



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELES

THEME :

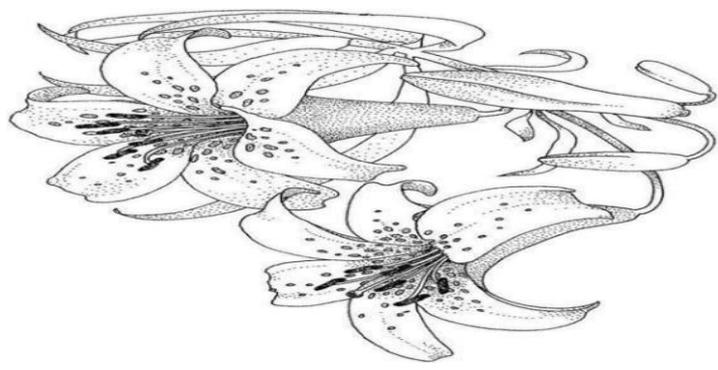
**Réhabilitation de la Step de SIDI ALI LEBHER (W.Béjaia) et
perspective de réutilisation des eaux usées épurées pour
l'irrigation du périmètre la cote de l'Aéroport de Béjaia**

Présenté par :

BOUCHAMA Melissa

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
Mme. LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examineur
Mme. BETATACHE Hayat	M.C.B	Examineur
Mr. KOLIAI Djaffar	M.A.A	Examineur
Mr. YAHIAOUI Samir	M.A.A	Promoteur



Remerciement

Avant tout, je remercie DIEU qui a aluminée mon chemin et qui

M'a armé de courage pour achever mes études.

Je remercie fortement mon promoteur : Mr

YAHIAOUSSEIN de m'avoir orienté par ses conseils

judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Je remercie mes parents pour leur encouragement et leur soutien et leur amour.

Je tien a remercier aussi :

Les membres de jury pour avoir accepter d'évaluer mon travail Le directeur, le corps de l'enseignement et les étudiant de l'ENSH

Dédicace

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À ma chère sœur Amira pour son encouragement permanent, et son soutien moral,

À mon cher frère, Ahmed, pour son appui et son encouragement,

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À toute personne qui m'a aidé ou soutenu,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

ملخص:

نظرًا للوضع الحالي لنقص المياه في الجزائر، فإن هناك حاجة ملحة لاستكشاف مصادر مياه جديدة لتلبية احتياجات البلاد، وخاصة في القطاع الزراعي الذي يمثل الطلب الأكثر تطلبًا في البلاد. في هذا البحث، تم إجراء دراسة لأداء محطة معالجة مياه سيدي علي لبهر لتقييم جودة المياه المعالجة وتحديد ما إذا كان بإمكانها استخدامها لري المناطق المجاورة لمطار بجاية. قد تتطلب هذه المهمة معالجة إضافية لضمان جودة المياه، ونحن نسعى أيضًا لتحديد ما إذا كانت هذه المصدر ستلبي احتياجات المنطقة المستهدفة لقد اقترحنا تطبيق عمليات التطهير المناسبة لتحسين جودة المياه، بالإضافة إلى حلول تهدف إلى تلبية احتياجات الزراعة.

Résumé :

Face à la situation actuelle de stress hydrique en Algérie, il est impératif de rechercher de nouvelles sources d'eau pour répondre aux besoins, en particulier dans le secteur agricole, qui représente la demande la plus exigeante du pays. Dans ce mémoire, une étude de performance de la station de traitement des eaux de Sidi Ali Lebhar a été menée pour évaluer la qualité de l'eau traitée et déterminer si elle peut être utilisée pour l'irrigation des zones adjacentes à l'aéroport de Béjaïa. Cela pourrait nécessiter un traitement supplémentaire pour garantir la qualité de l'eau, et nous cherchons également à déterminer si cette source d'eau répondra aux besoins de notre surface cible. Nous avons suggéré une désinfection appropriée pour améliorer la qualité de l'eau, ainsi que des solutions visant à répondre aux besoins agricoles.

Abstract:

In light of the current water stress situation in Algeria, there is a pressing need to explore new water sources to meet the country's demands, especially in the agriculturally intensive sector. In this study, a performance evaluation of the Sidi Ali Lebhar water treatment plant was conducted to assess the quality of the treated water and determine its suitability for irrigation in areas near Béjaïa airport. This may require additional treatment to ensure water quality, and we also aim to ascertain if this water source will meet the needs of our target area. We have proposed appropriate disinfection methods to enhance water quality, along with solutions aimed at meeting agricultural needs.

Liste des abréviations

DBO5 : Demande biochimique en oxygène pendant cinq jours.

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

DSP : Direction de la Santé et de la Population.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office national d'assainissement.

MMS : Matière minérales en suspension.

MVS : Matière volatile en suspension.

µS/cm : Micro Siemens par centimètre.

DCO : Demande chimique en oxygène.

ASR : Anaérobie sulfito-réducteur.

IPA : Institut Pasteur d'Algérie.

MES : Matière en suspension.

GNAB : Gélose nutritive biliée.

EPA : L'eau peptonée alcaline.

SFB : Bouillon sélénite cystine.

NPP : Nombre le plus probable.

CE : Conductivité électrique.

V-Cholérique : Vibrions-Cholérique.

NA : Normes Algériennes.

D/C : Double concentration.

S/C : Simple concentration.

SF : streptocoque fécaux.

STEP: Station d'épuration.

E-coli : Escherichia-coli.

PT : Phosphore Total.

OD : Oxygène dissous.

EM : Eaux ménagères.

VF : Viande de foie.

EV : Eaux de vanne.

E : Entrée.

S : Sortie.

Liste des tableaux

TABLEAU I. 1 : COMPOSANTS MAJEURS TYPIQUES D'UNE EAU	
USÉE DOMESTIQUE (GLANIC AND BENNETON,1989).....	6
TABLEAU I. 2: ÉCHELLE DE VALEUR DE DBO5 (1).....	8
TABLEAU I. 3 : COEFFICIENT DE BIODÉGRADABILITÉ (20).	9
TABLEAU I. 4 : PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES DANS LES EAUX USÉES ...	11
TABLEAU I.5 : NORMES DE REJETS INTERNATIONALES (OMS, 2006).....	12
TABLEAU I.6 : NORMES ALGÉRIENNES DE REJETS (ANONYME, 2006).	12
TABLEAU II. 1: MOYENNE MENSUELLE ET ANNUEL DES PRÉCIPITATION (1990	
À 2021)	19
TABLEAU II. 2: MOYENNES MENSUELLES DES TEMPÉRATURES MAX ET MIN ET	
LEURS MOYENNES (1990 À 2021).	20
TABLEAU II. 3 :MOYENNE MENSUELLES DE LA VITESSE DU VENT (1990 À	
2021).	21
TABLEAU II. 4 : MOYENNES MENSUELLES DE L'ENSOLEILLEMENT (1990 À	
2021).	22
TABLEAU II. 5:TABLEAU RÉCAPITULATIF DE LA POPULATION DE LA ZONE DE	
SIDI ALI LEBHER POUR L'ANNÉE 2008 :	24
TABLEAU II. 6: TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TAUX D'ACCROISSEMENT DE	
CHAQUE RÉGION.....	24
TABLEAU II. 7: TABLEAU RÉCAPITULATIF DE L'ESTIMATION DE LA	
POPULATION POUR L'HORIZON (2023-2050).	26
TABLEAU IV. 1 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PARAMÈTRES PHYSSICO-	
CHIMIQUES	53
TABLEAU IV. 2: RÉSULTATS ET OBSERVATIONS D'ANALYSES	
MICROBIOLOGIQUES.....	54
TABLEAU IV. 3 : DÉNOMBREMENT DES BACTÉRIES PRÉSENTANT DANS	
L'ÉCHANTILLON D'EAU	55
TABLEAU IV. 4 : TABLE DE MAC GRADY (30).....	57
TABLEAU V. 1 : ÉTUDE COMPARATIVE DE DEUX PRÉCÉDÉES DE	
DÉSINFECTION	60

TABLEAU VI. 1 : DÉTAILLE LE PROCÉDÉ DE TEST D'HOMOGENÉITÉ POUR LA STATION AÉROPORT BEJAIA.....	70
TABLEAU VI. 2: RÉSULTATS DU TEST D'HOMOGENÉITÉ DE WILCOXON	71
TABLEAU VI. 3: DONNÉES DE L'ÉCHANTILLON D'ÉTUDE.....	72
TABLEAU VI. 4 : LES RÉSULTATS D'AJUSTEMENT À LA LOI NORMALE (GAUSS).	74
TABLEAU VI. 5 : RÉSULTATS DE L'AJUSTEMENT À LA LOI LOG-NORMALE(GALTON).....	76
TABLEAU VI. 6: RECONSTITUTION DE L'ANNÉE DE PROBABILITÉ 80%	78
TABLEAU VI. 7 : LE BILAN IONIQUE DE LA STEP DE SIDI ALI LEBHAR	82
TABLEAU VI. 8 : ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE JOURNALIÈRE CALCULÉE PAR LE LOGICIEL CROPWAT	85
TABLEAU VI. 9: LES PRÉCIPITATIONS EFFICACES.....	86
TABLEAU VI. 10: BESOINS NETS PARTIELS ET BRUTES DE LA CULTURE CHOISIE.....	89

Liste des figures

FIGURE II. 1: VUE AÉRIENNE DE LA ZONE D'ÉTUDE (SOURCE GOOGLE EARTH).....	18
FIGURE II. 2: DIAGRAMME DES TEMPÉRATURES MOYENNES ANNUELLES ET MENSUELLES.....	20
FIGURE II. 3: DIAGRAMME DU VENT MOYEN MENSUEL ET ANNUEL.	21
FIGURE II. 4: DIAGRAMME DES MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES DE L'ENSOLEILLEMENT.	22
FIGURE II. 5: VUE AÉRIENNE DE PÉRIMÈTRE À IRRIGUE.....	27
FIGURE III. 1: LE SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE STATION D'ÉPURATION (GOOGLE).....	30
FIGURE III. 2: LE DÉGRILLEUR GROSSIER	32
FIGURE III. 3: LE DÉGRILLEUR FIN	32
FIGURE III. 4: LE DESSABLEUR ET LE DÉSHUIEUR	33
FIGURE III. 5: LE BASSIN BIOLOGIQUE DE LA STEP DE SIDI ALI LEBHER ...	36
FIGURE III. 6: LE DÉCANTEUR DE LA STATION D'ÉPURATION DE SIDI ALI LEBHER.....	37
FIGURE III. 7: L'OUVRAGE D'ÉPAISSISSEMENT	40
FIGURE III. 8: L'OUVRAGE DE DÉSHYDRATATION (PRESSE À BANDE)	41
FIGURE III. 9: SCHÉMA REPRÉSENTATIF DE L'ARRIVÉES D'EAU À LA ST ...	41
FIGURE III. 10: TRANSPORT DE LA BOUE DÉSHYDRATÉE.....	42
FIGURE IV. 1: VARIATIONS MENSUELLES DE LA TEMPÉRATURE DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S).....	46
FIGURE IV. 2: VARIATIONS MENSUELLES DU PH DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S)	46
FIGURE IV. 3: VARIATIONS MENSUELLES DE LA CONDUCTIVITÉ DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S).....	47
FIGURE IV. 4: VARIATIONS MENSUELLES DE L'OXYGÈNE DISSOUS(OD) DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S).	48
FIGURE IV. 5: VARIATIONS MENSUELLES DES MES DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S)	49
FIGURE IV. 6: VARIATIONS MENSUELLES DE LA DBO₅ DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S).....	50
FIGURE IV. 7: VARIATIONS MENSUELLES DE LA DCO DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S).....	51
FIGURE IV. 8: VARIATIONS MENSUELLES DE NO₃⁻ DES EAUX BRUTES(E) ET ÉPURÉES(S)	52

FIGURE VI. 1 : L'ALLURE DES POINTS SUR DU PAPIER À PROBABILITÉ.....	72
FIGURE VI. 2: ALLURE DES POINTS SUR LE PAPIER À PROBABILITÉ D'AJUSTEMENT À LA LOI NORMAL (GAUSS).....	75
FIGURE VI. 3: L'ALLURE DES POINTS SUR LE PAPIER À PROBABILITÉ D'AJUSTEMENT À LA LOI LOG NORMALE	77

Listes des planches

Planche N°1 : Vue en plan de la STEP de Sidi Ali Lebhar (W .Béjaia)

Planche N°2 : Profil hydraulique de la STEP de Sidi Ali Lebhar

Planche N°3 : Bassin de désinfection par UV

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des planches

Introduction générale1

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et la réutilisation des eaux

I.1 Les eaux usées.....2

I.1.1 La définition des eaux usées.....2

I.1.2 Les origines de pollutions.....2

I.1.2.1 Les eaux usées domestiques.....2

I.1.2.2 Les eaux pluviales.....3

I.1.2.3 Les eaux urbaines.....3

I.1.2.4 Les eaux industrielles.....3

I.1.2.5 Les eaux usées agricoles.....4

I.2 La pollution des eaux.....4

I.2.1 Les origines de la pollution des eaux.....4

I.2.2 Types de pollution de l'eau.....4

I.2.3 Les composants des eaux usées.....6

I.2.4 Caractéristiques des eaux usées.....6

I.2.5 Normes internationales.....11

I.2.6 Les normes algériennes.....12

I.3 La réutilisation des eaux usées épurées.....12

I.3.1 La définition de réutilisation des eaux usées épurées.....12

I.3.2 Les domaines d'utilisation.....13

I.3.3 Normes.....14

I.3.4 Avantages et inconvénients.....	14
Conclusion.....	16

Chapitre II : Présentation de la zone d'études

II.1 Situation géographique.....	17
II.2 Situation climatique.....	18
II.2.1 Les précipitations.....	19
II.2.2 La température.....	20
II.2.3 Le vent.....	21
II.2.4 L'ensoleillement.....	21
II.3 Situation géologique.....	22
II.4 Situation topographique.....	22
II.5 Situation démographique.....	23
II.5.1 Population de base	23
II.5.2 Le taux d'accroissement.....	24
II.5.3 Estimation de la population à différents horizon	25
II.6 Présentation du périmètre à irriguer.....	26
II.6.1 Situation géographique.....	26
II.6.2 Étude pédologique du sol.....	28
II.6.3 L'occupation du sol.....	29
Conclusion	29

Chapitre III : Présentation de la station d'épuration

III.1 Présentation de la station d'épuration de SIDI ALI LEBHER.....	30
III.2 Les différents constituants de la STEP	30
III.2.1 Les ouvrages de traitements.....	31
III.2.1.1 Filière de prétraitement des eaux	31
A. Le prétraitement	31
B. Le traitement primaire	33
C. Le traitement secondaire	34
D. Le traitement ternaire	37
III.2.1.2 Filières de traitement des boues	39

a. L'épaississement	39
b. La déshydratation.....	40
III.2.2 Le poste de relavage	41
III.2.3 Air de stockage.....	42
III.2.4 Laboratoire d'analyse.....	42
III.2.5 Autre constituants (ouvrages et contrôle).....	43
Conclusion	44

Chapitre IV : Évaluation des performances de la STEP de SIDI ALI LEBHER

IV.1. Résultats et discussions.....	45
IV.1.1 Interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques et biologiques...45	
IV.1.2 Interprétation des résultats des paramètres microbiologiques.....	53
Conclusion	58

Chapitre V: Réhabilitation de la STEP de SIDI ALI LEBHER

V.1 Les différentes méthodes de désinfection	59
V.2 La désinfection au niveau de la station d'épuration de SIDI ALI LEBHER.....	60
V.3 Étude technico-économique des méthodes de désinfection proposé.....	60
V.4 le dimensionnement d'un système UV pour la STEP de SIDI ALI lebhar.....	63
V.4.1 calcule de débit à traiter par lampe.....	65
V.4.2 calcule de nombre de lampe nécessaire.....	66
V.4.3 estimation de la réduction en pourcentage.....	66
Conclusion	68

Chapitre VI : Estimation des besoins et des choix de cultures

VI.1 Calcule hydraulique	69
VI.1.1 La pluviométrie	69
VI.1.1.1 Vérification de l'homogénéité de la série pluviométrique	71
VI.1.1.2 Étude statistique des précipitations	73
A. Ajustement de la série pluviométrique.....	73
B. Test de validité d'un ajustement	77
C. Détermination de l'année de calcul	78

VI.2 Calcul des besoins des cultures	80
VI.2.1 Le choix de culture à irriguer	80
VI.2.2 Le calcul des besoins	83
VI.2.2.1 Détermination de l'évapotranspiration (ETP).....	83
VI.2.2.2 Calcul des pluies efficaces	86
VI.2.2.3 Le coefficient cultural (Kc).....	87
VI.2.2.4 Calcul des besoins en eau en irrigation.....	87
VI.2.2.5 Le calcul de débit d'irrigation.....	90
Conclusion	90

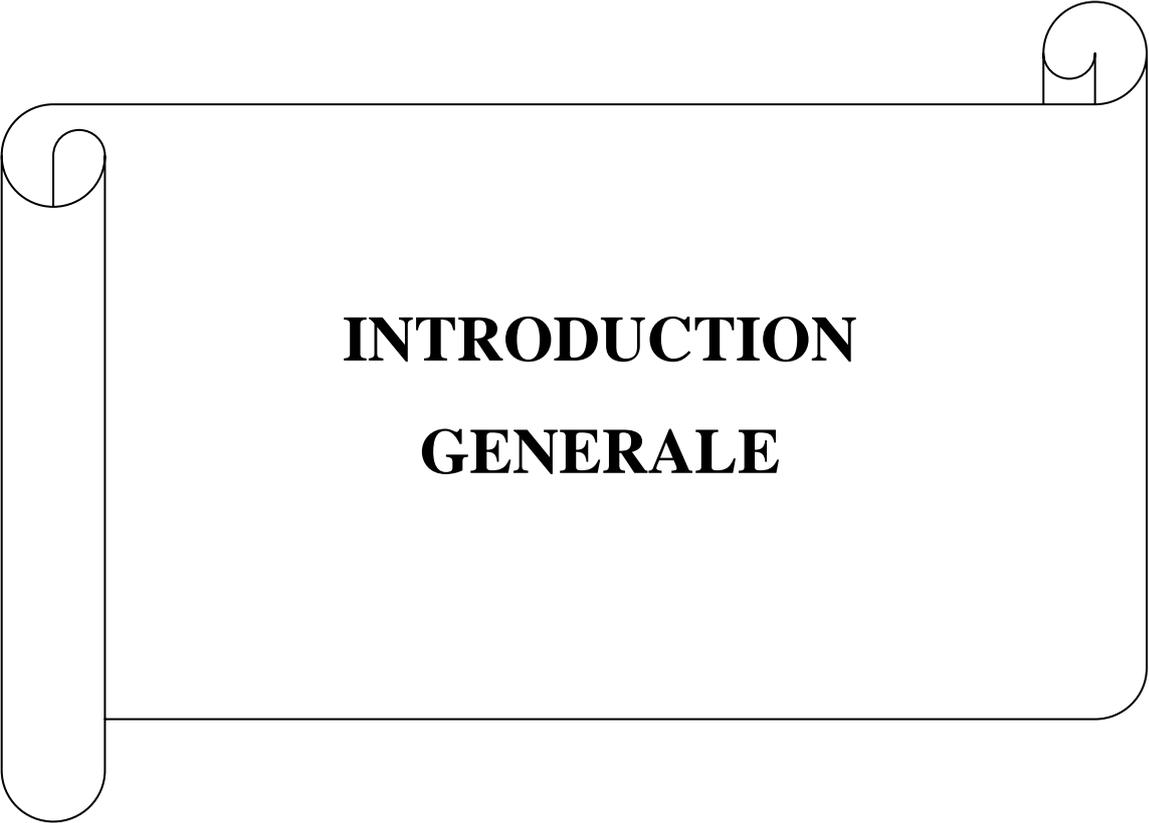
Chapitre VII : Gestion et exploitation de la STEP

VII.1 Contrôle de fonctionnement	93
VII.2 Dispositifs d'entretien des ouvrages	94
VII.3 Hygiène et sécurité	97
Conclusion	98

Conclusion générale	99
----------------------------------	-----------

Bibliographie

Annexe



INTRODUCTION
GENERALE

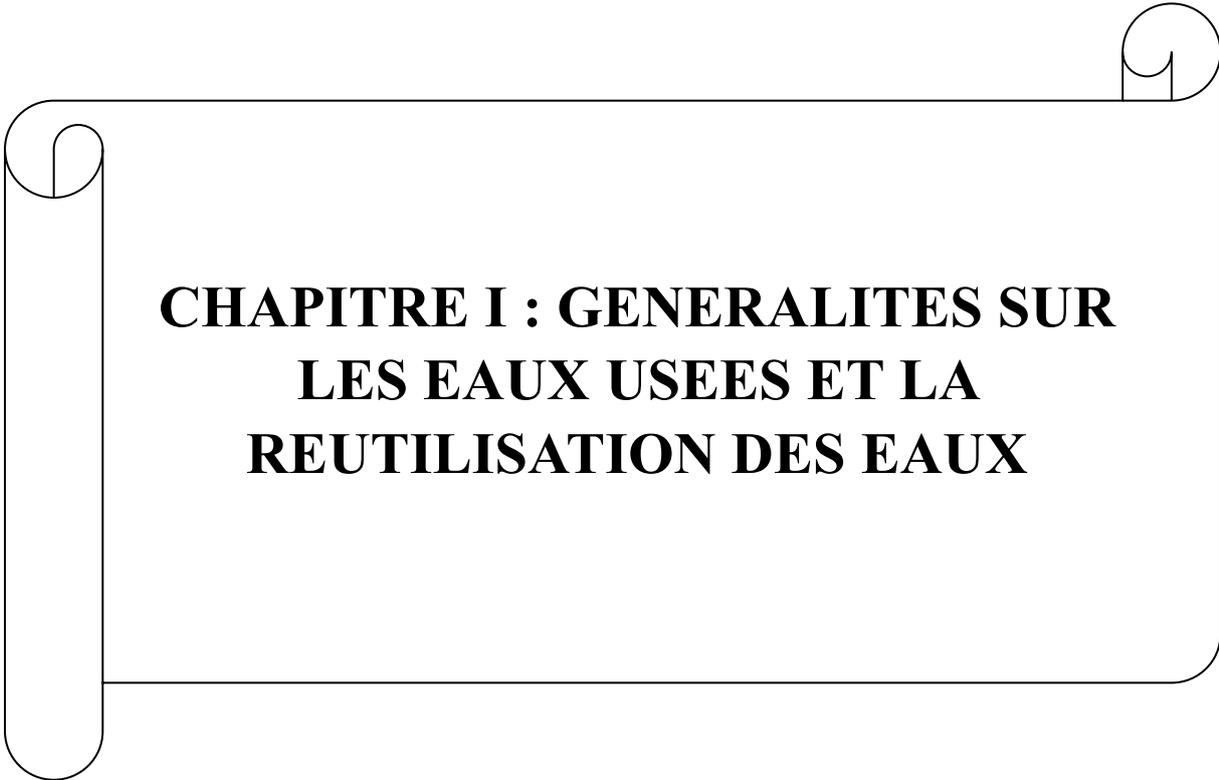
Introduction générale

L'accès à une eau propre et salubre est un droit fondamental de l'humanité, crucial pour la vie et le bien-être de toutes les communautés. Dans le contexte de la croissance démographique rapide et de l'urbanisation accrue, la gestion efficace des eaux usées devient une préoccupation majeure pour assurer la durabilité environnementale et la sécurité hydrique. Les Stations d'Épuration des Eaux Usées (STEP) jouent un rôle essentiel dans ce processus, en traitant les eaux usées domestiques et industrielles pour minimiser leur impact sur l'environnement. Cependant, de nombreuses STEP à travers le monde font face à des défis liés à leur vétusté, à des technologies obsolètes et à des besoins croissants en traitement.

Ce mémoire de fin d'études se penche sur un sujet d'une importance capitale : la réhabilitation et l'évaluation des performances De la STEP de Sidi Ali Lebhar , tout en explorant les opportunités de réutilisation des eaux traitées en irrigation d'un périmètre agricole situé proximité de la STEP. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une vision globale de gestion durable de l'eau, de protection de l'environnement et de promotion de pratiques agricoles respectueuses de la ressource hydrique.

Au cours des prochains chapitres, nous aborderons en détail les aspects techniques, environnementaux et économiques de la réhabilitation des STEP, en mettant l'accent sur les méthodologies d'évaluation des performances et les avantages potentiels de la réutilisation en irrigation. Nous explorerons également les défis pratiques, les normes de qualité de l'eau et les considérations réglementaires qui sous-tendent ce processus complexe. Enfin, nous discuterons des implications plus larges de cette démarche, notamment en termes de durabilité environnementale et de sécurité alimentaire.

La réhabilitation des STEP et la réutilisation des eaux traitées en irrigation représentent une opportunité cruciale pour concilier les besoins humains, la préservation de l'environnement et le développement agricole. Ce mémoire vise à contribuer à cette discussion importante en apportant une compréhension approfondie des enjeux, des solutions possibles et des perspectives d'avenir dans ce domaine essentiel de la gestion de l'eau.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in circular scrolls.

**CHAPITRE I : GENERALITES SUR
LES EAUX USEES ET LA
REUTILISATION DES EAUX**

INTRODUCTION :

La pollution des eaux usées, issue des activités humaines et industrielles, représente une menace croissante pour l'environnement. Elle contient une variété de contaminants nuisibles qui affectent la qualité de l'eau, la biodiversité aquatique et la santé humaine. Pour atténuer ces effets nocifs, des mesures de gestion appropriée des eaux usées et de sensibilisation sont cruciales, visant à préserver nos ressources en eau et à promouvoir une Les eaux usées utilisation durable de cette précieuse ressource.

I.1. Les eaux usées : sont définis comme suit

I.1.1. La définition des eaux usées : également désignées sous les termes d'eaux résiduelles, d'eaux d'égout et d'effluents liquides, englobent toutes les eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles, qui contiennent des substances nocives et qui sont dirigées vers les systèmes d'assainissement. Cette catégorie englobe également les eaux de pluie et leur contenu polluant, contribuant ainsi à diverses formes de pollution et de perturbations dans l'environnement récepteur (1), (2).

I.1.2. Les origines de pollution : Les eaux usées sont classées d'après leur nature et origine comme ci-dessous :

I.1.2.1. Les eaux usées domestiques : Ces eaux sont générées par diverses utilisations domestiques de l'eau, notamment les eaux de cuisine contenant des minéraux, des débris végétaux et animaux, des graisses et des détergents, les eaux de salle de bain et de buanderie riches en savons et détergents en quantité significative, ainsi que les eaux de robinet contenant des hydrocarbures, de l'azote, du phosphate, et servant également de source de microorganismes (2).

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau et évaluée à :

- De 70 à 90 grammes de MES
- De 200 à 400 grammes de DCO
- De 150 à 350 grammes de DBO5
- De 15 à 17 grammes de matières azotées
- 4 grammes de phosphore

Plusieurs milliards de germes pour 100ml **Source (ONA).**

✓ **Les eaux ménagères(EM) :**

- **Eau de cuisine :** Les eaux de cuisine renferment des particules minérales en suspension issues du nettoyage des légumes, des résidus d'aliments contenant des matières

organiques telles que les glucides, les lipides et les protéines, ainsi que des traces de produits détergents (3).

- **Eau de salle de bain :** eaux chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle. Ce sont généralement des matières grasses hydrocarbonées (3).

✓ **Les eaux de vannes(EV) :**

Ces eaux issues des cuvettes de toilettes, caractérisées par une forte concentration en matières hydrocarbonées, en azote et en phosphore, présentent un substrat approprié pour les processus de traitement biologiques. Toutefois, elles peuvent également contenir des agents pathogènes tels que des bactéries, des virus et divers parasites (4).

I.1.2.2. Les eaux pluviales :

Les eaux de pluie, en ruisselant dans les rues, accumulent des polluants atmosphériques tels que les poussières, les déchets, les résidus de combustion et les hydrocarbures émis par les véhicules. Habituellement collectées conjointement avec les eaux usées, ces eaux de pluie sont ensuite dirigées vers les canalisations d'assainissement et finissent par être acheminées vers une station d'épuration. Cependant, dans de nombreux cas, elles sont déversées directement dans les cours d'eau, entraînant ainsi une pollution significative de l'écosystème aquatique (1).

I.1.2.3. Les eaux urbaines :

Les eaux usées urbaines englobent à la fois les eaux résiduelles provenant des foyers et les eaux de ruissellement, qui incluent les eaux pluviales, les eaux d'arrosage des voies publiques, les eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours, et d'autres sources similaires (5).

I.1.2.4. Les eaux industrielles :

Les eaux industrielles sont générées par les différentes usines de production ou de transformation, et leur composition est extrêmement diversifiée, dépendant du type d'industrie en question. Ces eaux peuvent contenir une grande variété de substances, parfois acides ou alcalines, et être à haute température, ce qui peut souvent leur conférer des odeurs et des colorations particulières (6).

I.1.2.5. Les eaux usées agricoles :

Les déchets agricoles comprennent une variété de substances d'origine agricole ou animale, notamment des solutions d'engrais qui ont été lessivées par les sols riches en fertilisants, des produits phytosanitaires tels que les pesticides, ainsi que les déjections animales, notamment les purins et les lisiers du bétail (4).

I.2. La pollution des eaux

I.2.1. Origines de la pollution des eaux :

La pollution de l'eau peut découler de diverses sources, notamment naturelles, domestiques, agricoles et industrielles. La pollution naturelle survient par le ruissellement de l'eau de pluie sur des sols riches en métaux lourds, ainsi que par l'entraînement des polluants atmosphériques vers le sol. La pollution domestique provient des eaux usées ménagères, des eaux de toilettes, ainsi que des rejets provenant d'établissements tels que les hôpitaux et les commerces. En ce qui concerne la pollution d'origine agricole et industrielle, elle résulte de la présence de produits chimiques issus de l'épandage d'engrais et de pesticides, des activités métallurgiques et des hydrocarbures (7).

I.2.2. Types de pollution de l'eau :

L'eau se réfère à la détérioration de ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques provoquée par des déversements, des émissions ou des dépôts directs ou indirects (8)

➤ Pollution physique :

Cette forme de pollution résulte de la présence de particules solides transportées par l'eau, principalement d'origine industrielle. Elle peut être classée en trois catégories distinctes : mécanique, thermique et radioactive (9).

La pollution **mécanique** découle de la présence de particules solides transportées par les eaux résiduaires industrielles (ERI) et les eaux de ruissellement. Ces polluants comprennent des éléments grossiers, du sable et des matières en suspension, communément désignées sous l'acronyme MES (1).

La pollution **thermique**, générée par les eaux de refroidissement d'une variété d'installations industrielles, conduit à une diminution du taux d'oxygène dans l'eau et favorise la croissance bactérienne, comme indiqué dans l'étude de Mettahri en 2012 (1). En revanche, la pollution par des substances radioactives est encore plus préoccupante, car elle a un impact direct sur les

écosystèmes aquatiques en raison de la toxicité intrinsèque de ces éléments, ainsi que des effets cancérogènes et mutagènes associés à leurs radiations (9) et (1).

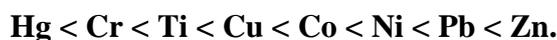
➤ **Pollution chimique :**

Cette forme de pollution découle des déversements chimiques, principalement issus de l'industrie. Elle peut être divisée en deux catégories distinctes : la pollution organique, qui inclut les hydrocarbures, les pesticides, les détergents, les phénols, et la pollution minérale, qui comprend les métaux lourds, le cyanure, l'azote et le phosphore (10).

La pollution **organique** est issue des déversements contenant des matières organiques fermentescibles, principalement fournies par les industries alimentaires et agroalimentaires, ainsi que par les eaux usées domestiques comprenant les déjections humaines et les graisses, entre autres. Le premier effet notable de cette pollution est la réduction de la teneur en oxygène dissous dans ces eaux (10).

La pollution **minérale** correspond à la présence des métaux lourds dans l'eau, d'azote ou de phosphore.

Par ordre décroissant de toxicité spécifique, les métaux sont classés comme suit:



Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire (11).

➤ **Pollution microbiologique :**

Les eaux usées renferment une variété de microorganismes, y compris ceux excrétés avec les matières fécales. Cette flore intestinale normale est associée à des organismes pathogènes (comme indiqué dans le Tableau 1). Dans l'ensemble, ces microorganismes peuvent être regroupés en quatre grandes catégories, classées par ordre croissant de taille : les virus (de 10 à 350 nanomètres), les bactéries (de 1 à 10 micromètres), les protozoaires et les helminthes (12).

Les eaux usées urbaines renferment une population estimée entre 10^6 et 10^7 bactéries par 100 millilitres, parmi lesquelles se trouvent les entérobactéries, les streptocoques, les clostridium et les salmonelles, potentiellement préjudiciables pour la santé humaine. Les coliformes sont couramment utilisés comme indicateurs de contamination fécale pour évaluer la qualité relative de l'eau (12).

I.2.3. Les Composantes des eaux usées :

Les eaux usées urbaines contiennent en moyenne entre 10^6 et 10^7 bactéries par 100 millilitres, parmi lesquelles figurent les entérobactéries, les streptocoques, les clostridiums et les salmonelles, potentiellement dangereux pour la santé humaine. Ces eaux contiennent également divers protozoaires pathogènes, principalement des parasites, qui se développent en utilisant leur hôte comme source de nutrition. Certains de ces protozoaires adoptent, au cours de leur cycle de vie, une forme de résistance appelée kyste, qui est généralement résistante aux procédés de traitement des eaux usées (12). Ces informations sont récapitulées dans le (Tableau I-1).

Tableau I. 1 : Composants majeurs typiques d'une eau usée domestique (Glanic and Benneton,1989).

Constituants	Concentration en mg/l		
	Forte	Moyenne	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous	850	50	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore	100	50	30
Alcalinité (en CaCO₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO₅	300	200	10

I.2.4. Caractéristiques des eaux usées :

Les eaux usées possèdent des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques :

➤ *Les paramètres physiques :*

A. *La température :*

La température exerce une influence à la fois écologique et physiologique significative. Elle impacte la conductivité, la solubilité des sels, le pH et l'origine de l'eau ainsi que des mélanges éventuels. En parallèle, elle joue un rôle crucial dans le métabolisme et la croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (13).

B. Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension (MES) englobent tous les éléments présents dans l'eau qui ne se dissolvent ni ne se dispersent à l'état colloïdal, mais dont la taille permet leur capture par un filtre de porosité spécifique. Les MES sont étroitement liées à la turbidité de l'eau, qui mesure le degré de trouble de l'eau, et elles servent à évaluer le niveau de pollution d'un effluent, qu'il soit d'origine urbaine ou industrielle (14).

Environ 30% des matières en suspension (MES) sont d'origine organique, tandis que les 70% restants sont de nature minérale. Les matières volatiles en suspension (MVS) correspondent à la fraction organique des MES et sont obtenues en soumettant les MES à une calcination à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES mesurées à 105°C et celles calcinées à 525°C permet de déterminer la teneur en MVS en milligrammes par litre (mg/l). D'autre part, les matières minérales en suspension (MMS) résultent d'une évaporation totale de l'eau, englobant à la fois les MES et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc (15).

C. Turbidité :

Les particules fines en suspension (MES fines), les micro-organismes et les matières colloïdales, qu'elles soient d'origine organique ou minérale, contribuent à la diminution de la transparence de l'eau en obstruant la pénétration de la lumière, comme expliqué par Cayocca en 2012. Ainsi, la turbidité caractérise l'opacité d'un milieu rendu trouble (13)et (16).

D. Odeur :

L'eau d'égout fraîche présente une odeur neutre qui n'est pas désagréable. En revanche, lorsqu'elle entre en état de fermentation, elle dégage une odeur désagréable et nauséabonde (13).

E. Débit :

La mesure du débit est utilisée pour évaluer la quantité de pollution rejetée en utilisant l'unité de l'"habitant équivalent", qui représente le volume moyen d'eau usée déversé par habitant en une journée (13).

F. Couleur :

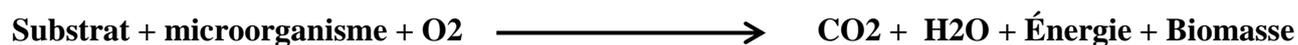
La coloration de l'eau peut avoir diverses origines, qu'il s'agisse de la présence naturelle de minéraux tels que le fer et le magnésium, ou des effets de la présence de plancton, d'herbes et de composés organiques comme les polyphénols. Les eaux usées domestiques ont généralement une teinte grisâtre, parfois noire, tandis que les eaux usées industrielles peuvent varier en couleur, allant de l'incolore à plusieurs teintes en raison des rejets de colorants industriels (13).

➤ **Caractéristiques chimiques :**

a. Demande Biochimique en Oxygène (DBO):

La DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours) est une mesure qui évalue la quantité d'oxygène requise pour la décomposition des composés organiques biodégradables présents dans un échantillon d'eau, grâce à un processus d'oxydation chimique effectué par des microorganismes aérobies. Cette méthode permet de quantifier la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans un échantillon d'eau complexe, comme décrit par Ouali en 2001. La minéralisation de ces composés est un processus qui se déroule lentement, nécessitant en moyenne de 20 à 28 jours, ce qui correspond à la DBO ultime ou DBO21 ou DBO28. La DBO5 est généralement mesurée par convention en évaluant la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours à une température de 20°C, dans des conditions d'obscurité. (18) (1) (18) (17)

DBO est présentée selon la réaction suivante :



Sachant que la concentration de la DBO5 dépend de la nature d'eau

Tableau I. 2: Échelle de valeur de DBO5 (1)

Situation	DBO5 (mg d'O2/l)
Eau naturelle pure et vive	C<1
Rivière légèrement polluée	1<C<3
Egout	100<C<400
Rejet station d'épuration efficace	20<C<40

b. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène requise pour la décomposition chimique des matières oxydables, qu'elles soient biodégradables ou non, qu'elles soient d'origine organique ou minérale, présentes dans un échantillon d'eau. Ce processus est effectué en utilisant du dichromate de potassium à une température de 150°C. La DCO est généralement exprimée en milligrammes d'oxygène par litre (mg O2 /l) (19) (1).

La valeur de la DCO est généralement :

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines.
- DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.
- DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

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

$$MO = (2DBO5 + DCO) / 3$$

c. Biodégradabilité :

La biodégradabilité reflète la capacité d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui participent au processus de traitement biologique des eaux. Ce degré de biodégradabilité est généralement exprimé par le biais du coefficient K, (1) comme indiqué dans le (Tableau I-3)

Tableau I. 3 : Coefficient de biodégradabilité (20).

Coefficient K = (DCO/DBO₅)	Mode de traitement
K=1	Pollution totalement biodégradable
1<K<1.6	Epuration biologique très possible
1.6<K<3.2	Traitement biologique + traitement physico-chimique
K>3.2	Traitement biologique impossible

d. pH :

Le pH de l'eau correspond à la concentration des ions H⁺ présents, et il est préférable qu'il se situe dans une plage moyennement neutre, généralement entre 5 et 9, afin de favoriser la croissance des microorganismes. Selon les directives de l'OMS, un pH en dehors de cette plage peut avoir un impact négatif sur la survie des micro-organismes aquatiques. (20)

e. Carbone organique total (COT) :

Le Carbone Organique Total (COT) quantifie uniquement le carbone présent dans les composés organiques. La valeur du COT permet d'identifier les composés qui sont difficiles à dégrader, voire non dégradables sur le plan biochimique. Pour mesurer le COT, on utilise un analyseur de CO₂ à infrarouge qui effectue une combustion catalytique à haute température de l'échantillon (21).

f. Oxygène dissous :

La concentration d'oxygène dissous revêt une grande importance dans le processus de dégradation de la matière organique et dans la photosynthèse. Elle est directement influencée par des facteurs

(1) tels que la température, la pression et la force ionique du milieu, et elle est généralement exprimée en milligrammes d'oxygène par litre (mg O₂/l).

g. Azote

L'azote se trouve dans les eaux usées domestiques sous deux formes principales : sous forme organique, où il constitue le composant majeur des protéines, et sous forme ammoniacale (NH₃ et NH₄⁺) (22) :

h. Nitrites (NO₂⁻) :

Les ions nitrites (NO₂⁻) jouent un rôle d'intermédiaire entre les ions ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Ils représentent un poison potentiellement dangereux pour les organismes aquatiques, même à des concentrations très faibles. Il convient de noter que la toxicité des nitrites augmente avec la température. (19)

i. Nitrates (NO₃⁻) :

Les nitrates représentent le stade ultime de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau grâce à l'action des bactéries, telles que les Nitrobacters. Les nitrates en eux-mêmes ne sont pas toxiques, mais des concentrations élevées en nitrates peuvent entraîner le phénomène d'eutrophisation de l'environnement. Il est important de noter que leur potentiel de danger demeure lié à leur possible conversion en nitrites par réduction. (19)

j. Phosphore :

Le phosphore se trouve dans les eaux résiduaires sous deux formes principales : une forme organique, provenant de sources industrielles ou biologiques comme les matières fécales, et une forme minérale comprenant les ortho phosphates et les polyphosphates, issus notamment de lessives et d'engrais phosphatés. L'apport quotidien moyen en phosphore est d'environ 4 grammes par habitant et par jour. La mesure de la quantité de phosphore dans les eaux usées brutes est essentielle pour déterminer la faisabilité d'un traitement biologique (19).

k. Chlorures et le sodium :

Les chlorures et le sodium peuvent avoir diverses origines, qu'elles soient naturelles, humaines ou industrielles. Leur présence peut être due à des sources naturelles telles que l'eau de mer contenant environ 27 grammes de chlorure de sodium (NaCl) par litre, à des contributions humaines provenant notamment des urines avec une concentration d'environ 10 à 15 grammes de NaCl par

jour, ou à des sources industrielles liées à des secteurs tels que la production de potasse, l'industrie pétrolière, la galvanoplastie et l'agroalimentaire. Les chlorures et le sodium peuvent poser des problèmes, notamment lorsque les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres (21).

1. La conductivité:

La conductivité électrique est un indicateur succinct de la salinité de l'eau testée. Une conductivité élevée peut résulter soit de valeurs de pH inhabituelles, soit d'une concentration élevée en sels dissous. Les résultats sont généralement exprimés en siemens par mètre (S/m) (14) .

➤ Paramètres microbiologiques :

L'analyse de la composition de l'échantillon d'eau en ce qui concerne la présence de flore aérobie mésophile totale, de coliformes totaux, de coliformes fécaux, de staphylocoques, de streptocoques, de salmonelles, de shigelles et de bactéries sulfito-réductrices, ainsi que de certains pathogènes, peut fournir des informations essentielles sur les risques potentiels associés à l'utilisation de certaines sources d'eau (12).

Tableau I. 4 : Paramètres microbiologiques dans les eaux usées

Microorganisme	Gram	Respiration	Genre
Coliformes	-	Anaérobie facultative	<i>Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia</i>
Streptocoques fécaux	+	Aéro-anaérobie facultatifs	<i>Streptococcus, Enterococcus, Lactococcus</i>
Bactéries sulfito-réductrices	+	Anaérobie stricte	<i>Clostridium</i>
Staphylocoques	+	Aéro-anaérobie Facultatifs	<i>Staphylococcus</i>
Shigelles	-	Anaérobie facultative	<i>Shigella</i>
Salmonelles	-	Anaérobie facultative	<i>Salmonella</i>

I.2.5. Normes internationales

Un critère donné est rempli lorsque la norme, valeur limite supérieure ou inférieure, est respectée par un paramètre donné. Le Tableau I-5 illustre les normes internationales à respecter lors du rejet des eaux usées

Tableau I.5 : Normes de rejets internationales (OMS, 2006).

Paramètres	Unité	Normes utilisées
Ph	-	6.5-8.5
DBO5	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH4 ⁺	mg/l	<0.5
NO2	mg/l	1
NO3	mg/l	30
P2O5	mg/l	<2
T	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

I.2.6. Les normes algériennes :

Selon les normes algériennes les valeurs limites maximales de rejets d'effluents sont regroupées dans le Tableau I.6.

Tableau I.6 : Normes algériennes de rejets (Anonyme, 2006).

Paramètres	Unité	Valeur limite
T	°C	30
Ph	-	6.5-8.5
MES	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10

I.3. La réutilisation des eaux usées épurées :

I.3.1. La définition de la réutilisation des eaux usées épurées

Merci pour cette précision. Selon la définition de Valiron et al. (1983) (23), la réutilisation de l'eau est une action volontaire et planifiée ayant pour objectif de produire des quantités supplémentaires d'eau pour divers usages, dans le but de compenser les déficits en ressources hydriques. Cette pratique est essentielle pour répondre aux besoins en eau croissants dans de nombreuses régions confrontées à des problèmes de pénurie d'eau ou de stress hydrique, en maximisant l'utilisation des ressources en eau disponibles.

"L'utilisation subséquente des 'eaux de seconde main' pour des finalités différentes de celles de leur usage initial, à travers des démarches délibérées, est connue sous le terme de 'réutilisation des eaux'. Cette pratique peut se diviser en deux catégories distinctes :

- La réutilisation directe implique la mise en œuvre immédiate des eaux précédemment utilisées, après leur traitement, sans leur transfert ni leur dilution dans l'environnement naturel.
- Quant à la réutilisation indirecte, elle consiste à utiliser les eaux déjà employées sous une forme diluée, après leur évacuation et leur mélange avec l'environnement naturel.

Il convient de noter que la définition stricte de la réutilisation exclut le recyclage. Dans ce contexte, le recyclage fait référence à l'utilisation interne des eaux dans un processus de production, dans le but de prévenir la pollution et de préserver les ressources en eau. Le recyclage est donc principalement associé à l'utilisation initiale des eaux.

I.3.2. Les domaines d'utilisation :

La réutilisation des eaux usées peut être appliquée dans divers domaines en fonction des besoins locaux et des niveaux de traitement appropriés. Voici plusieurs domaines courants de la réutilisation des eaux usées :

- ✓ **Agriculture:** Les eaux usées traitées peuvent être utilisées pour l'irrigation des cultures agricoles, contribuant ainsi à la conservation de l'eau douce et à l'apport de nutriments aux plantes.
- ✓ **Arrosage des espaces verts :** Les parcs, terrains de golf, jardins publics et terrains de sport peuvent être arrosés avec de l'eau recyclée, ce qui permet d'économiser de l'eau potable.
- ✓ **Utilisation industrielle:** Les eaux usées traitées peuvent être utilisées dans divers processus industriels, tels que le refroidissement, la production ou le nettoyage, ce qui réduit la demande d'eau fraîche.
- ✓ **Alimentation en eau potable indirecte:** Après un traitement avancé, les eaux usées peuvent être introduites dans les sources d'eau potable pour être mélangées avec l'eau fraîche, améliorant ainsi la qualité de l'eau potable.
- ✓ **Remplissage de réservoirs artificiels :** Les lacs ou les étangs artificiels peuvent être remplis avec de l'eau recyclée à des fins récréatives, esthétiques ou de conservation.
- ✓ **Recharge des nappes phréatiques :** L'eau traitée peut être injectée dans les nappes phréatiques pour reconstituer les réserves d'eau souterraine et prévenir l'intrusion d'eau salée.

- ✓ **Protection de l'écosystème aquatique** : Les eaux usées traitées peuvent être utilisées pour maintenir les débits des rivières et des cours d'eau, soutenant ainsi les écosystèmes aquatiques pendant les périodes de sécheresse.
- ✓ **Utilisation pour les toilettes et l'irrigation urbaine** : Dans les zones urbaines, l'eau traitée peut alimenter les toilettes des bâtiments et être utilisée pour l'irrigation de parcs et de jardins publics.
- ✓ **Lavage de véhicules** : Les stations de lavage de voitures et les installations de nettoyage peuvent utiliser de l'eau recyclée pour réduire la consommation d'eau potable.
- ✓ **Agriculture non vivrière** : Les eaux recyclées peuvent être utilisées pour l'irrigation de cultures non destinées à la consommation humaine, telles que la culture de plantes pour la biomasse ou de fibres.

La réutilisation des eaux usées est une pratique polyvalente qui peut être adaptée en fonction des besoins locaux, des ressources disponibles et des exigences en matière de traitement, contribuant ainsi à la gestion durable de l'eau dans de nombreuses régions du monde.

I.3.3. Normes :

La réutilisation des eaux usées a longtemps été perçue uniquement comme un moyen de protéger la santé humaine, sans être considérée comme une stratégie viable pour la gestion des ressources en eau, capable de pallier les déficits hydriques. Cette perspective monodisciplinaire se limitait principalement à un seul critère : la présence de micro-organismes pathogènes dans les eaux usées. Ces critères ont servi de base aux normes établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour réguler la réutilisation des eaux usées. Cependant, il est important de noter que les normes de réutilisation évoluent progressivement pour prendre en compte d'autres facteurs, tels que la qualité chimique de l'eau, afin de promouvoir une approche plus holistique et durable de la gestion des ressources en eau (Annexe A).

I.3.4. Avantages et inconvénients :

➤ Avantages :

- **Conservation des ressources en eau douce**: La réutilisation des eaux usées épurées préserve les précieuses réserves d'eau douce en réduisant la demande en eau potable, ce qui est essentiel pour faire face à la raréfaction de cette ressource.

- Réduction des coûts de traitement de l'eau : Cette pratique permet des économies significatives en évitant les coûts élevés associés au traitement de l'eau potable, ce qui est particulièrement avantageux pour les municipalités et les industries.
- Protection de la qualité de l'eau: En retirant les contaminants des eaux usées, la réutilisation contribue à réduire la pollution des cours d'eau, préservant ainsi les écosystèmes aquatiques et la santé publique.
- Diversification des sources d'eau : En intégrant les eaux recyclées dans l'approvisionnement en eau, on renforce la sécurité face aux crises hydriques, garantissant un approvisionnement stable même en période de sécheresse.
- Réduction de l'empreinte environnementale : La réutilisation des eaux usées épurées favorise une approche plus durable de la gestion de l'eau, réduisant l'impact global sur l'environnement grâce à une utilisation plus efficace des ressources hydriques.

➤ **Inconvénients**

- Problèmes de perception et d'acceptabilité publique : Les préoccupations du public concernant la sécurité sanitaire et la qualité de l'eau recyclée peuvent entraver son acceptation, en particulier pour des usages comme l'eau potable.
- Coûts initiaux élevés : La mise en place d'infrastructures de traitement avancées pour les eaux usées peut exiger d'importants investissements financiers.
- Complexité du traitement : Le traitement des eaux usées pour la réutilisation demande une expertise technique, une surveillance et un entretien rigoureux.
- Besoin en énergie et en ressources : Le traitement avancé des eaux usées nécessite de l'énergie et des produits chimiques, pouvant avoir un impact sur l'empreinte environnementale.
- Risques potentiels pour la santé publique : Un traitement inadéquat peut présenter des risques pour la santé publique en permettant la propagation de contaminants, notamment de micro-organismes pathogènes.

CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les eaux usées, leurs implications en matière de pollution de l'eau, ainsi que la pratique cruciale de la réutilisation des eaux usées épurées. Les eaux usées représentent un défi environnemental majeur en raison de leur potentiel de contamination des ressources en eau douce et des écosystèmes aquatiques. Cependant, en mettant en œuvre des systèmes de traitement avancés et en suivant des normes strictes, la réutilisation des eaux usées épurées offre une solution prometteuse pour économiser l'eau, réduire les coûts de traitement, minimiser la pollution, et renforcer la résilience face aux pénuries d'eau, tout en nécessitant une sensibilisation publique et une gestion attentive pour garantir son succès et sa sécurité.



**CHAPITRE II : PRESENTATION DE
LA ZONE D'ETUDE**

INTRODUCTION :

La réalisation d'une étude de réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine d'irrigation exige une recueillie de données générales sur la zone concernée (la STEP et aussi le périmètre étudié. Et pour cela une variable étude de situation de la région ont était réalisées.

Ces différentes situations sont :

- **Situation géographique**
- **Situation climatique**
- **Situation géologique**
- **Situation pédologique**
- **Situation démographique**
- **Situation hydraulique**

II.1 Situation géographique

La wilaya de Béjaïa est située au nord est de l'Algérie. Elle est délimitée :

- **à l'ouest par les wilayas de Tizi-Ouzou et Bouira.**
- **au sud par les wilayas de Bouira et Bordj-Bou-Argeridj.**
- **à l'est par les wilayas de Sétif et Jijel.**
- **au nord par la mer Méditerranée**

La zone d'étude de Sidi Ali Lebhar est située à l'est de la ville de Béjaïa, en Algérie. Cette zone, qui a actuellement une vocation agricole, se trouve en bordure de la mer Méditerranée et de l'oued Soummam. Les coordonnées géographiques de la zone sont comprises entre 36°42'45,34"N et 5°03'37,61"E. Ses limites sont les suivantes :

- Au nord, elle est délimitée par **l'oued Soummam.**
- Au sud, elle est délimitée par **l'aéroport** et la **route nationale N°9.**
- À l'est, elle est bordée par **la mer Méditerranée.**
- À l'ouest, elle est délimitée par **la route nationale N°75.**

Cette zone est en pleine transformation et est destinée à devenir un important pôle de développement pour la ville de Béjaïa

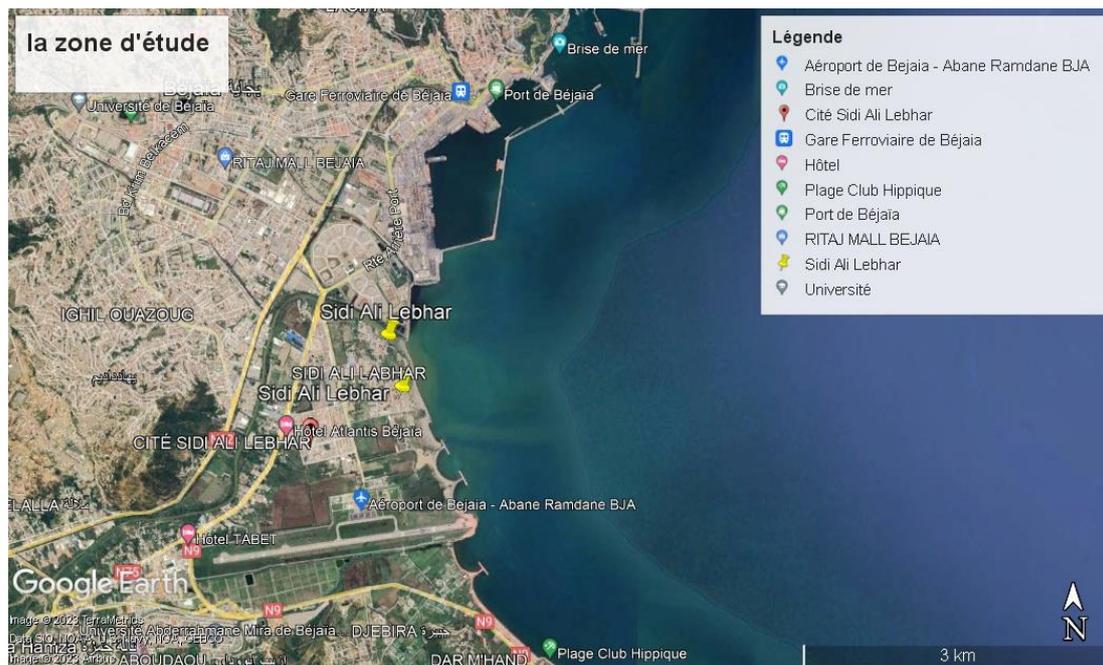


Figure II. 1: vue aérienne de la zone d'étude (source google earth)

II.2 Situation Climatique :

Cette situation joue un rôle important dans l'approche des projets de réalisation des ouvrages hydrauliques ainsi que les différentes études de réutilisation des eaux non conventionnelles et même dans les projets d'irrigation.

Les données collectées nous permis de faire une étude sur le climat de notre région.

Effectivement, la région de Béjaïa est caractérisée par un climat méditerranéen avec des hivers humides et doux, ainsi que des étés chauds. La saison des pluies s'étend généralement de novembre à avril, ce qui en fait l'une des régions les plus arrosées d'Algérie.

En ce qui concerne les températures, elles sont relativement douces tout au long de l'année. La moyenne annuelle des températures est d'environ 19,48°C. Les températures moyennes mensuelles varient entre environ 12,5°C en janvier, pendant les mois les plus froids, et 27,46°C en août, pendant les mois les plus chauds de l'année. Ces variations saisonnières permettent d'avoir des étés chauds et des hivers relativement doux dans la région de Béjaïa.

Pour une période qui s'étale de 1990 à 2021, les principaux paramètres météorologiques sont comme suit :

II.2.1 Les précipitations :

Dans notre zone d'étude, le climat est de type tempéré et humide, avec un hiver doux typique des régions méditerranéennes. De plus, nous observons une pluviométrie importante, ce qui signifie que la région reçoit des quantités significatives de précipitations.

Tableau II. 1: Moyenne mensuelle et annuel des précipitation (1990 à 2021)

Mois	janvier	février	mars	avril	Mai	juin	juillet	Aout	septembre	octobre	novembre	décembre
Précipitation (mm)	127,94	88,94	79,34	64,81	42	13,91	3,03	11,44	44,16	75,22	123	135,31

Source (BNEDER Algérie)

La précipitation moyenne annuelle est de 809,09.mm

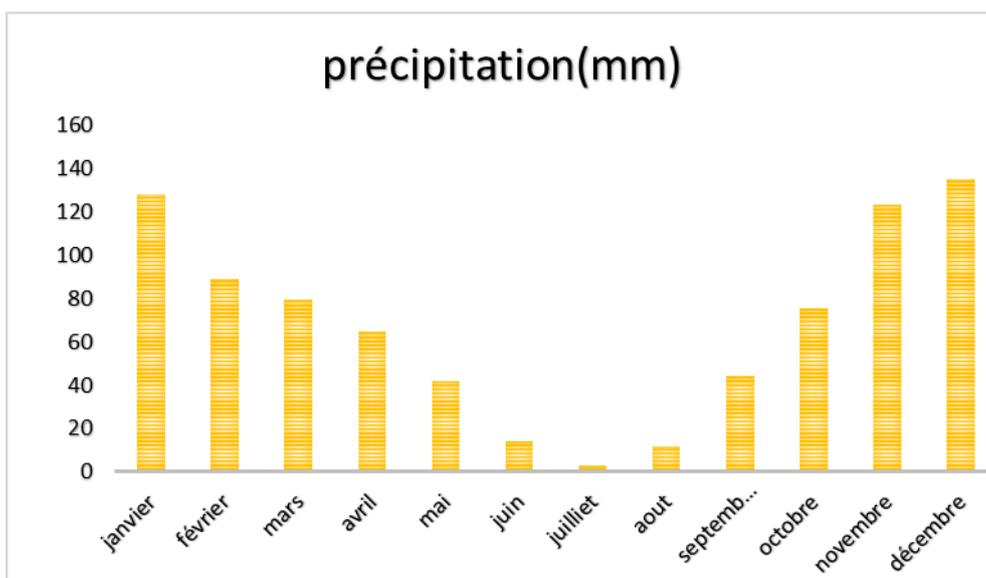


Figure II.2. 1 Diagramme des précipitations moyennes.

II.2.2 Les Températures :

Tableau II. 2: moyennes mensuelles des températures max et min et leurs moyennes (1990 à 2021).

Mois	jan	Fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept e	octo	nov	Déc
Tmin (°C)	8,12	7,99	9,63	11,29	14,5	18,11	21,07	21,5	19,38	16,52	11,99	8,78
Tmax (°C)	14,05	14,38	17,02	19,91	23,06	26,53	29,22	30,11	27,76	23,62	18,22	15,39
Tmoy (°C)	11,085	11,185	13,325	15,6	18,78	22,32	25,145	25,805	23,57	20,07	15,105	12,055

Source (BNEDER Algérie)

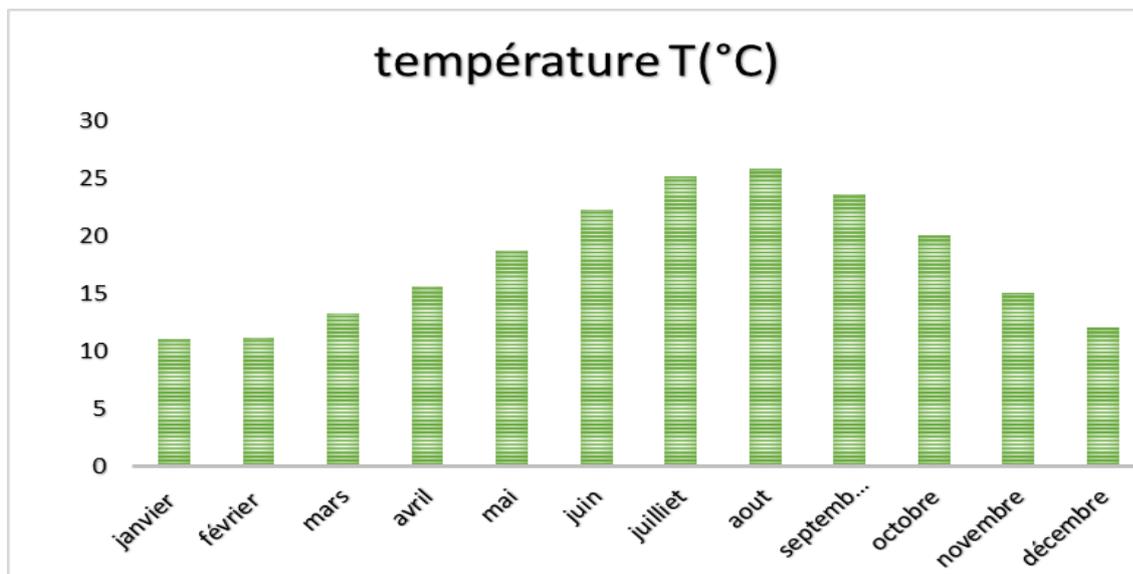


Figure II. 2: Diagramme des températures moyennes annuelles et mensuelles.

L'analyse du tableau nous fournit les informations suivantes :

- Une période chaude qui s'étend de juin à septembre.
- Une période froide qui s'étend de janvier à avril.

II.2.3 Le vent :

Notre zone est caractérisée par des vents est caractérisée par des vents variés, notamment la brise marine, le mistral, les vents de terre et de mer, ainsi que des influences topographiques locales.

Tableau II. 3 :moyenne mensuelles de la vitesse du vent (1990 à 2021).

Mois	jan	fév	Mars	avril	mai	juin	juillet	Aout	Sept	octobre	nov	déc
v (m/s)	3,78	3,64	3,82	3,55	3,64	3,58	3,48	3,57	3,52	3,02	3,83	3,87

Source (BNEDER Algérie)

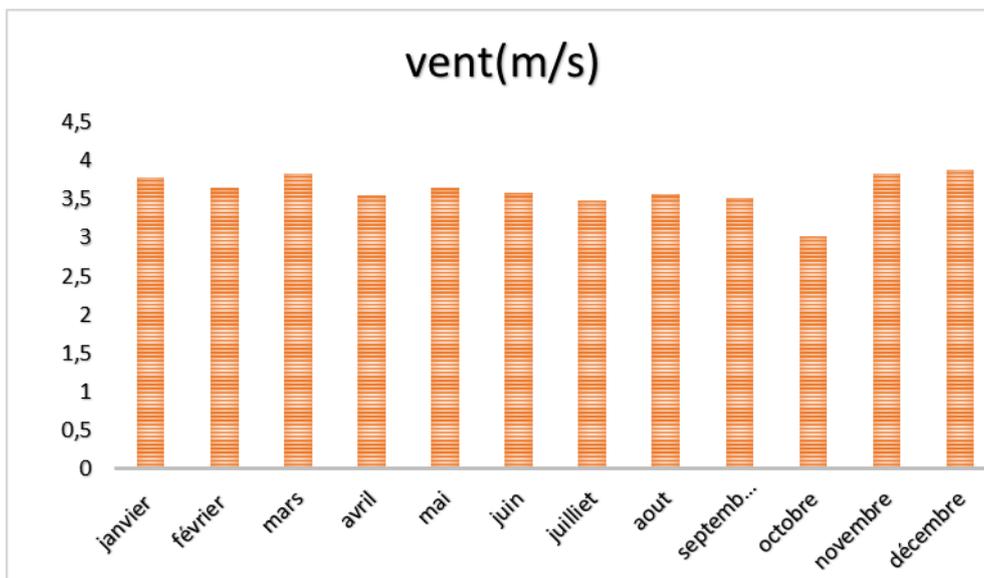


Figure II. 3: Diagramme du vent moyen mensuel et annuel.

II.2.4 L'ensoleillement :

L'ensoleillement désigne la durée pendant laquelle une région est exposée à la lumière du soleil au cours d'une période donnée, influençant divers aspects de la vie et de l'environnement

Tableau II. 4 : Moyennes mensuelles de l'insolation (1990 à 2021).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	M.A
Ensoleillement (h)	5,33	5,9	7,41	8,4	9,06	10,13	10,05	5,59	6,98	6,81	5,38	4,59	7,56

SOURCE (BNEDER ALGÉRIE)

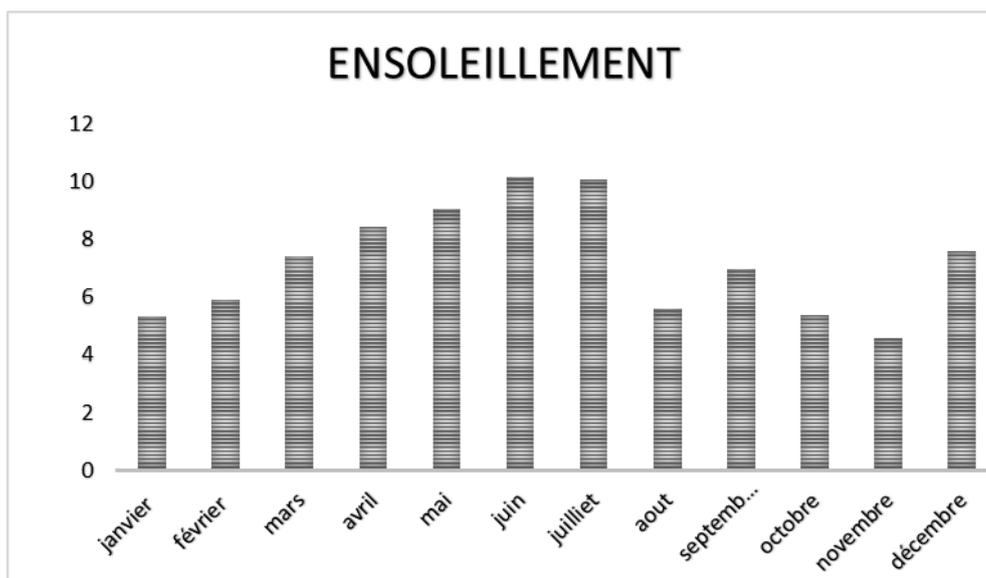


Figure II. 4: Diagramme des moyennes mensuelles et annuelles de l'insolation.

II.3 Situation géologique :

Le sol de la zone étudiée est modérément porteur jusqu'à environ 8 mètres de profondeur, avec une nappe d'eau présente jusqu'à 2,5 mètres et une salinité pouvant atteindre 5 mg/l. Ces caractéristiques s'appliquent aux terrains situés à environ 200 à 300 mètres en amont de la mer. L'étude géotechnique disponible pour les projets 168 et 200 à Sidi Ali Lebhar révèle que le site est composé de terre végétale jusqu'à 1 mètre de profondeur, d'argiles beige jusqu'à 6,5 mètres, et d'argiles grises contenant des matières organiques au-delà de cette profondeur. Ces sols ne présentent pas d'agressivité envers les fondations en béton. En ce qui concerne les eaux prélevées des sondages et des puits domestiques, aucune information supplémentaire n'est donnée.

II.4 Situation topographique :

La zone d'étude de Sidi Ali Lebhar est principalement caractérisée par une topographie plate, à l'exception de la localité d'Aboudaou qui se situe à une altitude relativement plus élevée.

L'altitude moyenne de la zone est d'environ 5 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle est délimitée par la mer Méditerranée d'un côté et l'oued Soummam de l'autre.

Actuellement, la zone est principalement utilisée à des fins agricoles, mais elle est en train de subir une transformation majeure avec l'aménagement d'une grande partie en zones résidentielles (notamment les P.O.S 14A et 14B), la création d'un campus universitaire pouvant accueillir 30 000 étudiants, ainsi que la présence d'un aéroport et d'une caserne militaire.

Cette évolution témoigne d'un changement de vocation de la zone, passant d'une utilisation agricole à un développement urbain et socio-économique plus important. La topographie relativement plate de la majeure partie de la zone offre des possibilités d'aménagement et de planification, tandis que l'altitude plus élevée d'Aboudaou ajoute de la diversité à la région

II.5 Situation démographique :

II.5.1 Population de base :

Les rejets à prendre en charge dans le cadre du présent projet sont exclusivement d'origine domestique. Ils proviennent des localités d'ABOUDAOU, IGHIL OUBEROUAK, AIT HAMOUDA, IRIAHENE, ainsi que du campus universitaire, des nouveaux POS 14A et 14B, de l'École d'application du génie (EAG) et de la localité de Tala Hamza.

En collaboration avec les Services communaux concernés, tels que la commune de Tala-Hamza et la commune de Bejaia, ainsi que la Direction des ressources en eau de Bejaia , nous avons pu obtenir les données sur la population issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitat de l'année 2008. Les informations démographiques sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II. 5:Tableau récapitulatif de la population de la zone de Sidi Ali Lebher pour l'année 2008 :

Région	Population en 2008
Aboudaou	1034
Ighil Ouberouak et Ait Hamouda	4814
Université	35000
Iriahène	1932
POS 14A	17020
POS 14B	2000
Tala Hamza	1127
EAG	4000
Total	66 925

Source (RGPH année 2008)

II.5.2 Le Taux d'accroissement :

Le Taux d'accroissement de chaque région est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau II. 6: Tableau récapitulatif des Taux d'accroissement de chaque région.

Commune de Tala Hamza	Taux d'accroissement
Aboudaou	1,31
Ighil Ouberouak et Ait Hamouda	1,31
Tala Hamza	1,31
Iriahène	1,31
Commune de Bejaia	Taux d'accroissement
POS 14A	1.71
POS 14B	1.71

Source (Direction de planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Bejaïa)

II.5.3 Estimation de la population a différents horizon :

Une méthode courante pour estimer l'évolution démographique d'une population à différents horizons est d'utiliser la formule suivante :

$$P_N = P_0 \times (1 + T)^N$$

P_N : représente la population future que l'on souhaite projeter.

P₀ : représente la population de base à une année de référence spécifique, dans ce cas, l'année 2015.

N : est le nombre d'années qui sépare l'année de référence (2015) de l'horizon temporel considéré. Il indique la durée sur laquelle nous souhaitons effectuer la projection démographique.

T : désigne le taux d'accroissement annuel de la population. Il représente le pourcentage moyen d'augmentation de la population par an.

En utilisant cette formule, nous pouvons obtenir une estimation de la population future en multipliant la population de base par un facteur qui prend en compte le taux d'accroissement annuel et la durée de projection

Les résultats des deux estimations sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau II. 7: Tableau récapitulatif de l'estimation de la population pour l'horizon (2023-2050).

Région	Population en 2008	Taux d'accroissement	Population en 2023	Population en 2050
Aboudaou	1031	1,31	1254	1781
Ighil Ouberouak et Ait Hamouda	4814	1,31	5852	8316
Université	35000		35000	35000
Iriahène	1932	1,31	2349	3338
POS 14A	17020	1,71	21949	34693
POS 14B	2000	1,71	2580	4077
Tala Hamza	1127	1,31	1370	1947
EAG	4000		4000	4000
Total	66924		74352	93150

II.6 Présentation de périmètre à irriguer :

II.6.1. Situation géographique

Le périmètre sélectionné se trouve à proximité de la station d'épuration de Sidi Ali Lebah, et il partage également sa proximité avec l'aéroport de Béjaïa. Ce site s'étend sur une superficie totale de 46 hectares, offrant ainsi un espace considérable pour diverses activités et projets potentiels. La localisation stratégique de ce périmètre à la fois à côté de la station d'épuration et de l'aéroport de Béjaïa présente des avantages importants, notamment en termes d'accès aux infrastructures et de possibilités de développement pour répondre aux besoins locaux.



Figure II. 5: vue aérienne de périmètre à irrigue

II.6.2. Etude pédologique du sol:

Selon l'étude réalisée par DEMRH (ANRH,1972),ainsi que la prospection sur terrain effectuée MARS 1997 et l'étude réalisée sur les terrains de littoral de wilaya de Bejaïa Avril 2010, les sols de Aboudaou, Aokas et Souk Letnin se subdivisent en trois types :

Sol minéraux brute	Sol peu évaluée	Sol hydromorphe
<ul style="list-style-type: none"> • Sous-classe : Fluvisols (• Sols alluviaux peu développés trouvés le long des cours d'eau, souvent caractérisés par une texture variable et une accumulation récente de sédiments.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sous classe : non climatique • Groupe : d'apport alluvial • Sous-groupe : modal <p style="text-align: center;">Occupe la majeure partie de la plaine</p>	<p>Sol hydromorphe (sol gley) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saturation prolongée en eau entraînant un manque d'oxygène dans le sol. • Couleur gris-bleu/vert due à la réduction des ions ferreux en milieu anaérobie. • Mauvais drainage, formation de mottes, appauvrissement en matière organique et usage restreint pour l'agriculture et l'aménagement, nécessitant une gestion adaptée

Source (BNEDER Algérie)

Les résultats d'analyses

Ces sols sont de texture limoneuse à argilo-limoneuse les teneurs en argile sont moyennes et varient entre (15 à 30) % et la teneur en Matière Organique sont faibles à très faible. Diminution progressive rapport C/N est faible, ce qui indique la mauvaise humification de MO en raison de taux de calcaire élevé qui constituent des gangs carbonatés, la MO se trouve donc piégée dans ces dernières.

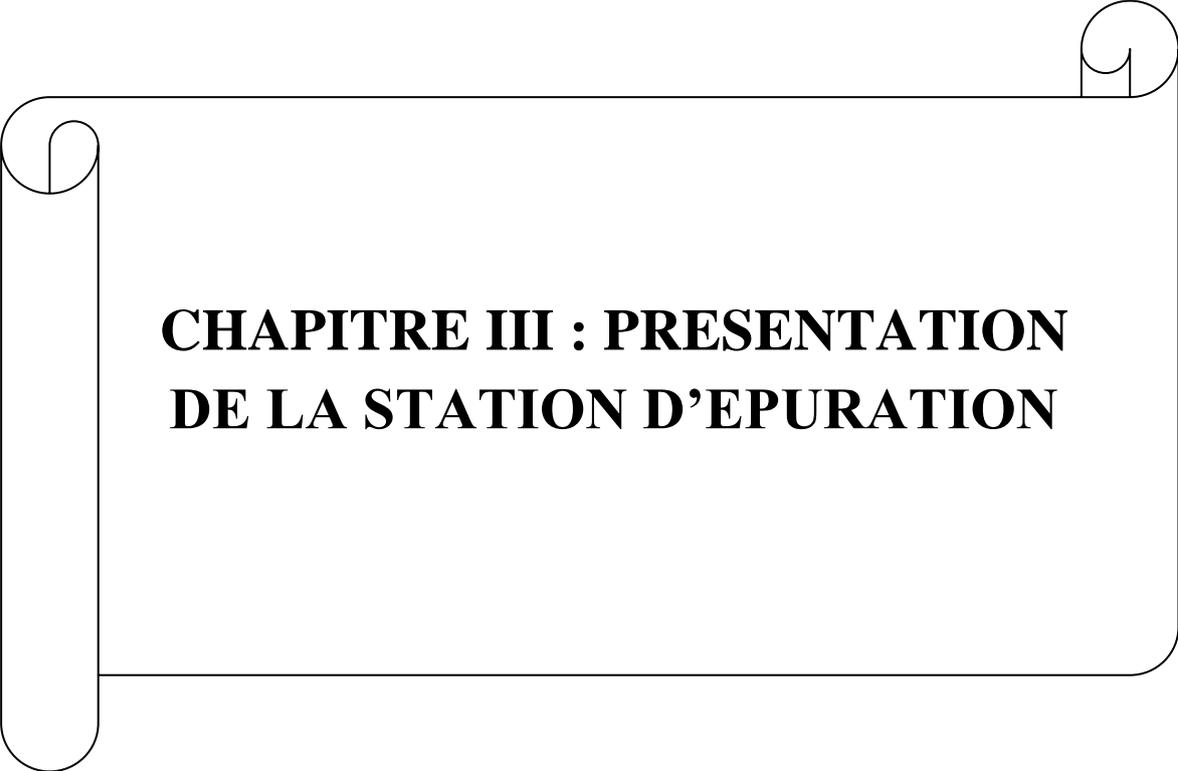
- ✓ **PH est élevé entre 8,2 et 8,3.**
- ✓ **Sols à caractère alcalin.**
- ✓ **La salinité faible valeur de conductivité.**

II.6.3. L'occupation du sol :

La région que nous avons choisie pour notre projet agricole est particulièrement propice à l'agriculture, avec une focalisation principale sur la culture d'agrumes. Le sol de cette zone présente des caractéristiques idéales pour la production d'agrumes variés tels que les oranges, les citrons et les mandarines. Les conditions environnementales favorables, associées à une topographie adaptée, offrent des opportunités exceptionnelles pour les agriculteurs et les cultivateurs. De plus, la proximité de la station d'épuration garantit un approvisionnement en eau fiable pour l'irrigation des cultures, contribuant ainsi à une croissance saine et productive des agrumes.

CONCLUSION

Dans cette partie, nous avons défini les données nécessaires concernant notre zone du point de vue géographique, démographique, ainsi que la situation hydraulique. Ces données seront essentielles pour entamer notre étude de réutilisation des eaux usées de la station de Sidi Ali Lebher dans le secteur de l'irrigation et nous avons présenté le périmètre choisis. Le périmètre est d'une superficie de 46 ha , se situe à proximité de la STEP et de l'Aéroport de Béjaia, ,caractérisé par un sol limoneux-sableux-argileux et est cultivé exclusivement des agrumes. En analysant ces informations, nous pourrons évaluer la faisabilité et l'impact de ce projet visant à améliorer la gestion de l'eau dans la région, en tenant compte des aspects techniques, environnementaux et économiques.



**CHAPITRE III : PRESENTATION
DE LA STATION D'EPURATION**

INTRODUCTION

Les stations d'épuration sont des installations essentielles pour la dépollution des eaux usées urbaines domestiques, utilisant divers procédés biologiques et physico-chimiques. Elles éliminent les matières indésirables par dégrillage, dessablage, dégraissage et déshuilage, puis utilisent des micro-organismes et des composés chimiques pour éliminer les contaminants restants.

Ces stations permettent de protéger l'environnement et la santé publique en garantissant la qualité des eaux rejetées dans la nature ou réutilisées dans certaines régions où l'eau potable est rare. Grâce à leur approche complète, elles jouent un rôle crucial dans la préservation des ressources en eau et la préservation des écosystèmes aquatiques.

III.1. Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali Lebher :

Elle a été établie sur un terrain autrefois dédié à l'agriculture, couvrant une superficie totale de 27 000 mètres carrés. La population desservie par cette station s'élève à 25 000 équivalents habitants par heure. Sa capacité quotidienne de traitement est de 3 000 mètres cubes par jour, prévue d'être atteinte d'ici 2010. Son procédé de purification, basé sur le principe des boues activées à faible charge, a été spécialement conçu pour le traitement des eaux usées provenant des zones urbaines de Sidi Ali lebhar et Aboudaou. Source(ONA)

III.2. Les différents constituants de la STEP :

La station d'épuration de Sidi Ali Lebher est constituée de plusieurs ouvrages et éléments voir (Figure III. 1),

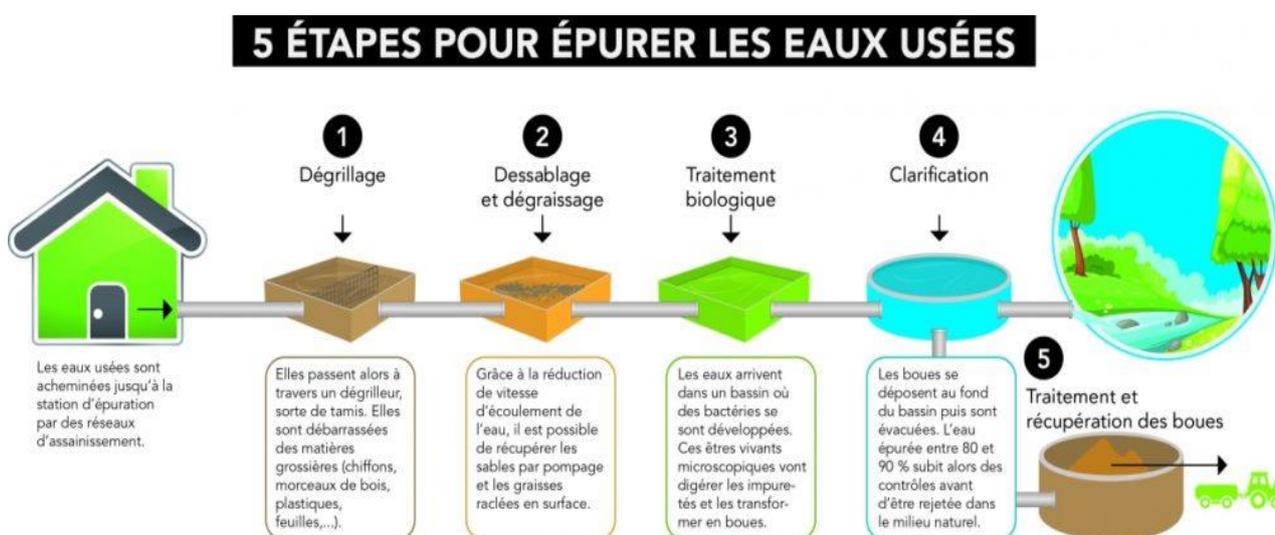


Figure III. 1: Le schéma de fonctionnement d'une station d'épuration (google).

Ces derniers sont les suivants :

III.2.1. Les ouvrages de traitements :

III.2.1.1. Filière de traitement des eaux :

Ces installations sont destinées aux traitements des eaux usées de la STEP enchainées suivant les étapes de traitements suivantes :

A. Le prétraitement :

Le prétraitement constitue le fondement essentiel de tout processus de traitement des eaux usées. Il s'agit de la phase initiale et cruciale au cours de laquelle les eaux usées sont soumises à une série d'opérations visant à éliminer les éléments solides, grossiers et dégradables. Cette étape préliminaire est conçue pour protéger les installations ultérieures de traitement, optimiser leur efficacité et garantir une purification complète et durable des eaux avant leur retour dans l'environnement. Dans cette étape on trouve les installations suivantes :

➤ Le dégrilleur grossier :

Dans le cadre du processus de traitement des eaux usées, différentes phases essentielles sont mises en œuvre pour assurer une purification adéquate. Le dégrillage grossier, parmi d'autres méthodes, occupe une place primordiale dans cette démarche.

- Les grilles sont disposées verticalement en ligne droite par rapport au plan horizontal.
- L'espacement entre les barreaux mesure 50 mm. Les eaux entrant par le by-pass sont dirigées vers le puits à gros déchets via des conduites en charge, en vue de l'élimination des matériaux solides présentant un diamètre significatif voir (Figure III. 3).
- Une pince bivalve a pour objectif d'extraire les matières décantées, suivies de leur évacuation par un tracteur chargeur. La capacité maximale de la pince bivalve atteint 0,1 m³.



Figure III. 2: le dégrilleur grossier

➤ **Le dégrilleur fin :**

La station d'épuration de Sidi Ali Lebhar est structurée avec deux unités de grilles fines automatiques, avec un espacement de 3 mm, installées dans deux canaux de prétraitement. De plus, une grille manuelle avec un espacement de 12 mm est également intégrée dans le but d'optimiser la séparation d'une grande quantité d'eau des déchets. Ces canaux, disposés en parallèle, sont conçus pour accueillir les eaux pompées depuis le bassin d'élévation voir (Figure III. 3).



Figure III. 3: le dégrilleur fin

➤ **Le dessableur et le déshuileur :**

Deux bassins de forme circulaire, chacun d'un diamètre de 5,2 mètres, sont équipés individuellement d'une pompe, d'un dispositif d'aération appelé Aeroflot, et d'un mécanisme de raclage. Cette phase préliminaire vise à éliminer les huiles, les graisses et les particules de sable présentes dans les eaux usées. Les Aeroflots sont spécialement conçus pour soulever les agrégats de matières en suspension, permettant ainsi leur capture par les raclages successifs. De plus, les bassins sont conçus de manière à ce que le sable, qui tend à s'accumuler au fond avec une forme conique caractéristique, puisse être extrait de manière efficace grâce à l'utilisation de deux pompes submersibles dédiées voir (Figure III. 4.)



Figure III. 4: le dessableur et le déshuileur

Le dessableur : Le sable pompé par des pompes submersibles est acheminé par des conduites en charge vers le classificateur de sable afin d'être cumulé puis transporté par un tracteur à benne, avec la capacité max de la pompe est de 30m³/h.

Le déshuileur: Les graisses et les huiles raclés et évacués à travers les orifices de deux bassins sont transférées par une conduite en acier ; la capacité maximale de concentrateur en graisse et les huiles est de 12m³/h , les graisses sont acheminées par un tracteur à benne.

B. Le traitement primaire :

- Le procédé le plus courant implique une séparation par décantation, qui élimine les substances en suspension pouvant se déposer en l'espace de deux heures. L'utilisation de produits chimiques réactifs pour éliminer les particules plus petites constitue un traitement de nature physico-chimique.

- En conséquence, cette méthode vise principalement à réduire la pollution composée de particules en suspension, ainsi qu'à éliminer partiellement les éléments de pollution organique qui prennent la forme de particules (représentant généralement de 65% à 80% de la Demande Chimique en Oxygène - DCO - grâce à un traitement physico-chimique).
- Les matières en suspension (MES), en raison de leur teneur souvent élevée en matière organique (entre 70% et 90%), se séparent naturellement lors d'une phase de décantation initiale, qui s'étend sur une période de 1 à 2 heures.
- Dans notre cas, la station d'épuration de Sidi Ali Lebher ne possède aucun traitement primaire (pas de décantation primaire ou de coagulation floculation) mais par contre l'élimination des Mes s'effectue dans le clarificateur secondaire mis en place après le bassin d'aération.

C. Le traitement secondaire :

Le traitement secondaire, également appelé traitement biologique, est une étape essentielle dans le processus de traitement des eaux usées. Il utilise des micro-organismes pour décomposer les matières organiques, réduisant ainsi la pollution, et implique des étapes comme l'aération et la sédimentation. Ce processus est crucial pour minimiser l'impact environnemental des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement. Au niveau de la STEP de Sidi Ali Lebher le traitement secondaire s'effectue par un processus de culture libre c'est la méthode de boue activée.

- **Principe de fonctionnement de boue activée :** Le processus "à boues activées" est une méthode d'épuration biologique utilisée dans le traitement des eaux usées, principalement dans la phase de traitement secondaire d'une station d'épuration. Il repose sur l'utilisation de cultures microbiennes en suspension. Dans ce processus, les eaux usées sont mises en contact avec un mélange contenant une concentration élevée de bactéries grâce à un brassage intensif. Cela permet de dégrader la matière organique présente, qu'elle soit en suspension ou dissoute dans l'eau. L'aération est essentielle pour favoriser l'activité des bactéries et la décomposition de ces matières organiques. Ensuite, une phase de décantation permet de séparer l'eau traitée des boues riches en bactéries, qui sont ensuite renvoyées vers le bassin d'aération pour maintenir une population bactérienne active. Le processus de traitement comprend donc un bassin biologique, un clarificateur et un circuit de recyclage des boues **Source spécifiée non valide.**

Dans cette étape on trouve trois ouvrages implantés suivant les traitements adéquats :

- **La déphosphoration :** La déphosphoration biologique est un processus du traitement des eaux usées qui vise à réduire la concentration de phosphore dans les eaux traitées. Il repose

sur l'utilisation de micro-organismes spécifiques pour capturer et stocker le phosphore présent dans les eaux usées. Ce processus biologique contribue à prévenir la prolifération d'algues nuisibles dans les écosystèmes récepteurs, améliorant ainsi la qualité de l'eau

La mesure de chlorure ferrique est gérée via un réservoir de réserve de 15 000 litres en conjonction avec deux pompes doseuses, chacune ayant un débit de 50 litres/heure. Ces pompes sont utilisées pour injecter le chlorure ferrique dans le processus de traitement visant à éliminer les phosphates (PO₄).

➤ **Le Bassin biologique :** Le bassin d'aération est une technique qui intensifie et accélère le processus naturel de dégradation des déchets organiques. En présence d'oxygène, les bactéries aérobies et anaérobies transforment la matière organique en composés stables tels que le dioxyde de carbone, l'eau, les nitrates et les phosphates.

La STEP (Station d'Épuration des Eaux Usées) de SIDI ALI LEBHAR dispose d'un bassin biologique de type carrousel. Un "carrousel" désigne ici un système de traitement des eaux qui implique la rotation de l'eau à l'intérieur du bassin pour faciliter le processus de traitement biologique. Ce type de conception permet un mélange efficace des eaux usées, favorisant ainsi les réactions microbiennes nécessaires pour le traitement.

Les dimensions du bassin carrousel sont de 52,8 mètres de longueur sur 15 mètres de largeur, ce qui permet de traiter efficacement les eaux usées en fonction du débit entrant.

L'apport d'oxygène est essentiel dans ce processus de traitement. Les bactéries responsables du traitement des eaux usées sont alimentées en oxygène grâce à des diffuseurs situés au fond de la structure. L'oxygène est nécessaire pour le métabolisme des bactéries et pour le processus de dégradation des matières organiques contenues dans les eaux usées.

Le bassin est divisé en deux parties distinctes. La première partie, appelée la "zone d'anoxie," est l'endroit où se déroule la dénitrification en l'absence d'oxygène. Pendant ce processus, les nitrates présents dans l'eau sont réduits en azote gazeux, ce qui permet de réduire la teneur en nitrates dans les eaux usées traitées, évitant ainsi des impacts environnementaux négatifs.

La deuxième partie est réservée à la nitrification, où les bactéries travaillent en présence d'oxygène pour convertir l'ammonium en nitrates. Ce processus est essentiel pour éliminer les composés azotés indésirables des eaux usées.

De plus, deux agitateurs sont présents dans le bassin pour garantir l'homogénéité des composants. Ces agitateurs assurent que toutes les zones du bassin sont exposées de manière

égale aux bactéries et à l'oxygène, ce qui favorise l'efficacité des processus biologiques de traitement des eaux usées.

En résumé, la STEP de SIDI ALI LEBHAR dispose d'un bassin carrousel de grande taille, où une partie est dédiée à la dénitrification, nommée la "zone d'anoxie," tandis que l'autre partie est réservée à la nitrification. L'apport en oxygène est assuré par des diffuseurs au fond du bassin, et deux agitateurs sont présents pour garantir l'homogénéité des composants dans le bassin, contribuant ainsi au traitement efficace des eaux usées voir (Figure III. 4).



Figure III. 5: le bassin biologique de la STEP de Sidi Ali lebher

➤ **Le décanteur secondaire :** Le décanteur secondaire est spécifiquement conçu pour séparer les boues biologiques et les particules solides fines qui sont générées pendant le traitement biologique des eaux usées. Après que les eaux usées ont subi le processus de traitement biologique dans un bassin biologique (comme le carrousel mentionné précédemment), les boues résultantes contenant des bactéries et des particules solides sont dirigées vers le décanteur secondaire. Dans le décanteur secondaire, ces boues sont autorisées à se déposer au fond du réservoir pendant une période de temps, tandis que l'eau clarifiée s'accumule en surface. Une fois que les boues se sont suffisamment accumulées, elles sont retirées du décanteur secondaire pour être traitées ou éliminées. Dans notre cas le décanteur secondaire de la STEP de Sidi Ali Lebher est non seulement utilisées pour éliminées

les boues biologiques mais aussi pour éliminer les MES non éliminées dans le prétraitement donc il joue le rôle d'un décanteur primaire aussi.



Figure III. 6: le décanteur de la station d'épuration de Sidi ALI Lebher

La séparation de la biomasse de l'eau clarifiée est réalisée en réintroduisant les boues sédimentées dans le réacteur. Cette action vise à maintenir une concentration adéquate de micro-organismes dans le liquide de mélange. Ce processus s'effectue en recevant le liquide mixte en provenance du bassin d'aération.

Le clarificateur de la STEP de SIDI ALI LEBHAR présente une forme circulaire avec un diamètre de 18 mètres. Il est équipé d'un pont racleur de surface qui récupère les éléments flottants et d'un racleur de fond pour rassembler les boues vers le centre du bassin. Cette configuration permet deux choses essentielles : d'une part, la séparation des agrégats biologiques des eaux déjà épurées, et d'autre part, le renvoi d'une partie des boues décantées vers le bassin biologique afin de maintenir la population de bactéries à un niveau constant. Le reste des boues est acheminé vers un autre processus de traitement des boues.

D. Le traitement tertiaire :

Le traitement tertiaire des eaux usées est la troisième et dernière étape du processus de traitement des eaux usées. Il vise à éliminer les contaminants résiduels et à produire de l'eau de qualité suffisante pour des utilisations spécifiques, telles que l'irrigation, la réutilisation industrielle, ou le

rejet dans des milieux sensibles. Voici un aperçu des principales composantes du traitement tertiaire :

- Filtration avancée : Dans cette étape, l'eau traitée passe généralement à travers des filtres avancés, tels que des filtres à sable ou à membrane. Ces filtres éliminent les particules fines, les résidus de matières organiques, et les micro-organismes restants dans l'eau. Les filtres à membrane sont particulièrement efficaces pour éliminer les bactéries et les virus.
- Désinfection : La désinfection est une étape cruciale du traitement tertiaire. Les désinfectants couramment utilisés sont le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone ou les rayons ultraviolets (UV). La désinfection tue les bactéries pathogènes qui pourraient être présentes dans l'eau, assurant ainsi qu'elle est sûre pour diverses utilisations, y compris l'irrigation agricole et la recharge des nappes phréatiques.
- Élimination des nutriments : Dans certaines installations de traitement tertiaire, on peut inclure des procédés d'élimination supplémentaire des nutriments, tels que l'azote et le phosphore. Cela peut être nécessaire pour répondre à des normes de qualité de l'eau plus strictes ou pour prévenir la pollution des cours d'eau et des lacs.
- Réutilisation : Dans le cadre du traitement tertiaire, l'eau traitée peut être purifiée à un niveau élevé, ce qui la rend apte à être réutilisée pour diverses applications non potables, comme l'irrigation, la réutilisation industrielle, le lavage des véhicules ou même la recharge des nappes phréatiques.
- Dé chloration : Après la désinfection, l'eau peut être soumise à un processus de déchloration pour éliminer tout excès de chlore résiduel, ce qui est important pour éviter tout effet indésirable sur l'environnement ou les réseaux de distribution d'eau potable.
- Contrôle de la qualité : Tout au long du traitement tertiaire, un contrôle strict de la qualité est effectué pour garantir que l'eau atteint les normes réglementaires et est sûre pour les usages prévus.

En résumé, le traitement tertiaire des eaux usées vise à purifier l'eau à un niveau très élevé, en éliminant les contaminants résiduels, les bactéries pathogènes et les nutriments excédentaires. Cela permet l'utilisation sécurisée de l'eau traitée dans diverses applications, tout en protégeant l'environnement et la santé publique.

La chloration : La STEP de SIDI ALI LEBHAR est équipée d'un réservoir de stockage d'une capacité de 5000 litres. Ce réservoir est doté de chicanes, dont la fonction est de créer un

mouvement sinusoïdal dans l'eau. Cette configuration favorise un mélange optimal entre l'eau et la solution d'hypochlorite, améliorant ainsi le processus de désinfection de l'eau. Ils emploient l'hypochlorite de sodium, communément connu sous le nom d'eau de Javel, comme agent désinfectant.

Le dosage de l'eau de javel est effectué par 2 pompes doseuses de débit unitaire 23m³/h

III.2.1.2. Filière de traitement des boues : Le traitement des boues dans le processus de traitement des eaux usées comprend plusieurs étapes essentielles. Initialement, les boues sont épaissies pour réduire leur teneur en eau, puis elles sont digérées, généralement anaérobiquement, pour dégrader la matière organique et produire du biogaz. Ensuite, les boues sont déshydratées pour réduire davantage leur teneur en eau, avant d'être éliminées de manière responsable, par incinération, mise en décharge, utilisation comme engrais ou recyclage. Le processus vise à minimiser l'impact environnemental des résidus tout en récupérant des ressources utiles, comme le biogaz et les matières fertilisantes, contribuant ainsi à une gestion efficace des boues issues du traitement des eaux usées.

a. L'épaississement :

Au sein du processus de traitement des eaux usées, implique l'augmentation de la concentration de matières solides dans les boues en éliminant une partie du liquide qu'elles contiennent. À cet effet, la STEP de SIDI ALI LEBHAR est équipée d'un épaisseur d'un diamètre de 7 mètres, qui fonctionne en continu, 24 heures sur 24, soit en mode automatique, soit en mode manuel, permettant ainsi d'optimiser le processus d'épaississement des boues.



Figure III. 7: l'ouvrage d'épaississement

b. La déshydratation :

La déshydratation dans le processus de traitement des eaux usées a pour but de transformer les boues d'un état liquide en une consistance plus solide tout en réduisant le volume des boues. Cela est réalisé en ajoutant un polymère et en appliquant une pression sur un filtre à bande. Les boues, initialement épaissies dans l'épaississeur, sont ensuite pompées vers le filtre à bande pour effectuer le processus de déshydratation. Ce processus permet de concentrer davantage les solides contenus dans les boues tout en réduisant l'humidité, ce qui facilite leur élimination ou leur traitement ultérieur.

- La polymérisation : La polymérisation est suivie par la déshydratation des boues, qui représente la deuxième étape du processus visant à réduire leur volume. Cette phase intervient après que les boues aient été épaissies et traitées avec des polymères, ce qui permet d'améliorer considérablement l'efficacité du processus de déshydratation.
- Le presse à bandes : Les boues sont traitées en les mélangeant avec un polymère, également appelé poly électrolyte, dans un flocculateur pour former un floc solide et robuste. Ce processus est réalisé mécaniquement à l'aide d'une presse à bande. Parallèlement, il est nécessaire de réduire la quantité d'eau présente dans les boues pour atteindre un taux d'humidité compris entre 4% et 6%. Une fois cette étape achevée, les boues sont ensuite évacuées vers des bennes ou des conteneurs prévus à cet effet.



Figure III. 8: l'ouvrage de déshydratation (presse à bande)

III.2.2. Le poste de relevage : Un poste de relevage dans une Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP) est une installation cruciale qui utilise des pompes pour transférer les eaux usées d'une zone à une autre lorsque l'écoulement gravitaire n'est pas possible. Il régule le débit, surveille le niveau des eaux usées et assure la protection contre les déversements indésirables. Une maintenance régulière est nécessaire pour garantir son bon fonctionnement, contribuant ainsi au traitement efficace des eaux usées dans la STEP.

➤ La Station de Relevage de Sidi Ali Lebhar a pour mission de transporter les eaux usées de la région vers la station d'épuration de Sidi Ali Lebhar. Elle est équipée de deux pompes submersibles ayant une capacité d'élévation de 233 mètres cubes par heure, ainsi que d'une conduite de raccordement en polyéthylène haute densité (PEHD) de 400 millimètres de diamètre.

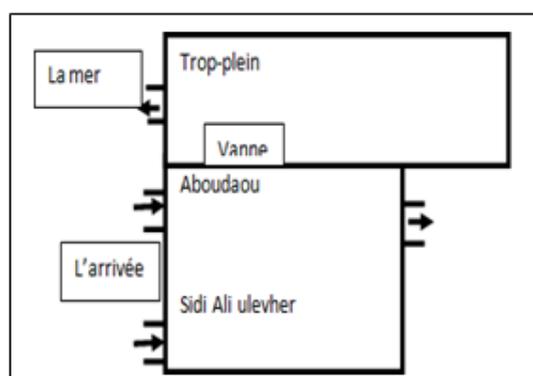


Figure III. 9: schéma représentatif de l'arrivées d'eau à la st

III.2.3. Air de stockage : Une fois que la boue est extraite des eaux épurées, elle est stockée au sein de la station, afin de la transporter à la décharge publique.



Figure III. 10: Transport de la boue déshydratée

III.2.4. Laboratoire d'analyse :

Le laboratoire d'analyse au sein d'une Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP) est un centre crucial dédié à l'analyse des échantillons d'eau et de boues tout au long du processus de traitement. Ses responsabilités englobent la surveillance de la qualité de l'eau, le suivi du processus de traitement, la garantie de la conformité réglementaire, la recherche et le développement de nouvelles technologies, ainsi que la maintenance des équipements. Ce laboratoire joue un rôle clé dans l'assurance de la qualité du traitement des eaux usées, la protection de l'environnement, et la conformité aux normes légales, contribuant ainsi à la gestion efficace et durable des eaux usées.

Au niveau de la station d'épuration de Sidi Ali Lebher on mesure la DBO5 et la DCO l'azote le phosphore et d'autres polluants mensuellement pour la vérification de la conformité aux normes légales et voir la variation de la charge polluantes pour la vérification des performances épuratrices de chaque ouvrage de la STEP.



Figure III. 11: les instruments de laboratoire

III.2.5. Autre constituants (ouvrages de contrôle) : tel que :

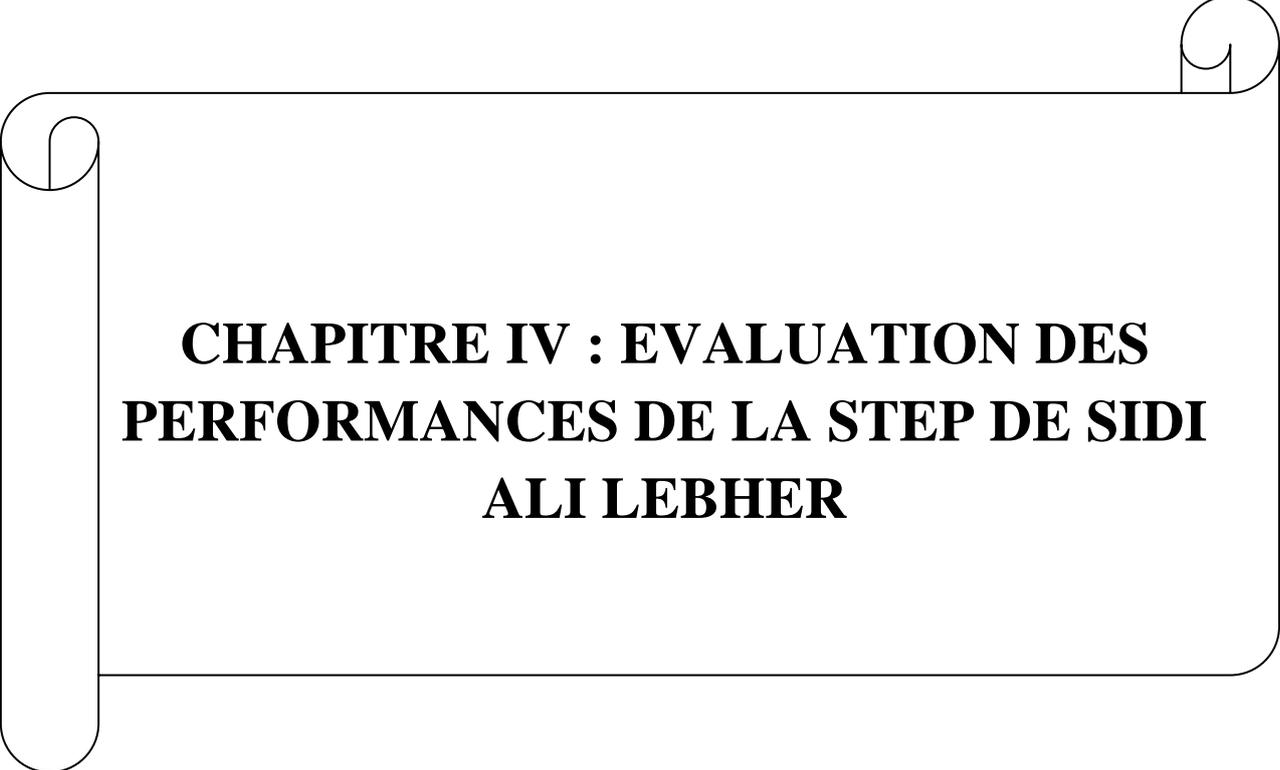
- **Local armoire**
- **Local suppresseur**
- **Poste de transformation**
- **Répartiteur de débit**

Remarque :

Le réseau d'assainissement de notre région qui rejette dans la STEP est de type séparatif et pour cela la disposition d'un déversoir d'orage est non nécessaire.

CONCLUSION :

Dans ce chapitre de présentation de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP), nous avons exploré les éléments essentiels de cette installation cruciale pour le traitement des eaux usées. Nous avons découvert comment la STEP fonctionne en plusieurs étapes, allant du prétraitement à l'élimination des boues, en passant par le traitement biologique et la désinfection. Nous avons également examiné les équipements clés, tels que les bassins, les clarificateurs, les déversoirs d'orage et les laboratoires d'analyse, qui contribuent à garantir un traitement efficace et respectueux de l'environnement des eaux usées. La STEP joue un rôle vital dans la préservation de la qualité de l'eau et la protection de l'écosystème, tout en contribuant à la santé publique et à la durabilité environnementale. Ce chapitre nous a permis de comprendre l'importance de cette infrastructure dans la gestion responsable des eaux usées et dans la préservation de nos ressources en eau pour les générations futures.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and a horizontal strip at the top, both ending in curled ends.

**CHAPITRE IV : EVALUATION DES
PERFORMANCES DE LA STEP DE SIDI
ALI LEBHER**

INTRODUCTION :

L'évaluation des performances d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) revêt une importance cruciale dans le domaine de l'assainissement environnemental. Son objectif premier est de mesurer l'efficacité et l'efficience de l'installation, en évaluant sa capacité à traiter et à purifier les eaux usées de manière conforme aux normes environnementales et réglementaires en vigueur. Dans ce chapitre, nous examinerons en détail deux parties essentielles : les méthodes et les matériaux utilisés pour cette évaluation, ainsi que les résultats obtenus et les discussions qui en découlent. Cette évaluation permet de surveiller la qualité du processus de traitement, de détecter les éventuels problèmes opérationnels, et de prendre des mesures correctives lorsque cela est nécessaire. En outre, elle contribue à garantir que la STEP fonctionne de manière durable, minimisant ainsi son impact sur l'écosystème environnant. Ce chapitre constitue un pilier fondamental de la gestion de l'eau et de la préservation de l'environnement.

IV.1. Résultats et discussions :

Dans cette section finale, nous présenterons les résultats détaillés des analyses réalisées sur les eaux usées de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP) de Sidi Ali Lebhar à Bejaia, au cours de notre période de stage. Ces résultats seront soumis à une analyse approfondie et comparés aux normes de qualité recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et les normes nationales (NA). L'objectif est d'évaluer les performances de la station d'épuration par boues activées de Sidi Ali Lebhar. De plus, nous examinerons les résultats des analyses microbiologiques de ces eaux en utilisant la table de Mac Grady (NPP) comme référence pour interpréter les données obtenues.

IV.1.1. Interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques et biologiques :

IV.1.1.1. La température (T) :

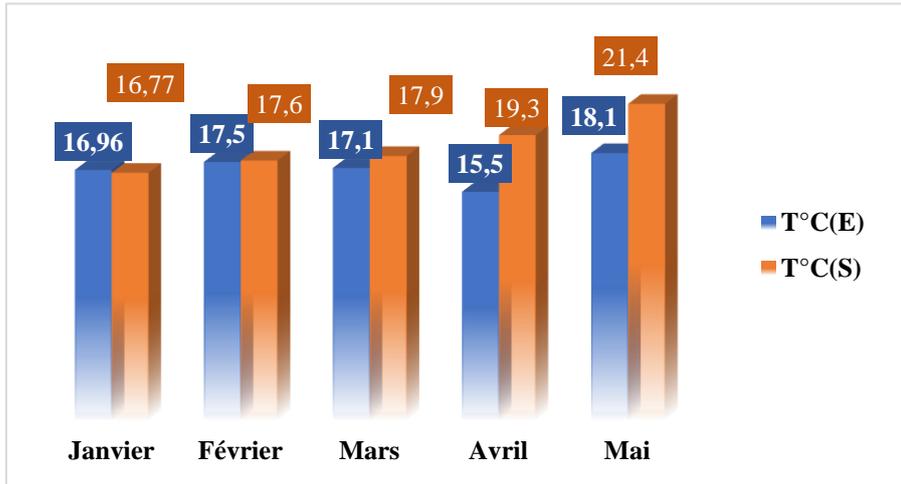


Figure IV. 1: Variations mensuelles de la température des eaux brutes(E) et épurées(S).

La (Figure IV.1) présente un schéma qui résume les données relatives aux températures mesurées à l'entrée et à la sortie de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Les résultats mettent en évidence une similitude marquée entre les températures des échantillons, avec une fourchette allant de 15,5°C à 18,1°C à l'entrée et de 16,77°C à 21,4°C à la sortie. Ces variations de température sont influencées par les conditions climatiques et demeurent bien en deçà des normes établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et les normes nationales (NA), qui plafonnent à 30°C. Ces résultats attestent de l'efficacité du processus d'épuration des eaux au sein de la STEP, garantissant ainsi le respect des critères de qualité environnementale requis.

IV.1.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

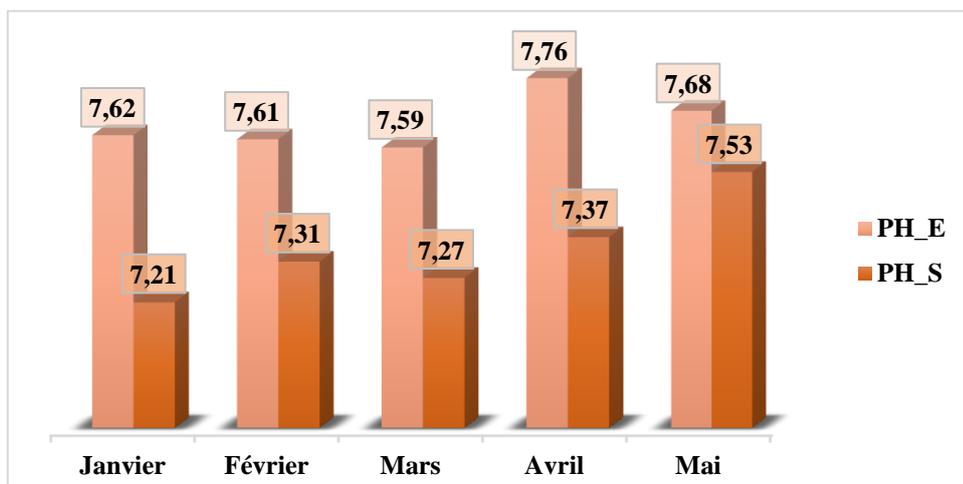


Figure IV. 2: Variations mensuelles du pH des eaux brutes(E) et épurées(S)

Le graphique présenté dans la **Figure IV. 2** synthétise les données de pH relevées à l'entrée et à la sortie de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Les résultats indiquent que les valeurs de pH des différents échantillons se situent dans une plage allant de 7,59 à 7,76 à l'entrée et de 7,21 à 7,53 à la sortie. Ces valeurs sont particulièrement propices aux activités bactériennes associées aux processus d'épuration aérobie et anaérobie (27) Ainsi, ces résultats sont conformes aux normes établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et les normes nationales (NA) qui recommandent un pH compris entre 6,5 et 8,5, démontrant ainsi l'efficacité du processus de traitement des eaux au sein de la STEP.

IV.1.1.3. La conductivité électrique(CE) :

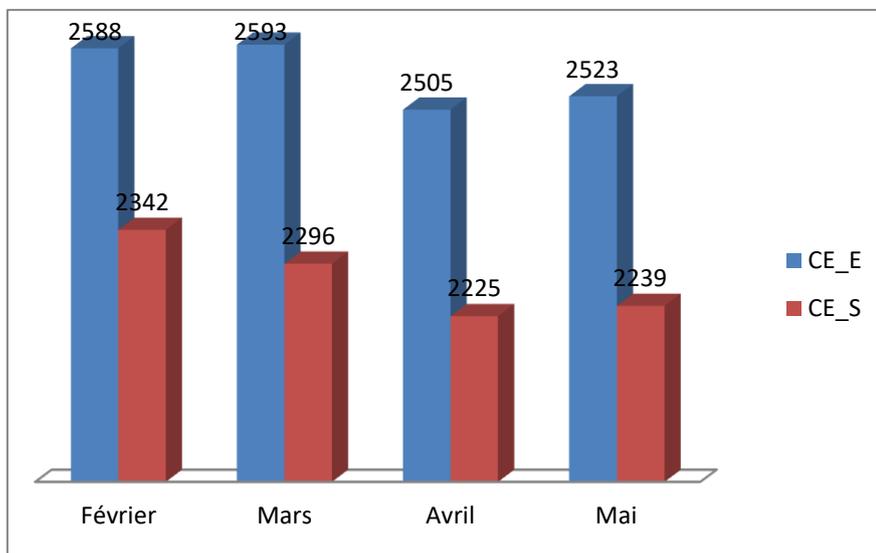


Figure IV. 3: Variations mensuelles de la conductivité des eaux brutes(E) et épurées(S).

La **Figure IV. 3** présente un graphique récapitulant les résultats de la conductivité mesurée à l'entrée et à la sortie de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Les données montrent que les valeurs de conductivité des échantillons se situent dans une fourchette allant de 2505 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 2593 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à l'entrée, et de 2225 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 2342 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à la sortie. La conductivité est un indicateur de la capacité d'une solution à conduire l'électricité, offrant des informations générales sur la concentration en sels dissous. L'analyse des résultats indique une diminution du taux de sels, illustrée par la baisse de la conductivité, bien que cette diminution ne soit pas totale. Il est à noter que tout rejet polluant entraîne une augmentation de la conductivité. Cependant, les valeurs relevées dans notre étude respectent les normes établies par l'Organisation mondiale de la santé

(OMS) et les normes nationales (NA), ce qui témoigne de l'efficacité du processus de traitement des eaux au sein de la STEP, bien que l'élimination totale des sels ne soit pas atteinte.

IV.1.1.4. l'Oxygène dissous (OD)

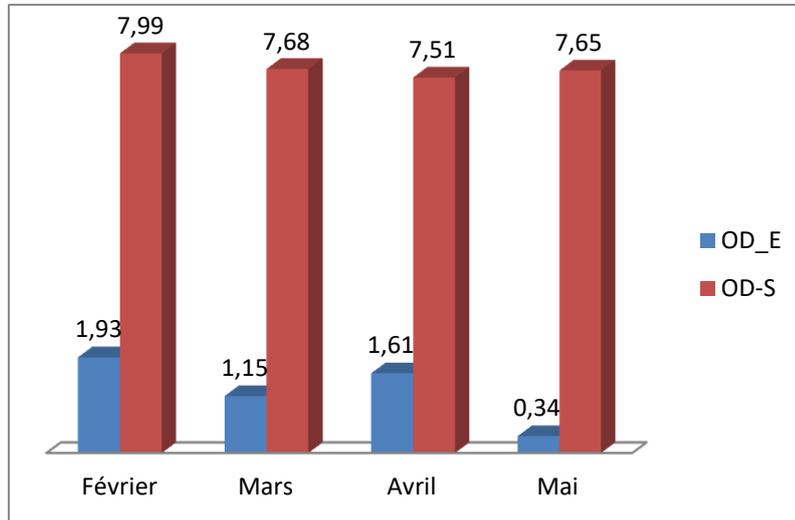


Figure IV. 4: Variations mensuelles de l’oxygène dissous(OD) des eaux brutes(E) et épurées(S).

La **Figure IV. 4** présente un graphique synthétisant les résultats de la concentration en oxygène dissous mesurée à l'entrée et à la sortie de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Les données indiquent que les valeurs de l'oxygène dissous dans les échantillons varient dans une fourchette allant de 0,34 mg/l à 1,93 mg/l à l'entrée, et de 7,51 mg/l à 7,99 mg/l à la sortie. L'observation du graphique révèle une nette augmentation de la concentration en oxygène dissous à la sortie par rapport à l'entrée, ce phénomène est attribuable à une aération adéquate des eaux dans le bassin biologique. Cette aération est essentielle pour le développement des microorganismes aérobies responsables de l'oxydation des matières organiques, contribuant ainsi à une épuration biologique efficace des eaux usées. Il convient de noter que la valeur maximale a été enregistrée en février à la sortie de la STEP (7,99 mg/l), principalement en raison de la baisse de la température de l'eau, car les eaux froides ont une capacité de dissolution plus élevée en oxygène dissous par rapport aux eaux chaudes (28). Il est important de souligner que ces valeurs respectent les normes établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et les normes nationales (NA), démontrant ainsi la conformité du processus de traitement des eaux de la STEP.

IV.1.1.5. Matières en suspension (MES)

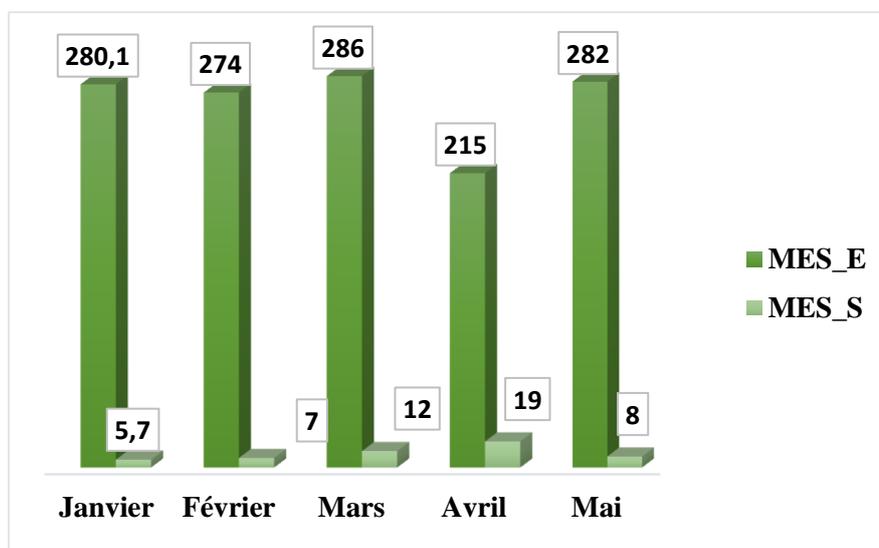


Figure IV. 5: Variations mensuelles des MES des eaux brutes(E) et épurées(S)

Figure IV. 5 représente les résultats de la concentration en matières en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration des eaux usées (STEP). Les données indiquent que les niveaux de MES varient entre 215 mg/l et 286 mg/l à l'entrée, et entre 5,7 mg/l et 19 mg/l à la sortie. La présence de MES peut entraîner une turbidité de l'eau et avoir un impact sur la vie aquatique (24). Des concentrations élevées de MES peuvent être considérées comme une forme de pollution et peuvent même provoquer un réchauffement de l'eau, affectant ainsi l'habitat des organismes d'eau froide (28). Il est donc essentiel de réduire ou d'éliminer ces particules dans les STEP. Il est important de noter que, bien que les concentrations MES soient élevées, elles restent en dessous des normes de rejet établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de 30 mg/l, ainsi que des normes nationales (NA) de 35 mg/l

IV.1.1.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

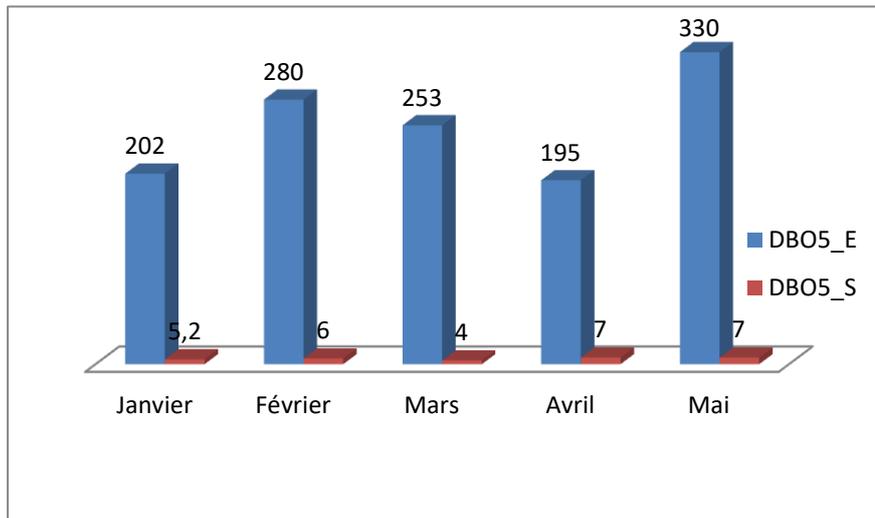


Figure IV. 6: Variations mensuelles de la DBO₅ des eaux brutes(E) et épurées(S).

La **Figure IV. 6** présente un graphique illustrant les résultats de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) mesurée à l'entrée et à la sortie de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Les données révèlent que les valeurs de DBO₅ pour les différents échantillons se situent dans une fourchette allant de 195 mg/l à 330 mg/l à l'entrée, tandis qu'elles varient de 4 mg/l à 7 mg/l à la sortie. Il est notable que le traitement effectué au sein de la STEP a engendré une réduction significative de la DBO₅. Les valeurs de DBO₅ des eaux rejetées sont en conformité avec les normes nationales fixées à 35 mg/l, et elles se rapprochent de celles établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qui sont de 30 mg/l. En résumé, il est à noter que la STEP parvient à éliminer efficacement la majeure partie de la pollution organique biodégradable.

IV.1.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

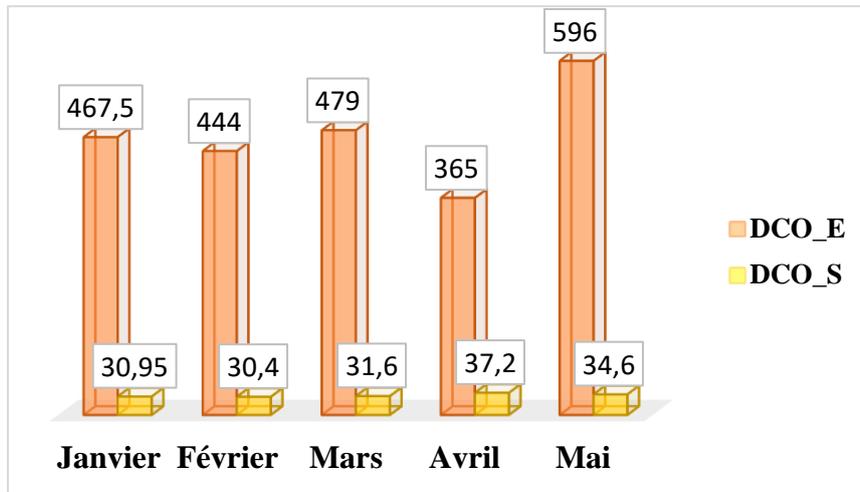


Figure IV. 7: Variations mensuelles de la DCO des eaux brutes(E) et épurées(S)

Le graphique présenté dans **Figure IV. 7** représente les résultats de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) mesurée à l'entrée et à la sortie de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Les données montrent que les valeurs de DCO varient entre 365 mg/l et 596 mg/l à l'entrée, tandis qu'à la sortie, elles se situent entre 30,4 mg/l et 37,2 mg/l. La DCO est un indicateur important de la charge de pollution et du contenu en matières organiques et minérales dans l'eau. Les résultats obtenus à la sortie de la STEP respectent les normes nationales (120 mg/l) ainsi que les normes de l'OMS (90 mg/l) en ce qui concerne les rejets. En conclusion, la STEP parvient à réduire efficacement la DCO, témoignant de son efficacité dans l'élimination des polluants.

IV.1.1.8. Analyse des Nitrates (NO₃⁻) :

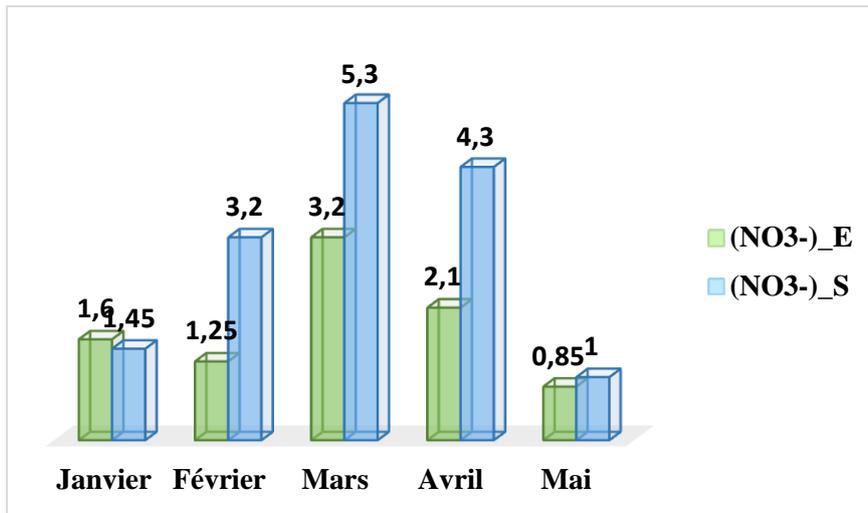


Figure IV. 8: Variations mensuelles de NO₃⁻ des eaux brutes(E) et épurées(S)

Le graphique de la **Figure IV. 9** présente les résultats des analyses de nitrates effectuées à l'entrée et à la sortie de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Selon ces données, les concentrations en nitrates dans les échantillons varient de 0,85 mg/l à 3,2 mg/l à l'entrée, tandis qu'à la sortie, elles se situent entre 1 mg/l et 5,3 mg/l. Bien que les niveaux de nitrates aient augmenté dans les eaux traitées, ils demeurent en dessous des limites recommandées par l'OMS (50 mg/l) et les normes nationales (30 mg/l). On remarque que la concentration des nitrates à la sortie est élevée par rapport à l'entrée ce qui nous indique que le procédé de dénitrification n'est pas bien effectué.

Voici un tableau récapitulatif des paramètres physico-chimique et biologiques :

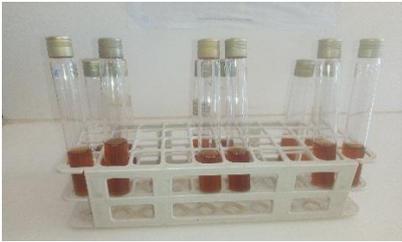
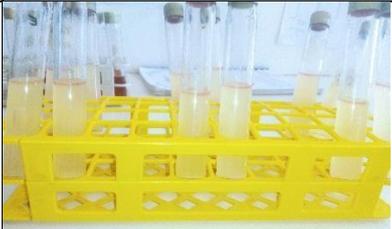
Tableau IV. 1 : Tableau récapitulatif des paramètres physico-chimiques

Paramètre	Entré(mg/l)	Sortie (mg/l)	Rendement d'élimination (%)
DBO5	330	7	95
DCO	696	34,6	95
MES	286	12	95
AZOTE	120	20,5	85

IV.1.2. Interprétation des résultats des paramètres microbiologiques

Les résultats et les observations de la recherche bactériologique sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV. 2: résultats et observations d’analyses microbiologiques

Bactéries	Essais		Observations
	01	02	
V-cholérique	-	-	
Salmonelles	-	-	
SF	+	+	
ASR	+	+	
Coliformestotaux	+	+	
E-Coli	+	+	

Selon les données du **Tableau IV. 3** , nous pouvons observer la présence de coliformes totaux, de streptocoques fécaux, de clostridium et d'E-Coli, dont l'interprétation a été réalisée en utilisant la table de Mac Grady. Cependant, il est important de noter l'absence de salmonelles et de vibrions cholériques dans notre échantillon d'eau. Les résultats du dénombrement des bactéries présentes sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV. 3 : dénombrement des bactéries présentant dans l'échantillon d'eau

Bactéries	Essaie N°01			Essaie N°02			NPP dans 100ml
	02 tubes D/C 10 ml	02 tubes S/C 1 ml	02 tubes S/C 1 ml	02 tubes D/C 10 ml	02 tubes S/C 1 ml	02 tubes S/C 1 ml	
SF	+2	+2	+2	+2	+2	+2	1100
Coliformes totaux	+2	+2	+2	+2	+2	+2	1100
E-Coli	+2	+2	+2	+2	+2	+2	1100

IV.1.2.1. Vibrions-Cholériques et Salmonelle

Les bactéries pathogènes Vibrions cholériques n'ont pas été identifiées dans les eaux usées traitées à la STEP. Cette absence peut être attribuée en partie à la température relativement modérée des eaux usées, avec une température moyenne de 18,59°C, qui peut avoir un effet inhibiteur sur la prolifération des bactéries, y compris le vibron cholérique. De plus, il est à noter que notre étude a été réalisée pendant une période où il n'y avait pas de cas de choléra signalés dans la région (29).

De même, les bactéries pathogènes Salmonelles n'ont pas été détectées dans les eaux usées épurées au niveau de la STEP. Ces résultats sont en conformité avec les normes de l'OMS, qui exigent l'absence de salmonelle dans les eaux traitées.

IV.1.2.2. Streptocoques fécaux

Les résultats des analyses de l'eau traitée confirment une présence des streptocoques fécaux. Ceci ne répond pas aux normes de rejets OMS.

IV.1.2.3. Clostridium (anaérobie sulfito-réducteur)

Les résultats détaillés des analyses de l'eau traitée indiquent une présence significative de bactéries sulfito-réductrices (ASR), suggérant une contamination d'origine fécale antérieure. Ces bactéries, capables de décomposer les matières organiques, sont particulièrement résistantes sous forme de spores, ce qui explique leur persistance malgré le traitement de l'eau. Leur présence souligne la nécessité de surveiller de près la qualité de l'eau, car les ASR sont associées à des maladies graves telles que le botulisme et le tétanos. Cette détection renforce la sécurité de l'approvisionnement en eau en identifiant des risques potentiels pour la santé publique.

IV.1.2.4. Coliformes totaux

Suite aux analyses réalisées, la détection des coliformes totaux indique la présence d'une contamination, principalement issue des déchets fécaux domestiques et des rejets d'élevage.

IV.1.2.5. Coliformes thermo-tolérants (E-Coli)

D'après les analyses réalisées, la présence de coliformes thermotolérants, notamment E-Coli, a été confirmée par la formation d'un anneau rouge dans les échantillons testés. Cette présence indique une contamination potentielle par des matières fécales et suggère une vigilance accrue en matière de qualité de l'eau.

Tableau IV. 4 : Table de Mac Grady (30).

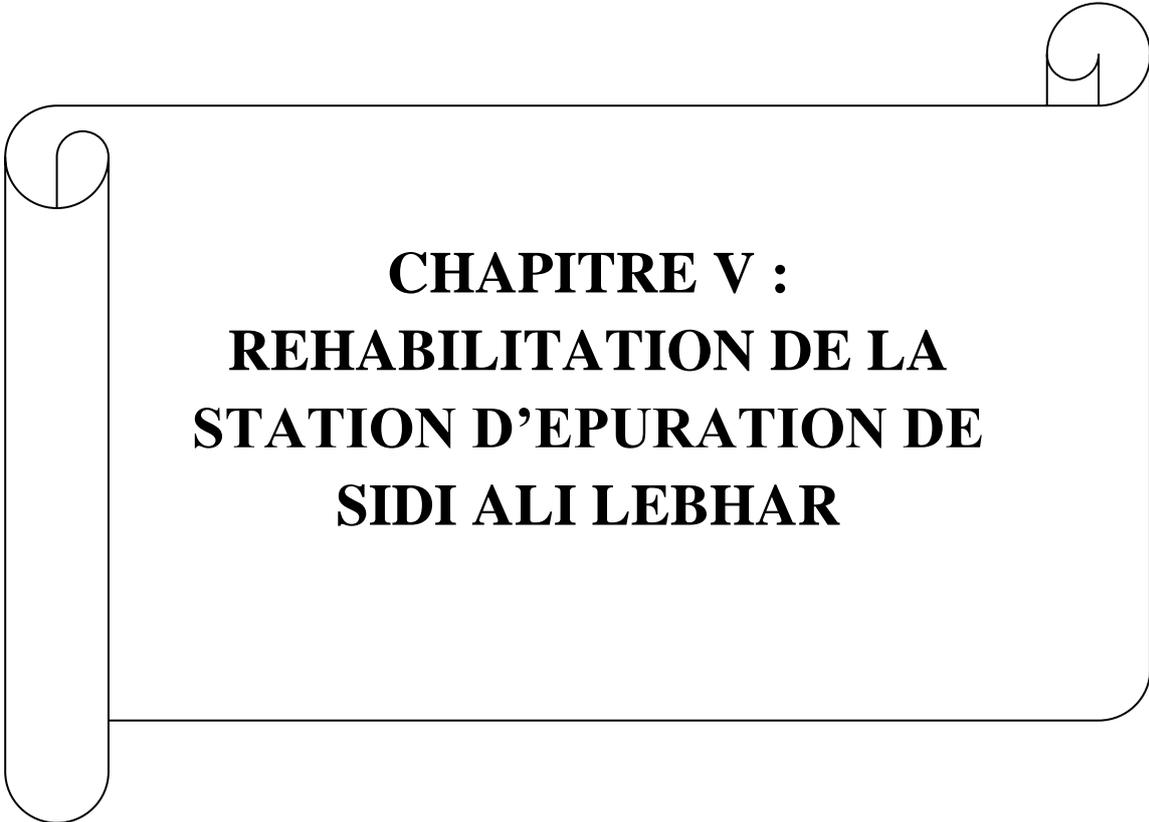
Nombre de tubes donnant une réaction positive			NPP dans 100 ml
2 tubes de 10ml	2 tubes de 1ml	2 tubes de 0,1ml	
0	0	0	00
0	0	1	05
0	1	0	05
0	1	1	09
0	2	0	09
1	0	0	06
1	0	1	12
1	1	0	13
1	1	1	20
1	2	0	20
1	2	1	30
2	0	0	25
2	0	1	50
2	1	0	60
2	1	1	130
2	1	2	200
2	2	0	250
2	2	1	700
2	2	2	1100

CONCLUSION :

L'analyse des résultats révèle une amélioration significative dans la réduction des paramètres physico-chimiques suite au traitement des eaux à la station de Sidi Ali Lebhar. En particulier, la demande biochimique en oxygène (DBO_5) a connu une réduction impressionnante de 95 %, tandis que la demande chimique en oxygène (DCO) a diminué de 90 %, et les matières en suspension (MES) ont été réduites de 90 %. Ces chiffres témoignent de l'efficacité du processus de traitement dans l'élimination des matières organiques et des particules en suspension présentes dans les eaux usées.

Cependant, malgré ces améliorations notables sur le plan physico-chimique, des préoccupations subsistent en ce qui concerne la qualité microbiologique des eaux épurées. Les analyses ont révélé la présence de bactéries indicatives de contamination fécale, notamment les coliformes totaux et les streptocoques fécaux. Cette découverte soulève des inquiétudes quant à la sécurité microbiologique des eaux traitées, en particulier lorsque celles-ci sont destinées à un usage agricole.

Ainsi, pour garantir la qualité microbiologique des eaux épurées, des mesures supplémentaires, telles que la mise en place de processus de désinfection adéquats, s'avèrent indispensables. Ces précautions sont cruciales pour assurer que les eaux épurées soient sûres pour les utilisations prévues, notamment l'irrigation agricole et c'est bien notre cas.



CHAPITRE V :
REHABILITATION DE LA
STATION D'EPURATION DE
SIDI ALI LEBHAR

INTRODUCTION :

Dans le chapitre antérieur de notre étude, nous avons conclu, après avoir évalué les performances de la STEP de Sidi Ali Lebhar, que la qualité microbiologique de l'eau en aval de la station d'épuration de Sidi Ali Lebhar ne répond pas aux normes de rejets et de réutilisation établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Cette conclusion souligne un problème significatif : l'eau traitée ne satisfait pas aux critères microbiologiques recommandés par l'OMS pour sa potabilité et sa réutilisation. En conséquence, il est impératif de mettre en place un système de traitement adéquat pour remédier à cette situation et garantir la conformité aux normes sanitaires internationales.

Pour respecter les normes de qualité requises, il est essentiel de mettre en place une méthode de désinfection minutieusement élaborée et explicitement détaillée.

V.1. Les différentes méthodes de désinfection

Les méthodes de désinfection sont des techniques et des procédés utilisés pour éliminer ou tuer les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau, les surfaces ou d'autres substances. Voici quelques-unes des méthodes de désinfection couramment utilisées :

- **Chloration** : Cette méthode consiste à ajouter du chlore à l'eau pour tuer les bactéries, les virus et d'autres micro-organismes. Elle est largement utilisée dans le traitement de l'eau potable.
- **Ozonation** : L'ozone (O₃) est un gaz oxydant puissant qui détruit les micro-organismes pathogènes. Il est efficace contre les bactéries, les virus et les protozoaires.
- **Traitement UV (Ultraviolet)** : Les lampes UV émettent une lumière ultraviolette qui endommage l'ADN des micro-organismes, les rendant incapables de se reproduire. Cette méthode est efficace contre les bactéries, les virus et les protozoaires.
- **Dioxyde de chlore** : Le dioxyde de chlore est un désinfectant chimique qui peut éliminer une variété de micro-organismes. Il est souvent utilisé dans le traitement de l'eau.
- **Traitement thermique** : Le chauffage de l'eau à des températures élevées peut tuer les micro-organismes pathogènes. Cependant, cette méthode peut être énergivore.
- **Filtration** : Les filtres à membrane ou les filtres à sable peuvent éliminer les micro-organismes de grande taille de l'eau.
- **Oxydation** : Les oxydants, tels que le peroxyde d'hydrogène, peuvent oxyder et éliminer les micro-organismes pathogènes.

- **Électrochloration** : Cette méthode combine la production de chlore in situ par électrolyse avec l'action désinfectante du chlore.
- **Traitement au dioxyde de chlore** : Le dioxyde de chlore est produit et utilisé pour désinfecter l'eau. Il est efficace contre divers micro-organismes pathogènes.

Le choix de la méthode de désinfection dépendra de divers facteurs, notamment la nature des micro-organismes présents, la qualité de l'eau à traiter, la capacité de traitement requise et les ressources disponibles. Chaque méthode a ses avantages et ses limites, et il est important de choisir celle qui convient le mieux à une situation particulière.

V.2. La désinfection aux niveau la station d'épuration de Sidi Ali Lbhar :

Comme observation pertinente, il est important de noter qu'il existe déjà une installation de désinfection par chloration à la station d'épuration de Sidi Ali Lebhar. Cependant, il est à noter que cette méthode de chloration n'est pas compatible avec l'objectif de réutilisation de l'eau en agriculture. Le principal inconvénient de la chloration réside dans la formation de sous-produits de chloration et la présence résiduelle de chlore dans l'eau, ce qui peut être nuisible pour les cultures agricoles. Envisager une alternative telle que la désinfection par l'ozone est une démarche judicieuse, car l'ozone, en tant qu'oxydant puissant, peut éliminer efficacement les contaminants microbiens sans laisser de résidus chimiques indésirables. Cela rendrait l'eau traitée à l'ozone plus appropriée pour la réutilisation en agriculture. Toutefois, avant de prendre une décision, il est impératif de mener une évaluation approfondie des coûts, de l'efficacité et de la sécurité de l'installation d'ozone, tout en veillant à respecter les réglementations locales et les normes de qualité de l'eau en vigueur pour garantir la conformité aux exigences légales et environnementales. En fin de compte, il serait recommandé de faire appel à des experts en traitement de l'eau ou en génie environnemental pour concevoir et mettre en œuvre un système d'ozone adapté aux besoins spécifiques, tout en assurant la sécurité et la qualité de l'eau pour la réutilisation en agriculture.

V.3. Étude technico-économique des méthodes de désinfection proposées :

Nous avons sélectionné deux méthodes de désinfection pour une comparaison approfondie : l'ultraviolet (UV) et l'ozonation. Nous souhaitons réaliser une étude comparative de ces deux procédés de désinfection.

Tableau V.1 : étude comparative de deux précédées de désinfection

Aspect	Désinfection par Ultraviolets (UV)	Désinfection par Ozonation
Principe de fonctionnement	Les UV utilisent la lumière ultraviolette pour désactiver les micro-organismes.	L'ozonation génère de l'ozone (O ₃) pour oxyder et éliminer les micro-organismes et la matière organique.
Avantages	- Coût initial généralement plus bas pour les petites installations. - Utilisation de lampes UV pour une désinfection efficace.	- Efficace pour clarifier l'eau non claire. - Réduction des odeurs désagréables. - Réduction de la DCO (Demande Chimique en Oxygène).
Inconvénients	- Moins efficace pour la clarification de l'eau et la réduction des odeurs. - Nécessite un prétraitement pour éliminer les particules en suspension. - Remplacement périodique des lampes UV.	- Coût initial plus élevé en raison de l'équipement d'ozonation. - Coûts de maintenance plus élevés. - Gestion des sous-produits chimiques produits par l'ozonation.
Espace requis	- Compact, nécessite moins d'espace.	- Nécessite plus d'espace en raison des générateurs d'ozone et des composants de dosage.
Consommation d'énergie	- Généralement moins énergivore que l'ozonation.	- Peut être plus énergivore en raison de la génération d'ozone.
Temps de contact nécessaire pour l'efficacité	- Courte durée de contact, nécessite un prétraitement efficace.	- Relativement court, mais dépend du système.

Tableau V. 1 : étude comparative de deux précédées de désinfection (suite)

Aspect	Désinfection par Ultraviolets (UV)	Désinfection par Ozonation
Élimination des goûts et odeurs de l'eau	- Moins efficace que l'ozonation.	- Efficace dans l'élimination des goûts et odeurs.
Application courante	- Désinfection de l'eau potable, traitement des eaux usées.	- Désinfection et traitement des eaux usées, traitement de l'eau potable dans certaines situations.
Coûts opérationnels	- Généralement moins élevés que l'ozonation.	- Peut être plus élevé en raison de la consommation d'énergie.

Conclusion :

Après une analyse approfondie des méthodes de désinfection par ozonation et par ultraviolets (UV), il est concluant de privilégier la désinfection par UV pour notre situation spécifique. Plusieurs facteurs justifient ce choix :

Efficacité Microbiologique : Les UV offrent une désinfection efficace contre les bactéries et les virus, répondant aux normes microbiologiques sans compromis.

Simplicité et Rapidité : La désinfection par UV offre une réaction instantanée sans nécessiter de temps de contact prolongé, assurant une désinfection rapide et efficace.

Coûts Initiaux et Opérationnels : Les coûts initiaux des systèmes UV sont généralement plus abordables, et les frais d'entretien sont souvent moins élevés, contribuant à une économie budgétaire à long terme.

Impact Environnemental : Les UV ne génèrent pas de sous-produits chimiques, ce qui les rend respectueux de l'environnement, contribuant à notre engagement envers une gestion durable des ressources.

Gestion de l'Espace : Les systèmes UV nécessitent moins d'espace physique, offrant une solution plus compacte et flexible pour notre installation.

Polyvalence : Bien que l'ozonation soit efficace dans divers aspects, la désinfection par UV répond de manière satisfaisante à nos besoins spécifiques en matière de qualité de l'eau pour l'irrigation. En favorisant la désinfection par UV, nous optons pour une approche économiquement efficace, écologiquement responsable et technologiquement adaptée à notre contexte. Cela garantit non seulement une qualité d'eau conforme aux normes, mais aussi une gestion pragmatique de nos **ressources**, conciliant efficacité opérationnelle et durabilité environnementale

V.4. Le dimensionnement d'un système UV pour la STEP de Sidi Ali Lebhar

Pour garantir une désinfection adéquate, il est crucial de dimensionner correctement le système de désinfection par UV en fonction des caractéristiques spécifiques de notre STEP de Sidi Ali Lebhar.

1. Débit d'eau usée : Supposons que le débit d'eau usée à traiter soit de 20 m³/h (ou 20 000 litres par heure).

$$Q_{\text{traitée}} = 4584.10 \text{ m}^3/\text{j} = 125 \text{ m}^3/\text{h} = 2083,3 \text{ l/min}$$

2. Évaluer la qualité de l'eau usée : Supposons que l'eau usée contienne des bactéries pathogènes qui nécessitent une dose de désinfection qu'on va la calculée :

Dose UV (en mJ/cm²) = Débit d'eau traitée (en L/min ou m³/h) x Temps d'exposition (en minutes) x 10 / Transmittance (%)

$$\text{Dose UV} = 2083,3 \text{ l/min} * 1 \text{ min} * 10 / 80\% = 260,41 \text{ mJ/cm}^2$$

3. Calculer l'intensité UV nécessaire : Pour calculer l'intensité UV nécessaire, utilisant la formule suivante :

$$\text{Intensité UV (mW/cm}^2\text{)} = \text{Dose de désinfection (mJ/cm}^2\text{)} / \text{Temps de contact (secondes)}$$

Intensité UV = $260,41 / 60 = 4,34 \text{ mW/cm}^2$

➤ **Dimensionnement de réacteur :**

Le dimensionnement du réacteur UV dépend de l'intensité UV nécessaire et de la transmission UV de l'eau usée. Supposons une transmission UV de l'eau usée de 80%.

$$\text{UV (cm}^2\text{)} = \text{Débit d'eau usée (L/h)} / (\text{Intensité UV nécessaire (mW/cm}^2\text{)} * \text{Transmission UV de l'eau usée})$$

Dimensionnement du réacteur UV = $125\,000 \text{ l/h} / (6.62\text{W/cm}^2 * 0,8) \approx \mathbf{23603\text{cm}^2}$

Dans notre calcul, le réacteur UV devrait avoir une surface d'environ **23603 cm²** pour traiter un débit d'eau usée de 125m³/h, avec une dose de désinfection de **260,41 mJ/cm²** et une transmission UV de l'eau usée de 80%.

Pour choisir la longueur du réacteur UV, vous pouvez utiliser les informations suivantes : Voici les étapes pour choisir la longueur du réacteur

1. Calculez le volume du réacteur en utilisant la formule : $\text{Volume} = \text{Surface du réacteur} \times \text{Hauteur du réacteur}$. Cependant, nous n'avons pas d'information sur la hauteur du réacteur. Par conséquent, nous devons estimer la hauteur du réacteur. Une valeur typique pour la hauteur du réacteur UV est d'environ 1.5 mètre.

Volume = $23603\text{cm}^2 \times 150 \text{ cm} = \mathbf{3540450 \text{ cm}^3}$

2. Convertissez le volume en mètres cubes en divisant par 1, 000,000 ($1 \text{ m}^3 = 1, 000,000 \text{ cm}^3$)

Volume = $3540450 \text{ cm}^3 \div 1, 000,000 = \mathbf{3,54 \text{ m}^3}$

3. Calculez le temps de rétention en utilisant le débit d'eau usée et le volume du réacteur : $\text{Temps de rétention} = \text{Volume du réacteur} \div \text{Débit d'eau usée}$

Temps de rétention = $3,54 \text{ m}^3 \div 125 \text{ m}^3/\text{h}$

Temps de rétention = 0.028 heures ou **1.69 minutes**

4. Vérifiez si le temps de rétention est suffisant pour atteindre la dose de désinfection souhaitée. Pour cela, multipliez la transmission UV de l'eau usée par la dose de désinfection :

Dose effective = Transmission UV x Dose de désinfection

$$\text{Dose effective} = 0.80 \times 260,41 \text{ mJ/cm}^2 = 208,328 \text{ mJ/cm}^2$$

5. Vérifiez si le temps de rétention est suffisant pour atteindre la dose de désinfection souhaitée. Pour cela, multipliez la dose effective par le temps de rétention :

Dose cumulée = Dose effective x Temps de rétention

$$\text{Dose cumulée} = 208,328 \text{ mJ/cm}^2 \times 1.69 \text{ minutes}$$

$$\text{Dose cumulée} = 352,14 \text{ mJ/cm}^2$$

Si la dose cumulée est supérieure ou égale à la dose de désinfection souhaitée qui est nos cas (260,41 mJ/cm² dans ce cas), alors le temps de rétention est suffisant. Sinon, nous devons augmenter la longueur du réacteur pour atteindre la dose de désinfection souhaitée avec 217 cm de longueur et 109 cm de largeur.

V.4.1. Calculez le débit d'eau traité par chaque lampe :

Pour calculer le débit d'eau traité par chaque lampe, nous devons prendre en compte la puissance des lampes UV et la dose de désinfection requise, ainsi que la transmission UV de l'eau usée.

Voici comment procéder :

1. Convertissez la puissance des lampes UV en mJ/s : La puissance est donnée en kW, donc nous devons la convertir en mJ/s. Comme 1 kW équivaut à 1, 000,000 mJ/s, la puissance des lampes UV serait de 48, 000,000 mJ/s.

2. Calculez la capacité de désinfection par lampe : Multipliez la puissance des lampes UV par la transmission UV de l'eau usée pour obtenir la capacité de désinfection par lampe.

Capacité de désinfection par lampe = Puissance des lampes UV x Transmission UV de l'eau usée

$$\text{Capacité de désinfection par lampe} = 48, 000,000 \text{ mJ/s} \times 0.80 = 38, 400,000 \text{ mJ/s}$$

3. Calculez le débit d'eau traité par chaque lampe : Divisez la capacité de désinfection par lampe par la dose de désinfection requise pour obtenir le débit d'eau traité par chaque lampe.

Débit d'eau traité par lampe = Capacité de désinfection par lampe / Dose de désinfection requise

$$\text{Débit d'eau traité par lampe} = 38,400,000 \text{ mJ/s} / 397.71 \text{ mJ/cm}^2 = \mathbf{147.46 \text{ cm}^2/\text{s}}$$

V.4.2. Calcule le nombre de lampes nécessaires :

Pour calculer le nombre de lampes nécessaires, nous devons prendre en compte le débit d'eau à traiter et le débit d'eau traité par chaque lampe. Voici comment procéder :

1. Déterminez le débit d'eau à traiter : Si vous connaissez le débit d'eau usée total, vous pouvez l'utiliser comme débit d'eau à traiter. Dans notre cas, le débit d'eau usée total est de 125 m³/h.
2. Divisez le débit d'eau à traiter par le débit d'eau traité par chaque lampe : Utilisons cette formule pour obtenir le nombre de lampes nécessaires.

Nombre de lampes = Débit d'eau à traiter / Débit d'eau traité par lampe

Dans le calcul précédent, le débit d'eau traité par lampe était de 147,46 cm²/s. Nous devons convertir cette valeur en m³/h pour être cohérent avec le débit d'eau à traiter.

$$\text{Donc, } 147,46 \text{ cm}^2/\text{s} * 0.036 = 5,3 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Maintenant, nous pouvons calculer le nombre de lampes nécessaires :

$$\text{Nombre de lampes} = 147,46 \text{ m}^3/\text{h} / 5,3 \text{ m}^3/\text{h} = 27,82 = \mathbf{28}$$

Le nombre de lampes nécessaires pour traiter un débit d'eau usée de 125 m³/h avec un débit d'eau traité par lampe de 147,46 cm²/s serait d'environ **28** lampes.

D'après ces résultats, on a doit trouver un réacteur UV disponible sur le marché qui a les mêmes caractéristiques mentionnées.

V.4.3. Estimation de la réduction en pourcentage :

Pour estimer la réduction en pourcentage avec les paramètres donnés, vous pouvez utiliser l'équation de dosage UV :

$$\text{Réduction en pourcentage} = (1 - (10^{(-\text{dose UV} / (\text{intensité} \times \text{temps d'exposition})))) \times 100$$

Dans notre cas :

$$\text{Intensité UV} = 4,34 \text{ mW/cm}^2$$

$$\text{Dose UV} = 260,41 \text{ mJ/cm}^2$$

$$\text{Débit} = 3000 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Temps d'exposition} = 1 \text{ minute}$$

Convertissons les unités pour avoir des valeurs cohérentes :

$$\text{Intensité UV} = 4,34 \text{ mW/cm}^2 = 0.434 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Dose UV} = 260,41 \text{ mJ/cm}^2 = 26,041 \text{ J/m}^2$$

$$\text{Débit} = 3000 \text{ m}^3/\text{j} = (3000 \text{ m}^3/\text{j}) / (24 \text{ h/j}) / (3600 \text{ s/h}) = 0.0347 \text{ m}^3/\text{s}$$
 Calculons

maintenant la réduction en pourcentage :

$$\text{Réduction en pourcentage} = (1 - (10^{(-26,041 / (0.434 \times 60))})) \times 100$$

$$\text{Réduction en pourcentage} \approx 99.99999998\%$$

➤ **les bactéries restantes :**

Si nous supposons que la réduction en pourcentage est de 99.99%, nous pouvons utiliser la formule suivante pour calculer le nombre de bactéries restantes :

$$\text{Bactéries restantes} = \text{Concentration initiale} \times (1 - \text{Réduction en pourcentage})$$

Dans votre cas, la concentration initiale est de 2700 cfu/100 mL.

$$\text{Réduction en pourcentage} = 99.99\% = 0.9999$$

$$\text{Bactéries restantes} = 2700 \text{ cfu/100 mL} \times (1 - 0.9999)$$

$$\text{Bactéries restantes} = 2700 \text{ cfu/100 mL} \times 0.0001$$

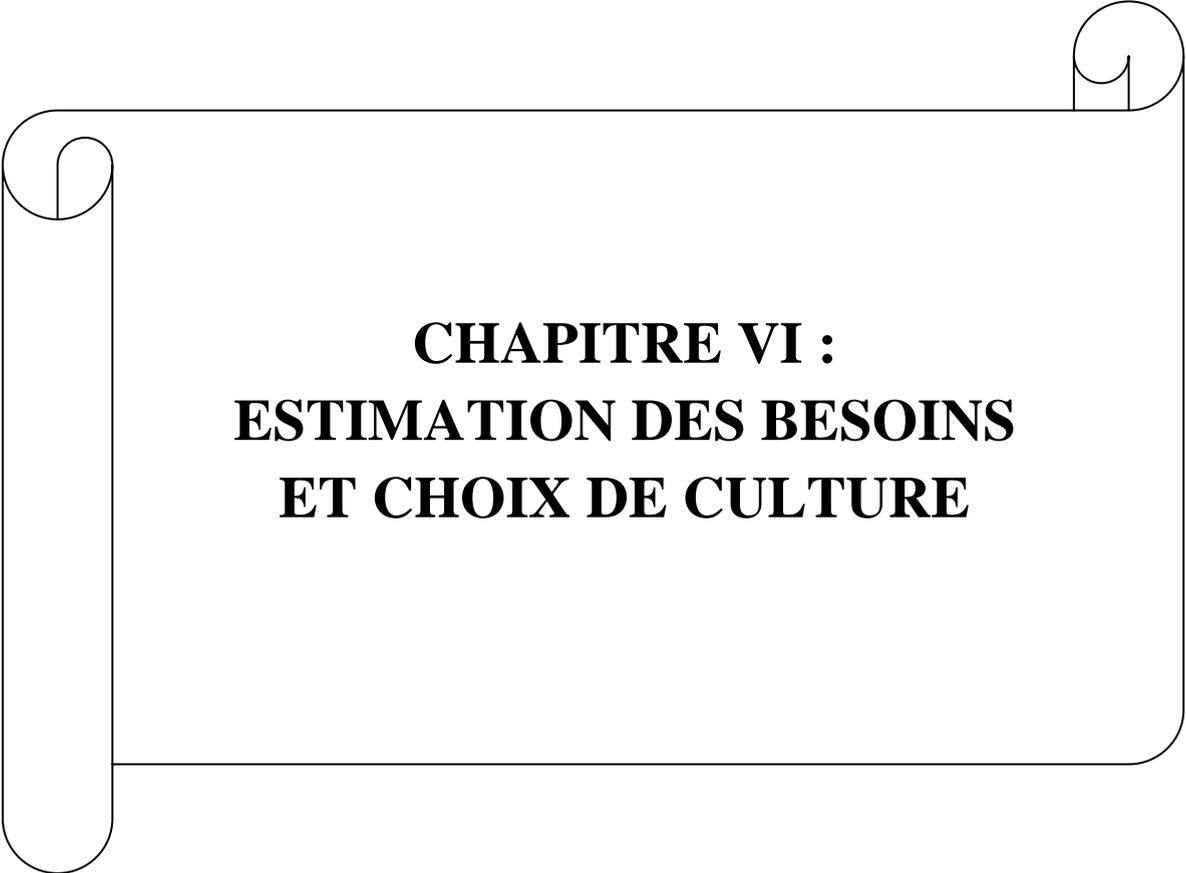
$$\text{Bactéries restantes} = 0.27 \text{ cfu/100 mL}$$

Donc, si la réduction des bactéries est de 99.99%, il resterait environ 0.27 cfu/100 mL de bactéries après le traitement par UV.

Chapitre V Réhabilitation de la station d'épuration de sidi ali lebhar

CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons évalué deux méthodes de désinfection pour améliorer la qualité de l'eau destinée à l'irrigation : les ultraviolets (UV) et l'ozone. Après une analyse approfondie, notre choix s'est finalement porté sur les ultraviolets en raison de leur efficacité accrue et de leur capacité à réduire les sous-produits indésirables. Nous avons ensuite entrepris le dimensionnement du bassin d'irradiation UV en prenant en compte divers paramètres afin d'assurer une désinfection optimale. Cette décision illustre notre engagement envers la fourniture d'eau de haute qualité, respectant les normes microbiologiques, tout en minimisant notre impact environnemental. Grâce à cette méthode de désinfection par UV, nous pouvons garantir une eau épurée adaptée à l'irrigation du périmètre de Sidi Ali Lehar.



CHAPITRE VI :
ESTIMATION DES BESOINS
ET CHOIX DE CULTURE

VI.1. Calcule hydraulique :

L'estimation des besoins en eau pour l'irrigation des cultures repose sur un bilan hydrique qui évalue l'équilibre entre les apports d'eau et les besoins des cultures. Avant cela, une analyse approfondie de la pluviométrie sur une période significative est essentielle pour comprendre la variabilité des précipitations dans la région. À partir de données pluviométriques collectées sur au moins 20 ans et après avoir vérifié leur homogénéité, il devient possible de calculer les besoins nets et bruts en eau des cultures, en prenant en compte les pertes par évaporation et ruissellement. Ces informations servent ensuite à dimensionner adéquatement les infrastructures d'irrigation, assurant ainsi une gestion efficace de l'eau pour l'agriculture.

VI.1.1. La pluviométrie :

La série des précipitations de la station de « Béjaia aéroport » est représenté sur (annexes).

VI.1.1.1 Vérification l'homogénéité de la série pluviométrique

Toute étude hydrologique requiert une vérification minutieuse des données utilisées. La fiabilité des informations de base revêt une importance cruciale, car des résultats concluants ne peuvent être obtenus que si ces données sont fiables. Par conséquent, l'analyse hydrologique repose sur l'exploitation de données, fréquemment présentées sous forme de séries statistiques, mais susceptibles d'être affectées par des erreurs systématiques. La détection et la correction de ces erreurs sont donc essentielles pour garantir la qualité et la validité des résultats de l'étude hydrologique (32).

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2 Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 < N_2$
- On constitue par la suite, la série x union y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. a ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle. Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% , si la relation ci-dessous est vérifiée .

Avec :

$$W_{\min} < W_x < W_{\max} \dots \dots \dots 2.1$$

$$W_x = \left| \sum R_{an} \right|$$

W_x : Somme des rangs de sous séries

$$W_{min} = \left[\frac{(N1 + N2 + 1) * N1 - 1}{2} - 1,96 * \frac{(N1 * N2 (N1 + N2 + 1))^{0,5}}{2} \right] \dots \dots \dots 2.2$$

$$W_{max} = \left[\frac{(N + N_1 + 1) * N}{2} - W \right] \dots \dots \dots 2.3$$

Tableau VI. 1 : détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station aéroport Bejaia

Rang	Série d'origine P(mm)	Série x (mm)	Série y (mm)	TRI (mm)	x union y
1	792.40	792.40	752.40	1118.9	X
2	908.50	908.50	772.60	1108.2	Y
3	565.80	565.80	690.60	1100.1	X
4	737.50	737.50	596.20	916.90	X
5	680.00	680.00	561.90	908.50	X
6	916.90	916.90	583.00	856.00	Y
7	560.70	560.70	718.00	809.10	X
8	1118.9	1118.9	514.00	807.90	Y
9	454.80	454.80	731.00	792.40	X
10	1100.1	1100.1	807.9	772.60	Y
11	643.10	643.10	382.7	767.30	X
12	809.10	809.10	631.5	752.40	Y
13	710.30	710.30	673.9	737.50	X
14	767.30	767.30	1108.2	731.00	Y
15	493.90	493.90	856	718.00	Y
16	752.40		711.7	711.70	Y
17	772.60		546.8	710.30	X
18	690.60		367	690.60	Y
19	596.20		672.4	680.00	X
20	561.90			673.90	Y
21	583.00			672.40	Y
22	718.00			643.10	X
23	514.00			631.50	Y
24	731.00			596.20	Y
25	807.9			583.00	Y
26	382.7			565.80	X
27	631.5			561.90	Y
28	673.9			560.70	X
29	1108.2			546.80	Y
30	856			514.00	Y
31	711.7			493.90	X
32	546.8			454.80	X
33	367			382.70	Y
34	672.4			367.00	Y

D'après la répartition du tableau ci-dessus on aura les résultats suivants :

Tableau VI. 2: Résultats du test d'homogénéité de Wilcoxon

N1	N2	Wmin	Wx	Wmax
16	18	222.42	228	337.58

$$222.42 < W_x = 228 < 337.58$$

La condition de **M^r Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station **Béjaia aéroport** est homogène.

VI.1.1.2 Étude statistique des précipitations

La pluviométrie peut souvent être analysée en utilisant diverses lois statistiques, et dans notre projet, nous choisissons celles qui offrent la meilleure adéquation aux données. Les lois couramment utilisées à cet effet comprennent la loi Gauss ou loi Normale, la loi de Gibrat-Galton ou loi log-Normale, et la loi de Gumbel.

Le choix de ces lois est basé sur une évaluation graphique initiale, suivie d'un test d'adéquation. L'aspect des points sur un graphique de probabilité permet d'accepter ou de rejeter la loi (tout écart significatif, courbe incorrecte ou rupture de tendance est considéré comme un mauvais ajustement).

Nous cherchons toujours à ajuster les données à une loi normale ou à les transformer pour qu'elles se rapprochent de cette distribution. En général, une distribution de probabilité est d'autant plus proche de la normalité lorsque la variable étudiée s'étend sur une longue période de temps et que le coefficient de variation est inférieur à 0,5. (32).

Avant faire l'ajustement par les lois que nous avons cité précédemment, nous donnons

Le tableau et la figure suivantes sur note série pluviométrique .à l'aide de logiciel HYFRAN

on a :

Formule de probabilité empirique $F[X(k)] = (k-0,05)/(n+0,90)$.

Tableau VI. 3:Données de l'échantillon d'étude

Etude de l'échantillon					
Année	Observation (mm)	probabilité	Année	Observation (mm)	probabilité
1980	792	0.7500	1997	691	0.4853
1981	909	0.8676	1998	596	0.3088
1982	566	0.2500	1999	562	0.2206
1983	738	0.6324	2000	583	0.2794
1984	680	0.4559	2001	718	0.5735
1985	917	0.8971	2002	514	0.1324
1986	561	0.1912	2003	731	0.6029
1987	1120	0.9853	2004	808	0.7794
1988	455	0.0735	2005	383	0.0441
1989	1100	0.9265	2006	632	0.3382
1990	643	0.3676	2007	674	0.4265
1991	809	0.8088	2008	1110	0.9559
1992	710	0.5147	2009	856	0.8382
1993	767	0.6912	2010	712	0.5441
1994	494	0.1029	2011	547	0.1618
1995	752	0.6618	2012	367	0.0147
1996	773	0.7206	2013	672	0.3971

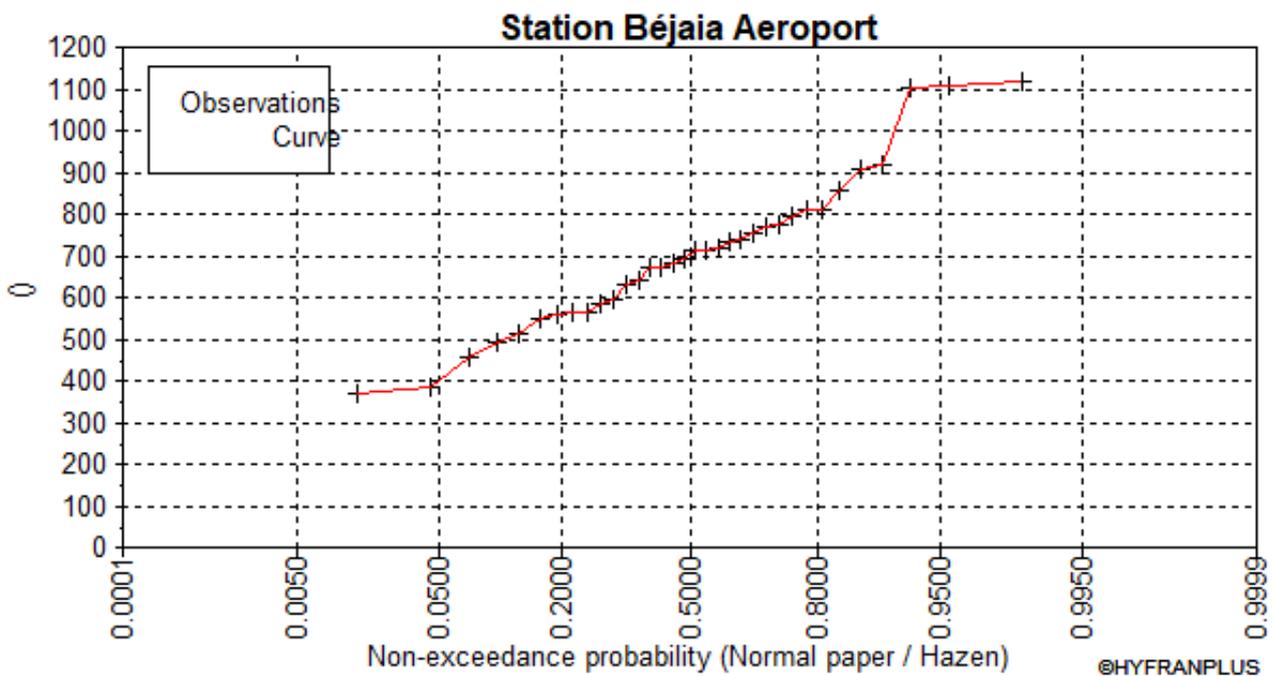


Figure VI. 1 : L'allure des points sur du papier à probabilité.

A. Ajustement de la série pluviométrique

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi Normale, la loi log –normale.

➤ Ajustement a la loi normale (gauss)

L'ajustement des séries de données à la loi normale, souvent appelée loi de Gauss, est particulièrement adapté aux pluies moyennes annuelles. Cette loi présente une fonction de répartition sous la forme suivante :

$$F(x) = \frac{1}{2} [1 + \operatorname{erf}(\frac{x - \mu}{\sigma})]$$

(Fréquence de non-dépassement)

U est une variable réduite gaussienne définie par l'équation :

$$U = (X - \bar{X}) / \delta$$

Où :

- U est la variable réduite gaussienne.
- X est la valeur de la variable que l'on souhaite ajuster.
- \bar{X} représente la moyenne des valeurs de la variable.
- δ est l'écart type de la variable.

La transformation $X = \bar{X} + \delta U$ correspond à l'équation de la droite de Henry sur un graphique de probabilité gaussienne.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN .Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station Béjaia Aéroport sont regroupées dans le **Tableau VI. 4** dressé à la page suivante.

Tableau VI. 4 : Les résultats d'ajustement à la loi normale (Gauss).

Ajustement normal					
Station Béjaia Aéroport :					
Résultats de l'ajustement Normale (Maximum de vraisemblance)					
Nombre d'observations: 34					
T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)	
10000.0	0.9999	1390	90.3	1210	1570
2000.0	0.9995	1310	81.3	1150	1470
1000.0	0.9990	1280	77.1	1120	1430
200.0	0.9950	1180	66.6	1050	1310
100.0	0.9900	1130	61.7	1010	1250
50.0	0.9800	1080	56.5	973	1190
20.0	0.9500	1010	49.0	912	1100
10.0	0.9000	941	43.1	856	1030
5.0	0.8000	860	37.0	787	932
3.0	0.6667	784	33.2	719	849
2.0	0.5000	704	31.7	642	766
1.4286	0.3000	607	33.9	541	674
1.2500	0.2000	549	37.0	476	621
1.1111	0.1000	467	43.1	383	552
1.0526	0.0500	400	49.0	304	496
1.0204	0.0200	324	56.5	214	435
1.0101	0.0100	274	61.7	153	395
1.0050	0.0050	228	66.6	97.3	359
1.0010	0.0010	133	77.1	-18.3	284
1.0005	0.0005	95.9	81.3	-63.5	255
1.0001	0.0001	16.7	90.3	-160	194

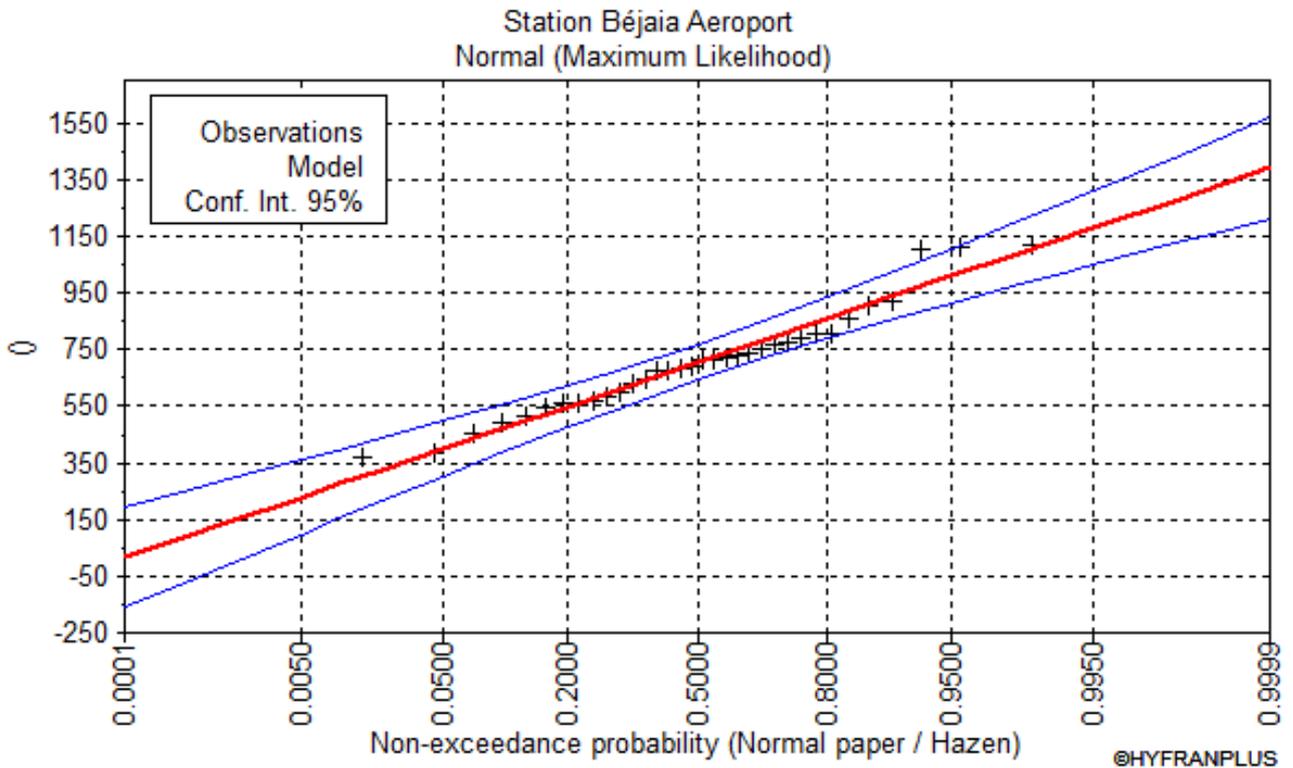


Figure VI. 2: allure des points sur le papier à probabilité d’ajustement à la loi normal (gauss)

➤ Ajustement à la loi log-normale (Galton)

La loi log-normale est une distribution de probabilité continue qui s'applique aux variables aléatoires positives, adoptant une forme normale après une transformation logarithmique. Elle trouve des applications dans divers domaines, tels que la finance et la biologie, pour modéliser des phénomènes de croissance exponentielle.

Les résultats de l’ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station Béjaia Aéroport sont regroupés dans le tableau et la figure suivants :

Tableau VI. 5 : Résultats de l'ajustement à la loi log- normale(Galton).

Ajustement normal					
Station Béjaia Aéroport :					
Résultats de l'ajustement log- Normale (Maximum de vraisemblance) Nombre d'observations: 34					
T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)	
10000.0	0.9999	1830	239	1370	2300
2000.0	0.9995	1640	192	1260	2010
1000.0	0.9990	1550	173	1210	1890
200.0	0.9950	1350	130	1100	1610
100.0	0.9900	1270	113	1040	1490
50.0	0.9800	1180	95.9	989	1360
20.0	0.9500	1060	74.7	909	1200
10.0	0.9000	958	59.5	841	1070
5.0	0.8000	852	45.5	763	941
3.0	0.6667	763	36.5	692	835
2.0	0.5000	681	31.1	620	742
1.4286	0.3000	592	28.9	535	649
1.2500	0.2000	544	29.1	487	601
1.1111	0.1000	484	30.0	425	543
1.0526	0.0500	439	31.1	378	500
1.0204	0.0200	394	32.1	331	456
1.0101	0.0100	366	32.6	302	430
1.0050	0.0050	342	32.9	278	407
1.0010	0.0010	299	33.2	233	364
1.0005	0.0005	283	33.2	218	348
1.0001	0.0001	253	32.9	188	317

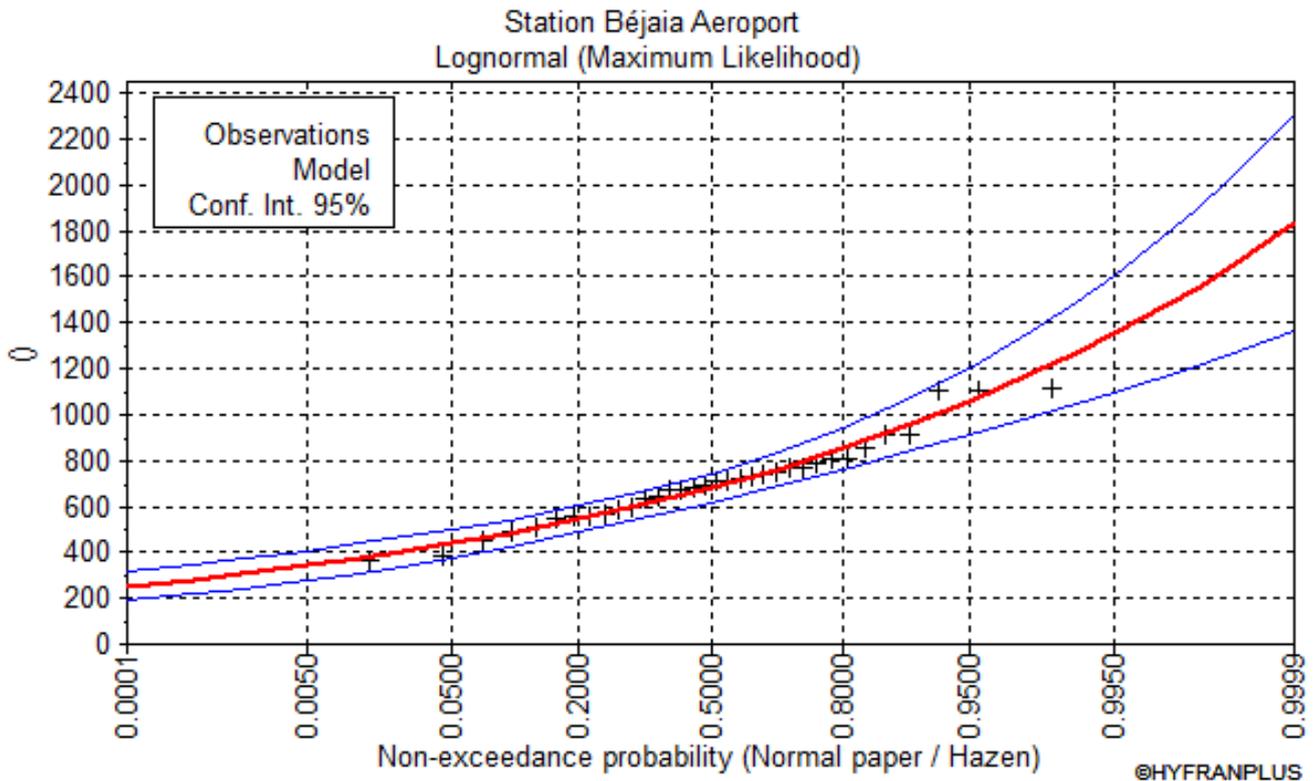


Figure VI. 3: L'allure des points sur le papier à probabilité d'ajustement à la loi log normale

B. Test de validité d'un ajustement :

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests les plus employés, est le test du Khi carré ' χ^2 '

- **Test de validité de l'ajustement à la loi Normale**

Le test de validité de *Khi carrée* pour l'ajustement à la loi Normale est fait à l'aide du logiciel HYFRAN.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Khi carré = 3,18= χ^2 calculée
- Probabilité p (χ^2 calculée) = 0,6128
- Degrés de liberté : $\gamma=5$
- Nombre des classes k= 8

- **Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale**

De la même manière pour la loi normale on a obtenu suivant

- Khi carré = 3,6013= χ^2 calculée

- Probabilité $p (\chi^2_{calculée}) = 0,0563$
- Degrés de liberté : $\gamma=5$
- Nombre des classes $k= 8$

Le test de **Khi** carré montre que les deux lois présentent une même adéquation Sur la table de **Pearson** $\chi^2_{théorique} = 5,348$; pour : $\alpha = 5 \%$ et $\gamma=4$

Donc : $\chi^2_{calculée} < \chi^2_{théorique}$ (pour les deux lois).

L'adéquation de la loi est bonne autrement dit l'ajustement est bon pour une probabilité $1-\alpha$ soit 95%.

Graphiquement il est nettement remarquable que la loi log normale est la plus adéquate. Donc l'ajustement à la loi **Galton** (log normal) aux précipitations annuelles est à considérer

C. Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi de Galton est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région. la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%. La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 %. L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_i. 80\% = P_i. moy * \frac{P_{20\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)}$$

Donc on a : $\frac{P_{20\%}}{P_{50\%}} = 0,799 = 0,8$

D'où l'année de précipitations de probabilité 80% sera comme suit

Tableau VI. 6: Reconstitution de l'année de probabilité 80%

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Σ
P_{moy}	113.4	79.3	61.0	70.7	44.1	14.1	4.2	11.2	37.1	63.1	92.2	113.4	704
P_{i,sec}	90,72	63,44	48,8	56,56	35,28	11,28	3,36	8,96	29,68	50,48	73,76	90,72	563,2

Conclusion partielle :

Dans cette partie du chapitre, nous avons accompli la reconstitution de l'année hydraulique avec une probabilité de 80%, une étape cruciale pour le calcul ultérieur de l'évapotranspiration et des besoins en eau des cultures. Cette reconstitution a suivi un processus en trois étapes : tout d'abord, nous avons vérifié l'homogénéité de la série pluviométrique. Ensuite, nous avons ajusté la série aux lois de probabilité, en commençant par la loi normale (Gauss) et en utilisant également la loi log-normale (Galton). Enfin, nous avons évalué la validité de ces deux lois en utilisant le test du Khi carré. Il est à noter que ce test de validité a confirmé que les deux lois étaient appropriées pour l'ajustement de notre série pluviométrique, et notre choix s'est porté graphiquement sur la loi log-normale (Galton).

VI.2. Calcule des besoins des cultures

Chaque plante présente des exigences spécifiques en ce qui concerne le climat dans lequel elle se développe. Ces exigences se manifestent à travers divers besoins climatiques tels que la quantité de rayonnement solaire absorbée par son feuillage, les conditions thermiques nécessaires à son développement, ainsi que les besoins en eau qui sont essentiels à sa croissance.

VI.2.1. Le choix des cultures à irriguées

Lorsqu'il s'agit de choisir les cultures pour une réutilisation des eaux, une série de conditions essentielles doit être prise en compte. Ces conditions visent à garantir la réussite des cultures tout en préservant la qualité de l'eau. Cette démarche complexe nécessite une évaluation approfondie de la qualité de l'eau recyclée, des propriétés du sol et des besoins spécifiques de chaque culture envisagée. L'objectif ultime est d'optimiser l'utilisation de l'eau tout en minimisant les risques potentiels pour les plantes, les sols et l'environnement. Dans ce contexte, voici les conditions essentielles à considérer :

- Compréhension des besoins en eau des cultures : Il est primordial de comprendre les besoins en eau spécifiques de chaque culture pour une utilisation efficace de la ressource hydrique disponible.
- Sélection de cultures résistantes à la salinité : En cas de présence élevée de sels dans l'eau recyclée, il est crucial de choisir des cultures résistantes à la salinité.
- Synchronisation du cycle de croissance : L'harmonisation du cycle de croissance des cultures avec la disponibilité saisonnière de l'eau recyclée est essentielle.
- Optimisation de la gestion de l'irrigation : L'utilisation de techniques d'irrigation efficaces, telles que l'irrigation goutte-à-goutte, permet de minimiser les pertes d'eau.
- Mise en place d'une rotation des cultures : La rotation des cultures aide à prévenir l'épuisement des nutriments du sol et à réduire les risques de maladies.
- Surveillance régulière du bilan hydrique : Une surveillance continue du bilan hydrique est nécessaire pour ajuster l'irrigation en fonction des besoins des cultures et des conditions météorologiques.
- Entretien de la santé du sol : La préservation de la santé du sol passe par l'amélioration de sa structure et la prévention de la contamination par des éléments indésirables présents dans l'eau recyclée.
- Conformité aux réglementations locales : Il est impératif de respecter les réglementations locales en matière de qualité de l'eau et de pratiques agricoles durables.

Ces conditions sont essentielles pour assurer une réutilisation efficace de l'eau tout en préservant la santé des cultures et de l'environnement.

Le choix des cultures dépend principalement de deux facteurs cruciaux : la qualité de l'eau disponible et les caractéristiques des sols locaux :

➤ **La qualité d'eau :**

Parmi les nombreux paramètres physico-chimiques à considérer lors de l'évaluation de la qualité de l'eau destinée à l'irrigation, la salinité représente un aspect critique. L'irrigation avec de l'eau à forte teneur en sels peut provoquer l'accumulation de ces sels dans le sol, ce qui peut compromettre la croissance des cultures et entraîner des baisses de rendement, voire la détérioration des plantes. En parallèle, l'excès de sodium peut entraîner l'alcalinisation du sol et altérer sa structure. La connaissance de la qualité de l'eau est ainsi fondamentale pour déterminer la pertinence des sols pour l'irrigation et sélectionner les cultures adaptées. Cette évaluation repose sur deux critères majeurs :

➤ **Conductivité électrique de l'eau (CE) :** La CE, mesurée à 25 degrés Celsius et exprimée en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$), offre un aperçu de la salinité globale de l'eau. Les eaux sont catégorisées en fonction de leur CE, ce qui permet de déterminer leur adéquation à l'irrigation.). Le SAR est déterminé par l'équation suivante :

- **Classe C1 :** $CE < 250 \mu\text{S}/\text{cm}$ - Eaux non salines
- **Classe C2 :** $250 < CE < 750 \mu\text{S}/\text{cm}$ - Eaux à salinité moyenne
- **Classe C3 :** $750 < CE < 2250 \mu\text{S}/\text{cm}$ - Eaux à forte salinité
- **Classe C4 :** $2250 < CE < 5000 \mu\text{S}/\text{cm}$ - Eaux à très forte salinité
- **Classe C5 :** $5000 < CE < 20000 \mu\text{S}/\text{cm}$ - Eaux à salinité excessive

➤ **Coefficient d'absorption du sodium par le sol (SAR) :** Le SAR est un indicateur clé pour évaluer le risque d'alcalinisation du sol induit par l'eau d'irrigation. Il est calculé en se basant sur les concentrations en ions sodium, calcium et magnésium dans la solution du sol, et permet de classer les eaux selon leur potentiel d'alcalinisation.

$$\text{SAR} = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

- **Classe S1** : Risque faible ($SAR < 10$)
- **Classe S2** : Risque moyen ($10 < SAR < 18$)
- **Classe S3** : Risque élevé ($18 < SAR < 26$)
- **Classe S4** : Risque très élevé ($SAR > 26$)

Ces critères de classification sont essentiels pour orienter les décisions en matière d'irrigation agricole, en garantissant le succès des cultures tout en préservant la santé et la fertilité des sols.

Les résultats

Dans le cas de la STEP de Sidi Ali Labhar on a obtenue les résultats suivant :

Tableau VI. 7 : le bilan ionique de la step de sidi ali lebhar

Conductivité électrique (microhms/cm)		2,25
Bilan ionique (mg/l)	Ca ⁺⁺	9,8
	Mg ⁺⁺	3,5
	Na ⁺	16,3
	Cl ⁻	6,6
	SO ₄ ⁻	7,9
	CO ₃ H	3
SAR		6,32

D'après les résultats figurant dans le **Tableau VI. 7**, il semble que l'eau épurée de Sidi Ali Lebher corresponde à la classe S1 en ce qui concerne le risque d'alcalinisation (SAR) et à la classe C3 en ce qui concerne la salinité (conductivité électrique).

La qualité d'eau est classée comme C3 - S1, ce qui indique une qualité moyenne à médiocre. Dans ce contexte, il est essentiel d'adopter une approche prudente dans son utilisation. Il est recommandé de mettre en place un drainage approprié, d'envisager des doses de lessivage et, éventuellement.

➤ **Le type de sol :**

Selon l'étude faite dans le chapitre II, le sol est de type limoneux-sableux-argileux plus limoneux argileux avec les caractéristiques suivantes :

- PH est élevé entre 8,2 et 8,3.
 - Sols à caractère alcalin. . d'envisager des apports de gypse pour optimiser son utilisation.
 - La salinité faible valeur de conductivité
- . d'envisager des apports de gypse pour optimiser son utilisation

En tenant compte des caractéristiques spécifiques de notre eau épurée ainsi que des conditions de notre périmètre d'irrigation, nous avons opté pour la culture de le plantes : les agrumes car le périmètre a irriguer est cultivé des agrumes.

Remarque :

Notre périmètre est planté d'agrume le long de 46 ha

VI.2.2. Le calcul des besoins

VI.2.2.1. Détermination de l'évapotranspiration (ETP) :

Les besoins en eau, parfois appelés déficit hydrique, correspondent à la disparité entre l'évapotranspiration réelle (ETR) d'une culture donnée et les précipitations efficaces (Peff). Pour évaluer les besoins en eau du périmètre, nous nous appuyons sur le calcul des besoins spécifiques de chaque culture inscrite dans le calendrier agronomique. Cette approche nous permet de quantifier de manière précise les besoins hydriques de chaque culture en fonction des conditions climatiques et des précipitations.

• **L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo) :**

Il s'agit de la quantité d'eau évapotranspirée au maximum par un gazon bien nourri en eau, en pleine phase de croissance active, et qui recouvre intégralement le sol dans une parcelle de taille suffisante.

• **L'évapotranspiration maximale(ETM)**

S'obtient en multipliant l'évapotranspiration standard par le coefficient cultural.

$$ETM = ETo * Kc$$

- **ETo** : représente l'évapotranspiration standard (de référence)
- **Kc** : le coefficient cultural.

L'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de sorte que le taux d'évapotranspiration (mm /j) représente les conditions climatique locales.

Pour anticiper l'évapotranspiration de référence, différentes méthodes reposant sur des paramètres climatiques sont fréquemment employées, parmi lesquelles :

1. Méthodes basées sur des dispositifs de mesure directe, comme les lisimètres.
2. Méthodes s'appuyant sur des données recueillies dans des stations expérimentales.
3. Méthodes qui mesurent directement l'évaporation.
4. Méthodes empiriques.

Parmi ces dernières, on trouve des formules de calcul, les plus notables étant :

- Méthode de Penman.
- Méthode de Turc.
- Méthode de Blaney – Cridle.
- Méthode de Thornthwaite.
- Méthode de Penman-Monteith modifiée.

À la suite d'analyses et de consultations d'experts menées par la FAO sur les méthodes d'évaluation des besoins en eau des cultures, la méthode de Penman-Monteith modifiée a été préconisée comme étant la méthode privilégiée pour estimer l'évapotranspiration de référence (ET_o) (Bulletin F.A.O, N° 30).

La formule de Penman est considérée comme la meilleure méthode d'estimation de l'évapotranspiration potentielle, quelle que soit la région. Toutefois, elle requiert un ensemble complet de données climatiques, ce qui n'est pas toujours disponible sur une seule station météorologique.

La formule de Penman-Monteith modifiée s'exprime comme suit :

$$ET_o = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F (u) \times (e_a - e_d)]$$

Où :

- ET_o : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.
- w : facteur de pondération reflétant l'impact du rayonnement à différentes températures et altitudes.
- R_n : rayonnement net d'évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

- $F(u)$: fonction liée à la vitesse du vent.
- e_a : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.
- e_d : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.
- $(e_a - e_d)$: représente le facteur de correction, destiné à ajuster les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.
- C : facteur de correction pour compenser les variations diurnes et nocturnes des conditions météorologiques.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence a été exécuté au moyen du logiciel CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Penman et Monteith. Pour utiliser ce logiciel, il est nécessaire de fournir des données climatiques mensuelles telles que les températures moyennes en degrés Celsius, l'humidité relative de l'air en pourcentage, l'insolation journalière en heures, et la vitesse du vent en mètres par seconde.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence E_{To} , calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VI. 8 : évapotranspiration potentielle journalière calculée par le logiciel CROPWAT

Pays : Algérie					Station : Béjaia Aéroport	
Altitude : 02m		Latitude : 36°72' N			Longitude : 05°07'E	
Month	Avg Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun Hours	Rad MJ/m ² /day	E _{To} mm/month
January	13	75	3	5	8,9	49,32
February	13	76	2,9	6,3	12,3	52,89
March	14,3	75	2,6	7	16	76,6
April	16,2	76	2,8	8,1	20,1	95,57
May	19,2	78	2,4	8,4	22	115,81
June	22,7	70	2,5	10	24,8	146,64
July	25,9	68	2,6	10,6	25,4	172,45
August	25,8	67	2,7	9,7	22,8	162,17
September	24,2	69	2,7	7,7	17,7	124,44
October	20,5	68	3	6,7	13,5	99,34
November	16,2	67	3,3	5,3	9,6	72,08
December	12,9	68	3,5	4,8	8,1	59,14
Average	18,7	71	2,8	7,5	16,8	1226,44

VI.2.2.2. Calcule des pluies efficaces

Pour prendre en considération les pertes, le logiciel CROPWAT nous permet de calculer la précipitation efficace, qui est définie comme la fraction des précipitations qui contribue réellement à satisfaire les besoins en évapotranspiration de la culture, après avoir soustrait les pertes dues au ruissellement en surface, à la percolation en profondeur, etc.

L'évaluation des précipitations efficaces est souvent complexe, car elle nécessite des mesures effectuées sur de longues périodes et en différents endroits (ce qui peut être réalisé en utilisant la méthode du pluviomètre).

En l'absence de données de ce type, il est courant d'utiliser des méthodes empiriques, telles que la méthode des pourcentages fixes, pour estimer les précipitations efficaces. Cette approche simplifiée permet d'obtenir une estimation approximative de la quantité de précipitations qui est effectivement utilisable par la culture pour répondre à ses besoins en eau, en prenant en compte les pertes éventuelles.

Avec :

$$Pe_{eff} = A * p_{moy} \quad \text{avec : } 0,7 < A < 0,9$$

Pe_{eff} : Pluie annuelle efficace en (mm/mois),

Tableau VI. 9: Les précipitations efficaces

Pays : ALGERIE		Station climatique : Bejaia aeroport	
Month	Rain Mm	Eff Rain (mm)	
January	90,7	72,6	
February	63,4	50,7	
March	48,8	39	
April	56,5	45,2	
May	35,2	28,2	
June	11,2	9	
July	3,3	2,6	
August	8,9	7,1	
September	29,4	23,5	
October	50,7	40,6	
November	73,7	59	
December	90,7	72,6	

Total	562,5	450

VI.2.2.3. Le coefficient culturaux Kc

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) pour chaque culture ont été déterminées en prenant en compte plusieurs facteurs, notamment le stade de développement de la plante, l'intensité du vent, ainsi que l'humidité minimale moyenne de l'air observée dans notre zone d'étude.

VI.2.2.4. Calcule des besoins en eaux en irrigation

En termes simples, le bilan hydrique d'une culture donnée représente la différence entre, d'une part, les besoins en eau de cette culture, tels qu'ils sont influencés par le climat et les caractéristiques des plantes (ETM), et d'autre part, la somme des apports réels d'eau provenant des précipitations.

Pour calculer les quantités d'eau à apporter par irrigation, le bilan est établi période par période selon la formule suivante : $B_i = ETM - (P_{eff} + K * RFU_{i-1})$

Dans cette équation :

- ETM représente l'évapotranspiration potentielle de référence en millimètres par mois (mm/mois).
- P_{eff} correspond aux précipitations efficaces en millimètres (mm).
- K est un coefficient de correction.
- RFU_{i-1} est la réserve d'eau disponible à la période précédente.

Ce calcul nous permet de déterminer les besoins en eau réels de la culture et d'évaluer la quantité d'eau d'irrigation nécessaire pour satisfaire ces besoins tout en prenant en compte les conditions climatiques et les précipitations.

- **Le calcul de la RFU se fait comme suit :**

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z$$

Avec :

Y : degré de tarissement

D_a : densité apparente (1.45)

Z : profondeur d'enracinement mm

Hcc : humidité à la capacité au champ, dans notre cas.

Hpf : humidité au point de flétrissement, dans notre cas.

Voici les valeurs de densité apparente en fonction de la texture du sol :

- Sable : 1.65

- Limon-Sableux : 1.50

- Limon : 1.40

- Limon-Argileux : 1.35

- Argile-Limoneuse : 1.30

- Argile : 1.25

Dans notre cas on a un sol argilo-limoneux-sableux (Hcc=22% et Hpf=10) .

Et un Z =1200mm pour les agrumes.

- **Le calcul des besoins nets**

Les résultats de calculs des besoins en eaux sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI. 10: Besoins nets partiels et brutes de la culture choisie.

Mois	Kc	RFU(mm)	ETo	ETM (mm)	Peff	Besoins net (mm)	Besoins bruts (mm)
	Agrume	Agrume	mm/month	Agrume	(mm)	Agrume	Agrume
Jan	0,66	33	49,32	32,5512	72,6	0	0
Fév	0,64	33	52,89	33,8496	50,7	0	0
Mar	0,68	33	76,6	52,088	39	0	0
Avr	0,7	33	95,57	66,899	45,2	0	0
Mai	0,71	0	115,81	82,2251	28,2	0	0
Jui	0,72	0	146,64	105,5808	9	108,312	144,416
Juil	0,72	0	172,45	124,164	2,6	135,36	180,48
Aout	0,72	0	162,17	116,7624	7,1	114,5275	152,70333
Sep	0,75	33	124,44	93,33	23,5	57,386	76,514667
Oct	0,75	33	99,34	74,505	40,6	0	0
Nov	0,75	33	72,08	54,06	59	0	0
Déc	0,6	33	59,14	35,484	72,6	0	0
					somme	415,5855	

VI.2.2.5. Le calcul de débit d'irrigation

La dose d'irrigation fait référence à la quantité d'eau nécessaire pour répondre aux besoins en eau des plantes, une quantité qui peut varier en fonction du système d'irrigation utilisé dans la zone cultivée. Cette dose peut être exprimée en millimètres d'eau, en mètres cubes par hectare ou même en litres par arbre. Voici les équivalences de conversion couramment utilisées : 1 millimètre (mm) équivaut à 10 mètres cubes par hectare (m³/ha) ou à 1 litre par mètre carré (L/m²).

Pour calculer la dose d'irrigation en mètres cubes par hectare (m³/ha), vous pouvez utiliser la formule suivante :

$$Q = \frac{Bm * 10 * 1000}{K * T * t * 3600}$$

En utilisant les valeurs données suivantes :

- Bm : Besoin mensuel maximum net en mm/mois, égal à 135,36 mm.
- T : Durée d'irrigation quotidienne fixée à 22 heures par jour.
- t : Nombre de jours d'irrigation dans le mois, exprimé en jours, égal à 30 jours.
- K : Coefficient d'efficience global du système d'irrigation, approximativement égal à 0,75

Cette formule permet de calculer la dose d'irrigation nécessaire pour le mois de pointe, correspondant au besoin en eau le plus élevé pendant le mois. Le résultat sera exprimé en mètres cubes par hectare (m³/ha) pour satisfaire les besoins en eau des plantes dans ces conditions spécifiques.

Le mois de pointe dans notre cas est les mois de juillet pour les deux culture choisis et la culture la plus exigeante c'est bien la culture planté c'est les agrumes, évaluée à **135,36 mm**.

AN:

Q = 0,75959596 (l/s/ha)

Q= 3018,938182 (m3/j/46hec)

Le débit d'irrigation requis pour le périmètre de l'aéroport de Béjaïa est de 3018,938182 mètres cubes par jour pour une surface de 46 hectares (ha). Ce débit est utilisée pour irriguer la parcelle pour quatre mois seulement (juin, juillet, aout, septembre).

➤ **Comparaison de Débits d'Irrigation et Solutions Correspondantes**

Lorsque l'on compare le débit requis pour l'irrigation du périmètre de l'aéroport de Béjaïa, qui est de 3018,938182 mètres cubes par jour pour une surface de 46 hectares, avec le débit moyen de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de 1700 mètres cubes par jour, on constate que le débit disponible de la STEP est inférieur aux besoins en eau pour l'irrigation. En conséquence, il est nécessaire de rechercher des solutions pour combler ce déficit en eau afin de répondre adéquatement aux besoins en irrigation de la zone.

Deux solutions potentielles sont envisageables pour résoudre le problème de l'insuffisance de débit d'eau pour l'irrigation du périmètre de l'aéroport de Béjaïa :

1. Mise en place d'un bassin de stockage des eaux usées provenant de la STEP pendant les 8 mois où l'irrigation n'a pas lieu :

- Pour pallier le déficit de débit pendant la période d'irrigation, une solution consiste à construire un bassin de stockage des eaux usées traitées issues de la STEP. Ces eaux usées pourraient être stockées pendant les mois où l'irrigation n'est pas nécessaire, puis utilisées lorsque les besoins en eau pour l'irrigation sont élevés. Cela permettrait d'optimiser l'utilisation des ressources en eau existantes.

2. Installation de réservoirs de stockage pour les eaux de pluie, suivie d'un traitement primaire approprié pour les utiliser comme source d'irrigation :

- Une autre option serait de mettre en place des réservoirs de stockage pour collecter les eaux de pluie. Étant donné que les eaux usées sont évacuées par un réseau séparatif, les eaux de pluie peuvent être collectées et stockées. Ensuite, ces eaux de pluie peuvent être soumises à un traitement primaire approprié pour les rendre utilisables comme source d'irrigation. Cette solution peut contribuer à augmenter la disponibilité d'eau pour l'irrigation sans augmenter la pression sur la STEP existante.

Ces solutions visent à résoudre le problème d'approvisionnement en eau pour l'irrigation de manière durable et efficace, en utilisant des ressources d'eau disponibles et en les stockant ou en les traitant au besoin pour répondre aux besoins du périmètre de l'aéroport de Béjaïa.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons effectué un calcul hydrologique détaillé pour déterminer les caractéristiques hydrologiques de notre zone d'étude, en ajustant nos données pour déterminer l'année de calcul. Ensuite, nous avons calculé les besoins en eau pour notre projet, en prenant en compte la superficie à irriguer et les besoins spécifiques de la culture. Cependant, nous avons identifié un défi majeur : le débit actuel provenant de la station d'épuration de Sidi Ali Lebher ne satisfait pas adéquatement les besoins en eau pour l'irrigation. Pour résoudre ce problème, nous avons envisagé deux solutions : la création de bassins de stockage des eaux usées de la STEP pendant les mois sans irrigation et l'installation de réservoirs de stockage pour les eaux de pluie, suivie d'un traitement primaire pour les utiliser comme source d'irrigation. Ces mesures visent à garantir un approvisionnement en eau suffisant pour répondre aux besoins du périmètre de l'aéroport de Béjaïa, soulignant ainsi l'importance de la gestion efficace des ressources en eau dans le cadre de ce projet.



**CHAPITRE VII : GESTION
ET EXPLOITATION DE LA
STEP**

INTRODUCTION

La préservation optimale de la condition et l'assurance du bon fonctionnement des divers éléments de la station d'épuration dépendent essentiellement de plusieurs éléments essentiels. Tout d'abord, la qualité de l'exploitation joue un rôle central, car elle garantit que les procédés choisis, à la fois techniquement et économiquement viables, sont mis en œuvre de manière efficace. Ensuite, le choix judicieux du processus lui-même est crucial pour le succès global du système. Enfin, une gestion bien pensée et rationnelle constitue un pilier essentiel pour maintenir les performances épuratoires au niveau souhaité. Il est important de noter que l'absence ou le défaut de l'un de ces facteurs peut indéniablement affecter le fonctionnement global de l'installation.

VII.1. Contrôle de fonctionnement

- Assurer le bon fonctionnement et la longévité d'une station d'épuration repose principalement sur l'entretien méticuleux de ses infrastructures, en veillant à maintenir en permanence la propreté des rigoles, caniveaux, murs, et autres composants essentiels.
- Pour prévenir la corrosion, il est nécessaire de repeindre les ouvrages métalliques en moyenne tous les cinq ans, offrant ainsi une protection adéquate contre les dommages causés par l'oxydation.
- Une surveillance régulière des ouvrages en béton est indispensable, en se concentrant sur des éléments tels que l'étanchéité, la détection des fissures, et l'état des joints de dilatation.
- En parallèle, il est primordial de procéder à la lubrification et la graissage périodiques de tous les équipements mécaniques et électromécaniques, en garantissant leur fonctionnement optimal.
- En ce qui concerne les équipements immergés, leur maintenance requiert une vidange annuelle des structures les abritant, tandis que les équipements d'aération doivent être soumis à une inspection régulière, incluant le nettoyage minutieux des orifices de diffusion de l'air pour garantir leur efficacité. Une approche proactive de la gestion de la maintenance est incontournable pour maintenir durablement la station d'épuration en parfait état de fonctionnement.

Afin de permettre des contrôles périodiques plus précis, il est important que l'exploitant tienne un journal de bord sur lequel il consignera les résultats des tests et les

observations faites.

➤ **Contrôles journaliers :**

- Les contrôles quotidiens, réalisés par l'exploitant, sont essentiels pour évaluer la gestion rationnelle de la station d'épuration. Ils comprennent des tests de décantation et de turbidité, la surveillance des odeurs, l'observation des couleurs des boues, et la détection du manque d'oxygène, perceptible par une odeur désagréable et une couleur de boue grise-noire. Pour assurer des contrôles plus précis à intervalles réguliers, il est crucial que l'exploitant tienne un journal de bord où il enregistre les résultats des tests et ses observations.

➤ **Contrôles périodiques :**

- Les contrôles périodiques ont pour objectif principal de fournir des données fiables basées sur les résultats précédemment obtenus et de conseiller le gestionnaire de l'installation sur les meilleures pratiques d'exploitation, en suggérant les améliorations ou les corrections nécessaires. Ces contrôles incluent des mesures de la concentration en oxygène dans le bassin d'aération, une analyse des boues prélevées dans le bassin d'aération après 15 à 20 minutes de fonctionnement des aérateurs (afin de déterminer la décantabilité, la teneur en matières en suspension (MES), et la teneur en matières volatiles en suspension (MVS)), une analyse de l'effluent épuré à partir d'un échantillon instantané, et une visite bilan annuelle pour réaliser un diagnostic complet du fonctionnement de la station. Ces visites comprennent des analyses de l'effluent entrant sur une période de 24 heures pour évaluer les mêmes paramètres en fonction du débit.

VII.2. Dispositifs d'entretien des ouvrages

1. Le dégrilleur :

- Effectuer une évacuation quotidienne des déchets et nettoyer les parois à l'aide d'un jet d'eau tout en éliminant les matières putrescibles avec un râteau.
- Noter les quantités de déchets retenus chaque jour.
- Vérifier quotidiennement le niveau d'huile et de graisse des chaînes d'entraînement.
- Assurer le bon fonctionnement électromécanique de l'installation au quotidien.

2. Le dessableur-dégraisseur :

- Maintenir le poste propre quotidiennement.
- Vérifier et garantir le bon fonctionnement de l'installation chaque jour.
- Vérifier le bon fonctionnement du pont roulant et des procédés de raclage quotidiennement, en suivant un cycle de fonctionnement complet.
- Faire fonctionner en continu le pont roulant et le système d'insufflation d'air.

3. Le bassin d'anoxie :

- Vérifier le rendement de l'ouvrage régulièrement.
- Contrôler le taux de recirculation de la liqueur mixte depuis le bassin d'aération vers le bassin d'anoxie.
- Assurer et surveiller le système de brassage dans le bassin d'anoxie.

4. Le bassin d'aération :

- Contrôler quotidiennement le bon fonctionnement des équipements d'aération.
- Entretenir les automates de démarrage et d'arrêt des aérateurs.
- Enregistrer les paramètres de fonctionnement tels que le débit et le taux d'oxygène.
- Mesurer et noter quotidiennement la charge en DBO entrante, l'indice de MOHLMAN et la concentration des boues dans le bassin.

5. Le clarificateur :

- Maintenir la propreté du clarificateur.
- Vérifier tous les six mois le bon fonctionnement des dispositifs d'isolation.
- Contrôler quotidiennement le bon fonctionnement des dispositifs de pompage des écumes.
- Effectuer une analyse contractuelle de l'eau après clarification (DBO, DCO, MES).

- Vidanger les ouvrages tous les 5 ans pour contrôler et entretenir la structure immergée.

6. La désinfection des eaux épurées :

- Maintenir le poste propre.
- Respecter les procédures de mise en marche et d'arrêt fournies par les constructeurs.
- Activer régulièrement le circuit de secours de chloration.
- Éviter l'utilisation de l'eau dans les circuits contenant du chlore.

7. L'épaississeur :

- Assurer la propreté quotidienne du poste.
- Mesurer la hauteur du voile de boue chaque jour, en veillant à ce que le garde-boue soit d'au moins 2 mètres.
- Contrôler quotidiennement le pH des eaux surversées et des boues épaissies.
- Enregistrer les volumes des boues soutirées des épaisseurs.
- Vidanger les ouvrages tous les 5 ans pour contrôler les structures immergées.

8. Le filtre à bande :

- Assurer le bon fonctionnement au quotidien.
- Effectuer régulièrement le lavage des bandes après chaque manipulation.
- Graisser les cylindres tournants quotidiennement.
- Appliquer un nettoyage approprié pour l'ensemble de l'installation de la machine.

VII.3. Hygiène et sécurité

Dans le cadre de la gestion des stations d'épuration, la sécurité et l'hygiène au travail revêtent une importance cruciale. Voici quelques mesures essentielles à prendre en compte :

1. Circulation et accessibilité :

Veiller à ce que les passerelles d'accès aux aérateurs restent dégagées et ne soient pas obstruées par des obstacles.

2. Systèmes d'alarme :

Installer des systèmes d'alarme aux emplacements sensibles pour signaler tout problème ou danger potentiel.

3. Ventilation :

Assurer une ventilation adéquate dans les locaux fermés et prévoir des systèmes de ventilation dans les ouvrages susceptibles de produire des émissions gazeuses importantes.

4. Garde-corps :

Équiper les zones de circulation et de travail de garde-corps conformément à la réglementation en vigueur pour prévenir les chutes.

5. Prévention des chutes :

Mettre en place des dispositifs appropriés tels que des grilles ou un barraudage pour éviter les risques de chute.

6. Sécurité aquatique :

Positionner judicieusement des perches et des bouées le long des bords des bassins pour assurer la sécurité aquatique.

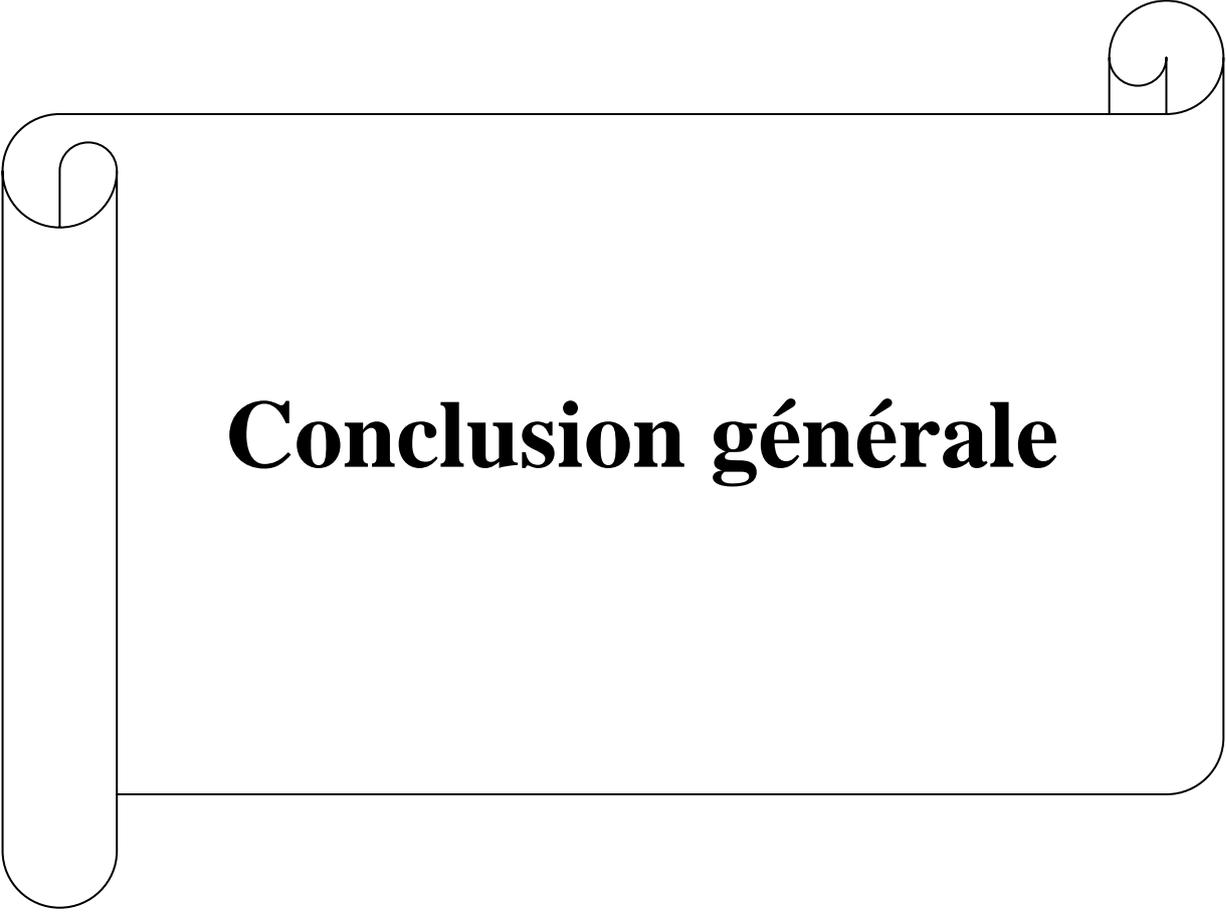
7. Espaces confinés :

Avant toute intervention humaine dans un espace confiné clos, effectuer une vérification de l'atmosphère. La présence d'hydrogène sulfuré doit être particulièrement surveillée dans de tels cas pour prévenir les risques.

Ces mesures visent à garantir un environnement de travail sûr et à réduire les risques potentiels liés à l'exploitation des stations d'épuration, contribuant ainsi à la sécurité et à la santé des travailleurs.

CONCLUSION :

La gestion et l'exploitation d'une station d'épuration représentent un défi complexe qui repose sur plusieurs piliers. Tout d'abord, l'entretien méticuleux des installations est essentiel pour garantir leur durabilité. Maintenir la propreté de la station par un nettoyage régulier contribue à assurer sa pérennité. Parallèlement, la sécurité et l'hygiène au travail revêtent une importance capitale. Cela implique la mise en place de dispositifs de sécurité et la vigilance pour garantir leur respect, préservant ainsi la santé et la sécurité des travailleurs.



Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le cadre de notre présentation et évaluation de la station d'épuration (STEP), nous avons examiné en détail les performances de la STEP sous différents aspects. Les résultats de notre analyse ont mis en évidence des disparités significatives dans le traitement des eaux usées. Lors de l'analyse des paramètres physico-chimiques, nous avons constaté que la STEP accomplissait de manière satisfaisante son rôle dans l'élimination des contaminants chimiques présents dans les eaux usées. Les niveaux de matières en suspension, de produits chimiques nocifs, et d'autres composés indésirables étaient réduits à des taux acceptables, ce qui témoigne de l'efficacité des processus de traitement en place.

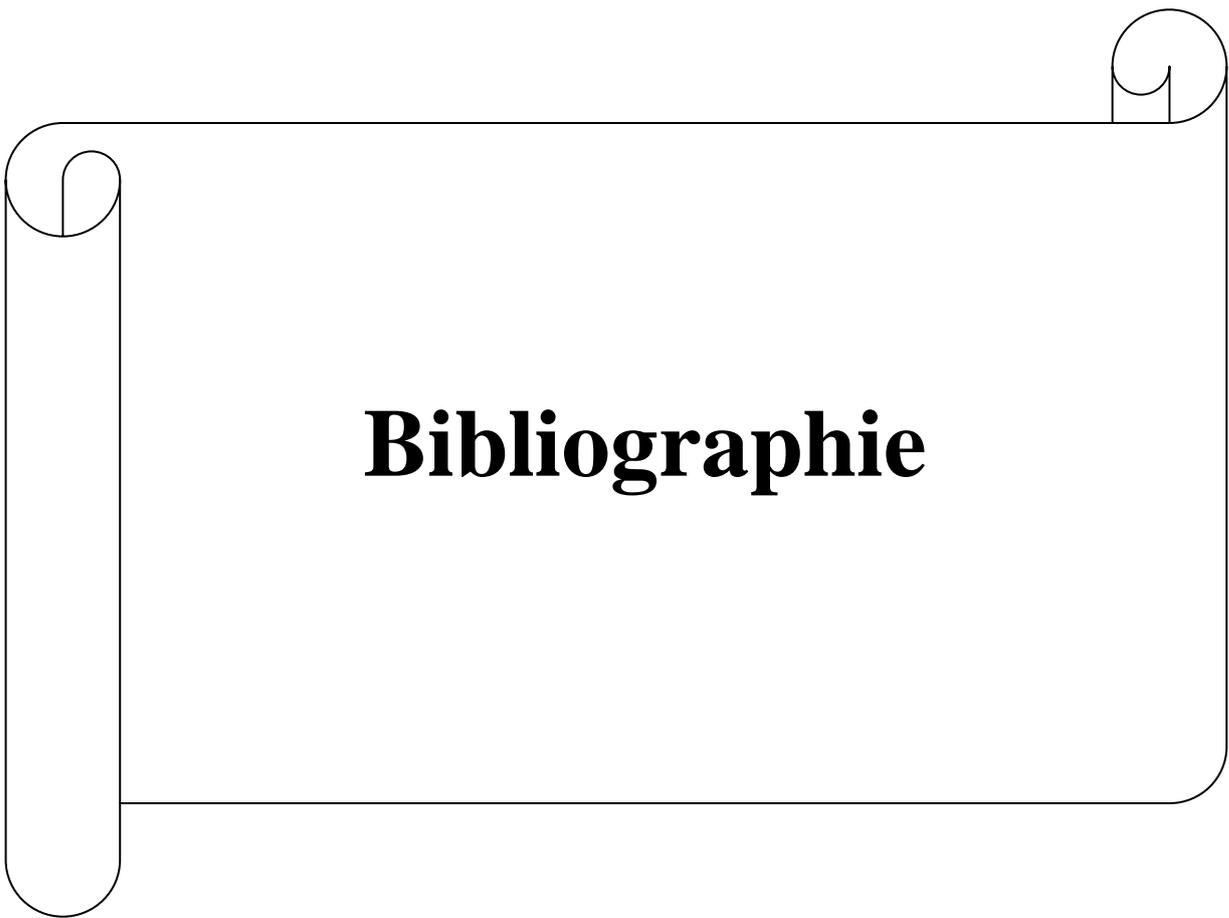
Cependant, du point de vue bactériologique, nos résultats ont révélé des préoccupations importantes. Les niveaux de contamination bactérienne dans l'eau traitée étaient plus élevés que ce que les normes environnementales et sanitaires prescrivent. Cette lacune constitue un risque sérieux pour la santé publique et l'environnement. Il est impératif de prendre des mesures pour améliorer l'élimination des contaminants microbiologiques au sein de la STEP.

En réponse à ce défi, nous avons recommandé l'ozonation comme une solution viable pour augmenter l'efficacité de la STEP en matière de désinfection de l'eau. L'ozonation est un procédé de traitement de l'eau qui utilise de l'ozone, un puissant oxydant, pour éliminer les micro-organismes pathogènes et les bactéries présents dans l'eau. Nous avons également dimensionné les bassins d'ozonation pour garantir une désinfection adéquate de l'eau avant sa libération dans l'environnement.

Parallèlement, nous avons réalisé des calculs pour déterminer le débit d'irrigation nécessaire pour répondre aux besoins des cultures locales, en l'occurrence les agrumes et le raisin. Cependant, nos résultats ont montré que le débit disponible n'était pas suffisant pour satisfaire ces besoins, laissant planer des incertitudes quant à la viabilité de l'agriculture dans la région. Il est essentiel de mettre en œuvre des stratégies d'utilisation de l'eau plus efficaces et durables pour garantir la sécurité alimentaire de la région.

Pour aborder cette problématique, nous avons également suggéré la construction d'un bassin de collecte des eaux pluviales. Cette solution permettrait de stocker l'eau de pluie pendant les périodes de précipitations et de la mettre à disposition pour l'irrigation agricole lorsque les ressources en eau sont insuffisantes.

En conclusion, notre évaluation approfondie de la STEP et nos propositions de solutions visent à renforcer la qualité de l'eau traitée, à optimiser l'utilisation des ressources en eau pour l'agriculture, et à contribuer à la préservation de l'environnement. Cependant, ces mesures ne peuvent être mises en œuvre qu'avec une coordination et un engagement continus des parties prenantes, y compris les autorités locales, les agriculteurs et les experts en gestion de l'eau. Il est impératif de maintenir un effort constant en faveur de pratiques durables et de technologies innovantes pour relever les défis actuels liés à la gestion de l'eau.



Bibliographie

Bibliographie

1. **MS, Metahri.** élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou . Tizi-Ouzou , département des sciences agronomiques, algérie : Thèse de doctorat université de Tizi-Ouzou, 2012.
2. **M, Doré.** chimie des oxydants et traitement des eaux. paris, paris : s.n., 1989.
3. **Bernal, Chocat.** encyclopédie de l'hydrologie urbaine de l'assainissement. 1997. 1124.
4. **Ladjet F, Bouchefer SA.** Exploitation d'une station d'épuration à boues activées et . BOUMERDES : centre de formation dans les métiers de l'assainissement DE BOUMERDES, 2006.
5. **R, Desjardins.** « *Le traitement des eaux.* CANADA : deuxième édition, édition Ecole polytechnique de Montréal, 1997. P 303.
6. **Guerree H, Gomella C.** *Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales, la collecte.* PARIS : deuxième Edition, édition Eyrolles, 1982. 27.
7. **Afir, D and Mezaoua, M. .** Application et dimensionnement; un procédé de coagulation Floculation pour le traitement des eaux résiduaires. *Mémire d'ingénieur.* école polytechnique Alger,ALGER : s.n., 1994.
8. **Koller, E.** *Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues.* paris : Dunod, 2004.
9. **Galaf, F., and Ghannam, S.** Contribution à l'élaboration ; un manuel et ; un site web sur la pollution du milieu marin. *Mémoire d'ingénieur.* [Maroc] : Université Hassan II : s.n., 2003.
10. **Encyclopedia.** Industrial chemistry, Water in Ullman, Wiley-VCH Verlags. 1995. 81-118.
11. **Ramdan, N.** Etude comparative de la dépollution des eaux de la station de SKIKDA par adsorption sur charbon actif et sur bentonite. *Mémoire de magister*]. SKIKDA Université du 20 Août 1955 : s.n., 2006.
12. **Baumont, S., Camard, J.P., Lefranc, A., and Franconi, A.** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Toulouse : Ed Ecole nationale supérieure d'agronomie de Toulouse , 2004. 220.
13. **Rejsek, F.** *Analyse des eaux ; aspect réglementaires et technique.* France : Ed Canopé CRDP de Bordeaux,, 2002.
14. **Bourrier, R., Satin, M., and Selmi, B.** *Gide technique de l'assainissement.* Paris : LEMONITEUR édition, 2010.
15. **Vibouroux, D.** *Epuration des eaux usées résiduaires.* france : s.n., 1981. 595.
16. **Cayocca, F.** *Etat physique et chimique caractéristique physique turbidité.* FRANCE : Ministère d'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie., 2012.

BIBLIOGRAPHIE

17. **Ouali, M.S.** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. OFFICE DES publications universitaires Alger , 2001.
18. **Ramade, F.** *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement* . paris : 2e Ed DUND, 2002. 1075.
19. **Rodier, J.** *L'analyse de l'eau eau naturelle, eau résiduaire et l'eau de mer.* PARIS : Dunod, 2005.
20. **Mira, Y.** Contribution à la conception de la station d'épuration d'ISOLA 2000. [*Mémoire d'ingénieur*]. [Alger] : Ecole nationale Polytechnique, 2008.
21. **Dugniolle, H.** *L'assainissement des eaux résiduaires domestiques,*. s.l. : CSTC-revue n°344, 1980. 52.
22. **Gaujous, D.** *La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire.Ed. Technique etDocumentation.* PARIS : Lavoisier, 1980. 220.
23. **Valiron, F., 1. J. Colin et France Bureau de recherches géologiques et minières.** *LA Réutilisation des eaux usées.* Pris : Editions du B.R.G.M., viii,, 1983. 207.
24. . **Rodier J, Bazin C, Broutin JP, Chambon P, Champsaur H, Rodi L.,** *L'analyse de l'eau :eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer».* Paris : 8ème édition, édition Dunod, 2005.
25. **Pilet C, Bourdon JI.,** *Bactériologie médicale et vétérinaire, systématique bactérienne.P421.* s.l. : Doin éditeur,, 1983.
26. **Guiraud J, Galzy P.** *Analyse microbiologique dans les industries alimentaires,*. Paris : L'usine nouvelle Paris, 1998.
27. **R, Franck.** *Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques.* P360, Bordeaux : Scérén CRDP Aquitaine., 2002.
28. **Hébert S, Légaré S.** *Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau.* Gouvernement du Québec : Direction du suivi de l'état de l'environnement,Ministère de l'Environnement, 2000.
29. **El Ouali Lalami.** , *Microbiological control wastewater domestic and industrial city of Fes MAROCCO.* Mater. MAROCCO : 2325-2332, 2014.
30. **Lebres.** *Identification biochimique des micro-organismes,*. s.l. : Institut Pasteur d'Algérie.
31. **water, Suez.** *office des publications universitaire,ben-aknoun (Alger)* . 2001.
32. **TOUIBIA.B.** *manuel pratique hydrologie.* s.l., P 166, Guerouaou-Blida : Press MADAN Frères , 2004.

