

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département Génie de l'Environnement*

## ***Mémoire***

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : *génie des procédés*

Spécialité : *gestion des changment enviromentaux en méditiraine*

*Par*

- *BENHIZIA BOUBAKEUR*
- *CHEBAHI AKRAM*

### **Intitulé**

*Analyse des performances actuelles de la station lagunage de la commune de  
Bir Aïssa Wilaya de Bordj Bou Arreridj*

*Soutenu le : 29/06/2025*

Nom & Prénom	Grade Qualité	Etablissement
MR. Karce Housseem Eddine	MCA/Président	Univ-BBA
MR. Rokbane Abdelmadjid	MCA/Encadreur	Univ-BBA
MR. Zorai Ameer	MCB/Encadreur	Univ-BBA
MR. Herizi Toufik	MCB/Examineur	Univ-BBA

Année Universitaire 2024/2025

## *Remerciements*

Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et nous a permis d'accomplir ce modeste travail.

Nos vifs remerciements vont les membres de jury MR.KARCE HOUSSEM EDDINE et HERIZI TOUFIK pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Nous exprimons nos grands remerciements et notre profonde reconnaissance à ROKBANE ABDELMADJID et ZORAI AMEUR qui a encadré et dirigé ce travail depuis les premiers instants, pour sa patience, ses précieux conseils qu'elle n'a cessé de donner, son aide et sa rigueur scientifique qu'à nous illuminer pour l'élaboration de ce mémoire

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profond respect avec beaucoup d'affection à tous nos enseignants sans exception durant nos années universitaires.

Enfin, nous remercions nos familles, nos amis et tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réussite de ce travail et qui n'ont pas pu être cités

## *Dédicace*

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU De m'avoir donné la force et le courage  
de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à A ma tendre mère et mon très cher père  
Mouloud Et mon grand père Yahia

A mes frères Ayoub et Haroun et ma sœur et Ça petite fille

Et à tous les amis Et mon collègue Akram

Et je veux remercier MR. Rokbane et MR. Zorai

A toute la famille Benhizia

## *Dédicace*

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail

Je tiens à dédier cet humble travail à ma tendre mère et mon père que DIEU le guérisse

et tout ma famille et mes amis et tous les propriétaires du quartier

Et mon college Boubakeur

Et je veux remercier MR. Rokbane et MR. Zoari

A tout la famille CHEBAHI

## Résumé :

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'évaluation environnementale de la station de lagunage de la commune de Bir Aïssa, située dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj. L'objectif principal est d'analyser l'efficacité du système de traitement des eaux usées domestiques et d'évaluer sa conformité aux normes algériennes relatives aux rejets liquides dans le milieu naturel. L'étude repose sur une campagne d'échantillonnage menée mois d'avril, couvrant les différentes étapes du processus de traitement : bassin de décantation, lagunes facultatives et lagunes de maturation. Les paramètres physico-chimiques analysés comprennent notamment la DBO<sub>5</sub> (demande biologique en oxygène), la DCO (demande chimique en oxygène), les MES (matières en suspension), le pH, la température, la conductivité et les concentrations en nutriments (azote). Le traitement des eaux usées par lagunage naturel à Bir Aïssa a montré une efficacité globale satisfaisante (62,03 %) pour la réduction de la pollution organique (DCO, DBO<sub>5</sub>, MES), avec de bonnes performances dans la lagune anaérobie. Toutefois, des limites persistent pour l'élimination des nitrites et la conductivité électrique reste élevée. Les conditions climatiques influencent positivement le rendement. L'eau traitée est globalement conforme aux normes pour une réutilisation en irrigation non alimentaire, sous réserve de quelques ajustements. Les insuffisances constatées sont attribuées à un dimensionnement initial sous-optimal, à l'accumulation de boues, à un manque d'entretien régulier, ainsi qu'à l'absence de traitement tertiaire. Le mémoire propose plusieurs recommandations techniques et organisationnelles, telles que le curage périodique des lagunes, l'optimisation hydraulique du système, et le renforcement de la surveillance analytique.

## ملخص :

يهدف هذا البحث إلى تقييم الأداء الحالي لمحطة المعالجة بالبرك الطبيعية الواقعة في بلدية بئر عيسى، ولاية برج بوعرييج، وذلك من خلال دراسة فعالية نظام معالجة المياه المستعملة المنزلية ومدى توافقه مع المعايير البيئية الجزائرية الخاصة بصرف المياه في الوسط الطبيعي، تم إجراء حملة لأخذ العينات خلال شهر افريل ، وشملت مراحل المعالجة المختلفة: الحوض الترسيبي، البرك الاختيارية، وبرك النضج. وقد شملت التحاليل الفيزيائية والكيميائية مجموعة من المؤشرات مثل: الطلب البيولوجي على الأوكسجين ( $DBO_5$ ) ، والطلب الكيميائي على الأوكسجين (DCO) ، والمواد العالقة (MES) ، والرقم الهيدروجيني (pH) ، ودرجة الحرارة، والتوصيلية الكهربائية، وتركيزات المغذيات (النيتروجين) أظهر نظام المعالجة الطبيعية للمياه العادمة في محطة "بئر عيسى" فعالية جيدة بنسبة إجمالية تبلغ 62.03%، خاصة في إزالة التلوث العضويه ( $DCO$ ،  $DBO_5$ ، MES). ومع ذلك، لوحظت بعض القصور في إزالة النيتريت وارتفاع في التوصيلية الكهربائية. كما أن الظروف المناخية أثرت بشكل إيجابي على الأداء. المياه المعالجة مطابقة بشكل عام للمعايير الجزائرية والدولة لإعادة استخدامها في الري غير الغذائي، مع ضرورة إدخال بعض التحسينات، وترجع هذه النقائص إلى عدة عوامل، من بينها سوء التقدير الأولي لحجم المحطة، وتراكم الحمأة، ونقص في عمليات الصيانة، وغياب المعالجة الثلاثية. ويقترح البحث مجموعة من التوصيات، منها: إجراء عمليات تطهير دورية للبرك، تحسين التوزيع الهيدروليكي داخل النظام، وتعزيز عملية المراقبة والتحليل المخبرية بشكل منتظم.

**Abstract :**

This thesis focuses on evaluating the current performance of the wastewater lagooning system in the commune of Bir Aïssa, located in the Wilaya of Bordj Bou Arreridj. The primary aim is to assess the effectiveness of domestic wastewater treatment and to determine whether the system complies with Algerian environmental standards for effluent discharge. A sampling campaign was conducted in April months, targeting different treatment stages: sedimentation basin, facultative lagoons, and maturation ponds. The physico-chemical parameters analyzed include  $DBO_5$  (biochemical oxygen demand), DCO (chemical oxygen demand), suspended solids (MES), pH, temperature, conductivity, and nutrient levels (nitrogen). The natural wastewater treatment system in Bir Aïssa showed satisfactory overall efficiency (62.03%) in reducing organic pollution (DCO,  $DBO_5$ , MES), with strong performance in the anaerobic lagoon. However, nitrite removal was limited and electrical conductivity remained high. Climatic conditions positively affected performance. Treated water generally meets Algerian and WHO standards for non-food crop irrigation, though some improvements are still needed. The observed shortcomings are attributed to suboptimal design capacity, sludge accumulation, lack of regular maintenance, and the absence of tertiary treatment. The thesis provides technical and managerial recommendations, including periodic sludge removal, hydraulic optimization of the system, and strengthening analytical monitoring to ensure environmental compliance and operational efficiency.

# *Sommaire*

Introduction générale.....	1
Chapiter 01 : Les eaux usées et Station d'épuration extensif cas (lagunage).....	4
I/ Les eaux usées .....	5
1. Introduction .....	5
2. Définition des eaux usées .....	5
3. Types et sources des eaux usées.....	6
4. Caractérisation des eaux résiduaires et usées .....	6
Traitement des Eaux Usées.....	8
5. Les Différentes Techniques d'Épuration de l'Eau .....	8
D'épuration intensive .....	10
1. Processus de Prétraitement.....	11
2. Traitement Primaire.....	12
3. Traitement Secondaire.....	12
II/Station d'épuration extensif cas (lagunage) : .....	15
1 DEFINITION .....	15
2 DIFFERENTS TYPES DE LAGUNAGE .....	15
<input type="checkbox"/> Lagunage anaérobique (A) .....	15
<input type="checkbox"/> Lagunage facultatif (F) .....	16
<input type="checkbox"/> Lagunage de maturation (M) .....	17
<input type="checkbox"/> Lagunage à macrophytes (Ma) .....	17
<input type="checkbox"/> Lagunage aéré (Ae).....	17
3 Le principe du lagunage .....	18
<input type="checkbox"/> Traitement biologique naturel.....	18
<input type="checkbox"/> Traitement en plusieurs étapes.....	18
<input type="checkbox"/> Processus biologique en résumé .....	19
Avantages du lagunage.....	19
Inconvénients .....	20
Chapitre 02 : Matérielles et méthodes.....	32
1. Introduction .....	22
. Description de la station d'épuration des eaux usées de Bir Aissa .....	23

Capacité de traitement : .....	23
• Objectifs et bénéfiques : .....	23
2. Explication du processus de la station lagunage de BIR AISSA : .....	24
Echantillonnage : .....	28
3. Milieux physico-chimiques mesurés : .....	29
Mesure du PH : .....	29
Mesure de la conductivité électrique et TDS et salinité: .....	30
Identification des matières en suspension MES : .....	31
Turbidité .....	32
Déterminer la demande chimique en oxygène (DCO) : .....	33
Détermination de la qualité du carbone DBO5 : .....	35
Mesure des nitrites N-NO2 : .....	36
Mesure des nitrates N-NO3 : .....	36
Chapitre 03 :     Résultat .....	50
Résultats et discussion .....	39
Analyse des performances de la STEP .....	40
Conclusion générale .....	52
Référence bibliographique : .....	54
Annexes .....	56

Liste des figures :

Figure 1 photo des eaux usées .....	5
Figure 2 Situation géographique du village de Bir Ais .....	22
Figure 3 image illustrative des bassins de la station lagunage .....	23
Figure 4 étape de purification de l'eau saleté solide .....	24
Figure 5 image de bassin anaérobie .....	25
Figure 6 image de bassin aérobie .....	26
Figure 7 Voici une photo du réservoir où se trouvent les algues .....	27
Figure 8 image de bassin de stockage .....	28
Figure 9 comment prélever des échantillons .....	29
Figure 10 outil de mesure TDS CON SAL .....	30
Figure 11 papier filtre mesure le MES .....	32
Figure 12 appareil de turbidité .....	33
Figure 13 appareil de DCO .....	34
Figure 14 la bouteille de DBO .....	35
Figure 15 préparation de solution de nitrite .....	36
Figure 16 mesure de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	37

Figure 17: Evolution de la température à travers les étapes de traitement.....	41
Figure 18 : Variation des pH à travers les étapes de traitement.....	42
Figure 19 : Variation des CE à travers les étapes de traitement.....	43
Figure 20: Variation de la salinité à la sortie de chaque étape de traitement.....	44
Figure 21: Variation de la MES à la sortie de chaque étape de traitement.....	45
Figure 22: Variation de la MES à la sortie de chaque étape de traitement.....	46
Figure 23: Variation de la DBO <sub>5</sub> à la sortie de chaque étape de traitement.....	47
Figure 24: Variation de la DCO à la sortie de chaque étape de traitement.....	48
Figure 25: Variation du NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> à la sortie de chaque étape de traitement.....	50
Figure 26: Variation du NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> à la sortie de chaque étape de traitement.....	51

Liste des tableaux :

Tableau 1 processus biologique en résumé.....	19
Tableau 2 : Concentrations (Min - Max), moyennes ± ET (mg/L), sauf Température (°C) et CE (mS/cm), et Ph (S unité), nombre d'échantillons (n=03). Efficacité d'élimination (%).....	40
Tableau 3 Annexs.....	

Liste des abréviations :

DBO<sub>5</sub> : Demande biochimique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

MES : matières en suspension

NO<sub>2</sub>-N: Nitrites

NO<sub>3</sub>-N: Nitrates

P H : potentiel hydrogène.

T° : température.

TDS : total des solides dissous

SAL : salinité

CE : conductivité

OMS : l'Organisation Mondiale de la Santé

AFNOR : Association Française de Normalisation



## **Introduction générale**

L'eau constitue un élément fondamental à la vie sur Terre. Sans elle, aucune forme de vie – humaine, animale ou végétale – ne pourrait exister. Depuis les premières civilisations, l'homme a reconnu la valeur vitale des ressources hydriques, qu'il s'agisse des eaux de surface (rivières, lacs) ou des eaux souterraines, pour satisfaire ses besoins domestiques, agricoles et industriels. Bien que l'eau couvre environ 70 % de la surface terrestre, seule une infime fraction (environ 0,5 % des réserves mondiales) est réellement accessible et utilisable pour la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie [2022]. Cette rareté relative, accentuée par la croissance démographique, l'urbanisation rapide, l'industrialisation et les effets du changement climatique, rend la gestion durable de l'eau plus cruciale que jamais.

Parallèlement à la pression croissante sur les ressources hydriques naturelles, la pollution des milieux aquatiques s'impose aujourd'hui comme un défi environnemental majeur. Les eaux usées domestiques et industrielles non traitées constituent une source importante de contamination biologique et chimique des sols et des nappes phréatiques. Cette pollution met en péril non seulement la biodiversité et les écosystèmes aquatiques, mais également la santé humaine et la sécurité alimentaire. Face à cette situation, l'épuration des eaux usées apparaît comme une priorité absolue, tant pour la préservation de la ressource que pour sa valorisation à travers la réutilisation.

Dans ce contexte, l'Algérie, pays situé en zone semi-aride et régulièrement confronté à des épisodes de stress hydrique, s'inscrit pleinement dans cette problématique. La moyenne annuelle des précipitations y est faible et très inégalement répartie dans l'espace et dans le temps. Le pays fait ainsi face à une raréfaction croissante de ses ressources en eau, aggravée par la pollution et la surexploitation. C'est pourquoi les politiques nationales de gestion de l'eau ont progressivement intégré la valorisation des eaux usées traitées comme une alternative stratégique pour renforcer les ressources mobilisables, notamment dans le secteur agricole. Selon les données du ministère de l'Hydraulique, le potentiel de réutilisation des eaux traitées en Algérie pourrait atteindre un tiers des volumes d'eaux usées produits, en particulier dans les zones proches des périmètres irrigués

Parmi les technologies disponibles pour le traitement des eaux usées, le lagunage naturel (ou traitement par bassins biologiques) se distingue par sa simplicité, sa faible consommation énergétique, son coût réduit, et sa grande adaptabilité aux zones rurales ou faiblement urbanisées. Il s'agit d'un procédé d'épuration extensif basé sur un écoulement lent des eaux usées à travers une série de bassins successifs (anaérobie, facultatif, puis de maturation), dans lesquels se développent des micro-organismes (bactéries, algues, protozoaires) responsables de la dégradation des matières organiques et de l'élimination des agents pathogènes. Ce système imite les processus naturels d'auto-épuration observés dans les milieux aquatiques, tout en les maîtrisant pour améliorer l'efficacité du traitement.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude, qui vise à évaluer les performances de la station de traitement des eaux usées par lagunage naturel située à Bir Aïssa, dans la wilaya de Bordj Bou Arréridj (Algérie). Cette station, conçue pour traiter un débit quotidien d'environ 150 m<sup>3</sup>/j, soit l'équivalent des besoins d'une population de 3700 habitants, constitue un exemple typique de dispositif de lagunage appliqué en milieu semi-urbain.

À travers une approche combinant analyse théorique et investigation de terrain, notre travail poursuit plusieurs objectifs principaux :

Évaluer la qualité physico-chimique des eaux usées avant et après traitement (MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, pH, conductivité, température, azote total et formes azotées) ;

Mesurer l'efficacité de la station dans l'élimination des polluants, notamment organiques et azotés ;

Comparer les résultats obtenus aux normes nationales (Journal Officiel Algérien) et internationales (OMS, FAO) en matière de réutilisation des eaux traitées en agriculture ;

Étudier l'effet des conditions climatiques (températures, rayonnement, durée du jour) sur les performances du système de lagunage ;

Apprécier le potentiel de réutilisation de l'eau traitée à des fins d'irrigation, notamment dans le cadre d'une agriculture durable. [1]

La méthodologie adoptée repose ainsi sur :

Un état de l'art sur la pollution hydrique, les techniques de traitement des eaux usées et le fonctionnement du lagunage naturel

Une description détaillée de la zone d'étude, de ses caractéristiques géographiques, climatiques et hydrologiques

Une présentation des outils d'analyse, des paramètres mesurés et des normes de référence utilisées

Une analyse critique des résultats obtenus à partir d'échantillons prélevés en avril 2025 aux différents points de la station (entrée, sortie, bassins intermédiaires)

Une discussion des implications des résultats sur les plans sanitaire, agricole et environnemental.

À travers cette étude, nous espérons contribuer à une meilleure compréhension de l'efficacité du lagunage naturel en conditions réelles, et mettre en évidence les leviers possibles pour optimiser ce système, notamment en réponse aux défis posés par le changement climatique, la gestion durable de l'eau, et les besoins croissants en irrigation agricole

# **Chapiter 01 : Les eaux usées et Station d'épuration extensif cas (lagunage)**

## I/ Les eaux usées

### 1. Introduction

La pollution des ressources en eau pose également un risque pour la santé publique, l'environnement et l'équilibre environnemental, de sorte que le traitement des eaux usées est impératif si nous protégeons et augmentons également nos ressources en eau en recyclant les eaux usées traitées à des fins industrielles ou agricoles.[2]



Figure 1 photo des eaux usées

### 2. Définition des eaux usées

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. [2]

### 3. Types et sources des eaux usées

Les eaux usées peuvent être classées en trois grandes catégories

- Eaux domestiques : issues des habitations (toilettes, cuisines, lessives, etc.)
- Eaux industrielles : rejetées par les industries et contenant divers polluants chimiques.
- Eaux agricoles : résultant de l'irrigation et contenant souvent des pesticides et engrais [3]

### 4. Caractérisation des eaux résiduaires et usées

- **Paramètres Physiques**

Les paramètres des eaux usées accèdent de déterminer le degré de la pollution de l'eau. Par pollution, on distingue toute dégradation des propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'eau, que l'on appelle alors eaux usées.

- a) **Température** : Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique
- b) **Matière en suspension (MES)** : La pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 $\mu$ m, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension. [4]

- **Paramètres Organoleptiques**

- a) **Turbidité** : la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est exprimée en NTU
- c) **Couleur** : Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement [5]

- **Paramètres Chimiques :**

- a) **potentiel Hydrogène (pH)**: L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H<sup>+</sup>, O<sup>-</sup> -pH = -log [H<sup>+</sup>]

- b) **Conductivité** : La conductivité est la propriété que dispose une eau d'aider le passage d'un courant électrique. Elle résulte de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).
- c) **L'Oxygène Dissous** : L'oxygène dissous est un composé indispensable de l'eau car il permet la vie de la faune et de la flore. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.
- d) **Demande Chimique en Oxygène (DCO)** : La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxder par voie chimique l'ensemble des matières organique (biodégradbles ou non)
- e) **La Demande Biochimique en Oxygène (DBOs)** : La DBOs est la masse d'oxygène moléculaire (exprimée en mg) utilisé par les microorganismes pour dégrader en cinq jours à 20°C et à l'obscurité les matières oxydables contenues dans un litre d'eau. Elle varie considérablement selon l'origine de l'eau. La DBOs peut être mesurée par une méthode chimique, par exemple en utilisant un kit colorimétrique, ou par une méthode physicochimique en utilisant un oxymètre muni d'une électrode de Clark.

\* Le rapport DCO / DBO5 donne un indice sur la provenance et l'origine de la pollution organique.

Les mesures se rapprochant de 1 du rapport DCO / DBO5 une très bonne biodégradabilité.

- f) **L'azote (N)**: L'azote présent dans l'eau peut avoir une particularité organique ou minérale. L'azote organique est essentiellement constitué par des composés tels que des protéines, des acides aminés, de l'urée. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total.

Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations.

- g) **nitrate (NO<sub>3</sub>)** : Les nitrates se trouvant couramment dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol.

Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg.L:'

- h) **Phosphore (P)**\_: Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO<sub>4</sub>'- ou de

$P_{205} = 1 \text{ mg/l PO}_4^{*} = 0,747 \text{ mg/L POs} = 0,326 \text{ mg/L}$ .

i) **Le sulfate ( $SO_4^-$ )** : La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L. Leur présence dans l'eau est généralement due à des rejets en provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc). En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates. [6]

• **Paramètres bactériologiques**

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Les bactéries les plus rencontrées:

a) **Les coliformes** : Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae. Les coliformes comprennent les genres :

Echerichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia

b) **streptocoques fécaux et Enterococcus** : Sous la dénomination générale de « streptocoques fécaux

Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux nettement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. [7]

**Traitement des Eaux Usées**

Les stations d'épuration utilisent plusieurs étapes pour purifier l'eau :

- Prétraitement : élimination des gros déchets par tamisage.
- Traitement primaire : décantation des matières en suspension.
- Traitement secondaire : dégradation biologique des polluants organiques.
- Traitement tertiaire : désinfection finale avant rejet ou réutilisation [8]

**5. Les Différentes Techniques d'Épuration de l'Eau**

L'épuration de l'eau est un processus essentiel pour éliminer les contaminants et garantir une eau propre pour la consommation et l'environnement. Différentes techniques sont utilisées

selon le type de pollution, allant des procédés physiques aux traitements chimiques et biologiques. [9]

- **Traitements Physiques**

Les traitements physiques visent à séparer les particules solides présentes dans l'eau sans modification chimique.

**Les principales techniques sont**

- **\*\*Tamisage\*\*** : élimination des gros déchets par des grilles ou tamis.
- **\*\*Décantation\*\*** : séparation des particules lourdes par gravité.
- **\*\*Filtration\*\*** : passage de l'eau à travers des filtres pour retenir les impuretés.
- **\*\*Flottation\*\*** : utilisation de bulles d'air pour remonter les matières en Suspension. [10]

- **Traitements Chimiques**

Les traitements chimiques utilisent des réactifs pour éliminer ou neutraliser les Contaminants :

- **\*\*Coagulation et floculation\*\*** : ajout de sels d'aluminium ou de fer pour agglomérer les Particules fines.
- **\*\*Ozonation\*\*** : utilisation de l'ozone pour détruire les bactéries et virus.
- **\*\*Chloration\*\*** : désinfection de l'eau avec du chlore.
- **\*\*Échange d'ions\*\*** : élimination des ions indésirables (ex. : dénitrification, adoucissement [11])

- **Traitements Biologiques**

Les traitements biologiques exploitent l'activité de micro-organismes pour dégrader les polluants organiques.

- **\*\*Boues activées\*\*** : utilisation de bactéries pour digérer les matières organiques.
- **\*\*Filtres biologiques\*\*** : eau traversant un support contenant des bactéries épuratrices.
- **\*\*Lagunage\*\*** : traitement naturel dans des bassins où les micro-organismes purifient l'eau.

- **\*\*Méthanisation\*\*** : transformation des déchets organiques en biogaz par des bactéries anaérobies. [12]

- **Traitements Avancés et Innovants**

De nouvelles technologies permettent d'améliorer l'épuration de l'eau, notamment

- **\*\*Nanofiltration et osmose inverse\*\*** : élimination des sels et micropolluants par membranes.
- **\*\*Photocatalyse\*\*** : dégradation des polluants grâce à la lumière et des catalyseurs.
- **\*\*Charbon actif\*\*** : adsorption des contaminants chimiques.
- **\*\*Électrocoagulation\*\*** : séparation des polluants grâce à un courant Électrique. [13]

## **D'épuration intensive**

La gestion et le traitement des eaux usées représentent un enjeu majeur pour la protection de l'environnement et la santé publique. Les stations d'épuration intensive sont conçues pour répondre aux exigences réglementaires et réduire les impacts polluants des rejets. Ce document détaille l'ensemble des opérations mises en œuvre, depuis les prétraitements jusqu'aux traitements secondaire et tertiaire, en passant par l'optimisation des procédés biologiques.

- **Contexte et Enjeux du Traitement des Eaux Usées**

L'urbanisation et l'industrialisation entraînent une augmentation constante des volumes d'eaux usées. Les stations d'épuration intensives s'appuient sur des technologies modernes afin de :

- Réduire les charges organiques et solides,
- Limiter la pollution des milieux aquatiques,
- Optimiser la valorisation des boues issues du traitement.
- Les enjeux incluent également l'efficacité énergétique, la durabilité des installations et le respect des normes environnementales. [14]

## 1. Processus de Prétraitement

- **Dégraissage**

Le dégraissage consiste à éliminer les graisses, huiles et hydrocarbures présents dans l'eau usée. Ce prétraitement évite la formation de dépôts sur les équipements en aval.

### Technologies Employées

- Bassins de décantation spécifiques, où la flottabilité des hydrocarbures permet leur récupération.
- Séparateurs à coalescence, qui favorise l'agglomération des petites gouttelettes d'huile pour une séparation plus efficace. [15]

- **Dessablage**

Le dessablage vise à éliminer les particules solides lourdes (sables, graviers) afin de protéger les installations mécaniques et réduire l'abrasion des pompes.

### Méthodes Utilisées

Utilisation de chambres de décantation spécialement dimensionnées pour laisser précéder la sédimentation des particules lourdes.

Systèmes centrifuges pour extraire les solides dans des installations à haut débit.

**Détails Techniques** La vitesse de décantation est déterminée par la granulométrie et la densité des particules. Un dimensionnement adéquat permet de minimiser les perturbations dans le flux de traitement. [16]

- **Déshuillage**

Le terme « déshuillage » désigne le retrait des particules fines résiduelles non capturées par les procédés de dessablage. Il s'agit d'un complément qui vise à améliorer la qualité de l'eau en amont des opérations de décantation primaire.

### Procédés Associés :

Flottation aux coagulants permettant la capture des fines particules.

Sédimentation secondaire ou préliminaire pour stabiliser le flux d'eau avant le traitement principal.

Justification Technique :

Ce procédé améliore l'efficacité globale de la séparation, notamment dans les installations où les charges en matières fines sont élevées. [17]

## **2. Traitement Primaire**

### **• Décantation Primaire**

La décantation primaire a pour objectif de réduire la charge organique et les solides en suspension. Dans un bassin de décantation, la sédimentation se fait par gravité :

- Les particules se déposent au fond pour former les boues primaires.
- Les matières flottantes (graisses non récupérées en prétraitement) sont retirées en surface

**Paramètres Critiques :**

- Temps de rétention hydraulique (TRH) adapté au débit.
- Conception du bassin pour assurer une répartition homogène du flux.

Avantage :

Cette étape contribue à diminuer la charge organique du traitement secondaire, évitant ainsi une surcharge du procédé biologique. [18]

## **3. Traitement Secondaire**

### **Boues Activées (Traitement Biologique)**

Les boues activées reposent sur l'action de micro-organismes capables de dégrader la matière organique dissoute et en suspension.

**Fonctionnement :**

- L'eau issue de la décantation primaire est dirigée vers un bassin d'aération.
- L'oxygène injecté favorise la croissance des bactéries aérobies.

- La formation de floes facilite la sédimentation ultérieure lors de la décantation secondaire.

**Points Techniques :**

- Contrôle de la densité des boues et du rapport F/M (charge organique/masse microbienne).
- Optimisation du temps de séjour dans le bassin d'aération pour maximiser la dégradation organique.

- **Décantation Secondaire**

Objectif :

Séparer les micro-organismes (boues activées) de l'eau clarifiée.

**Description :**

Le clarificateur secondaire permet la récupération des boues en excès, qui peuvent être recyclées dans le système ou évacuées pour un traitement complémentaire.

La qualité de l'eau clarifiée dépend de la performance du bassin d'aération et du dimensionnement du décanteur.

**Conception :**

Le design des décanteurs prend en compte les vitesses de sédimentation des floes.

Des systèmes de récupération automatisés assurent la constance du procédé. [19]

- **. Aspects Techniques et Opérationnels**

- **Paramètres de Conception et Dimensionnement**

**Éléments Clés :**

Débit à traiter et variations saisonnières.

Temps de rétention hydraulique (TRH) dans chaque bassin.

Dimensionnement des équipements de prélèvement et de recyclage des boues.

**Impact sur la Performance :**

Un bon dimensionnement permet d'assurer la stabilité du procédé, de réduire les coûts énergétiques et de limiter les risques de dysfonctionnements.

**Gestion et Valorisation des Boues**

**Stratégies de Valorisation :**

Traitement des boues par digestion anaérobie pour produire du biogaz.

Compostage ou autres procédés de valorisation pour une réutilisation agricole.

Stockage et traitement en vue d'une élimination sécurisée.

**Références Techniques :**

Les manuels de génie environnemental détaillent les solutions de valorisation adaptées aux différentes caractéristiques des boues produites.

**Perspectives d'Évolution et Innovations**

Les stations d'épuration intensifs connaissent une évolution continue avec l'intégration de nouvelles technologies, telles que :

La nanotechnologie : pour améliorer la dégradation des micropolluants.

Les systèmes de capteurs intelligents : pour le suivi en temps réel des paramètres du traitement.

L'optimisation énergétique : intégrant des solutions renouvelables et une gestion intelligente des flux.

Ces innovations visent à rendre le processus plus efficace, moins énergivore et davantage respectueux de l'environnement. [20]

## II/Station d'épuration extensif cas (lagunage) :

### 1 DEFINITION

Le lagunage est une technique biologique d'épuration des eaux usées, où le traitement est assuré par la végétation aquatique et les microorganismes, essentiellement des algues et des bactéries. Ce dispositif est utilisé aussi bien à l'intérieur des terres que sur la frange littorale.

Une station de lagunage est d'abord une succession de bassins (de 3 à 5) de 40 cm à 120 cm de profondeur. Ces derniers sont souvent construits au sein de zones humides, dans lesquelles l'eau s'écoule par gravité. Les premiers bassins sont des bassins à micro-organismes, où se dégrade la matière organique contenue dans les eaux usées.

Une chaîne alimentaire se met alors en place : phytoplancton, zooplancton, daphnie ... Sous l'action des rayons du soleil, les ultraviolets détruisent une partie des bactéries. L'eau transite ensuite dans des bassins moins profonds, au cortège floristique semblable aux bords des lacs naturels, des cours d'eau, des annexes hydrauliques, des barrages, ou encore des retenues et des plans d'eau : iris, roseaux, joncs... Ces derniers absorbent les éléments minéraux issus de la dégradation de la matière organique pour leur croissance.

Ces installations peuvent être des sites d'alimentation et de repos pour d'innombrables oiseaux d'eau. Sur le littoral charentais, la station de lagunage de Rochefort sur Mer est devenue, en quelques années, un reposoir et un réservoir de nourriture important pour les populations de canard souchet, de fuligule milouin, de foulque et de grèbes ... en migration.  
[21]

### 2 DIFFERENTS TYPES DE LAGUNAGE

Une station d'épuration par lagunage est en général précédée d'un prétraitement mécanique ou d'un traitement complet de type boues activées (on parle alors de lagunage tertiaire). Une filière de lagunage se compose d'une succession de bassins où l'on privilégie un type d'écosystème épuratoire spécifique.

- **Lagunage anaérobie (A)**

La lagune anaérobie peut être utilisée pour traiter les effluents résiduels urbains ou industriels. La pollution décantable des effluents urbains forme des boues qui sont peu à peu digérées par voie anaérobie (minéralisation de la matière organique et dégagement de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>S). Il est utilisé en traitement primaire pour éliminer la partie organique décantable

des effluents urbains et la pollution organique soluble facilement assimilable des effluents résiduaires industriels (surtout agro-alimentaire).

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

Les risques de nuisances olfactives existent dès que les concentrations en sulfates dépassent quelques dizaines de  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (une concentration de  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  doit être considérée comme haute). Des solutions de couverture des bassins avec ou sans récupération du biogaz sont développées pour éliminer ces nuisances.

Le lagunage anaérobie est envisageable dans des sites suffisamment isolées et sous des conditions cli-matiques favorables de type méditerranéennes à tropicales.

- **Lagunage facultatif (F)**

Cette appellation tient au fait que ces lagunes placées en étage primaire ou secondaire font appel à des processus épuratoires aérobies dans la frange liquide et à des processus anaérobies au voisinage du fond où les boues sédimentent. Ces deux zones coexistent avec des importances relatives variables suivant l'apport de pollution.

Les charges organiques appliquées sont telles que l'épuration des effluents est réalisée essentiellement par des bactéries aérobies. L'apport en oxygène nécessaire est assuré essentiellement par la photosyn-thèse des algues, en l'occurrence des microphytes, et secondairement par les échanges air/eau à la surface dépendant des vents. On parle également de lagunes à microphytes car on privilégie le développement des micro-algues.

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet cette production algale. Ces algues se dévelop-pent à partir des produits de la dégradation

bactérienne et des éléments directement assimilables dans les effluents.

En fait, tout un écosystème composé de bactéries, phytoplancton, zooplancton assure l'épuration.

Le développement de macrophytes (lentilles, roseaux...) n'est pas recherché car il affecte la pénétration de la lumière.

Le lagunage facultatif est le type de lagunage le plus répandu et s'utilise pour des effluents faiblement con-centrés et sous des climats tempérés à tropicaux.

- **Lagunage de maturation (M)**

Ces lagunes sont également des lagunes à microphytes dont le fonctionnement est proche des lagunes facultatives mais où les conditions sont essentiellement aérobies compte tenu des faibles charges organi-ques appliquées à ce niveau de traitement.

Utilisé en traitement secondaire et surtout tertiaire, ces lagunes assurent une finition/polissage des effluents avant rejet et surtout sont employées à l'abattement des germes de contamination fécale dans une filière lagunage ou après un traitement compact (lagunage tertiaire). Siège d'un développement algal impor-tant notamment en période chaude, la qualité du rejet épuré en est affecté ( MES ) même si les normes pré-voient d'éviter la prise en compte des algues (analyses sur échantillons filtrés).

- **Lagunage à macrophytes (Ma)**

Cette fois, l'écosystème comprend des macrophytes ou végétaux macroscopiques qui comprennent des formes libres (ex. : lentilles d'eau, jacinthes d'eau, laitues d'eau...) ou fixées (ex. : roseaux).

Utilisée en traitement secondaire ou tertiaire sur des effluents faiblement concentrés, l'efficacité de ces lagunes n'est pas vraiment démontrée. Cette technique nécessite en effet d'exporter régulièrement la bio-masse produite, opération relativement lourde.

- **Lagunage aéré (Ae)**

Version intensive du lagunage, nécessitant une emprise nettement moindre que le lagunage naturel, le lagunage aéré consiste à intensifier l'activité aérobie par un brassage et une aération artificielle par des aéra-teurs mécaniques flottants ou fixes ou une insufflation d'air. Les équilibres biologiques sont voisins de ceux du procédé classique par boues activées. Mais en l'absence de recirculation de biomasse dans le système, la concentration en micro-organismes est faible et la décantation lente.

Appliqué en traitement complet ou en traitement secondaire après un lagunage anaérobie, cette techni-que est adaptée pour des effluents concentrés domestiques et industriels. On privilégie aujourd'hui le lagunage « aéré facultatif » avec une phase d'aération organisée en plusieurs cellules en série.

Les puissances avoisinent 2 à 3 Watts · m<sup>-3</sup>, les boues sédimentent dans les bassins aérés et subissent une dégradation en partie anaérobie.

La phase d'aération est suivie d'une lagune de finition (voir lagune de maturation) ou de plusieurs lagunes si un abattement des germes est visé. [22]

### **3 Le principe du lagunage**

Le lagunage est une technique de traitement des eaux usées qui repose sur l'épuration naturelle par l'action conjuguée des micro-organismes, des algues, de l'oxygène et du soleil dans des bassins peu profonds.

#### **Principe général**

Les eaux usées sont acheminées dans une série de bassins (appelés lagunes), où elles subissent un traitement progressif :

- **Traitement biologique naturel**
  - Des bactéries décomposent les matières organiques contenues dans les eaux usées.
  - Des algues produisent de l'oxygène grâce à la lumière du soleil (photosynthèse).
  - L'oxygène dissous permet aux bactéries aérobies de mieux purifier l'eau.
- **Traitement en plusieurs étapes**

Le système comprend généralement trois types de bassins :

- Lagune anaérobie (sans oxygène) : pour les matières très chargées.
- Lagune facultative : une zone aérobie en surface et anaérobie au fond.
- Lagune de maturation : pour la désinfection finale et la réduction des germes pathogènes.

• **Processus biologique en résumé**

Tableau 1 processus biologique en résumé

Étape	Type de bassin	Milieu	Action principale
1	Anaérobie	Sans oxygène	Dégradation des boues et matières organiques lourdes
2	Facultatif	Aérobie + Anaérobie	Photosynthèse + dégradation des polluants
3	Maturation	Aérobie	Réduction des germes pathogènes

• **En résumé**

Le principe du lagunage est de simuler des zones humides naturelles, en utilisant la lumière, les bactéries et les algues pour purifier l'eau sans produits chimiques ni électricité. [23]

• **Performances épuratoires (valeurs moyennes) [24]**

Paramètre	Réduction typique
DBO5	80–95 %
DCO	70–90 %
MES	70–90 %
Coliformes fécaux	90–99 %
$\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$	variable, dépend des conditions

**Avantages du lagunage**

- Faible coût d'investissement et d'exploitation.
- Entretien simple, sans besoin de technologies complexes.
- Rejet d'eau de qualité acceptable pour l'irrigation ou le retour au milieu naturel.
- Énergie presque nulle (souvent gravitaire).
- Valorisation possible des boues comme engrais.

## Inconvénients

- Grand besoin en surface (de 1 à 5 m<sup>2</sup>/habitant selon le climat).
- Moins efficace pour des charges polluantes élevées ou des variations brutales de débit.
- Moins adapté aux climats froids (réduction de l'activité bactérienne).
- Risques d'odeurs dans certaines conditions. [25]

En conclusion Le lagunage constitue une technologie naturelle de traitement des eaux usées, fondée sur l'action conjointe des micro-organismes, de la lumière solaire et des végétaux aquatiques. Ce procédé permet une réduction significative de la charge organique (DBO<sub>5</sub>, DCO), des matières en suspension et des pathogènes, tout en favorisant la réutilisation des eaux épurées en irrigation. Il se distingue par sa simplicité, sa faible consommation énergétique et sa bonne intégration environnementale, ce qui en fait une solution durable particulièrement adaptée aux zones rurales et aux pays en développement. [26]

## **Chapitre 02 : Matérielles et méthodes**

### 1. Introduction

L'étude de la qualité des eaux usées et leur traitement constitue une étape cruciale dans toute démarche de gestion environnementale durable. Afin d'évaluer l'efficacité du système de lagunage implanté dans le village de Bir Aïssa (wilaya de Bordj Bou Arréridj, Algérie), une approche méthodologique rigoureuse a été mise en œuvre. Ce chapitre décrit les équipements, instruments, techniques d'échantillonnage et méthodes analytiques utilisés pour caractériser les eaux usées à différents stades du processus de traitement.

Le choix des méthodes s'appuie sur des protocoles standardisés reconnus à l'échelle internationale, notamment les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les normes AFNOR (Association Française de Normalisation), ainsi que sur des guides techniques comme celui de Rodier et al. (2009), largement utilisé dans l'analyse physico-chimique des eaux.

Les paramètres mesurés incluent des indicateurs physiques (température, pH, conductivité), chimiques ( $DBO_5$ , DCO, MES, ...) et biologiques, permettant d'évaluer avec précision la performance de la station. La méthodologie détaillée ci-après vise à garantir la reproductibilité des résultats et la fiabilité des conclusions obtenues dans le cadre de ce travail. [27]



Figure 2 Situation géographique du village de Bir Aïssa

- **Description de la localisation**

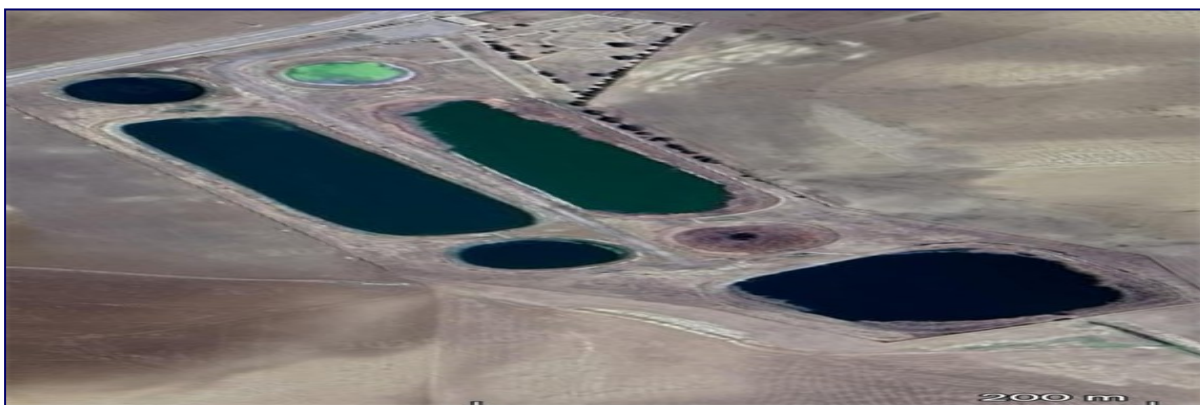
Le village de Bir Aïssa est l'un des villages rattachés à la wilaya de Bordj Bou Arréridj, en Algérie. La zone se trouve dans la partie sud-est de la wilaya, à une distance de 23 kilomètres du chef-lieu, et relève administrativement de la commune d'Ain Tassera. Elle s'étend sur une superficie d'environ 85 608 mètres carrés.

- **Géographie et situation**

Coordonnées géographiques : 36°03'38" Nord, 4°57'55" Est

Altitude : environ 1047 mètres au-dessus du niveau de la mer

Caractère du village : agricole, avec de vastes terres fertiles. L'agriculture est l'activité principale des habitants.



**Figure 3 image illustrative des bassins de la station lagunage**

### . Description de la station d'épuration des eaux usées de Bir Aïssa

Située dans le village de Bir Aïssa, relevant de la commune d'Aïn Tesra, cette station constitue un projet structurant pour la région.

#### **Capacité de traitement :**

La station peut traiter 150 m<sup>3</sup>/jour d'eaux usées, ce qui équivaut à la consommation de 3700 habitants.

- **Objectifs et bénéfices :**

Protection de l'environnement et de la santé publique : traitement efficace des eaux usées avant leur rejet dans la nature.

Réutilisation de l'eau : l'eau traitée est utilisée pour l'irrigation, ce qui contribue à étendre les surfaces cultivables et à améliorer les rendements agricoles.

Soutien au développement local : cette infrastructure fait partie d'un plan plus large de développement durable dans la wilaya de Bordj Bou Arrérije

### 2. Explication du processus de la station lagunage de BIR AISSA :

La station reçoit environ 150 m<sup>3</sup>/j des les eaux usées du village Bir Aïssa seulement, le traitement de l'eau est assuré le système de lagune au début on utilise le dégrillage pour éliminées les déchets solide comme les bouteilles de plastique ...etc



Figure 4étape de purification de l'eau saleté solide

Puis il se dirige vers les bassins, dans cette station il ya qature bassin déferents

L'eau uséss est reçue dans le premier bassin à une profondeur allant de trois à cinq mètres et dans une forme circulaire et son daimètre vrie entre 30 m et 40 m en général et ce bassin après le processus de recherche et de calcule son diamètre est de 36 m à une profondeur de trois mètres et la raison de sa profondeur pour ne pas être affecté par la surface extérieure ou de manière scientifique réduire la quantité d'oxygène et comme en dit cette bassin faire le traitement anaérobie.

Le traitement anaérobie des eaux usées est realise sans presence d'oxygene et a plusieurs objectives et raisons importants :

1. Conversion de la matière organique en gaz les micro-organismes anaérobies décomposent la matière organique et laconvertissent principalement en méthane et en dioxyde de carbone et ce processus appelé digestion anaérobie

## Chapitr 02 : Matérielles et méthodes

2. Réduction de la quantité de boues le traitement anaérobie produit moins de boues que le traitement aérobie ce qui réduit leurs couts de traitement et d'élimination
3. Consommation d'énergie faible par comparasion avec la méthode aérobie qui demmende des énergies plus grande

Il présente certains incovénients notamment :

- Traitement plus lent par rapport aérobie
- Des oudeurs désagréables peuvent survenir si le processus n'est pas bien contrôlé.



Figure 5 image de bassin anaérobie

Ensuite, on passe à la deuxième bassin de traitement aérobie en forme de rectangle qui mesure environ de 200m de long et sa largeur est d'environ de 50m à une profondeur de 1.5m, après le bassin primaire anaérobie ce bassin secondaire aérobie l'eau a ce bassin sont traitées à l'aide d'oxygène pour plusieurs raisons importantes, dont les plus importantes sont :

1. Stimuler les micro-organismes ; les bactéries aérobies utilisent l'oxygène pour décomposer la matière organique polluante dans l'eau et la convertir en substances plus simples et inoffensives telles que le dioxyde de carbone et l'eau

## Chapitr 02 : Matérielles et méthodes

2. Réduction des odeurs désagréables ; réduit considérablement les odeurs désagréables, par rapport au traitement anaérobie, qui produit des gaz tels que le sulfure d'hydrogène à forte odeur
3. La méthode aérobie est très efficace pour réduire la (DBO) et(DCO) ce qui améliore la qualité de l'eau résultante
4. La vitesse de traitement la méthode aérobie ses résultats sont très rapide

Point important : l'eau de ce bassin est rouge à cause des bactéries qui se forment au printemps



**Figure 6 image de bassin aérobie**

Puis l'eau va au troisième bassin de traitement maturation ce bassin a la forme du premier bassin mais les dimensions de ce bassin changent le diamètre de ce bassin est de 50m tandis que sa profondeur varie entre 1.2m et 1.5m concrètement ce bassin d'eau dédié à l'intérieur de la station d'épuration, il contient des eaux usées relativement peu polluées, les algues y poussent en abondance grâce à la lumière du soleil et aux nutriments présents dans l'eau

Le rôle de ce bassin :

Les algues effectuent la photosynthèse, produisant de l'oxygène

## Chapitr 02 : Matérielles et méthodes

Cet oxygène soutient les bactéries aérobies qui décomposent la matière organique et purifient l'eau

Ainsi une coopération se produit entre les algues et les bactéries :

Les algues produisent de l'oxygène et les bactéries l'utilisent pour décomposer les polluants



**Figure 7** Voici une photo du réservoir où se trouvent les algues

Ensuite, l'eau va dans le bassin final bassin décantation final dans ce bassin les matériaux lourds coulent au fond en raison de la gravité, l'eau pure flotte à la surface est prête à sortir



Figure 8 image de bassin de stockage

Résultat :

Nous obtenons une eau très claire, le limon décanté est récupéré ultérieurement et utilisé comme engrais agricole après le séchage.

Enfin, l'eau est envoyée vers le barrage de Msila, qui peut être exploitée pour l'irrigation des terres agricoles adjacentes à la station.

### **Echantillonnage :**

Dans nos recherches, nous prélevons des échantillons à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration. Le processus est réalisé manuellement à l'aide d'un conteneur.

Petits, lavez-les deux fois ou plus avec l'eau de l'échantillon, mettez-les dans des bouteilles de 1 litre, puis transférez-les directement au laboratoire pour les tester.

Les tests suivants :

- Tests quotidiens : température, conductivité, pH, salinité, oxygène dissous.
- Analyses bimensuelles et mensuelles : DBO5, DCO, MES, NH4, NO2, PO4



Figure 9 comment prélever des échantillons

### 3. Milieux physico-chimiques mesurés :

#### Mesure du PH :

Le pH a été mesuré par un pH-mètre (82362 WTW 3110 mètre PH).

Comment travailler :

1. Nous allumons le pH-mètre.
2. Lavez l'électrode avec de l'eau distillée - placez-la dans un petit bécher
3. Solution tampon pH 7.
4. Réglez le shaker sur la vitesse la plus basse (basse vitesse).
5. Nous insérons un pôle dans la solution tampon - nous le laissons pendant un court instant jusqu'à ce que
6. L'appareil se stabilisera et vous invitera à entrer la deuxième solution tamponnée.
7. On retire l'électrode, puis on la lave bien à l'eau distillée, puis on la place dans le bécher Becher n°2 contenant une solution tamponnée.

PH=4 ou PH=10) selon la nature du milieu à mesurer.

Nous retirons le pôle de l'appareil et le lavons à l'eau distillée.

Comment mesurer le pH :

1. Nous prenons 100 ml de l'échantillon et le mettons dans un bécher Becher.
2. Nous plaçons un pôle magnétique faible à l'intérieur de la tasse Becher.
3. Insérez le pôle de l'appareil dans la tasse Becher.
4. On laisse reposer, puis on lit le résultat directement sur l'appareil.



Figure 10 outil de mesure TDS CE SAL

### Mesure de la conductivité électrique et TDS et salinité:

1. Connectez l'électrode de mesure de conductivité à l'emplacement prévu dans l'appareil.
2. Lavez l'électrode avec de l'eau distillée.
3. Insérez l'électrode dans la coupelle Becher contenant l'échantillon.

4. Nous lisons la valeur de conductivité électrique directement à partir de l'appareil lorsqu'elle est stable.

### **Identification des matières en suspension MES :**

La teneur en matières en suspension dans l'eau traitée et brute est déterminée par la méthode de filtration en cas de concentrations de matières

La concentration est faible, mais si la concentration est élevée, elle est mesurée par centrifugation.

La méthode utilisée pour mesurer les matières en suspension était la filtration.

(5 90-105T-NF)

La méthode de filtration :

□ Outils utilisés • Fiole standard. • Papiers filtres GF

• Creusets. • Balance électronique.

• Dispositif de filtration sous pression (vibration des rampes).

• Incubateur (105°C).

• Déshumidificateur. • Centrifugeuse à une vitesse de (2800-3200) tr/min.

- Mode de nomination :

• Nous humidifions le papier filtre avec de l'eau distillée puis le plaçons dans l'incubateur à 105°C pendant une période de Temps.

• Nous retirons le papier filtre et le laissons refroidir à l'abri de l'humidité à l'intérieur du déshumidificateur.

• Nous pesons le papier filtre vide et enregistrons son poids comme 0M.

• Nous prenons un flacon de 100 ml et le lavons bien à l'eau claire puis à l'eau distillée.

• Placez le papier filtre sur le filtre à pression, puis prélevez 100 ml de l'échantillon et versez-le sur le papier.

Nous allumons l'appareil.

- Une fois la filtration terminée, nous prenons le papier et le plaçons dans l'incubateur à une température de 105°C pendantDeux heures
- Nous retirons le papier filtre de l'incubateur et le laissons refroidir à l'abri de l'humidité à l'intérieur du déshumidificateur Pendant 15 minutes.
- Nous pesons le papier filtre et enregistrons son poids comme étant 1M

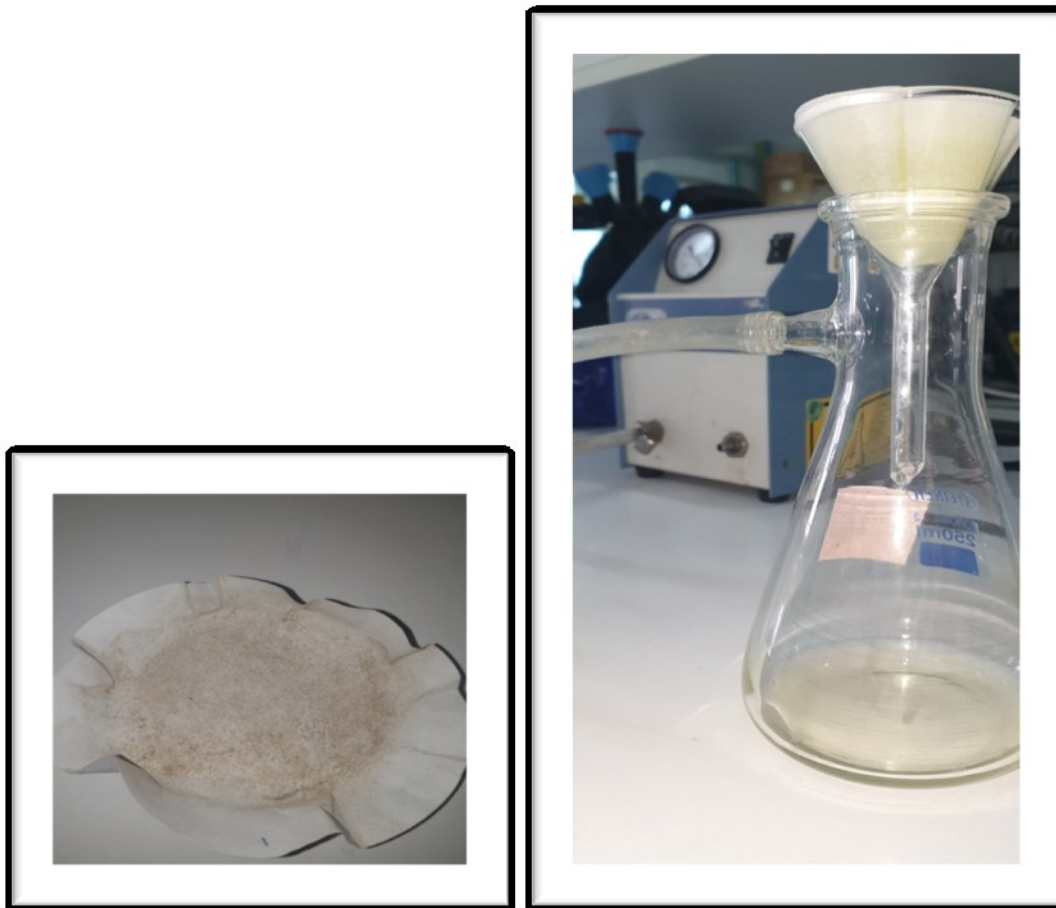


Figure 11 papier filter mesure le MES

### **Turbidité**

La turbidité est une mesure de la capacité d'une eau à diffuser la lumière, en raison de la présence de particules en suspension (argile, matières organiques, micro-organismes, etc.).

Elle est donc un indicateur indirect de la concentration en matières solides fines. La mesure repose sur l'intensité de la lumière diffusée à un angle de 90° par rapport à un faisceau lumineux projeté dans l'échantillon, selon le principe de la néphélométrie. Elle est exprimée en unités NTU (Nephelometric Turbidity Units).

### □ Mode opératoire

#### 1. Étalonnage de l'appareil

o Étalonner le turbidimètre à l'aide de solutions standards fournies par le fabricant (généralement 0 NTU et 20 ou 100 NTU).

#### 2. Préparation de l'échantillon

##### Partie expérimentale

o Agiter doucement l'échantillon afin d'homogénéiser la suspension sans créer de bulles d'air.

o Verser l'échantillon dans une cuvette propre, en évitant les traces de doigts ou les gouttes à l'extérieur.

#### 3. Mesure

o Placer la cuvette dans le compartiment de mesure du turbidimètre.

o Attendre la stabilisation de la lecture puis relever la valeur affichée en NTU.

Remarque : Une eau claire présente une faible turbidité ( $<1$  NTU), tandis qu'une eau trouble dépasse souvent les 5 NTU.



Figure 12 appreaile de turbidité

### **Déterminer la demande chimique en oxygène (DCO) :**

Le DCO a été déterminé par un spectrophotomètre DR 3900 (nous avons utilisé des capsules contenant Réactif commercial pré-préparé (314 LCK).

### □ Outils et équipements utilisés :

. Appareil (Spectrophotomètre DR/ 3900) -

## Chapitr 02 : Matérielles et méthodes

- Générateur de chaleur.
- Bécher - Paille - Eau distillée.

La méthode est la suivante :

- Bien agiter le tube contenant le réactif pour mesurer le DCO.
- À l'aide d'une pipette, ajoutez 2 ml de l'échantillon dans un tube.
- Agiter le tube hermétiquement fermé puis chauffer à 148°C pendant 2 heures ou dans un appareil 200 HTS pendant 15 min.
- Laisser refroidir l'échantillon à l'air libre pendant 15 minutes afin que la température atteigne (18-20°)
- Agiter ensuite vigoureusement jusqu'à ce que le contenu soit homogène.
- Nous nettoyons bien l'extérieur du tube.
- Placer le tube à l'intérieur du spectrophotomètre 3900DR puis lire la valeur enregistrée sur l'appareil Directement au contenu DCO mg/L.

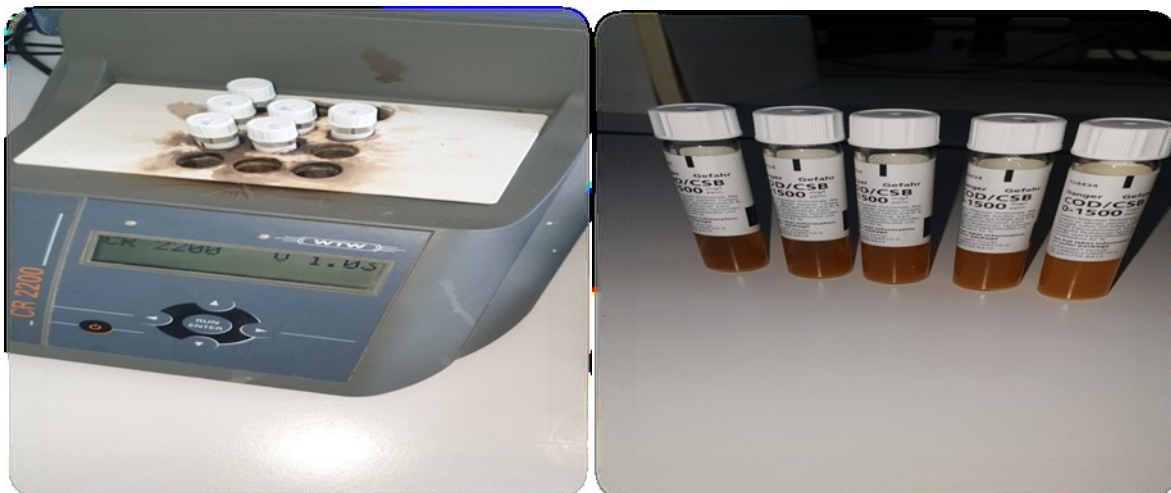


Figure 13 appareille de DCO

### Détermination de la qualité du carbone DBO5 :

#### 1. Compteur BODtrak TM 5DBO, compteur DBO II

- Instructions
- Base (20°C).
- DBOmètre.
- Mélangeur magnétique.

Comment ça marche :

- Tout d'abord, la température de l'échantillon doit être comprise entre (19-21°C).
- Placer l'échantillon dans un agitateur magnétique jusqu'à homogénéité.
- On prélève le volume nécessaire à l'aide d'un tube à essai gradué selon le tableau.
- Ajouter un sachet de nutriment au contenu du flacon.
- Placer le flacon à l'endroit prévu dans l'appareil à une température de 20°C pendant une période d'incubation de 5 jours.
- L'appareil enregistre automatiquement les valeurs.

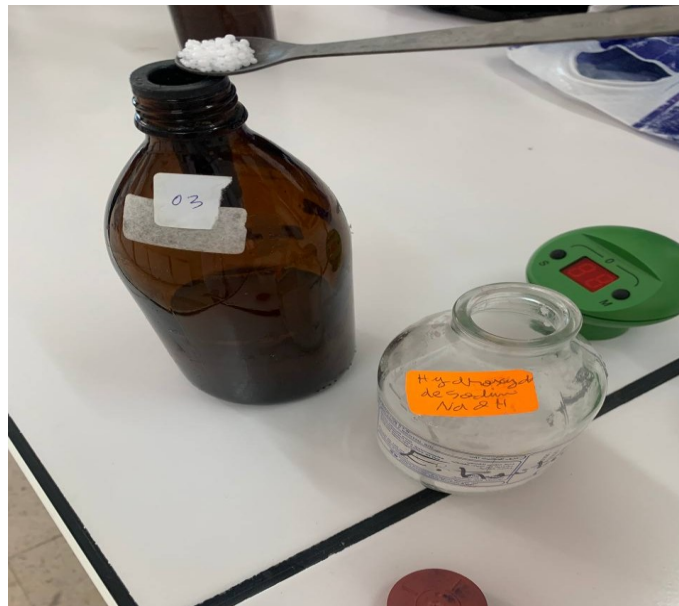


Figure 14 la bouteille de DBO

### Mesure des nitrites N-NO<sub>2</sub> :

- La concentration en nitrites a été déterminée (N-NO<sub>2</sub>) par spectrophotomètre 3900DR

- Outils et équipements  Spectrophotomètre 3900DR.
- Capsule contenant un réactif commercial pré-préparé (341LCK).
- Pipette standard de 2 ml
- Comment ça marche :
- Dévissez soigneusement le bouchon de la capsule afin de ne rien perdre de son contenu.
- À l'aide d'une pipette, prélevez soigneusement 0,2 ml de l'échantillon, puis ajoutez-le à la capsule et fermez-la hermétiquement.
- Bien agiter la capsule de haut en bas jusqu'à ce que son contenu soit mélangé.
- Après 10 minutes, nettoyez bien l'extérieur de la capsule.

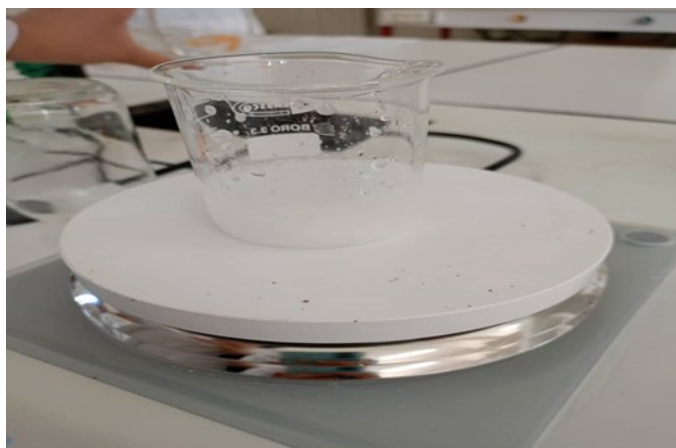


Figure 15 préparation de solution de nitrite

### Mesure des nitrates N-NO<sub>3</sub> :

- La concentration en nitrate a été déterminée (3NO-N) par spectrophotomètre 3900DR

- Outils et équipements  Spectrophotomètre 3900DR.
- Capsule contenant un réactif commercial pré-préparé (340 lck).

## Chapitr 02 : Matérielles et méthodes

- Pipette standard de 1 ml
- Pipette standard de 2 ml
- Comment ça marche :
- À l'aide d'une pipette, prélevez lentement 1 ml de l'échantillon.
- À l'aide d'une pipette, prélever lentement 2 ml de la solution.
- Fermer la capsule et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- Attendez 15 minutes, puis nettoyez l'extérieur de la capsule et placez-la dans le spectrophotomètre DR 3900 et lisez le contenu  $N - NO_3^-$  (ml/L)

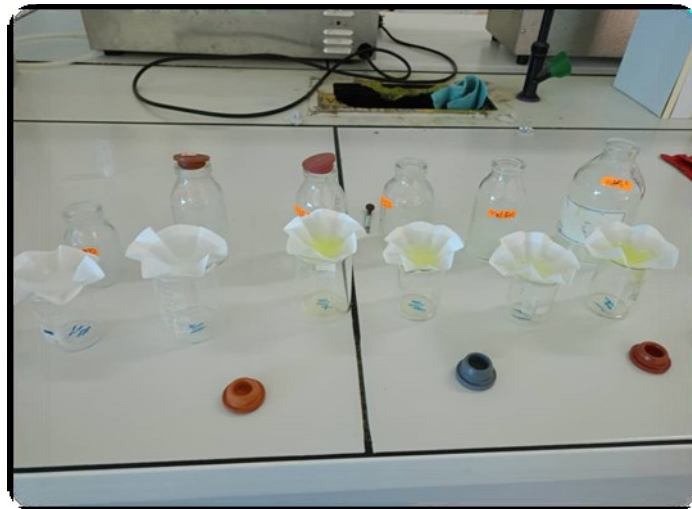


Figure 16 mesure de  $NO_3^-$

## **Chapitre 03 :      Résultat**

### Résultats et discussion

Dans cette étude, nous avons effectué des tests pour évaluer la capacité d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage à se débarrasser des polluants organiques et nutritifs. Pour ce faire, nous avons analysé divers facteurs physiques et chimiques à l'entrée et à la sortie de chaque étape de traitement dans la station. Le but de cette expérience était de déterminer l'efficacité de la station à éliminer les polluants

- **Epuration des eaux usées par le système de lagunage**

- **. Calcul et Analyse Statistique**

L'efficacité d'élimination (%RE) pour chaque variable a été calculée en appliquant l'équation suivante (1) en comparant les concentrations d'influents ( $C_i$ ) et d'effluents ( $C_0$ ) des eaux usées [28]

$$RE\% = \left( \frac{C_i - C_0}{C_i} \right) 100\% \text{ ----- (1)}$$

Où  $C_i$  et  $C_0$  sont les concentrations d'entrée et de sortie exprimées en mg/l, respectivement.

Une analyse unidirectionnelle de la variance (ANOVA) a été utilisée pour toutes les analyses statistiques afin de déterminer les différences statistiques significatives dans la performance du traitement de l'eau de chaque étape. Un test d'ANOVA a été utilisé et le niveau de signification statistique a été fixé à  $P \leq 0,05$ , avec les types de lagunes comme facteurs. L'analyse de variance (ANOVA) a été réalisée à l'aide du logiciel Origin Lab (2018).

- **Concentration des eaux usées brutes et traitées**

Afin d'évaluer les caractéristiques des eaux usées de la lagune de Bir Aïssa, une série d'analyses physico-chimiques a été effectuée. L'étude a porté sur différents indicateurs incluant la demande biochimique en oxygène sur 5 jours ( $DBO_5$ ), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières en suspension (MES), la turbidité, (TDS), la Salinité, le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), la température (T), les nitrites ( $NO_2^-$ ), ainsi que les nitrates ( $NO_3^-$ ). Les valeurs moyennes obtenues pour les eaux usées brutes et les eaux après traitement et les taux d'élimination correspondants .

## Chapitr 03 : Résultats

Tableau 2 : Concentrations (Min - Max), moyennes  $\pm$  ET (mg/L), sauf Température (°C) et CE (mS/cm), et Ph (S unité), nombre d'échantillons (n=03). Efficacité d'élimination (%)

Concentrations des défirrent paramètres des eaux usées brutes et traitées					
Paramètre	Eaux usées brutes (WW)	Bassins Anaérobies	Bassins facultatifs	Bassin de maturation	Sortie finale
T	(17.9 – 18.5) 18.2 $\pm$ 0.3	(17.2 -17.8) 17.5 $\pm$ 0.3	(17.1 - 17.4) 17.26 $\pm$ 0.15	(16.7 – 17.0) 16.83 $\pm$ 0.15	(16.4 – 16.7) 16.53 $\pm$ 0.15
pH	(7.28 - 7.57) 7.45 $\pm$ 0.15	(7.30 – 7.82) 7.60 $\pm$ 0.27	(7.79 - 8.15) 7.94 $\pm$ 0.18	(7.83 – 8.60) 8.14 $\pm$ 0.40	(8.03 – 8.32) 8.19 $\pm$ 0.14
CE	(1.59 - 2.95) 2.38 $\pm$ 0.70	(1.42 - 2.52) 2.15 $\pm$ 0.63	(2.52 – 2.77) 2.68 $\pm$ 0.14	(2.59 – 2.80) 2.72 $\pm$ 0.11	(3.04 – 3.23) 3.16 $\pm$ 0.10
Salinité mg/L	(0.6 – 1.4) 1.06 $\pm$ 0.41	(0.5 - 1.2) 0.93 $\pm$ 0.37	(1.1 – 1.3) 1.23 $\pm$ 0.11	(1.2 – 1.3) 1.26 $\pm$ 0.05	(1.6 – 1.6) 1.6 $\pm$ 0.00
MES mg/L RE %	(2.79 – 2.92) 2.85 $\pm$ 0.09	(2.07 – 2.10) 2.08 $\pm$ 0.021 <b>26.97 %</b>	(0.014 – 2.02) 1.34 $\pm$ 1.15 <b>53.01 %</b>	(0.012 – 1.68) 1.084 $\pm$ 0.93 <b>62.03 %</b>	(0.012 - 1.43) 0.887 $\pm$ 0.765 <b>68.92%</b>
Turbidité NTU RE %	(370 – 895) 584.0 $\pm$ 275.61	(145 – 287) 206.0 $\pm$ 73.08 <b>64.72%</b>	(87 – 128) 105.6 $\pm$ 20.74 <b>81.90%</b>	(85 – 433) 300.3 $\pm$ 189.74 <b>48.57%</b>	(68.5 – 116) 85.2 $\pm$ 26.70 <b>85.41%</b>
DBO <sub>5</sub> mg/L RE %	(250 - 550) 416.6 $\pm$ 152.75	200 – 490 353.3 $\pm$ 145.7 <b>15.20%</b>	160 - 290 210.0 $\pm$ 70.0 <b>49.60%</b>	90 - 180 136.6 $\pm$ 45.09 <b>67.20%</b>	20 - 50 36.6 $\pm$ 15.27 <b>91.2%</b>
DCO mg/L RE %	(370 - 895) 584.0 $\pm$ 275.61	(145 - 287) 206.0 $\pm$ 73.08 <b>47.52%</b>	(87 - 128) 105.6 $\pm$ 20.74 <b>56.05%</b>	(85 - 443) 300.3 $\pm$ 189.74 <b>75.17%</b>	(68.5 - 116) 85.2 $\pm$ 26.70 <b>23.87%</b>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> g/L RE %	0.123 /	0.125 /	0.131 /	0.133 /	0.121 /
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/L RE %	(0.4 – 0.705) 0.535 $\pm$ 0.15 /	(1.00 - 1.40) 1.20 $\pm$ 0.20 /	(1.70 – 2.30) 2.06 $\pm$ 0.32 /	(2.00 – 2.60) 2.30 $\pm$ 0.30 /	(2.60 – 3.50) 3.06 $\pm$ 0.45 /

### Analyse des performances de la STEP

- **Variation de la température (T)**

L'analyse de la température du système de traitement par lagunes révèle une stratification thermique progressive caractéristique des systèmes lagunaires [29] Les données collectées sur les trois périodes d'échantillonnage montrent une décroissance thermique systématique de l'amont vers l'aval du système de traitement.

Les eaux usées brutes présentent une température moyenne de  $18.20 \pm 0.30^\circ\text{C}$ , qui s'abaisse progressivement à  $17.50 \pm 0.31^\circ\text{C}$  dans le bassin anaérobie, puis à  $17.26 \pm 0.15^\circ\text{C}$  dans le bassin facultatif,  $16.83 \pm 0.15^\circ\text{C}$  dans le bassin de maturation, pour atteindre finalement  $16.53 \pm 0.15^\circ\text{C}$  en sortie finale. Cette diminution thermique totale de  $1.67^\circ\text{C}$  (soit

9 % de réduction) s'explique par les mécanismes de transfert thermique atmosphérique, l'évaporation de surface, et la stratification naturelle des masses d'eau. L'analyse de variance effectuée sur les températures indique une valeur différences significatives entre les bassins ( $p < 0.05$ ). Les coefficients de variation relativement faibles ( $< 2\%$  pour chaque bassin) témoignent d'une stabilité thermique satisfaisante du système, condition essentielle au maintien de l'activité métabolique des communautés microbiennes épuratrices. Cette gamme thermique optimale ( $16 - 18^{\circ}\text{C}$ ) favorise l'activité des bactéries anaérobies strictes dans le premier bassin, des bactéries facultatives dans le bassin intermédiaire, et des micro-organismes aérobies dans les bassins de finition [30] Cette gamme reste dans la plage des normes Algérienne . La régulation thermique naturelle du système lagunaire garantit ainsi une performance épuratoire stable et une efficacité de traitement optimale pour l'élimination des polluants organiques et la réduction de la charge pathogène.

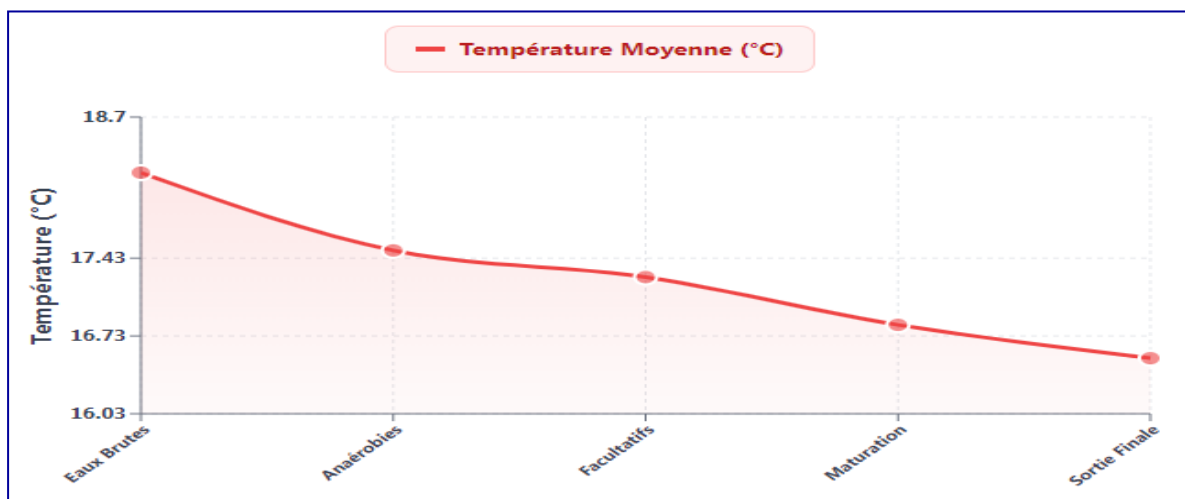


Figure 17: Evolution de la température à travers les étapes de traitement

- **Variation du pH**

Le pH constitue un paramètre clé dans l'efficacité des lagunes de stabilisation [31] présentant des variations circadiennes entre 7.2 et 8.8 dues à l'équilibre photosynthèse algale diurne/respiration microbienne nocturne. L'activité photosynthétique consomme le  $\text{CO}_2$  dissous, alcalinisant le milieu ( $\text{pH} > 8.0$ ) et optimisant l'abattement des coliformes fécaux (99.9% pour  $\text{pH} > 8.5$ ), tandis que la décomposition nocturne génère des acides organiques, abaissant le pH vers des valeurs neutres L'analyse statistique révèle un pH moyen de  $7.85 \pm 0.52$ , situé dans la gamme optimale ( $7.0 - 8.5$ ) des normes Algérienne avec un coefficient de variation de 6.63% reflétant une variabilité modérée. L'analyse de variance démontre des différences hautement significatives entre les lagunes ( $p < 0.001$ ), suggérant des conditions opérationnelles variables. La Lagune 3 (bassin de maturation) ( $\text{pH} = 8.1$ ) présente des

performances optimales, contrairement à la Lagune 1 (bassin anaérobie) (pH = 7.2) révélant une surcharge organique. La corrélation positive pH-température ( $r = 0.65$ ) confirme l'influence thermique sur l'activité biologique, optimisant naturellement les processus épuratoires estivaux[32]. Ces résultats révèlent un système fonctionnel nécessitant une gestion individualisée pour optimiser l'efficacité globale du traitement.

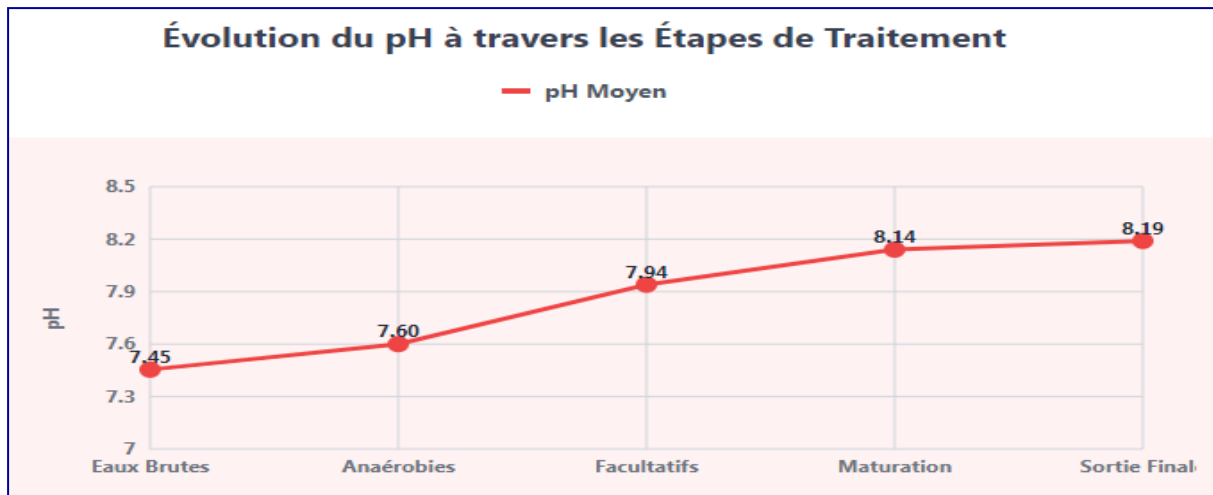


Figure 18 : Variation des pH à travers les étapes de traitement

- **Conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique (CE) constitue un paramètre physicochimique essentiel pour l'évaluation de la performance des systèmes de traitement par lagunes de stabilisation, reflétant la concentration totale des ions dissous dans les effluents [33]. L'analyse des données révèle une évolution caractéristique de ce paramètre à travers les différentes étapes de traitement, passant de  $2.38 \pm 0.70$  mS/cm dans les eaux usées brutes à  $3.16 \pm 0.10$  mS/cm en sortie finale. Cette progression s'accompagne d'une réduction significative de la variabilité, l'écart-type diminuant de 0.70 mS/cm initialement à seulement 0.10 mS/cm en sortie, témoignant d'une stabilisation progressive du système. Les bassins intermédiaires présentent des valeurs de  $2.15 \pm 0.63$  mS/cm pour les bassins anaérobies,  $2.68 \pm 0.14$  mS/cm pour les bassins facultatifs, et  $2.72 \pm 0.11$  mS/cm pour le bassin de maturation.

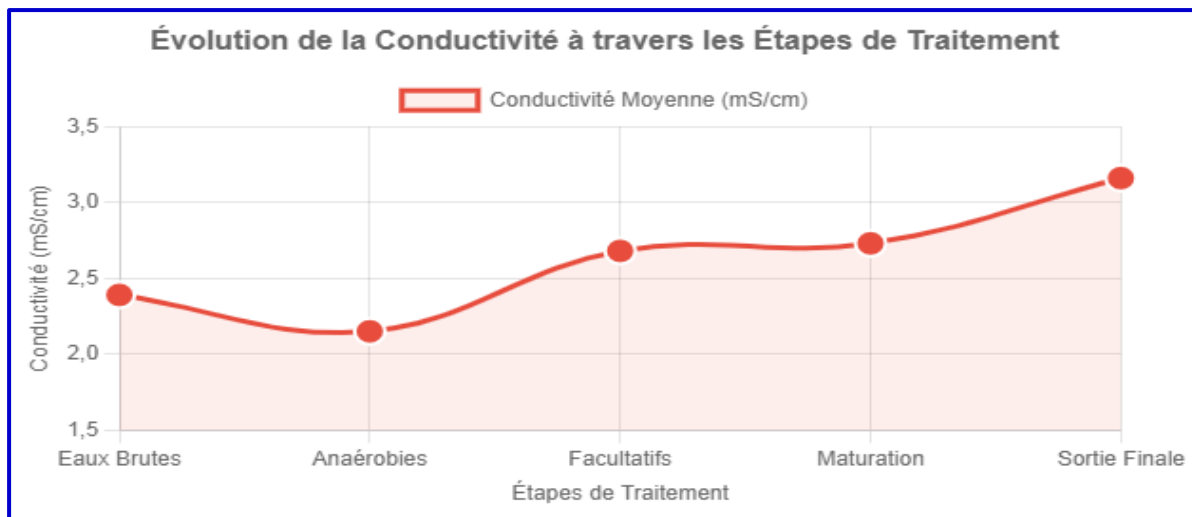


Figure 19 : Variation des CE à travers les étapes de traitement

L'augmentation progressive de la conductivité résulte de la minéralisation de la matière organique par les processus de biodégradation microbienne, libérant des ions inorganiques tels que  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ , tout en concentrant les sels dissous par évaporation [34]. L'analyse statistique de la variance confirme ces observations avec une significativité de ( $p = 0.015$ ), démontrant des différences statistiquement significatives entre les bassins et validant l'évolution progressive de la conductivité. La diminution initiale observée entre les eaux brutes et les bassins anaérobies s'explique par la sédimentation des particules, tandis que l'augmentation contrôlée dans les étapes suivantes témoigne d'une biodégradation optimale. Cette analyse révèle un système fonctionnel avec une minéralisation progressive et contrôlée, caractéristique d'un traitement biologique mature et efficace, où la stabilisation finale de la conductivité avec un écart-type inférieur à 0.15 mS/cm indique l'atteinte d'un équilibre ionique optimal.

- **Variation de la Salinité**

L'analyse de la salinité dans le système de traitement par lagunes révèle des variations significatives entre les différents bassins ( $p = 0.002$ ), indique une différence significative de la salinité entre les différents bassins. Le  $r^2 = 0.816$  suggère que 81.6% de la variance de la salinité est expliquée par le type de bassin. Les bassins anaérobies présentent une salinité moyenne de  $(1.06 \pm 0.41 \text{ g/L})$ , tandis que les bassins facultatifs montrent des valeurs légèrement plus faibles  $(0.93 \pm 0.37 \text{ g/L})$ . Une augmentation notable est observée dans les bassins de maturation  $(1.23 \pm 0.11 \text{ g/L})$  et se confirme à la sortie finale  $(1.60 \pm 0.00 \text{ g/L})$ . Cette progression croissante s'explique par les phénomènes de concentration due à

l'évaporation et à la transpiration dans les bassins successifs [34] Le coefficient de variation global de 26.8% témoigne d'une variabilité modérée du système. La stabilité remarquable de la salinité en sortie finale suggère une capacité tampon efficace du système lagunaire. Ces résultats confirment que le processus de traitement par lagunes entraîne une concentration progressive des sels dissous, phénomène à considérer dans la gestion des effluents et leur éventuelle réutilisation en irrigation.

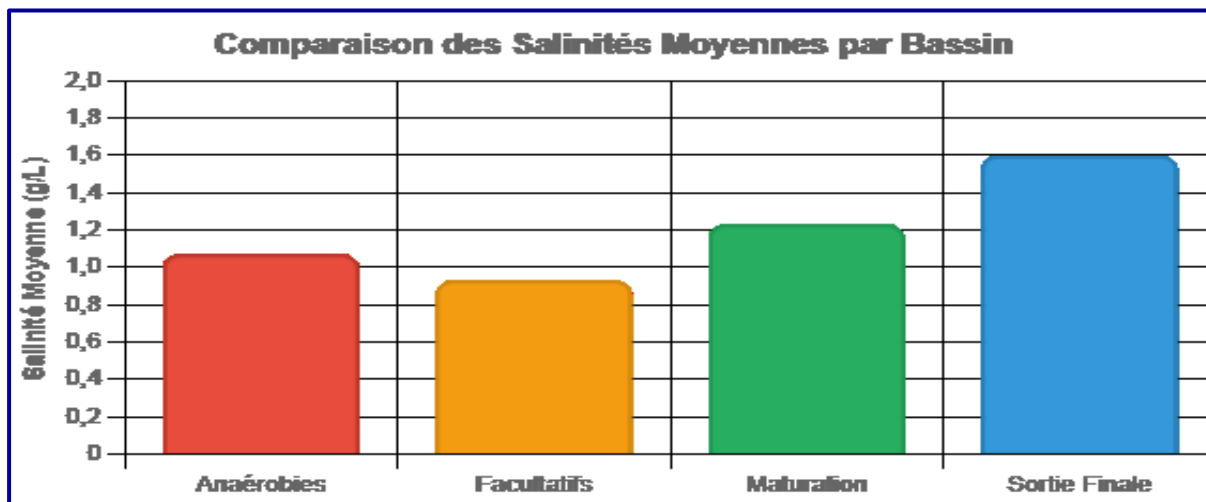


Figure 20: Variation de la salinité à la sortie de chaque étape de traitement.

- **Variation de la MES**

L'efficacité du système de lagunage à trois étapes consécutives pour l'élimination des matières en suspension (MES) a été évaluée sur trois campagnes d'échantillonnage représentatives. L'évolution des concentrations révèle une dégradation progressive: de  $2.85 \pm 0.09$  mg/L en entrée vers  $0.88 \pm 0.76$  mg/L en sortie finale, soit une réduction absolue moyenne de 1.96 mg/L. L'analyse des rendements par étape démontre l'efficacité spécifique de chaque bassin : le bassin anaérobie assure un rendement moyen de 26.97% (élimination de 0.77 mg/L), le bassin facultatif contribue à 26.04% supplémentaires, le bassin de maturation apporte 9.01% d'amélioration, conduisant à un rendement global de 62.03%. L'hétérogénéité significative entre les périodes d'échantillonnage, suggère une influence saisonnière ou opérationnelle sur les performances du système. Les concentrations finales restent conformes aux normes de rejet, validant l'efficacité du traitement par lagunage naturel pour l'élimination des particules en suspension via les mécanismes combinés de décantation gravitaire, filtration biologique et biodégradation anaérobie-aérobie.

L'analyse complète du système de lagunage révèle une performance globale satisfaisante avec un rendement moyen de 68.92% pour l'élimination des MES. La variabilité observée reflète principalement les fluctuations de la charge d'entrée plutôt qu'un dysfonctionnement du système. L'analyse de la variance confirme l'absence de différences significatives temporelles ( $p > 0.05$ ), attestant de la stabilité opérationnelle. Le bassin anaérobie s'avère être l'étape la plus efficace (26.97%), suivi du bassin facultatif (26.04%). Les concentrations finales conformes aux normes valident l'approche de traitement naturel [35]. Il est recommandé d'optimiser le bassin de maturation (rendement = 9.01%) et de standardiser les conditions opérationnelles pour réduire la variabilité des performances.

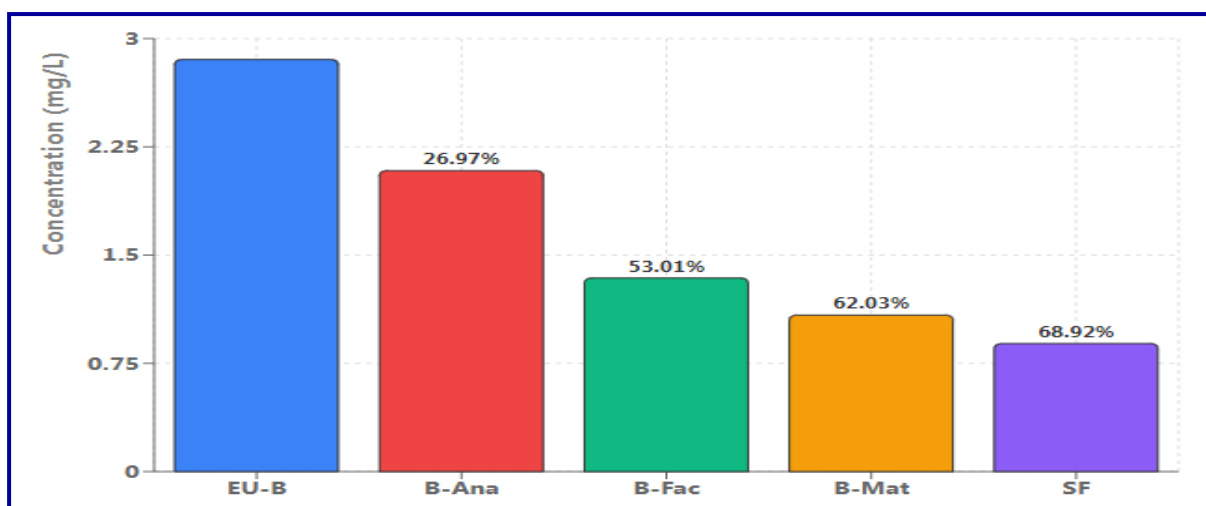


Figure 21: Variation de la MES à la sortie de chaque étape de traitement.

- **Variation de la Turbidité**

Le traitement des eaux usées par lagunage constitue une technologie écologique largement adoptée pour l'épuration biologique des effluents urbains et industriels. Dans cette étude, l'analyse de la turbidité (TUR) représente un paramètre fondamental pour évaluer l'efficacité du processus de clarification. Les données collectées (eaux usées brutes) révèlent une variation significative de la turbidité, oscillant entre 370 NTU et 895 NTU, avec une moyenne de  $584 \pm 275.61$  NTU. Cette variabilité importante (coefficient de variation de 46.9%) suggère l'influence de facteurs environnementaux complexes tels que les conditions météorologiques, les variations de charge organique, et les processus biologiques saisonniers. Le pic de turbidité observé le 14 avril (895 NTU) coïncide avec des conditions météorologiques défavorables ou une surcharge hydraulique du système. Cette valeur aberrante influence considérablement la moyenne générale et suggère la nécessité d'une

régulation automatisée du système de lagunage. À la sortie du bassin anaérobie, la concentration moyenne de la turbidité diminue à  $206.00 \pm 73.08$  NTU, soit une réduction de 64.72%. Cette première étape de traitement anaérobie démontre son efficacité dans l'élimination de la turbidité par sédimentation. La sortie du bassin facultatif affiche une concentration moyenne de  $105.66 \pm 20.74$  NTU, représentant une réduction notable est observée supplémentaire de 17.18% par rapport à l'étape précédente. Une diminution est observée dans les bassins de maturation ( $300 \pm 189.74$  NTU) et se confirme à la sortie finale ( $85.2 \pm 26.70$  NTU). Cette progression s'explique par les phénomènes de décantation et sédimentation dans les bassins successifs.

L'analyse de variance révèle une variabilité significative de la turbidité sur la période d'étude ( $p < 0.05$ ). Ces résultats recommandent l'implémentation d'un système de monitoring en temps réel pour optimiser les performances épuratoires et garantir la conformité environnementale du traitement par lagunes.

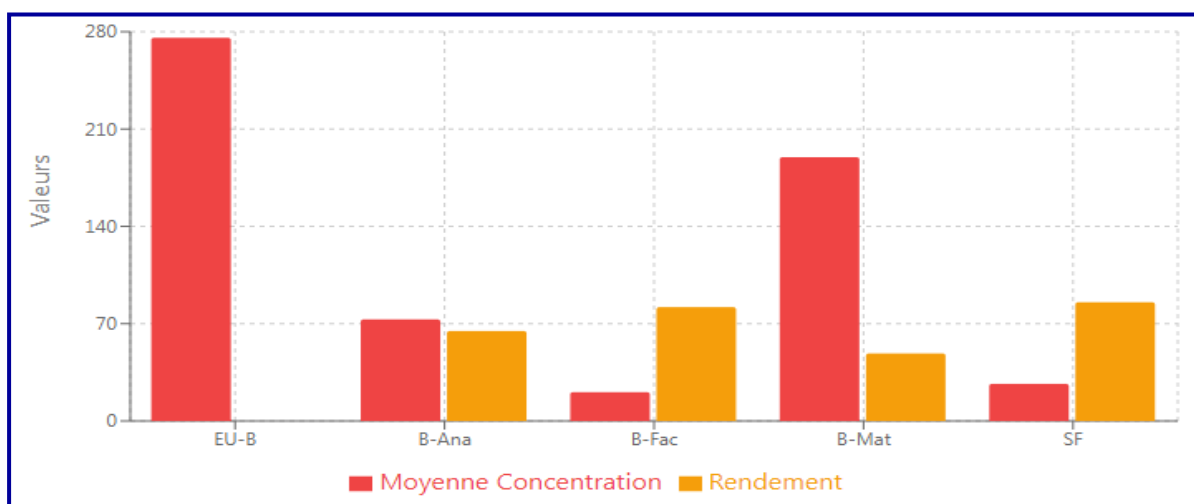


Figure 22: Variation de la TURBIDITE à la sortie de chaque étape de traitement.

- **Variation de la DBO<sub>5</sub>**

L'analyse de la Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>) dans le système de traitement par lagunes révèle une efficacité remarquable du processus d'épuration biologique. Les résultats montrent une réduction progressive et significative de la charge organique à travers les différents bassins du système. Le bassin d'eaux usées brutes présente des valeurs de DBO<sub>5</sub> comprises entre 250 et 550 mg/L, avec une moyenne de  $416.66 \pm 152.75$  mg/L caractéristiques d'effluents urbains moyennement chargés. Le premier bassin anaérobie démontre une capacité d'abattement substantielle avec des concentrations variant de 200 à 490

mg/L, soit une réduction moyenne de 15.20%. Le bassin facultatif poursuit cette épuration avec des valeurs oscillant entre 160 et 290 mg/L, témoignant de l'activité microbienne équilibrée entre les processus aérobies et anaérobies Enfin, le bassin de maturation finalise le traitement avec des concentrations réduites à 90 - 180 mg/L, respectant largement les normes de rejet. Cette performance épuratoire, confirmée par l'analyse statistique de la variance ( $p < 0.001$ ), valide l'efficacité du système lagunaire pour le traitement des eaux usées urbaines.

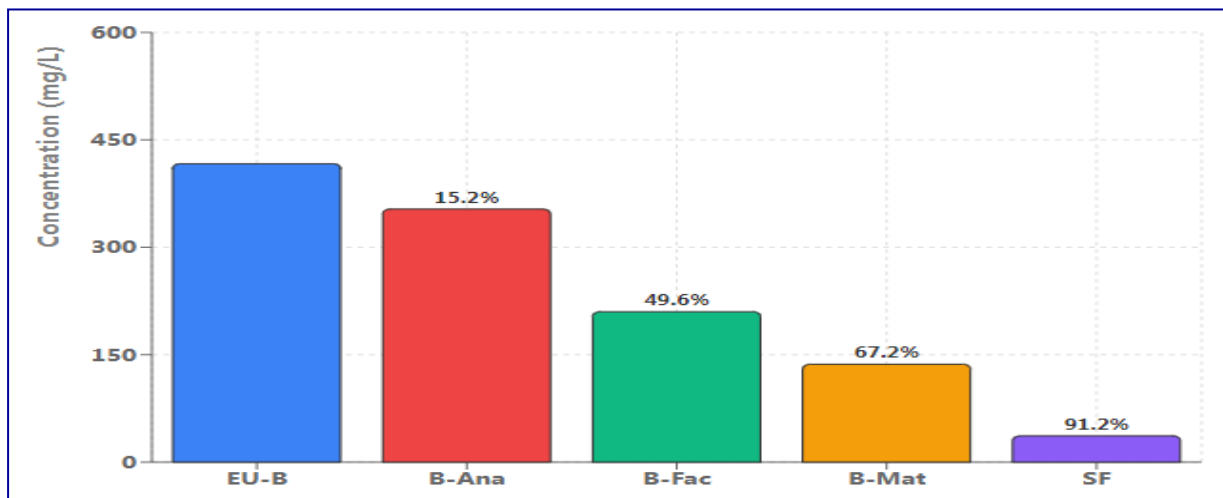


Figure 23: Variation de la DBO<sub>5</sub> à la sortie de chaque étape de traitement.

- **Variation de la demande chimique en oxygène (DCO)**

Le système de lagunage étudié présente une configuration séquentielle comprenant un bassin anaérobie, un bassin aérobie suivi d'un bassin de maturation. L'analyse des données de traitement de l'eau par lagunage révèle des variations significatives de la demande chimique en oxygène (DCO) à travers les différentes étapes du processus. Les eaux usées brutes présentent une concentration moyenne de DCO de  $781.33 \pm 415.96$  mg/L, avec des valeurs oscillant entre 344 mg/L et 1172 mg/L, témoignant d'une variabilité importante de la charge polluante d'entrée. À la sortie du bassin anaérobie, la concentration moyenne de DCO diminue à  $410.00 \pm 259.28$  mg/L, soit une réduction de 47.5%. Cette première étape de traitement anaérobie démontre son efficacité dans la dégradation initiale de la matière organique par fermentation. La sortie du bassin facultatif affiche une concentration moyenne de  $343.33 \pm 125.76$  mg/L, représentant une réduction supplémentaire de 8.53% par rapport à l'étape précédente. Cette diminution modérée s'explique par le fait que les composés organiques les plus facilement biodégradables ont déjà été éliminés lors de l'étape anaérobie. La sortie du bassin de maturation affiche une concentration moyenne de  $194 \pm 105.47$  mg/L,

## Chapitr 03 : Résultats

représentant une réduction supplémentaire de 19.11% par rapport à l'étape précédente, indiquant une stabilisation et une possible maturation supplémentaire de l'effluent traité. La sortie finale maintient une concentration moyenne de  $126.00 \pm 51,73$  mg/L, soit une efficacité globale du système de 83.87%. Cette performance remarquable confirme la capacité du système de lagunage à réduire significativement la charge organique des eaux usées.

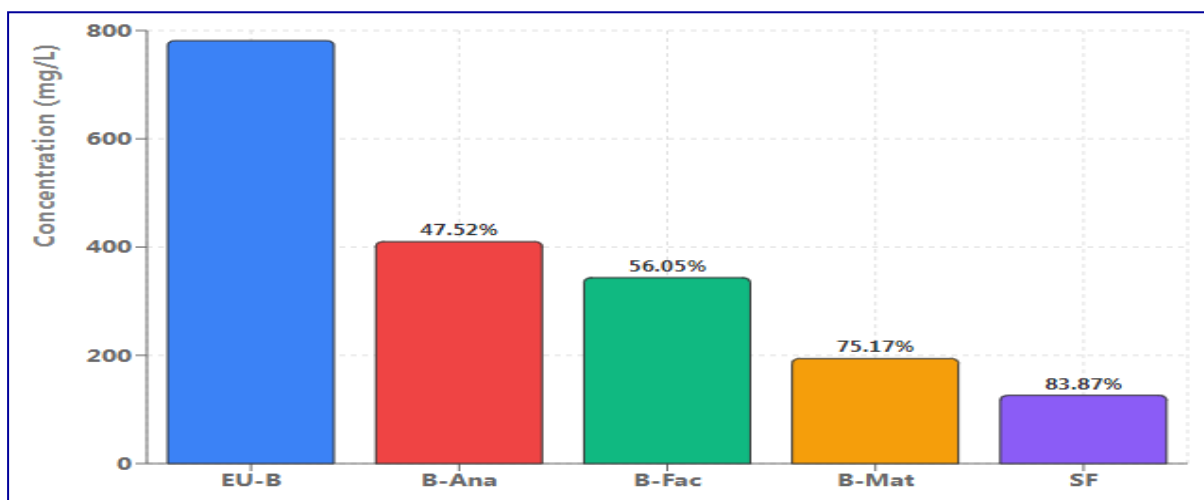


Figure 24: Variation de la DCO à la sortie de chaque étape de traitement.

Les résultats montrent une diminution progressive et significative de la DCO à travers les différentes étapes du traitement. L'efficacité globale du système atteint 83.87%, démontrant la capacité du procédé biologique à dégrader efficacement la matière organique présente dans les eaux usées brutes.

L'analyse statistique de la variance confirme l'existence de différences hautement significatives entre les concentrations de DCO aux différentes étapes du traitement ( $p < 0.001$ ), validant ainsi l'efficacité du processus de dépollution. La variabilité temporelle observée reflète les fluctuations naturelles des charges polluantes et les conditions opérationnelles du système de lagunage.

Les performances du bassin anaérobie, première étape du traitement, montrent une réduction importante de la charge organique par fermentation anaérobie, suivie d'un polissage efficace dans le bassin aérobie où l'oxydation biologique complète le processus d'épuration. Cette configuration séquentielle optimise l'élimination de la DCO tout en maintenant une stabilité opérationnelle remarquable.

La configuration séquentielle anaérobie-aérobie optimise les processus biologiques de dégradation de la matière organique.

L'analyse révèle que le bassin anaérobie joue un rôle important dans la première étape de dépollution, tandis que le polissage final assure une qualité d'eau conforme aux standards de rejet.

La variabilité temporelle observée est typique des systèmes de traitement biologique et reflète les fluctuations naturelles des charges polluantes [36].

- **Variation du  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$**

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) constituent un paramètre critique dans l'évaluation de l'efficacité des systèmes de lagunage, représentant un intermédiaire transitoire dans le processus de nitrification-dénitrification. L'analyse des données collectées révèle une dynamique complexe de transformation de l'azote à travers les différents bassins du système de traitement.

Les concentrations initiales en nitrites dans les eaux usées brutes (EU-B) varient de 0.4 à 0.705 mg/L, avec une moyenne de  $0.535 \pm 0.155$  mg/L. Cette variabilité reflète les fluctuations temporelles typiques des rejets urbains. Le bassin anaérobie (B-Ana) présente des concentrations remarquablement stables, oscillant entre 1.0 et 1.4 mg/L (moyenne :  $1.20 \pm 0.20$  mg/L), suggérant une accumulation temporaire des nitrites due aux conditions réductrices prévalentes.

Le bassin facultatif (B-Fac) montre une augmentation significative des concentrations, atteignant un pic de 2.30 mg/L, avec une moyenne de  $2.06 \pm 0.32$  mg/L. Cette élévation correspond à l'intensification des processus d'oxydation de l'ammonium en nitrites par les bactéries nitrifiantes (Nitrosomonas). Le bassin de maturation (B-Mat) maintient des niveaux intermédiaires (moyenne :  $2.30 \pm 0.30$  mg/L), témoignant de l'équilibre dynamique entre nitrification et dénitrification. L'analyse statistique de la variance confirme l'existence de différences hautement significatives entre les concentrations de DCO aux différentes étapes du traitement ( $p < 0.001$ ), validant ainsi l'efficacité du processus de nitrification.

La sortie finale (SF) présente des concentrations variables (2.60 à 3.50 mg/L, moyenne :  $3.06 \pm 0.45$  mg/L), indiquant une efficacité d'élimination limitée des nitrites. Cette persistance peut s'expliquer par des conditions d'oxygénation insuffisantes pour une nitrification complète vers les nitrates, ou par un temps de séjour hydraulique inadéquat pour permettre la dénitrification complète .

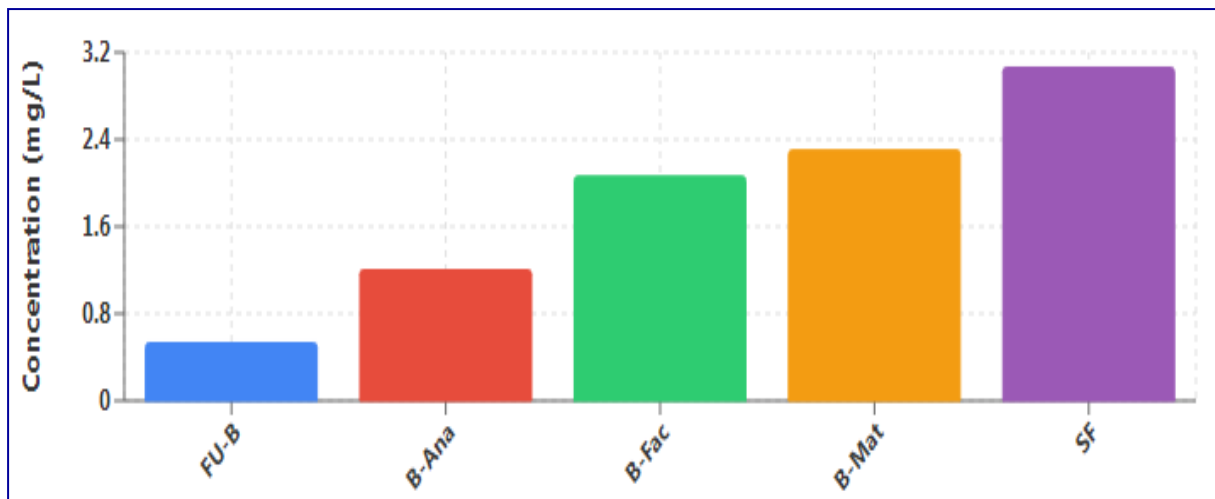


Figure 25: Variation du  $\text{NO}_2^-$  à la sortie de chaque étape de traitement.

Le traitement des eaux usées par lagunage présente une évolution caractéristique des concentrations en nitrates à travers les différents bassins de la filière. Cette filière comporte : un bassin anaérobie (BA), un bassin facultatif (BF) et un bassin de maturation (BM). Les performances épuratoires d'une filière de trois bassins en série de lagunage. L'analyse des concentrations en nitrates révèle une légère augmentation progressive depuis les eaux usées brutes (EU-B : 0.123 g/L) jusqu'au bassin de maturation (B-Mat : 0.133 g/L), suivie d'une diminution notable en sortie finale (SF : 0.121 g/L). Cette évolution s'explique par les processus biochimiques spécifiques à chaque bassin. Le bassin anaérobie permet de diminuer la charge en matière organique. Le traitement biologique des eaux usées, tandis que l'eau transite ensuite dans des bassins moins profonds, qui servent à traiter l'azote (généralement transformé en nitrates lors de la dégradation de la matière organique par les micro-organismes). La légère accumulation de nitrates observée dans les bassins intermédiaires résulte de la nitrification de l'azote ammoniacal par les bactéries nitrifiantes en conditions aérobies. Tandis que les bassins anaérobies et facultatifs sont conçus pour l'élimination de la DBO, les bassins de maturation le sont pour les germes pathogènes. La diminution finale des nitrates en sortie (SF) peut s'expliquer par l'absorption par les plantes et les micro-organismes qui vont dégrader la matière organique traitée en traitements secondaires, ainsi que par les phénomènes de dénitrification qui convertit les nitrates en diazote ( $\text{N}_2$ ) par des bactéries anaérobies en milieu hypoxique [37].

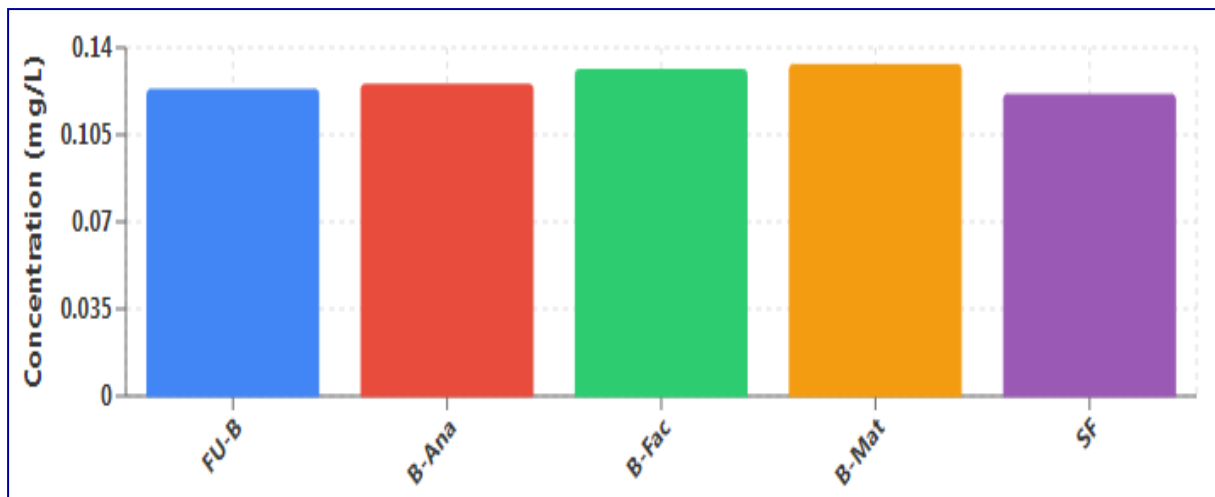


Figure 26: Variation du  $\text{NO}_3^-$  à la sortie de chaque étape de traitement.

### Conclusion générale

Le traitement des eaux usées constitue aujourd'hui un enjeu environnemental majeur, en particulier dans les zones semi-arides où les ressources hydriques sont limitées. À travers cette étude, nous avons évalué les performances de la station d'épuration par lagunage naturel située à Bir Aïssa, dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, dans un objectif de protection de l'environnement et de réutilisation durable des eaux traitées en irrigation.

Le lagunage naturel repose sur un principe biologique fondé sur l'interaction entre micro-organismes, plantes aquatiques et facteurs environnementaux (température, lumière, oxygène), permettant une épuration progressive des eaux usées au fil de plusieurs bassins successifs (anaérobie, facultatif, aéré). Ce système, bien que simple et peu coûteux, s'avère particulièrement adapté aux zones rurales, grâce à sa faible exigence énergétique et son intégration harmonieuse dans l'écosystème local.

Durant la période de suivi en avril 2025, nous avons effectué des prélèvements au niveau de l'entrée et de la sortie de la station, afin de mesurer l'efficacité d'élimination de plusieurs paramètres physico-chimiques représentatifs de la pollution organique et azotée : les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène sur 5 jours ( $DBO_5$ ), ainsi que le pH, la température, la conductivité électrique et les formes azotées (nitrates, nitrites).

Les résultats ont montré que le système atteint un taux global d'élimination de 62,03 %, avec des performances notables dans la lagune anaérobie (jusqu'à 26,97 % pour les MES) et des rendements satisfaisants pour la  $DBO_5$  (80 %) et la DCO (83,87 %), confirmant une activité biologique efficace. La lagune anaérobie contribue à hauteur de 47,5 % à l'élimination de la  $DBO_5$  et de la DCO, tandis que l'élimination de la turbidité atteint 85,4 %, ce qui démontre une bonne décantation et stabilisation de la charge polluante.

Cependant, l'élimination des composés azotés reste moins performante. Le taux de nitrates est resté dans les normes acceptables pour l'irrigation, mais la concentration en nitrites au niveau de la sortie dépasse légèrement les seuils recommandés, indiquant une nitrification incomplète ou un temps de séjour insuffisant dans les bassins aérés. De plus, l'élévation de la conductivité électrique observée en sortie suggère une accumulation de sels minéraux, conséquence du processus de dégradation organique.

## Conclusion Générale

Par ailleurs, les facteurs climatiques ont eu une influence directe sur les performances du système. Les températures stables (autour de 17 °C) et l'augmentation du pH en journée ont favorisé l'activité microbienne, ce qui a permis une amélioration de la qualité des eaux traitées pendant les journées chaudes. Cela confirme la sensibilité du système de lagunage aux conditions climatiques, qui doivent être prises en compte dans la planification et la gestion de telles installations.

En comparant les résultats obtenus avec les normes algériennes et celles de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour la réutilisation des eaux usées en agriculture, nous constatons que la qualité des eaux traitées est globalement conforme pour plusieurs paramètres (pH, température, MES, DCO,  $\text{NO}_3^-$ ), ce qui autorise leur réutilisation pour l'irrigation de cultures non alimentaires. Toutefois, des ajustements restent nécessaires concernant la réduction des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et la  $\text{DBO}_5$ , qui présentent des valeurs légèrement au-dessus des seuils tolérés.

- **Recommandations et perspectives :**

Pour améliorer les performances du système de lagunage à Bir Aïssa, nous proposons plusieurs pistes d'optimisation :

- Allongement du temps de séjour hydraulique dans les bassins facultatifs ;
- Renforcement du système d'aération naturelle ou mécanique dans les lagunes facultatives ;
- Nettoyage périodique des sédiments accumulés au fond des bassins ;
- Mise en place d'un suivi régulier de la conductivité et de l'oxygène dissous ;
- Intégration d'analyses microbiologiques pour évaluer le risque sanitaire ;
- Suivi de la végétation aquatique pour améliorer l'absorption des nutriments azotés.

### Référence bibliographique :

1. ALIMENTARIUS, F. C. (2005). Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias.
2. **Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L. (2009).** L'analyse de l'eau – eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (9e éd.). Dunod.
3. Djedidi, N., & Hassen, A. (1991). Propriétés physiques des sols et pouvoir colmatant des eaux usées en fonction de leur degré de traitement. Cah. ORSTOM, Sér. Pédo, 26(1), 3-10.
4. Ananga, R. P. N., Ajeegah, G. A., Abou Elnaga, Z., & Ngassam, P. (2020). Caractéristique Physico-Chimique Et dynamique des Formes Environnementales des Coccidies Entériques Dans Les Eaux De Sources, Puits et Cours D'eau dans La Commune d'Akono (Cameroun, Afrique Centrale). European Scientific Journal ESJ, 16(3).
5. Ananga, R. P. N., Ajeegah, G. A., Abou Elnaga, Z., & Ngassam, P. (2020). Caractéristique Physico-Chimique Et dynamique des Formes Environnementales des Coccidies Entériques Dans Les Eaux De Sources, Puits et Cours D'eau dans La Commune d'Akono (Cameroun, Afrique Centrale). European Scientific Journal ESJ, 16(3).
6. Kanbouchi, I., Souabi, S., Chtaini, A., & Aboulhassan, M. A. (2014). Évaluation de la pollution des eaux usées mixtes collectées par le réseau d'assainissement de la ville de Mohammedia: Cas d'un collecteur principal. Les technologies de laboratoire, 8(34).
7. Bouzidi, S. (2017). Contribution à l'évaluation de la qualité sanitaire et hygiénique du lait cru et pasteurisé dans la région de Tiaret (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
8. Cisneros, B. J., Mara, D., Carr, R., & Brissaud, F. Traitement des eaux usées pour l'élimination des agents pathogènes et la conservation des éléments nutritifs. L'irrigation avec des eaux usées et la santé, 161.
9. Cisneros, B. J., Mara, D., Carr, R., & Brissaud, F. Traitement des eaux usées pour l'élimination des agents pathogènes et la conservation des éléments nutritifs. L'irrigation avec des eaux usées et la santé, 161.

10. Hafiane, R. Traitement des eaux usées domestiques de la station d'épuration de HOUD BERKAOUI par charbon actif (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA).
11. Boucheleghem Amira, B. M. (2015). Evaluation de la qualité des eaux usées (Wilaya de Guelma) après traitement par les différents procédés (Station d'épuration, Nanoparticules et les lentilles d'eaux).
12. Saggai, M. M. (2004). Contribution à l'étude d'un système d'épuration à plantes Macrophytes pour les eaux usées de La Ville de Ouargla (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA-).
13. Otterpohl, R., Braun, U., & Oldenburg, M. Technologies innovatrices pour la gestion décentralisée des eaux usées en zones urbaines et péri-urbaines.
14. Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4th ed.). McGraw-Hill.
15. Abdallaoui, M. (2022). Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Rahouia Tيارت en vue de leur réutilisation à l'irrigation.
16. Vandermeersch, S. (2006). Étude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes. Université libre de Bruxelles.
17. Arezki, K., & Lazouzi, N. (2020). Dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Azazga (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri TiziOuzou).
18. Condom, N., & Declercq, R. (2016). Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone périurbaine de pays en développement: pratiques, défis et solutions opérationnelles. Rapport ECOFILAE.
19. Bakiri, Z. (2018). Analyse et optimisation des eaux usées urbaines par boues activées: application au décanteur secondaire (Doctoral dissertation).
20. Feugier, A. (2021). Modélisation, formalisation et mise en place d'une méthodologie de transformation à grande échelle de la fonction maintenance pour la rendre plus performante. Cas d'application à un grand service public d'assainissement et de traitement des eaux usées (Doctoral dissertation, HESAM Université).
21. Technique extensive:**Lagunage naturel**. - *Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin- Meuse* : AERM, Juillet 2007.

22. **SEDDINI, Mounira CHACHOUA et Abdelali** *Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie..s.l. : Afrique SCIENCE 09(3) (2013) 113 – 121* 113, 2013, pp. 116-117.
23. **Lagunage naturel A.CHAIB** *Bioépuration par lagunage naturel..* Bulletin Energies Renouvelables N°5 : s.n., janvier 2004.
24. Chachoua, M., & Seddini, A. (2013). Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 9(3), 113-121.
25. hadha yahder 3la les bassin Y. Racault (Cemagref) «Le Lagunage naturel: les leçons tirées de 15 ans de pratique en France », 97/0219 (1997), 1ère Edition.
26. Ammar, ZOBEIDI. ÉPURATION DES EAUX USÉES URBAINES PAR LAGUNAGE. 2018. p. 81.
27. **rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L. (2009).** *L'Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer* (9<sup>e</sup> édition), Dunod.
28. Kadlec, R. H., & Wallace, S. (2008). *Treatment wetlands*. CRC press.
29. Lap, J. et al. (2009) – étude sur la stratification thermique dans des étangs d'irrigation (modélisation CE- QUAL- W2)
30. Zerouali et al. (2021) [ex.], étude algérienne, températures in/out station : 11–30 °C, sans variation significative (P = 0,4842), moyenne ~20,5 °C
31. Blümmel, M., Teymouri, F., Moore, J., Nielson, C., Videto, J., Kodukula, P., ... & Varijakshapanicker, P. (2018). Ammonia Fiber Expansion (AFEX) as spin off technology from 2nd generation biofuel for upgrading cereal straws and stovers for livestock feed. *Animal feed science and technology*, 236, 178-186.
32. Liu, J., Liao, X., Qian, S., Yuan, J., Wang, F., Liu, Y., ... & Zhang, Z. (2020). Community transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, Shenzhen, China, 2020. *Emerging infectious diseases*, 26(6), 1320.
33. Yakhot, V., & Smith, L. M. (1992). The renormalization group, the  $\varepsilon$ -expansion and derivation of turbulence models. *Journal of scientific computing*, 7, 35-61.
34. Bascle, S., Bourven, I., & Baudu, M. (2021). Impact of the nature of organic matter and/or its organo-mineral interaction on microbial activity in dam sediment. *Journal of Soils and Sediments*, 21, 561-574.
35. Driche, M., Abdessemed, D., & Nezzal, G. (2008). Treatment of wastewater by natural lagoon for its reuse in irrigation. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1(4), 408-413.

## Bibliographie

36. Gaudy Jr, A. F., & Blachly, T. R. (1985). A study of the biodegradability of residual COD. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 332-338.
37. Stüven, R., & Bock, E. (2001). Nitrification and denitrification as a source for NO and NO<sub>2</sub> production in high-strength wastewater. *Water Research*, 35(8), 1905-1914.

## Annexes

Tableau 3 Annexs

Temperature	Eaux usées brutes	Bassin anaérobies	Bassin facultatifs	Bassin de maturation	Sortie finale
09-Avr	18.50	17.20	17.10	16.80	16.40
14-Avr	17.90	17.50	17.30	17.00	16.70
24-Avr	18.20	17.80	17.40	16.70	16.50
Min	17.90	17.20	17.10	16.70	16.40
Max	18.50	17.80	17.40	17.00	16.70
Moy	18.20	17.50	17.26	16.83	16.53
ET	0.300	0.300	0.152	0.152	0.152
Ph	Eaux usées brutes	Bassin anaérobies	Bassin facultatifs	Bassin de maturation	Sortie finale
09-Avr	7.52	7.82	8.15	8.60	8.32
14-Avr	7.57	7.69	7.90	7.99	8.24
24-Avr	7.28	7.30	7.79	7.83	8.03
Min	7.28	7.30	7.79	7.83	8.03
Max	7.57	7.82	8.15	8.60	8.32
Moy	7.45	7.60	7.94	8.14	8.19
ET	0.15	0.27	0.18	0.40	0.14
CE	Eaux usées brutes	Bassin anaérobies	Bassin facultatifs	Bassin de maturation	Sortie finale
09-Avr	2.95	2.52	2.77	2.79	3.23
14-Avr	2.62	2.52	2.76	2.80	3.21
24-Avr	1.59	1.42	2.52	2.59	3.04
Min	1.59	1.42	2.52	2.59	3.04
Max	2.95	2.52	2.77	2.80	3.23
Moy	2.38	2.15	2.68	2.72	3.16
ET	0.70	0.63	0.14	0.11	0.10
Salinité	Eaux usées brutes	Bassin anaérobies	Bassin facultatifs	Bassin de maturation	Sortie finale
09-Avr	1.40	1.10	1.30	1.30	1.60
14-Avr	1.20	1.20	1.30	1.30	1.60
24-Avr	0.60	0.50	1.10	1.20	1.60
Min	0.60	0.50	1.10	1.20	1.60
Max	1.40	1.20	1.30	1.30	1.60
Moy	1.06	0.93	1.20	1.26	1.60
ET	0.41	0.37	0.11	0.05	0.00
MES	Eaux usées brutes	Bassin anaérobies	Bassin facultatifs	Bassin de maturation	Sortie finale
09-Avr	2.790	2.100	2.020	1.680	1.430
14-Avr	2.920	2.070	1.990	1.560	1.220
24-Avr	0,028	0,018	0.014	0.012	0.012
Min	2.790	2.070	0.014	0.012	0.012

## Annexs

<b>Max</b>	2.920	2.100	2.020	1.680	1.430
<b>Moy</b>	2.855	2.085	1.341	1.084	0.887
<b>ET</b>	0.092	0.021	1.150	0.930	0.765
<b>Turbidité</b>	<b>Eaux usées brutes</b>	<b>Bassin anaérobies</b>	<b>Bassin facultatifs</b>	<b>Bassin de maturation</b>	<b>Sortie finale</b>
<b>09-Avr</b>	370	186	128	443	71.1
<b>14-Avr</b>	895	287	102	373	116
<b>24-Avr</b>	487	145	87	85	68.5
<b>Min</b>	370	145	87	85	68.5
<b>Max</b>	895	287	128	443	116
<b>Moy</b>	584	206	105.66	300.33	85.2
<b>ET</b>	275.61	73.08	20.74	189.74	26.70
<b>DBO5</b>	<b>Eaux usées brutes</b>	<b>Bassin anaérobies</b>	<b>Bassin facultatifs</b>	<b>Bassin de maturation</b>	<b>Sortie finale</b>
<b>09-Avr</b>	450	370	180	140	20
<b>14-Avr</b>	550	490	290	180	50
<b>24-Avr</b>	250	200	160	90	40
<b>Min</b>	250	200	160	90	20
<b>Max</b>	550	490	290	180	50
<b>Moy</b>	416.66	353.33	210	136.66	36.66
<b>ET</b>	152.75	145.71	70	45.09	15.27
<b>DCO</b>	<b>Eaux usées brutes</b>	<b>Bassin anaérobies</b>	<b>Bassin facultatifs</b>	<b>Bassin de maturation</b>	<b>Sortie finale</b>
<b>09-Avr</b>	1172	534	260	236	136
<b>14-Avr</b>	828	584	282	272	172
<b>24-Avr</b>	344	112	488	74	70
<b>Min</b>	344	112	260	74	70
<b>Max</b>	1172	584	488	272	172
<b>Moy</b>	781.33	410	343.33	194	126
<b>ET</b>	415.96	259.28	125.76	105.47	51.73
<b>NO2-</b>	<b>Eaux usées brutes</b>	<b>Bassin anaérobies</b>	<b>Bassin facultatifs</b>	<b>Bassin de maturation</b>	<b>Sortie finale</b>
<b>09-Avr</b>	0.705	1.4	2.3	2.6	3.5
<b>14-Avr</b>	0.4	1.2	2.2	2.3	3.1
<b>24-Avr</b>	0.5	1	1.7	2	2.6
<b>Min</b>	0.4	1	1.7	2	2.6
<b>Max</b>	0.705	1.4	2.3	2.6	3.5
<b>Moy</b>	0.535	1.2	2.06	2.3	3.06
<b>ET</b>	0.15	0.2	0.32	0.3	0.45
<b>NO3-</b>	<b>Eaux usées brutes</b>	<b>Bassin anaérobies</b>	<b>Bassin facultatifs</b>	<b>Bassin de maturation</b>	<b>Sortie finale</b>
<b>Moy</b>	0.123	0.125	0.131	0.133	0.121