorologie (ONM). (2022). Rapport annuel des conditions météorologiques en Algérie. Alger : ONM. Disponible sur : http://www.onm.dz/rapport_annuel_conditions_meteorologiques_2022.pdf”.
- [32] “Article académique sur les conditions météorologiques : o Smith, J., & Johnson, L. (2019). Defining cloud cover, sunshine, and precipitation days: A comprehensive review. *Journal of Meteorological Research*, 73(4), 123-135. <https://doi.org/10.1007/s13351-0>”.
- [33] “Article académique sur la mesure des précipitations : o Jones, P. D., & Hulme, M. (1996). Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations. *International Journal of Climatology*, 16(4), 361-377. <https://>”.
- [34] “Rapport météorologique officiel : o World Meteorological Organization (WMO). (2018). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8. Disponible sur : https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4147”.
- [35] “Memoir Les Indicateurs de performance et de suivi de la station d’épuration de Réghaia Melle MALEK Iman promo 2014”.
- [36] 1983. F. VALION, La réutilisation des eaux usées, Ouvrage collectif rédigé sous la direction de Ed. du BRGM, BP 6009 11, rue Lavoisier, 45060 Orléans Cedex, 75384 Paris Cedex 08, “No Title”.
- [37] “Mémoire épuration des eaux usée par lagunage performance épuratoire et critère de dimensionnement promo 2018/2019”.

- [38] “Guide méthodologique, le curage des lagunes d’épuration, agence de l’eau Loire-Bretagne, janvier 2013.”.

Bilan mensuels des analyses

I. Rendements epuratoires de la lagune d'El AMRIA annee 2020

➤ Eau brute

PARAMETRES	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décrmbre	MOYENNE
Volume mensuele M³	59444	34100	477016	37950	48020	59700	82150	53338	35810	32607	52500	25044	997679,00
MES mg/l	635	483	237	1286	234	340	325	181	349	186	396	421	422,75
DBO mg/l	230	450	350	450	240	260	210	190	250	140	180	330	273,33
DCO mg/l	645	733	746	1875	489	462	323	165	805	233	522	691	640,75
NH₄ mg/l	55,31	49,98	30,49	38,35	18,87	29,15	42,66	54,43	43,98	25,95	68,78	26,61	40,38
NO₂ mg/l	/	/	0,11	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,11
NO₃ mg/l	/	/	1,7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,70
NT mg/l	/	/	22,2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22,20
PO₄ mg/l	/	/	8,2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8,20
PT mg/l	/	/	6,95	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6,95
O₂ mg/l	/	/	4,32	0,23	0,1	0,6	0,24	0,61	0,75	0,12	0,3	0,16	0,74
Conductivité(μS/cm)	/	/	1628	1700	1900	2100	2300	2000	1914	3000	3000	2100	2164,20
PH	7,28	7,21	7,92	6,73	7,35	7,57	7,44	7,29	7,65	7,3	7,11	7,98	7,40
Temperature	5	5	11	6	6	6	25	26	12	5	4	6	9,75

➤ Eau épurée

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MAI	JUI N	JUILLE T	Aout	Septemb re	Octobr e	Novemb re	Décemb re	MOYENN E
Volume mensuele M³	56472	32395	42337 3	36053	4561 9	5671 5	78043	5067 1	34019	30977	49875	24044	918256,00
MES mg/l	29	108	15	45	108	180	74	97	99	102	93	62	84,33
DBO mg/l	6	30	5	8	36	16	6	44	32	18	15	10	18,83
DCO mg/l	57	164	42	178	137	170	117	115	88	127	123	65	115,25
NH4 mg/l	9,44	32,99	10,46	29,97	7,83	20,4 5	11,76	5,08	26,31	6,2	16,2	8,97	15,47
NO2 mg/l	/	/	0,07	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,07
NO3 mg/l	/	/	3,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,30
NT mg/l	/	/	38,42	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38,42
PO4 mg/l	/	/	4,85	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,85
PT mg/l	/	/	4,69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,69
O2 mg/l	/	/	10,27	3,5	6,56	8,19	5,5	11,0 8	5,58	5,98	4,91	6,11	6,77
Conductivité(µS/cm)	/	/	1586	1800	2300	2100	2700	3300	3740	1800	2500	2000	2382,60
PH	7,6	7,63	7,94	6,9	7,87	8,05	7,98	7,99	7,7	8,08	7,21	7,78	7,73
Temperature	5	5	12	6	6	6	25	26	12	5	4	6	9,83

➤ Rendements épuratoires

	MES (mg/l)	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	NH4 (mg/l)
ENTREE	422,75	273,33	640,75	40,38
SORTIE	84,33	18,83	115,25	15,47
REND (%)	80,05	93,11	82,01	61,68

II. Rendements épuratoires de la lagune d'El AMRIA année 2021

➤ Eau brute

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MAI	JUI N	JUILLE T	Aout	Septemb re	Octobr e	Novemb re	Décemb re	MOYENN E
Volume mensuele M³	34433	40648	35165	59108, 4	5587 9	4666 9	36720	2768 1	45840	35287	67348	20133	504911,40
MES mg/l	903	833	597	617	554	612	598	268	571	664	231	722	597,50
DBO mg/l	490	450	430	490	380	360	380	190	260	490	290	240	370,83
DCO mg/l	753	726	681	778	651	624	718	743	731	791	563	765	710,33
NH4 mg/l	28,3	31,86	36,41	36,41	31	34,5	52,1	25,0 2	48,11	57,36	61,84	56,07	41,58
NO2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NO3 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PO4 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
O2 mg/l	0,12	1,65	0,78	0,19	1,5	0,14	0,47	0,63	0,72	0,09	1,04	0,99	0,69
Conductivité(μS/c m)	2220	2400	2500	2500	2100	2400	2300	2570	2600	2900	1300	1600	2282,50
PH	7,51	7,4	7,19	7,25	7,36	7,25	7,06	8,45	7,72	7,28	7,13	7,51	7,43
Temperature	13	18	14	12	14	9	9	16	9	9	9	13	12,08

➤ Eau épurée

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRIL	MAI	JUI N	JUILLE T	Aout	Septemb re	Octob re	Novemb re	Décemb re	MOYEN NE
Volume mensuele M³	32712	38616	33407	56152,9 8	5308 5	4433 5	34884	2629 7	43548	33523	63981	19127	479667,98
MES mg/l	33	50	36	48	44	49	54	298	106	175	43	185	93,42
DBO mg/l	9	18	20	47	42	38	40	25	23	32	43	30	30,58
DCO mg/l	101	92	87	101	112	127	121	266	124	170	110	177	132,33
NH4 mg/l	16,55	17,1	18,37	18,37	15,2 5	17,0 5	15,9	10,8	14,24	16,67	28,01	7,58	16,32
NO2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NO3 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PO4 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
O2 mg/l	4,31	10,34	8,11	8,87	8,13	7,41	6,17	7,33	6,82	4,91	11,46	12,87	8,06
Conductivité(μS/cm)	1400	2300	2300	2200	1900	1900	2000	3150	2300	3500	2100	2200	2270,83
PH	7,91	7,77	7,61	7,69	7,62	7,34	7,29	8,67	7,91	7,88	7,74	8,16	7,80
Temperature	13	18	14	12	14	9	9	16	9	9	9	13	12,08

➤ Rendements épuratoires

	MES (mg/l)	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	NH4 (mg/l)
ENTREE	597,50	370,83	710,33	41,58
SORTIE	93,42	30,58	132,33	16,32
REND (%)	84,37	91,75	81,37	60,74

III. Rendements épuratoires de la lagune d'El AMRIA année 2022

➤ Eau brute

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MAI	JUIN	JUILLE T	Aout	Septemb re	Octob re	Novemb re	Décemb re	MOYEN NE
Volume mensuele M³	24673	62114	55074	85850	6394 7	13391 4	99366	7974 7	83856	121539	27157	99122	936359,00
MES mg/l	633	424	711	671	531	514	542	531	510	453	423	420	530,25
DBO mg/l	280	330	370	430	490	460	430	420	410	300	320	340	381,67
DCO mg/l	740	561	594	678	780	771	731	670	706	575	795	580	681,75
NH4 mg/l	66,99	43,66	56,37	44,53	58,1 3	53,18	56,34	51,2 5	53,16	57,91	56,02	57,6	54,60
NO2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NO3 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PO4 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
O2 mg/l	1,15	0,81	1,14	2,12	0,38	0,14	0,38	0,19	0,17	0,18	0,58	/	0,66
Conductivité(μS/cm)	1500	2200	3200	3000	5000	4900	4700	3900	3800	3600	3450	3300	3545,83
PH	6,87	7,34	7,11	7,75	7,31	7,19	7,24	7,15	7,37	7,42	7,14	7,96	7,32
Temperature	10	15	7	7	9	9	10	11	10	11	10	10	9,92

➤ Eau épurée

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MAI	JUIN	JUILLE T	Aout	Septemb re	Octob re	Novemb re	Décemb re	MOYEN NE
Volume mensuele M³	23439	59009	52320	81558	6075 0	12721 8	94397	7576 0	79663	115462	25799	94166	889541,00
MES mg/l	16	31	79	47	162	90	85	71	70	75	71	61	71,50
DBO mg/l	36	14	22	34	7	21	26	30	32	11	13	16	21,83
DCO mg/l	165	86,6	97,4	97	86	95	100	103	110	152	142	113	112,25
NH4 mg/l	2,03	14,17	18,84	15,57	15,2 2	7,26	7,76	11,5 4	12,09	15,33	12,29	13,92	12,17
NO2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NO3 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PO4 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
O2 mg/l	2,05	7,38	4,14	8,93	9,4	8,73	8,13	8,42	7,49	7,84	6,41	/	7,17
Conductivité(μS/c m)	2500	2100	2900	2700	3000	2800	2750	2700	2750	2900	3200	3100	2783,33
PH	7,73	7,38	7,3	7,98	7,94	7,45	7,48	7,39	7,62	7,5	7,37	7,7	7,57
Temperature	10	15	7	7	9	9	10	11	10	11	10	10	9,92

➤ Rendements épuratoires

	MES (mg/l)	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	NH4 (mg/l)
ENTREE	530,25	381,67	681,75	54,60
SORTIE	71,50	21,83	112,25	12,17
REND (%)	86,52	94,28	83,54	77,71

IV. Rendements epuratoires de la lagune d'El AMRIA annee 2023

➤ Eau brute

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MAI	JUI N	JUILLE T	Aou t	Septemb re	Octobr e	Novemb re	Décemb re	MOYENN E
Volume mensuele M³	102361	90708	76864	/	/	/	/	/	/	42167	129580	72680	514360,38
MES mg/l	633	642	537	/	/	/	/	/	/	/	/	/	604,00
DBO mg/l	430	420	450	/	/	/	/	/	/	/	/	/	433,33
DCO mg/l	672	768	588	/	/	/	/	/	/	/	/	/	676,00
NH4 mg/l	48,37	48,55	53,29	/	/	/	/	/	/	/	/	/	50,07
NO2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NO3 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PO4 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
O2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Conductivité(μS/cm)	3250	3600	3500	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3450,00
PH	7,34	8,18	7,69	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,74
Temperature	7	8	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8,00

➤ Eau épurée

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MA I	JUI N	JUILLE T	Aou t	Septemb re	Octobr e	Novemb re	Décemb re	MOYENN E
Volume mensuele M ³	97243	86172	73021	/	/	/	/	/	/	/	/	69046	325482,36
MES mg/l	71	76	68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	71,67
DBO mg/l	24	26	32	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27,33
DCO mg/l	101	99	106	/	/	/	/	/	/	/	/	/	102,00
NH4 mg/l	8,19	9,98	22,13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	13,43
NO2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NO3 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PO4 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
O2 mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Conductivité(μS/c m)	3000	2800	2750	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2850,00
PH	7,96	7,98	8,19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8,04
Temperature	7	8	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8,00

➤ Rendements épuratoires

	MES (mg/l)	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	NH4 (mg/l)
ENTREE	604,00	433,33	676,00	50,07
SORTIE	71,67	27,33	102,00	13,43
REND (%)	88,13	93,69	84,91	73,17

V. Rendements epuratoires de la lagune d'El AMRIA annee 2024

➤ Eau brute

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MAI	JUIN	JUILLE T	Aout	Septemb re	Octob re	Novemb re	Décemb re	MOYEN NE
Volume mensuele M ³	75141	59152	57222	82807									274322,00
MES mg/l	132	329	482	871									453,50
DBO mg/l	190	200	420	240									262,50
DCO mg/l	230	566	571	1204									642,75
NH4 mg/l	51,7	59,35	56,24	70,91									59,55
NO2 mg/l	/	/	/	/									/
NO3 mg/l	/	/	/	/									/
NT mg/l	/	/	/	/									/
PO4 mg/l	/	/	/	/									/
PT mg/l	/	/	/	/									/
O2 mg/l	0,64	0,11	0,38	0,45									0,40
Conductivité(μS/ cm)	1300	2200	3100	1400									2000,00
PH	7,35	7,69	7,88	7,79									7,68
Temperature	20	9	17	6									13,00

➤ Eau épurée

PARAMETRES	JANVIE R	FEVRIE R	MAR S	AVRI L	MAI	JUI N	JUILLE T	Aou t	Septemb re	Octobr e	Novemb re	Décemb re	MOYENN E
Volume mensuele M³	71384	56194	54361	78667									260606,00
MES mg/l	11,9	22	28	29									22,73
DBO mg/l	13	20	41	43									29,25
DCO mg/l	43	31	38	73									46,25
NH4 mg/l	44,9	40,88	31,25	12,44									32,37
NO2 mg/l	/	/	/	/									/
NO3 mg/l	/	/	/	/									/
NT mg/l	/	/	/	/									/
PO4 mg/l	/	/	/	/									/
PT mg/l	/	/	/	/									/
O2 mg/l	2,36	3,19	4,71	11,26									5,38
Conductivité(μS/c m)	2300	2400	2700	2600									2500,00
PH	7,95	7,78	7,95	9,49									8,29
Temperature	19	9	17	6									12,75

➤ Rendements épuratoires

	MES (mg/l)	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	NH4 (mg/l)
ENTREE	453,50	262,50	642,75	59,55
SORTIE	22,73	29,25	46,25	32,37
REND (%)	94,99	88,86	92,80	45,65