



## Mémoire

Présenté par

BENZAÏT Souheyla

Pour l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière: Sciences agronomiques

Option: Aménagement Hydro-agricole

## Thème

Réutilisation des eaux épurées en agriculture, Cas d'étude : La station d'épuration des eaux usées de la commune de Sidi Ali, Wilaya de Mostaganem

Noms et Prénoms	Qualité	Grade
Mr. TAYEB CHERIF .A	Président du jury	MAA
Mr. BENFETTA. H. N	Directeur de Mémoire	Pr
Dr. OSMANE.B	Examinatrice	MAB

Année Universitaire : 2023/2024



# *Remerciements*

*Merci tout d'abord à Dieu, Tout puissant qui m'a donné la force, la volonté et la patience nécessaires pour entreprendre cette thèse.*

*Je remercie très sincèrement toute ma famille de son soutien combien très important durant la préparation de ce travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.*

*En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon encadreur, le professeur BENFATTA .H, pour sa patience et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire de master.*

*Je tiens à rendre un vibrant hommage à Monsieur GOUMID.L, Directeur de l'office national de l'assainissement de la wilaya de Mostaganem, à l'ensemble du personnel de la STEP de Sidi Ali,*

*Je souhaite également remercier chaleureusement les ingénieurs de laboratoire d'analyse d'eau de l'ADE de Mostaganem, ainsi que le personnel de laboratoire de la STEP de Sidi Lakhdar, pour les informations précieuses qu'ils ont fournies.*

*Mes vifs remerciements vont à Mr.TAYEB CHERIF.A qui me fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance.*

*Je remercie également Dr .OSMANE.B qui a accepté d'examiner mon travail.*

*Je remercie chaleureusement tous mes enseignants sans exception .Je vous suis profondément reconnaissante pour votre guidance experte, votre encouragement et vos conseils précieux tout au long de cette aventure intellectuelle. Votre passion pour l'enseignement et votre dévouement à nous voir réussir ont été une source d'inspiration constante.*

*Enfin, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous mes amis pour leurs encouragements.*

*Avec mes remerciements les plus sincères,*

## *Dédicaces*

*A mon cher mari HAOULI.M, qui m'a soutenue avec amour et patience à chaque étape de ce voyage académique, je dédie ce mémoire. Tes encouragements constants et ton soutien inébranlable ont été ma force.*

*A mes chers parents : Mon père BENZAIT. A et Ma mère BEHIH.F, à qui je dois énormément, que Dieu le tout puissant les protègent.*

*A mes chers enfants : Lina, Amani et Fahd qui ont été mes rayons de soleil pendant les moments de doute et de stress. Votre compréhension et votre amour inconditionnel m'ont donné la force de persévérer et de poursuivre mes rêves.*

*A mes frères Mohamed, Abdelilah et Farouk.*

*A mes sœurs Nassima et Manel.*

*A ma belle mère LATAB.K.*

*A toute la famille BENZAIT et HAOULI.*

*A tous mes amis sans exception.*

*Que cette dédicace soit le reflet de ma gratitude éternelle envers chacun d'entre vous.*

*Ce mémoire est autant le vôtre que le mien, et je suis honorée de pouvoir le partager avec vous tous.*



## *Table des matières*

<b>Introduction générale</b> .....	01
------------------------------------	----

### *Partie bibliographique :*

#### *Chapitre I : stress hydrique*

Introduction .....	06
I.1. Sources d'eau .....	07
I.1.1.Eaux souterraines .....	07
I.1.1.1.Nappes .....	08
I.1.2.Eau de surface .....	08
I.1.3.Eau saline .....	10
I.1.3.1.Eau de mer .....	10
I.1.3.2.Eaux saumâtres .....	10
I.2.Le stress hydrique .....	11
I.2.1.Définition .....	11
I.2.2.Les pays concernés par le stress hydrique.....	11
I.2.3.Les grandes causes du stress hydrique .....	13
I.2.4. Les conséquences du stress hydrique .....	13
I.2.5.Solution .....	13
I.2.6.Stress hydrique en Algérie .....	14
I.2.6.1.Le secteur de l'eau en Algérie .....	15
I.2.6.2. Les principaux axes de la stratégie nationale de l'eau et de la sécurité hydrique..	15
Conclusion.....	17

#### *Chapitre II : Les eaux usées*

Introduction.....	19
II.1.Origine des eaux usées .....	20
II.1.1.Les eaux usées domestiques.....	20
II.1.2. Eaux usées industrielles .....	21
II.1.3 .Les eaux pluviales et de ruissellement .....	21
II.1.4. Les eaux d'origine agricole .....	21

II.2. Caractéristiques des eaux usées .....	21
II.2.1. Paramètres organoleptiques .....	21
II.2.1. 1.Couleur .....	21
II.2.1.2.Odeur et saveur .....	22
II.2.2. Paramètres physiques .....	22
II.2.2.1. La température .....	22
II.2.2.2. La matière en suspension (MES) .....	22
II.2.2.3. La turbidité .....	22
II.2.2.4. Le potentiel hydrogène (PH) .....	22
II.2.2.5. La conductivité .....	23
II.2.3. Paramètres chimiques .....	23
II.2.3.1. L'oxygène dissous(OD) .....	23
II.2.3.2. La demande chimique en oxygène (DCO) .....	23
II.2.3.3. La demande biochimique en oxygène (DBO) .....	23
II.2.3.4. Le résidu sec (RS) .....	24
II.2.3.5. Demande biochimique en oxygène (DBO5) .....	24
II.2.3.6. Matière organique (MO) .....	24
II.2.3.7. Carbone organique total (COT) .....	24
II.2.3.8. Nutriments .....	24
II.2.3.8.1. Le phosphore .....	24
II.2.3.8.2.L'azote .....	25
II.2.3.8.3. Métaux lourd .....	25
II.2.4.Les paramètres biologiques (Les microorganismes) .....	25
II.2.4.1. Les bactéries .....	26
II.2.4.2. Les virus .....	26
II.2.4. 3. Les protozoaires .....	27
II.2.4.4. Les helminthes .....	28
II.3.Traitement des eaux usées .....	28
II.3.1.Les prétraitements .....	29
II.3.1.1.Le dégrillage .....	30
II.3.1.2.Dessablage .....	30
II.3.1.3.Dégraissage – Déshuilage .....	30
II.3.2.Traitement primaire (physico-chimique) .....	30
II.3.2.1. Décantation primaire .....	30

II.3.2.2. Coagulation – Flocculation .....	31
II.3.2.3. Flottation .....	31
II.3.2.4. Filtration .....	31
II.3.3.Traitement secondaire ou traitement biologique .....	31
II.3.3.1.Les différents types du traitement biologique .....	32
II.3.3.1.1.Technique intensives .....	32
II.3.3.1.1.1.Lits bactériens « filtres bactériens » .....	32
II.3.3.1.1.2.Bio-filtres .....	32
II.3.3.1.1.3.Disques biologiques.....	33
II.3.3.1.1.4.Les boues activées .....	33
II.3.3.1.2.Techniques extensives .....	34
II.3.3.1.2.1.Le lagunage .....	34
II.3.4.Le traitement tertiaire .....	34
II.3.4.1.Elimination de l’azote .....	35
II.3.4.2. Elimination du phosphore (de-phosphatation) .....	35
II.3.4.3. Les procédés de désinfection .....	36
Conclusion .....	36

### ***Chapitre III : La réutilisation des eaux usées***

Introduction.....	38
III.1.Différentes types de réutilisation des effluents traites .....	39
III.1.1. Agriculture .....	39
III.1.2.Arrosage des espaces verts .....	39
III.1.3.Aquaculture .....	40
III.1.4.Industrie .....	40
III.1.5.Usages urbains .....	40
III.1.6.Production d’eau potable .....	40
III.1.7.Recharge des nappes .....	41
III.2. Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées .....	41
III. 3. La réutilisation des eaux épurées en irrigation dans le monde .....	42
III. 3.1. En France.....	43
III.3.2.En Espagne.....	43
III.3.3.En Italie .....	43
III.3.4. Au Canada .....	43
III.3.5.Aux Etats-Unis .....	44

III.3.6.Au Mexique .....	44
III.3.7.En Arabie Saoudite .....	44
III.3.8. En Egypte .....	44
III.3.9.Au Maroc .....	44
III.3.10.Au Tunisie .....	45
III.4.Les différentes réglementations dans le monde .....	45
III.4.1.Les recommandations de l'OMS .....	45
III.4.2. Les recommandations de l'USEPA .....	46
III.4. 3. Les recommandations de l'union européenne .....	47
III.4. 4. Directives de la FAO .....	48
III.4. 5. Réglementations Algériennes de la réutilisation des eaux usées épurées .....	51
III.5.La situation de la réutilisation des eaux usées en Algérie .....	54
Conclusion.....	57

***Partie expérimentale :***

***Chapitre IV : Les caractéristiques générales de la région d'étude***

Introduction.....	60
IV. Présentation de la commune .....	60
IV.1. Situation .....	60
IV.2.Analyse du milieu physique .....	60
IV.2.1.Le relief .....	60
IV.2.2.Climatologie de la région .....	62
IV.2.2.1.Les Vents .....	62
IV.2.2.2.Températures .....	63
IV.2.2.4. La pluviométrie .....	63
IV.2.2.3.L'évapotranspiration .....	63
IV.2.3.Le réseau hydrographique .....	65
IV.2.3.1.Un réseau hydrographique exoréique .....	65
IV.2.3.2.Un réseau hydrographique endoréique .....	65
IV.2.4.Géologie .....	66
IV.2.5. La sismicité.....	66
IV.2.6. Géomorphologie .....	67
IV.2.7.L'occupation générale du sol .....	68



IV.2.8.Potentialités des terres agricoles .....	69
IV.3.Analyse de la population .....	71
IV.3.1.Evolution de la population .....	71
Conclusion .....	72

### ***Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali***

Introduction.....	74
V.1.Historique .....	74
V.2.Localisation de la station d'épuration .....	74
V.3.Description de l'installation de traitement .....	75
V.4.Origine des eaux brutes .....	75
V.5.Description détaillée de différents organes de la STEP .....	75
V.5.1.Déversoir d'orage (By-pass général) .....	76
V.5.2.Autosurveillance (débitmètre) .....	76
V.5.3.Ouvrages d'entrée.....	79
V.5.4.Dégrillage grossier .....	79
V.5.5.Dégrillage fin (tamis autonettoyant) .....	82
V.5.6.Le dessableur /déshuileur .....	84
V.5.6.1.Le dessableur .....	85
V.5.6.2.Le déshuileur .....	85
V.5.6.3. Classificateur à sable .....	86
V.5.7.Zone de contact.....	87
V.5.8.Bassin d'aération (bassin biologique) .....	88
V.5.8.1.Fonctionnement des aérateurs .....	89
V.5.8.2.Exemple de paramétrages d'horloges STEP Sidi Ali.....	89
V.5.9. Zone dégazage .....	91
V.5.10. Décanteur (Le clarificateur) .....	92
V.5.11. Station de pompage des boues en retour et en excès.....	94
V.5.12.Epaississeur .....	94
V.5.13. Lits de séchage.....	95
V.5.14. Regard d'accumulation de toutes les eaux .....	97
V.5.15.Bassin de désinfection .....	97
Conclusion .....	98

## *Chapitre IV : Matériels et méthodes*

Introduction .....	100
IV.1. Analyses physico-chimiques .....	100
IV.1.1. Prélèvement des échantillons .....	100
IV.1.2. Conditionnement des échantillons avant analyse .....	100
IV.1.3. Stabilisation des échantillons .....	101
IV.1.4. Matériel et méthodes .....	101
IV.1.4.1. Appareillage .....	101
IV.1.4.2. Détermination des paramètres physico-chimiques .....	102
IV.1.4.2.1. Détermination du débit .....	102
IV.1.4.2.2. Détermination de la température T .....	102
IV.1.4.2.3. Mesure du pH.....	103
IV.1.4.2.4. Mesure de la conductivité .....	104
IV.1.4.2.5. Détermination d'oxygène dissout .....	104
IV.1.4.2.6. Détermination de la matière en suspension (MES) .....	105
IV.1.4.2.6.1. Par Filtration (eau de sortie) .....	105
IV.1.4.2.6.2. Par Centrifugeuse (eau brute) .....	106
IV.1.4.2.7. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO.....	108
IV.1.4.2.8. Détermination de la Demande biochimique en oxygène DBO5.....	110
IV.1.4.2.9. Détermination des Nitrates $\text{NO}_3^-$ -N.....	111
IV.1.4.2.10. Détermination des Nitrites $\text{NO}_2^-$ -N.....	112
IV.1.4.2.11. Détermination de l'ammonium $\text{NH}_4^+$ .....	113
IV.1.4.2.12. Détermination des ortho phosphates $\text{PO}_4^{3-}$ .....	114
IV.2. Analyses des paramètres bactériologiques .....	116
IV.2.1. Prélèvement des échantillons et conditions.....	116
IV.2.2. Matériel et méthodes .....	117
IV.2.3. Préparation des dilutions.....	117
IV.2.4. Détermination des paramètres bactériologiques .....	118
IV.2.4.1. Détermination des germes totaux .....	118
IV.2.4.2. Détermination des coliformes totaux.....	119
IV.2.4.3. Détermination des coliformes fécaux (Escherichia Coli) .....	122
IV.2.4.4. Détermination des Streptocoques fécaux.....	125
IV.2.4.5. Détermination des Clostridium Sulfito- Réducteur.....	127
Conclusion .....	130

## **Chapitre VII:Discussion des résultats**

<i>Introduction</i> .....	132
<i>VII.1. Performances de la station d'épuration</i> .....	133
<i>VII.1.1.Discussion des résultats physicochimiques</i> .....	133
<i>VII.1.1.1.Le débit</i> .....	134
<i>VII.1.1.2.La température</i> .....	134
<i>VII.1.1.3.Le potentiel hydrique PH</i> .....	135
<i>VII.1.1.4.La conductivité électrique CE</i> .....	136
<i>VII.1.1.5. Variation de la matière en suspension (MES)</i> .....	137
<i>VII.1.1.6.L'oxygène dissous</i> .....	138
<i>VII.1.1.7. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO5)</i> .....	139
<i>VII.1.1.7.1.La demande chimique en oxygène (DCO)</i> .....	139
<i>VII.1.1.7.2. La demande biologique en oxygène (DBO5)</i> .....	140
<i>VII.1.1.7.3. La biodégradabilité (K)</i> .....	141
<i>VII.1.1.8. Matières Azotée</i> .....	142
<i>VII.1.1.8.1. Nitrate</i> .....	142
<i>VII.1.1.8.2. Nitrite</i> .....	143
<i>VII.1.1.8.3. L'azote ammoniacal (NH<sup>4</sup>)</i> .....	143
<i>VII.1.1.9. Les ortho phosphates</i> .....	144
<i>VII.1.2.Discussion des résultats bactériologiques</i> .....	145
<i>VII.1.2.1. Résultats des analyses bactériologiques</i> .....	145
<i>VII.1.2.1.1. Coliformes fécaux</i> .....	145
<i>VII.1.2.1.3. Les germes totaux</i> .....	146
<i>VII.1.2.1.2.Coliformes totaux</i> .....	146
<i>VII.1.2.1.4. Les streptocoques fécaux</i> .....	147
<i>VII.1.2.1.5. Les clostridium sulfito-réducteurs</i> .....	148
<i>VII.1.2.2. Discussion des résultats bactériologiques</i> .....	149
<i>Conclusion</i> .....	150
<b>Conclusion générale</b> .....	153
<b>Références bibliographiques</b> .....	155

## Liste des Photos et Figures

### **Chapitre I : stress hydrique**

<i>Figure. I.1. Disponibilité en eau douce</i> .....	07
<i>Figure. I.2. Eaux souterraines</i> .....	08
<i>Figure. I.3. les pays les plus menacés par le stress hydrique à horizon 2040</i> .....	12
<i>Photo. I.1. Eau de surface</i> .....	09
<i>Photo. I.2. Eaux de Mer</i> .....	10

### **Chapitre II : Les eaux usées**

<i>Figure .II.1. Intégration des eaux usées traitées dans le cycle générale des ressources en eau</i> .....	20
<i>Figure. II.2. Le principe de fonctionnement d'une station d'épuration à boue Activée</i> .....	29

### **Chapitre III : La réutilisation des eaux usées**

<i>Figure. III.1. Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines</i> .....	38
<i>Figure. III.2. Les usages de REUT</i> .....	39

### **Chapitre IV : Les caractéristiques générales de la région d'étude**

<i>Figure. IV.1. Localisation de la commune dans la wilaya de Mostaganem</i> .....	60
<i>Figure. IV.2. Carte de l'évapotranspiration de la région de Mostaganem</i> .....	63
<i>Figure.IV.3. Variation interannuelle (1945 – 2021) des précipitations à Mostaganem</i> .....	64
<i>Figure. IV.4. Carte pluviométrique de la région de Mostaganem</i> .....	65
<i>Figure. IV.5. Carte géologique de la zone de sidi Ali</i> .....	66
<i>Figure. IV.6. Carte de géomorphologie de la commune de Sidi Ali</i> .....	68
<i>Figure. IV.7. L'occupation des sols de la commune de Sidi Ali</i> .....	69
<i>Figure. IV.8. Carte des sols de la commune de Sidi Ali</i> .....	70

### **Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali**

<i>Figure.V.1. Localisation de la station d'épuration</i> .....	75
<i>Figure.V.2. Localisation de la station d'épuration selon la carte d'Algérie</i> .....	75
<i>Figure .V.3. Vue de la station d'épuration de Sidi Ali</i> .....	75

<i>Photo.V.1. Le déversoir d'orage</i> .....	77
<i>Photo.V.2.Débitmètre d'entrée</i> .....	78
<i>Photo.V.3.Canal venturi de comptage de débit</i> .....	79
<i>Photo. V.4. Ouvrages d'entrée</i> .....	79
<i>Photo. V.5. Dégrillage grossier</i> .....	80
<i>Photo. V.6. Egoutter les déchets</i> .....	80
<i>Photo. V.7. Dégrillage fin</i> .....	82
<i>Photo. V.8. Dessableur /déshuileur</i> .....	84
<i>Photo. V.9. Dessableur</i> .....	85
<i>Photo. V.10. Déshuileur</i> .....	86
<i>Photo. V.11. Compresseur</i> .....	86
<i>Photo. V.12.Classificateur à sable</i> .....	87
<i>Photo. V.13. Zone de contact</i> .....	87
<i>Photo. V.14. Les bassins d'aération</i> .....	89
<i>Photo. V.15. Horloge de contrôle aérateurs AE1 –AE2</i> .....	90
<i>Photo. V.16. Horloge de contrôle aérateurs AE3 –AE4</i> .....	90
<i>Photo. V.17. Zone de dégazage</i> .....	91
<i>Photo. V.18. Bassins de décantation</i> .....	93
<i>Photo. V.19. Station de pompage des boues</i> .....	94
<i>Photo. V.20.Epaississeur</i> .....	95
<i>Photo. V.21.Lits de séchage (boues liquides)</i> .....	96
<i>Photo. V.22. Lits de séchage (boues séchées)</i> .....	96
<i>Photo. V.23. Regard d'accumulation de toutes les eaux</i> .....	97
<i>Photo. V.24. Bassin de désinfection</i> .....	98

#### **Chapitre IV : Matériels et méthodes**

<i>Photo .IV.1. Flacon en PVC</i> .....	100
<i>Photo. IV.2.Le système de réfrigération des prélèvements</i> .....	101
<i>Photo .IV. 3. Le débitmètre a la sortie de la station</i> .....	102
<i>Photo.IV.4.Thermomètre</i> .....	103
<i>Photo .IV.5.pH mètre</i> .....	103
<i>Photo .IV.6.Le conductimètre</i> .....	104
<i>Photo .IV.7.L'oxymètre</i> .....	105
<i>Photo .IV.8.Dessiccateur</i> .....	105
<i>Photo .IV.9.Balance magnétique (Mesurer le poids de filtre m0)</i> .....	105

<i>Photo .IV.10. La filtration</i> .....	106
<i>Photo .IV.11. Balance magnétique (Mesurer la masse ml)</i> .....	106
<i>Photo .IV.12. Centrifugeuse</i> .....	107
<i>Photo .IV.13. Le culot</i> .....	108
<i>Photo .IV.14. les réactifs utilisés pour la détermination de DCO</i> .....	109
<i>Photo.IV.15. Le titrage</i> .....	109
<i>Photo .IV.16. Thermo- réacteur</i> .....	109
<i>Photo .IV.17. Les flacons de la DBO</i> .....	110
<i>Photo .IV.18. Tableau pour mesure de DBO</i> .....	110
<i>Photo .IV.19. DBO mètre</i> .....	111
<i>Photo .IV.20. Spectrophotomètre</i> .....	112
<i>Photo .IV.21. Pochette de réactif pour nitrate NitriVer 3</i> .....	113
<i>Photo .IV.22. Apparition d'une coloration rose en présence de Nitrite</i> .....	113
<i>Photo .IV.23. Les réactifs utilisés pour la détermination de NH<sup>+</sup><sub>4</sub></i> .....	114
<i>Photo .IV.24. Apparition d'une coloration bleue en présence de phosphate</i> ....	115
<i>Photo. IV.25. Flacon en verre</i> .....	117
<i>Photo .IV.26. Four pasteur</i> .....	117
<i>Photo .IV.27. Milieu de culture TGEA</i> .....	118
<i>Photo.IV.28. Etalement de l'échantillon</i> .....	118
<i>Photo .IV.29. Etuve à 37°c</i> .....	119
<i>Photo. IV.30. Développement des colonies</i> .....	119
<i>Photo. IV.31. Filtration membranaire</i> .....	119
<i>Photo. IV.32. Membrane de porosité 0.45 µm</i> .....	120
<i>Photo .IV.33. Milieu du TTC tergitol</i> .....	120
<i>Photo. IV.34. Emplacement de la membrane sur le milieu du TTC tergitol</i> ....	120
<i>Photo .IV.35. Développement des colonies des coliformes totaux</i> .....	121
<i>Photo .IV.36. Milieu liquide (VBL)</i> .....	121
<i>Photo .IV.37. Incubation dans le milieu VBL</i> .....	121
<i>Photo.IV.38. Trouble de couleur et présence du gaz dans la cloche de Durham</i> .....	122
<i>Photo. IV.39. Incubation à 44°c</i> .....	123
<i>Photo .IV.40. Développement des colonies des coliformes fécaux</i> .....	123
<i>Photo. IV.41. Repiquage dans un milieu liquide de Schubert</i> .....	124
<i>Photo. IV.42. Trouble de couleur et présence du gaz dans la cloche de</i>	

<i>Durham</i> .....	124
<b>Photo. IV.43.</b> Réactif KOVAC'S.....	125
<b>Photo .IV.44.</b> Apparition d'un anneau rouge brique.....	125
<b>Photo.IV.45.</b> Milieu slanetz et bartley.....	126
<b>Photo .IV.46.</b> Emplacement de la membrane sur le milieu slanetz et bartley après filtration.....	126
<b>Photo. IV.47.</b> Développement des colonies des Streptocoques fécaux.....	127
<b>Photo IV.48.</b> Présence d'un halo noir.....	127
<b>Photo.IV.49.</b> Echauffement de l'échantillon.....	128
<b>Photo IV.50.</b> Membrane de porosité 0.22 µm.....	128
<b>Photo. IV.51.</b> La gélose viande de foie.....	128
<b>Photo. IV.52.</b> Emplacement de la membrane à l'envers au dessus de la gélose viande de foie.....	129
<b>Photo. IV.53.</b> Présence de colonie noir entourée d'un halo noir.....	129

### **Chapitre VII:Discussion des résultats**

<b>Figure.VII.1.</b> Graphe de variation du débit (Q) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	134
<b>Figure .VII.2 .</b> Graphe de variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	135
<b>Figure .VII.3.</b> Graphe de variation de PH à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	136
<b>Figure.VII.4.</b> Graphe de variation de conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	137
<b>Figure .VII.5.</b> Graphe de variation de la matière en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024) ...	138
<b>Figure.VII.6 .</b> Graphe de variation de l'oxygène dissous dans l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	139
<b>Figure.VII.7.</b> Graphe de variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	140
<b>Figure.VII.8.</b> Graphe de variation de DBO5 à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	140
<b>Figure.VII.9.</b> Graphe de variation de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....	142
<b>Figure.VII.10.</b> Graphe de variation de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N à l'entrée et à la sortie	

<i>de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....</i>	<i>143</i>
<b><i>Figure .VII.11. Graphe de variation de <math>NH_4^+</math> à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....</i></b>	<b><i>144</i></b>
<b><i>Figure.VII.12. Graphe de variation de <math>PO_4^{-3}</math> à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).....</i></b>	<b><i>145</i></b>
<b><i>Figure .VII.13. Histogramme de variation du taux des coliformes fécaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.....</i></b>	<b><i>146</i></b>
<b><i>Figure .VII.14. Histogramme de variation du taux des coliformes totaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.....</i></b>	<b><i>146</i></b>
<b><i>Figure .VII.15. Histogramme de variation du taux des germes totaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.....</i></b>	<b><i>147</i></b>
<b><i>Figure .VII.16. Histogramme de variation du taux des streptocoques fécaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.....</i></b>	<b><i>148</i></b>
<b><i>Figure .VII.17. Histogramme de variation du taux des clostridium sulfito-réducteurs dans un volume de 100 ml à l'entrée et à la sortie de la STEP... </i></b>	<b><i>148</i></b>



## Liste des tableaux

### *Chapitre I : stress hydrique*

<i>Tableau. I.1. Différence entre eaux souterraines et eaux surfaces.....</i>	<i>09</i>
<i>Tableau. I.2. Principaux indicateurs sectoriels.....</i>	<i>16</i>

### *Chapitre II : Les eaux usées*

<i>Tableau II.1. Les bactéries pathogènes dans les eaux usées.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau II.2. Principaux virus présents dans les eaux usées.....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau. II.3. Principaux protozoaires présents dans les eaux usées.....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau. II.4. Principaux helminthes présents dans les eaux usées.....</i>	<i>28</i>

### *Chapitre III : La réutilisation des eaux usées*

<i>Tableau. III.1. Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III.2. Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau .III.3. Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau III.4. Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO.....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau. III.5. Limites recommandées en éléments traces (mgL-1) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau III.6. Concentrations maximales d'éléments à l'état de trace recommandées pour les eaux d'irrigation.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau III.7. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....</i>	<i>51</i>
<i>Tableau III.8. Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture.....</i>	<i>52</i>
<i>Tableau III.9. Recommandations physico-chimiques pour REUE en Agriculture.....</i>	<i>53</i>
<i>Tableau. III.10. Liste des STEP déjà exploitées destinées à l'irrigation.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau. III.11. Liste des STEP en exploitation dont les études de réutilisation existent.....</i>	<i>56</i>

#### **Chapitre IV : Les caractéristiques générales de la région d'étude**

<b>Tableau .IV.1. Répartition des superficies par types de relief.....</b>	<b>62</b>
<b>Tableau IV.2. Répartition des surfaces par classes de pente .....</b>	<b>62</b>
<b>Tableau.IV.3.Précipitations moyennes mensuelles à Mostaganem 2021 – 2022 ....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau. IV.4. Répartition générale des terres.....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau.IV.5. Evolution de la population par dispersion .....</b>	<b>71</b>
<b>Tableau. IV.6. Population de la commune.....</b>	<b>71</b>

#### **Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali**

<b>Tableau V.1. Description d'un déversoir de sécurité.....</b>	<b>77</b>
<b>Tableau.V.2. Les caractéristiques d'un degilleur grossier.....</b>	<b>.81</b>
<b>Tableau .V.3. Temps de fonctionnement.....</b>	<b>83</b>
<b>Tableau .V.4.Les caractéristiques d'un degilleur fin.....</b>	<b>83</b>
<b>Tableau.V.5. Les caractéristiques de la zone de contact.....</b>	<b>88</b>
<b>Tableau.V.6. Les caractéristiques de la zone de dégazage .....</b>	<b>92</b>
<b>Tableau.V.7. Les caractéristiques d'une station de pompage des boues.....</b>	<b>94</b>
<b>Tableau.V.8. Les caractéristiques d'un épaisseur.....</b>	<b>95</b>
<b>Tableau. V.9.Les caractéristiques d'un bassin de désinfection .....</b>	<b>98</b>

#### **Chapitre IV : Matériels et méthodes**

<b>Tableau IV.1. Liste des appareils employés.....</b>	<b>101</b>
<b>Tableau.IV.2.Récapitulatif des analyses bactériologiques effectuées .....</b>	<b>130</b>

#### **Chapitre VII:Discussion des résultats**

<b>Tableau.VII.1. Les résultats des analyses physicochimiques durant la période du Janvier 2023/Avril 2024 sur les eaux usées à l'entrée de la STEP de Sidi Ali....</b>	<b>132</b>
<b>Tableau.VII.2. Les résultats des analyses physicochimiques durant la période du Janvier 2023/Avril 2024 sur les eaux usées à la sortie de la STEP de Sidi Ali...</b>	<b>133</b>
<b>Tableau.VII.3.Les résultats des analyses bactériologiques sur les eaux usées brutes et traitées.....</b>	<b>133</b>
<b>Tableau.VII.4. Estimation de la biodégradabilité (K) de l'effluent entré.....</b>	<b>141</b>

## *Liste des abréviations*

°C : : Degré Celsius

ACL : Agglomération chef lieu

Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : Sulfate d'argent

AL : Aluminium

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

BDO5 : Demande Biochimique en Oxygène (05 Jours)

BEA : Bile Esculine Agar

CaCO<sub>3</sub> : Carbonate de calcium

CaSO<sub>4</sub> : Sulfate de calcium

Cd : Cadmium

CE : Conductivité Electrique (µs/cm).

CF : Coliformes fécaux

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de carbone

COD : carbone organique dissous

COT : Carbone organique total

CSR : Clostridium Sulfito-Réducteurs Clostridium

CT : Coliformes totaux

Cu : Cuivre

CW : Chemin de wilaya

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

Eq/H : Equivalent habitant

EUT : les eaux usées traitées

FAO : Food and Agriculture Organization

GPI : Grands Périmètres d'Irrigation

GT : Germes totaux

H<sub>2</sub>O : Oxyde de l'dihydrogène

H<sub>2</sub>S : Sulfure d'hydrogène

HMT : Hauteur manométrique totale

JORA ; Journal officiel de la république Algérienne

K<sub>2</sub>CR<sub>2</sub>O<sub>7</sub> : Dichromate de potassium,

$M_0$  : La masse de filtre vide (mg)  
 $M_1$  : La masse de filtre avec matière séchée (mg)  
MENA : Middle-East and North Africa  
MES : Matières en suspension.  
 $MgCO_3$  : Carbonate de magnésium  
MH : Ministère de l'hydraulique  
MO : Matière organique  
MS : Matière sèche.  
MVS : Matière volatile en suspension.  
N : Azote  
 $N_2$  : Azote gazeux  
NaCl : Chlorure de sodium  
NaOH ; Hydroxyde de soude  
 $NH_3$  : Ammoniac (mg/l).  
 $NH_4^+$  : Azote ammoniacal (mg/l).  
Ni : Nickel  
N- $NO_2^-$  : Nitrites  
N- $NO_3^-$  : Nitrates  
NTK : L'azote total de Kjeldahl.  
OD : L'oxygène dissous  
 $OH^-$  : Ion hydroxyde.  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
ONA : Office National d'Assainissement  
ONID : Office National de l'irrigation et du drainage  
ONU : Organisation des Nations Unies  
P : Phosphore  
Pb : Plomb  
PDAU : Plan d'aménagement urbain  
PH : Potentiel hydrique.  
 $PO_4^{3-}$  : Ortho-phosphate  
PVC : Polychlorure de vinyle  
 $Q_m$  : Débit moyen  
 $Q_p$  : Débit de point  
REU : La réutilisation des eaux usées

REUE : La réutilisation des eaux usées épurées  
RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat  
RN : Route nationale  
RS : Résidu sec  
SAR : Rapport d'adsorption du sodium.  
SAU : Superficie agricole utilisée  
SDEM : Station de dessalement  
SF : Streptocoques fécaux  
STEP : station d'épuration des eaux usées  
T : Température  
TGEA : Le milieu de culture tryptone glucose extract agar  
TTC : Le milieu du tergitol  
UFC : Unité Formant Colonie  
USAID : United States Agency of International Development  
USEPA : United States Environmental Protection Agency  
VBL : Gélose violet red bille lactose  
Zn : Zinc

## Résumé

La réutilisation des eaux usées épurées en agriculture s'avère être une solution prometteuse pour faire face aux défis liés à la raréfaction de la ressource en eau douce, notamment en Algérie. Cette pratique, lorsqu'elle est menée de manière rigoureuse et en respectant les normes de qualité, offre de multiples avantages : préservation des ressources en eau potable, amélioration de la productivité agricole, réduction des coûts de production.

La présente étude s'inscrit dans le contexte de la réutilisation des eaux usées de la station d'épuration de la commune de Sidi Ali. Elle se fixe comme objectif principale de contrôler l'efficacité du traitement biologique par boues activées. Ce mémoire porte sur l'évaluation des performances de cette station avec une description détaillée des procédés mis en œuvre. Une campagne de mesures a été réalisée afin d'évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des effluents. Les résultats obtenus montrent que la station atteint les normes réglementaires pour la plupart des paramètres, à l'exception d'un dépassement pour les Ortho phosphores causé par l'absence du traitement chimique dans la STEP. La présence des divers germes peut s'expliquer par l'absence du traitement de désinfection.

Les résultats ont montrée l'aptitude de ces eaux à l'irrigation sans impacts négatifs majeurs sur l'environnement à condition que les cultures pratiquées ne soient pas destinées à être consommées crues.

Des propositions d'amélioration ont été formulées, telles que l'utilisation du traitement tertiaire pour l'abattement du taux des micro-organismes et pour l'élimination totale des nitrites, nitrates et du phosphore dans le but d'utiliser les eaux épurées dans l'irrigation avec un suivi périodique de détermination du niveau de qualité sanitaire des eaux usées traitées, en sortie de la station.

**Les mots clés :** eaux usées, traitement, épuration, réutilisation, STEP, physico-chimiques, bactériologiques, tertiaire.

## ملخص

إن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة يعتبر حلاً واعداً لمواجهة التحديات المرتبطة بنقص المياه العذبة، خاصة في الجزائر. هذه الممارسة، عندما تتم بشكل دقيق و باحترام المعايير النوعية، توفر فوائد متعددة: الحفاظ على موارد المياه الصالحة للشرب، وتحسين الإنتاج الزراعي، وتقليل تكاليف الإنتاج.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي ببلدية سيدي علي. تركزت هذه الأطروحة على تقييم أداء هذه المحطة مع وصف مفصل للعمليات المستخدمة. تم إجراء مجموعة من التحاليل والقياسات لتقييم العوامل الفيزيائية-الكيميائية والبكتيرية للمصبات. أظهرت النتائج أن المحطة تلي المعايير التنظيمية لمعظم القياسات، باستثناء تجاوز الأورثوفوسفات بسبب عدم وجود معالجة كيميائية في المحطة. يمكن تفسير وجود الجراثيم المختلفة بغياب المعالجة بالتعقيم.

أظهرت النتائج صلاحية هذه المياه للري دون آثار سلبية كبيرة على البيئة شريطة ألا تكون المحاصيل المزروعة مخصصة للاستهلاك الطازج.

تم اقتراح تحسينات، مثل استخدام المعالجة المكثفة العالية لخفض مستوى الكائنات الحية الدقيقة وإزالة النترات والنترات والفوسفور بشكل كامل بهدف استخدام المياه المعالجة في الري مع متابعة دورية لتحديد مستوى الجودة الصحية لمياه الصرف الصحي المعالجة عند خروجها من المحطة.

**الكلمات الهامة:** المياه المستعملة, المعالجة تقنية, إعادة استخدام, محطة معالجة, الفيزيائية-الكيميائية, البكتيرية.

## Summary

The reuse of treated wastewater in agriculture has proven to be a promising solution to address the challenges associated with the scarcity of freshwater resources, particularly in Algeria. When carried out rigorously and in compliance with quality standards, this practice offers multiple benefits: preservation of potable water resources, improvement of agricultural productivity, and reduction of production costs.

This study is conducted within the context of the reuse of wastewater from the wastewater treatment plant of Sidi Ali commune. Its primary objective is to assess the efficiency of the biological treatment using activated sludge. This thesis focuses on evaluating the performance of this plant with a detailed description of the processes implemented. A measurement campaign was carried out to assess the physico-chemical and bacteriological parameters of the effluents. The results obtained show that the plant meets the regulatory standards for most parameters, except for an excess of orthophosphates caused by the absence of chemical treatment in the wastewater treatment plant. The presence of various germs can be explained by the absence of disinfection treatment.

The results have shown the suitability of these waters for irrigation without major negative impacts on the environment, provided that the crops grown are not intended for raw consumption.

Improvements have been proposed, such as the use of tertiary treatment to reduce the level of microorganisms and to completely eliminate nitrites, nitrates, and phosphorus in order to use the treated water for irrigation with periodic monitoring to determine the sanitary quality level of the treated wastewater at the outlet of the station.

**Keywords :** wastewater, treatment, purification, reuse, station, physico-chemical, bacteriological



# **Introduction général**

# Introduction générale

---

## Introduction générale

La sécurité hydrique, constitue désormais l'enjeu vital du 21ème siècle. Deux milliards de personnes vivent dans les pays soumis à un stress hydrique élevé et environ quatre milliards de personnes font face à une grave pénurie d'eau au moins un mois par an soit trois personnes sur dix n'ont pas accès à l'eau potable en toute sécurité (UNESCO, 2019).

Le volume d'eau utilisée dans le monde a progressé plus de deux fois plus que le taux de croissance de la population, et un nombre grandissant de régions atteint la limite au-delà de laquelle il n'est plus possible de fournir des services fiables d'approvisionnement en eau (pour différents usages) (FAO, 2007). La croissance démographique et le développement économique exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau, renouvelables mais limitées, notamment dans les régions arides. Il est estimé qu'à l'horizon 2025, 1,8 milliard de personnes vivront dans des pays ou des régions disposant de moins de 500 m<sup>3</sup> d'eau renouvelable par an et par habitant (FAO, 2007). Dans les pays de la marge sud de la Méditerranée et notamment dans la région arabe, connue pour son climat aride à semi aride, la pénurie d'eau sera un fait marquant. La totalité des pays de cette région tombent sous le niveau de pénurie de 500 m<sup>3</sup> d'eau renouvelable par personne et par an (Hamoda, 2004). Presque toutes les ressources accessibles d'eau douce dans la région sont déjà mobilisées. Par conséquent, il est normal de se tourner vers des ressources d'eau non conventionnelles pour satisfaire l'accroissement de la demande. Plusieurs pays de la région (comme les Etats du Golfe) ont fait de grands efforts en matière de dessalement de l'eau de mer afin de satisfaire la demande de leurs populations urbaines (Qadir & al, 2007). Cependant, en raison du coût élevé associé à cette technologie, son adoption est généralement limitée aux usages domestiques dans des pays à haut revenu. D'autres options, comme l'utilisation de l'eau de drainage, les eaux de qualité marginale à salinité élevée et les eaux usées peuvent être aussi valorisées pour l'irrigation afin de préserver les ressources en eau de bonne qualité pour la potabilisation (Qadir & al, 2007 ; FAO, 2007). Parmi les domaines de réutilisation possible des eaux usées, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En fait, l'agriculture consomme plus 70 % des ressources en eaux notamment dans les pays en développement tels que les pays arabes (Hamoda, 2004). Actuellement, les eaux usées non traitées sont utilisées dans l'irrigation de 10 % des récoltes dans le monde selon une première étude mondiale sur l'irrigation par les eaux usées (Scott & al, 2004). Ces eaux procurent à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libèrent un volume supplémentaire d'eau de bonne

## Introduction générale

---

qualité pour des utilisations prioritaires. Elles constituent en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées (**Papaiacovou, 2001**). Par ailleurs, le contenu de ces eaux en éléments nutritifs, notamment en azote, potassium et phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols. L'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les zones de rejets, telles les lacs et étangs. Si cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel d'apport de matières fertilisantes, elle peut être également une source de pollution. Son contenu en éléments traces organiques et métalliques et en pathogènes ainsi que sa teneur élevée en azote peuvent présenter un risque pour l'environnement et la santé humaine.

Pour une meilleure utilisation des eaux usées traitées, une des mesures prises consiste à assurer un suivi périodique et régulier de l'utilisation de ces eaux. Un tel suivi est sanctionné par une évaluation de leur impact sur le sol et une recherche des solutions idoines pour résoudre les éventuels problèmes qui peuvent se poser.

En Algérie, les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau, au même titre que les eaux superficielles et souterraines. Sa réutilisation non traitées est formellement interdite par la loi n° 83-03 du 5 février 1983, relative à la protection de l'environnement et la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, portant le code des eaux. Les valeurs maximales de rejets d'effluents liquides par les établissements industriels sont définies par le décret 93-160 du 10 juillet 1993 qui charge également les Inspections de l'Environnement des wilayas (IEW) d'effectuer les contrôles.

Une stratégie nationale d'utilisation optimale, d'économie et de la protection des ressources en eau contre les effets de la pollution a été prise en considération par les pouvoirs publics algériens dès 1970. C'est ainsi qu'à la fin de 1990, l'Algérie comptait au moins 36 stations en exploitation. Le nombre a passé à 200 STEP en 2015, avec une capacité d'épuration estimée à 12 millions Eq/H, soit 800 hm<sup>3</sup>/an sur un volume d'eau rejeté estimé à 1.4 milliard m<sup>3</sup>/an. Actuellement on dispose de 211 systèmes épuratoires en exploitation avec une capacité installée globale de 17.6 millions équivalent habitants (1022 millions m<sup>3</sup>/an). Soit un volume d'eaux usées épurées actuellement de 480 hm<sup>3</sup> /an qui représente 47% de la capacité installée, dont seulement 10% (50 millions m<sup>3</sup>/an) sont réutilisés en agriculture (**MH, 2023**).

## Introduction générale

---

L'objectif de ce travail est d'évaluer les performances épuratoires des stations d'épuration des eaux usées. Pour atteindre cet objectif, nous avons choisi un site d'étude qui est la station d'épuration des eaux usées de la commune de Sidi Ali (STEP Sidi Ali) en analysant les paramètres physicochimiques et bactériologiques pour vérifier la conformité des effluents, tout en s'appuyant sur la qualité des rejets traités pour l'irrigation .

Ce travail est présenté en deux parties l'une théorique et l'autre expérimentale.

La partie théorique comporte trois chapitres:

- Le premier chapitre consiste en un rapport général sur le stress hydrique.
- Le deuxième chapitre consiste en un rapport général sur les eaux usées.
- Un troisième chapitre consacré à la réutilisation des eaux usées traitées.

La partie expérimentale comporte quatre chapitres :

- Un quatrième chapitre représente les caractéristiques générales de la région d'étude.
- Un cinquième chapitre consacré à une présentation de la STEP de Sidi Ali.
- Un sixième chapitre est consacré aux méthodes et techniques expérimentales.
- Avant de conclure ce travail, un septième et dernier chapitre est consacré à la discussion et l'interprétation des résultats obtenus.

Le travail est achevé par une conclusion générale résumant les principaux résultats de cette étude.

# **Partie**

## **Bibliographique :**

# **Chapitre I**

## **Stress Hydrique**

# Chapitre I : Stress Hydrique

---

## Introduction

Qu'elle soit utilisée pour la consommation humaine, l'agriculture, les loisirs, le transport ou la production d'énergie, l'eau à une valeur incontestable. Bien qu'en théorie elle existe en quantité suffisante pour combler tous les besoins des populations humaines, elle est répartie de façon inégale à la surface de la terre (**Anctil, 2008**). Notre planète contient un volume d'eau total d'environ 1,4 milliard de km<sup>3</sup>. Cette quantité d'eau demeure la même depuis son apparition sur Terre. Ces 1,4 milliard de km<sup>3</sup> se composent de 97,17 % d'eau salée et de 2,83 % d'eau douce. Ils forment l'hydrosphère, c'est-à-dire l'ensemble des réserves d'eau de la Terre. L'eau salée couvre 2/3 de la surface de la Terre et se trouve dans les mers, les océans et les banquises. Le sel qu'elle contient provient des roches et des minéraux qui sont entrés en contact avec elle. L'eau douce provient essentiellement des précipitations. On la trouve à différents niveaux :

- à 76 % dans les glaciers
- à 22,5 % sous la terre : nappes phréatiques et nappes profondes et captives
- à 1,26 % sur la terre : eaux de surface (lacs, rivières, étangs...)
- à 0,04 % dans l'air : nuages, pluies, brouillard, brume

La principale source d'eau douce de la planète provient de la fonte des glaces de la calotte glaciaire et des glaciers (**C.I.EAU, 2024**).

La pénurie d'eau dans le monde est devenue l'une des préoccupations les plus importantes des gestionnaires. Selon le sommet de Kyoto en 2003, deux milliards de personnes n'auraient pas d'accès à l'eau potable en 2015. Les pays méditerranéens font partie des régions les plus touchées par ce problème (**Bdour & al, 2009**). Pour satisfaire les besoins croissants liés à la démographie urbaine, il est possible de : lutter contre les gaspillages individuels ou collectifs, accélérer le cycle naturel de renouvellement des ressources et créer de nouvelles ressources grâce au dessalement et au recyclage de l'eau usée traitée (**Salgot & Huertas, 2006 ; Aitnouh & al, 2012**).

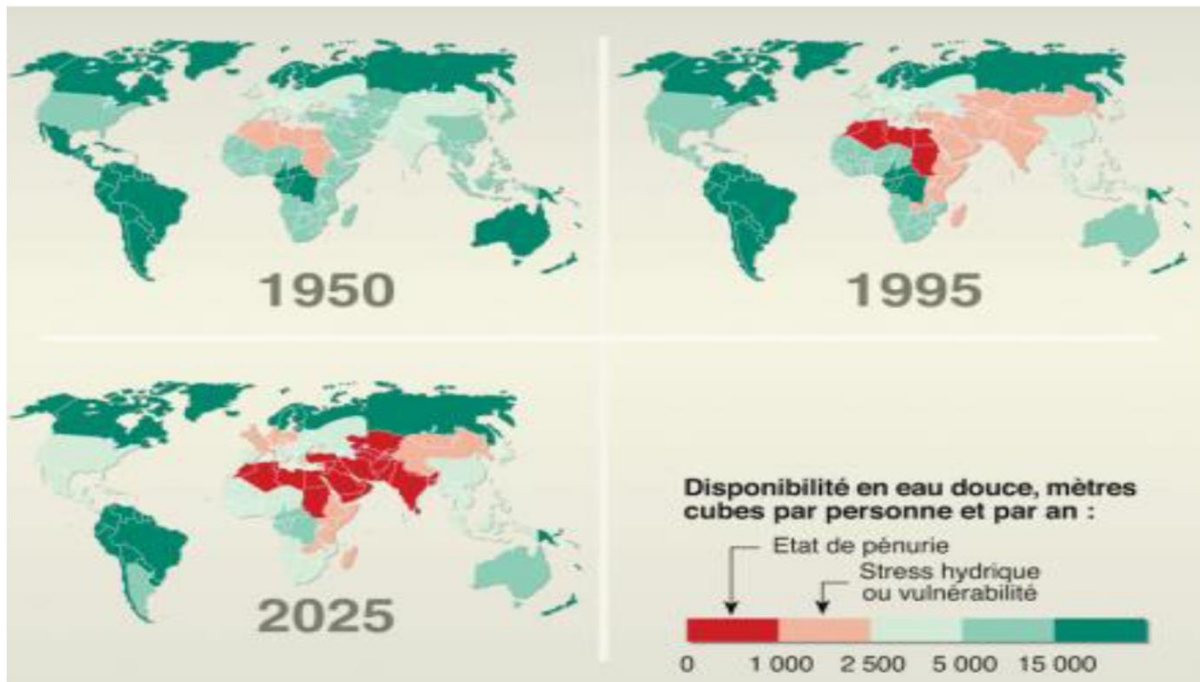


Fig I.1. Disponibilité en eau douce (Unesco, 1999)

### I.1. Sources d'eau

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois types de ressources naturelles :

- Les eaux souterraines.
- Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs).
- Les eaux salines (eaux de mer et saumâtres).

Selon Dégréement (2005) l'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge de très divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle.

#### I.1.1. Eaux souterraines

Eaux souterraines ce sont les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (Dégréement, 2005).





**Fig.I.2.** Eaux souterraines (VectorMine, 2019)

## I.1.1.1.Nappes

L'aquifère, ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (MRE, 2022), elle constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les pores des roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (Pomerol & al 1997). Les nappes peuvent être classées en deux différents types de nappes :

### ➤ Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable.

### ➤ Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (Bonnin, 1982).

## I.1.2.Eau de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (Dupont ,1969).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versant, elles sont généralement riches en gaz dissous (Cardot, 1999).

## Chapitre I : Stress Hydrique



**Photo. I.1.** Eau de surface (Garcia.J, 2022)

Le tableau. I.1 montre les différences les plus importantes entre les eaux de surface et les eaux souterraines, parmi les plus importants paramètres température, Turbidité, Couleur, CO<sub>2</sub> agressif, O<sub>2</sub> dissout, H<sub>2</sub>S, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Nitrates, Silice..... Ces paramètres varient selon les saisons, la nature de sol, la pluie, les polluants...

**Tableau. I.1.** Différence entre eaux souterraines et eaux surfaces (**Kettab.A, 1992**)

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité	Niveau variable parfois élevé	Faible ou nulle
Couleur	Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue, ...) excepté pour les eaux acides et très douces.	Principalement dû aux solides dissous
Contenu minéral	Varie avec le sol, les effluents, les pluies, ...	Généralement plus important que pour l'eau de surface
Fer et Mn en solution	Généralement pas sauf pour au fond des lacs et dans le processus d'eutrophisation	pour un même endroit Présent
CO <sub>2</sub> agressif	Pas présent Quantité	Souvent présent en grande Quantité
O <sub>2</sub> dissout	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très Polluées	Généralement peu présent
H <sub>2</sub> S	Pas présent	Souvent présent
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Seulement dans des eaux polluées	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau parfois important
Silice	Généralement en proportion modérée	Niveau souvent important
Micropolluants d'origine organique et minérale	Présent dans l'eau des pays développés mais est susceptible de disparaître rapidement une fois la	Normalement pas mais une pollution accidentelle a des effets à très long terme

## Chapitre I : Stress Hydrique

	source éliminé	
Organismes vivants	Bactéries, virus, plancton (animal ou végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées
Solvants chlorés	Rarement présent	Souvent présent

### I.1.3.Eau saline

Une eau saline est composée d'eaux naturelles qui contiennent Une grande quantité de sels, l'eau salée, l'eau alcaline... et l'eau continentale qui contient une forte concentration en sels.

Elles concernent principalement deux types d'eaux salées diffère :

- L'eau de mer
- Les eaux saumâtres

#### I.1.3.1.Eau de mer

L'eau de mer est définie comme une solution complexe consiste en tous les éléments essentiels de la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), de matière organique (teneur comprise entre 0,5 et 2 mg), et bien sûr de dissoudre les gaz dans l'atmosphère. L'eau de mer est alcaline faible. Le pH est compris entre 7,5 et 8,4 (**Rapinat, 1982**), la salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L (**Huot, 2010**). Cette salinité peut être différente, la plus faible est rencontrée à la mer Baltique (17 g/L) tandis que la salinité la plus élevée est trouvée à la mer morte (270 g/L) (**Degrémont, 1989**)



**Photo. I.2.** Eaux de Mer (Jouvin.M, 2024)

#### I.1.3.2.Eaux saumâtres

L'eau saumâtre est une eau salée non potable, sa salinité est inférieure à celle de l'eau de mer (**Huot, 2010**). Maurel (2006) affirme que, la plupart des eaux saumâtres ont une salinité

## Chapitre I : Stress Hydrique

---

comprise entre 1 et 10 g/L, la composition chimique des eaux souterraines saumâtres dépend de la dissolution des roches rencontrées, de la vitesse de circulation de l'eau et donc du temps de contact, de la solubilité des ions dissous et de l'évaporation. Soutient que les principaux sels dissous sont le CaCO<sub>3</sub>, le CaSO<sub>4</sub>, le MgCO<sub>3</sub> et le NaCl (**Huot, 2010**).

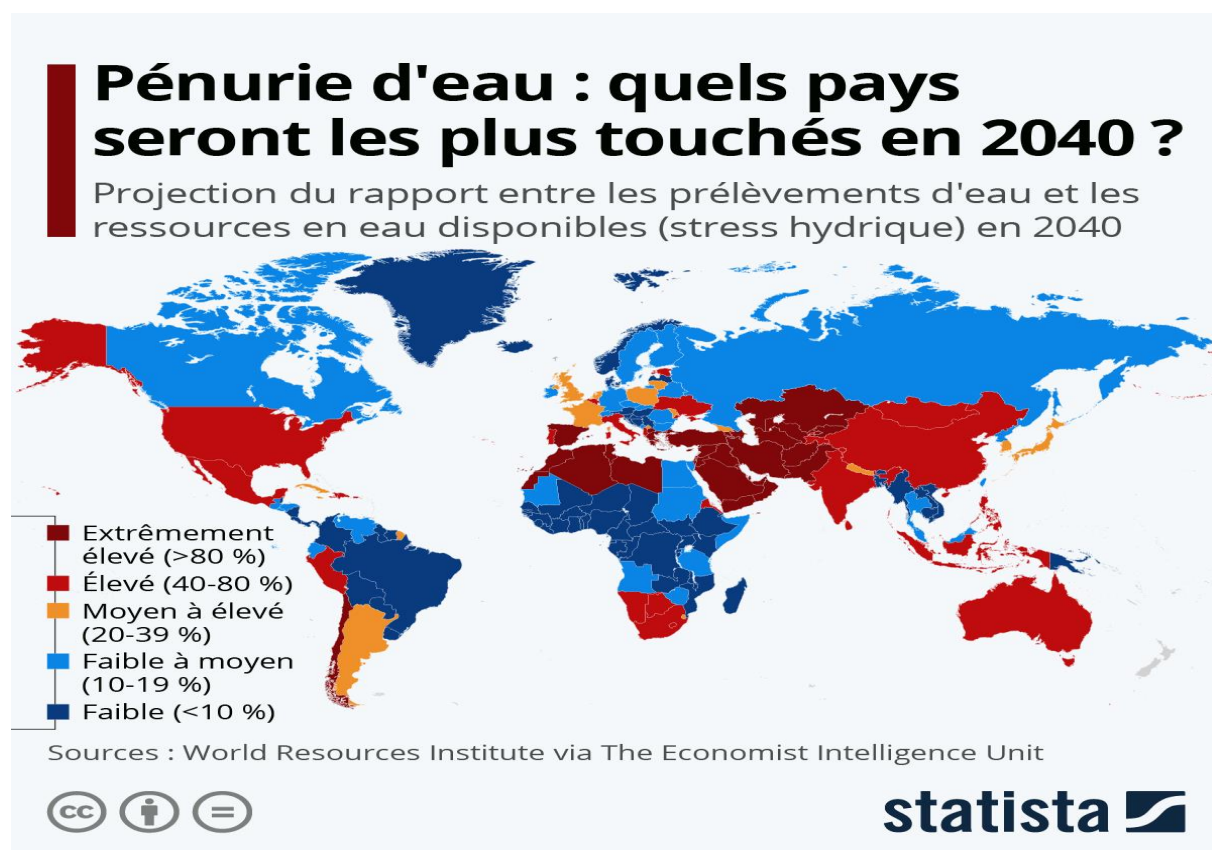
### I.2. Le stress hydrique

#### I.2.1. Définition

Le stress hydrique qualifie une situation critique dans laquelle soit les ressources en eau disponibles sont inférieures à la demande, soit la qualité de l'eau nécessite d'en limiter l'usage (si l'eau est non potable, saumâtre ou polluée par exemple). Concernant les ressources en eau, on parle aussi bien de stress hydrique que de pénurie d'eau ou encore de rareté. Selon l'Organisation mondiale de la Santé, chacun de ces termes correspond à une quantité d'eau disponible par an et par habitant. Le stress hydrique correspond par exemple à 1 700 m<sup>3</sup> d'eau par an et par habitant tandis qu'on parle de pénurie entre 1 700 m<sup>3</sup> et 1 000 m<sup>3</sup>. En dessous de cette quantité, on évoque une rareté de l'eau. (**Revue Geo, 2023**)

#### I.2.2. Les pays concernés par le stress hydrique

Dans les zones touchées par le stress hydrique (dont la demande en eau dépasse sa disponibilité), l'eau devient un enjeu non seulement sanitaire, mais économique et politique. (**C.I.EAU, 2024**)



**Fig. I.3.** les pays les plus menacés par le stress hydrique à horizon 2040

(World Ressource Institute Statista, 2022)

Selon la définition de l'ONU, "lorsqu'un territoire prélève 25 % ou plus de ses ressources renouvelables en eau douce, on considère qu'il est en situation de stress hydrique". À l'échelle mondiale, seulement un peu plus de 18 % du total des ressources renouvelables en eau douce étaient prélevées en 2018. Mais à l'échelle régionale cependant, certains territoires connaissent déjà de graves problèmes de pénurie d'eau. Dotés d'un climat naturellement aride ou semi-aride, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient présentent les niveaux de stress hydrique les plus élevés au monde et subissent déjà de plein fouet les effets du changement climatique. Ailleurs sur la planète, certains pays d'Asie centrale et du Sud, mais aussi d'Amérique latine et d'Europe (Espagne, Italie,...) sont déjà classés en niveau de risque "élevé".

Comme le montrent les projections du World Resources Institute pour 2040, la raréfaction des ressources en eau est malheureusement amenée à s'aggraver. Un rapport de l'Economist Intelligence Unit indique que "l'urbanisation galopante, la croissance démographique, le changement climatique et le développement économique exercent une pression sur les systèmes d'approvisionnement en eau". Selon les prévisions, 44 pays seront confrontés à des niveaux de stress hydrique "extrêmement élevés" ou "élevés" à l'horizon 2040. Comme l'avertit ce rapport, "dans le même temps, l'élévation du niveau des mers place un nombre

## Chapitre I : Stress Hydrique

---

croissant de territoires, notamment en Asie de l'Est et du Sud-Est, dans une situation de risque accru d'inondations, pouvant submerger les systèmes d'assainissement et polluer les sources d'eau potable" (Gaudiant.T, 2022).

### I.2.3. Les grandes causes du stress hydrique

- Augmentation de la population mondiale.
- Modification des modes de consommation (essentiellement liés à l'amélioration du niveau de vie) et conduisant parfois à un gaspillage de l'eau.
- Agriculture intensive (irrigation des cultures).
- Dérèglement climatique (sécheresses, canicules, inondations...).
- Déforestation.
- Pollution (principale causée par les rejets industriels).
- Réchauffement climatique entraînant l'émission de gaz à effet de serre.
- Enfin, l'évaporation de l'eau peut, dans certains pays très chauds, provoquer une situation de stress hydrique. (C.I.EAU, 2024)

### I.2.4. Les conséquences du stress hydrique

Le stress hydrique se constate en premier lieu sur la végétation. Pendant ces situations critiques, les plantes et autres arbres réduisent leur croissance ce qui peut entraîner d'importantes conséquences sur les ressources alimentaires. Et lorsque la végétation est plus sèche, les risques de feux de forêt sont aussi accrus.

La qualité de l'eau peut aussi être impactée. La surexploitation des nappes souterraines et superficielles entraîne une dégradation de l'eau à cause notamment de la pollution par des matières organiques, l'apparition d'espèces végétales et animales invasives qui perturbent l'écosystème habituel ou encore des intrusions d'eaux salines dans les cours d'eau douce.

Les ressources en eau deviennent alors un enjeu sanitaire, économique et politique global. Il s'agit de gérer l'approvisionnement en eau, mais aussi les sources de pollution, ce qui a des conséquences sur la santé publique et la gestion des déchets. D'ailleurs l'ONU estime que d'ici à 2025, un tiers de la population mondiale sera concernée par le stress hydrique. (Revue GEO, 2023).

### I.2.5. Solution

Pour réduire le stress hydrique, la première chose à faire est d'éviter de gaspiller les ressources en eau. Chaque geste individuel compte, comme le fait de prendre des douches

## Chapitre I : Stress Hydrique

---

plutôt que des bains, de ne pas laisser couler l'eau lorsqu'on se lave les mains, etc. Mais à plus grande échelle, il existe aussi des solutions. Le dessalement de l'eau de mer par la technique de l'osmose inversée ou bien par la technologie thermique d'évaporation permet par exemple de produire de l'eau douce sans puiser dans les nappes phréatiques, ou encore le traitement des eaux usées pour l'usage domestique, agricole ou industriel. **(Revue GEO, 2023)**

### I.2.6. Stress hydrique en Algérie

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau. De part son appartenance à la zone géographique du "Middle-East and North Africa (MENA)" et la quasi-totalité de son territoire (87%) classé en zone désertique, sa pluviométrie moyenne annuelle varie de 1600 mm dans l'extrême nord-est à 12 mm à l'extrême sud-ouest. Néanmoins, la pluviométrie moyenne du territoire, toutes zones confondues n'est que de l'ordre de 89 mm. De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau.

En effet, avec moins de 500 m<sup>3</sup>/habitant/an d'eau renouvelable, l'Algérie dispose de moins de 50% du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. Afin d'assurer sa sécurité alimentaire à la fin de la prochaine décennie, il faudra mobiliser entre 15 et 20 milliards de m<sup>3</sup>/an, tout en sachant que les potentialités du pays ne sont que de 17 milliards de m<sup>3</sup>/an et que la mobilisation actuelle n'est que de 5 à 6 milliards de m<sup>3</sup>/an. **(Mouhouche.B, 2012).**

L'hydrologie a été complètement bouleversée, rendant les modèles classiques de prévision obsolètes et dépassés. Les épisodes de sécheresse sont devenus beaucoup plus récurrents et prolongés alors que les saisons des pluies sont décalées vers le printemps (mars, avril et mai) et impactent parfois l'agriculture pluviale. **(MRE ,2021).**

L'accélération des effets des changements climatiques conjuguée à la progression constante de la demande, ont sévèrement impacté le potentiel hydrique national et font de l'Algérie, le 29<sup>ème</sup> pays au monde souffrant le plus du stress hydrique, selon le dernier rapport du World Resources Institute. **(MRE ,2021).**

L'eau en Algérie est rare, fragile et inégalement répartie sur le territoire national. Menaçant de générer de l'instabilité sociale et d'aggraver les inégalités territoriales, elle nécessite une réponse politique urgente et devrait être considérée comme l'un des principaux garants de la paix sociale au niveau du pays et un facteur de soutenabilité et de résilience de son futur modèle de développement. **(MRE ,2021)**

## Chapitre I : Stress Hydrique

---

### I.2.6.1. Le secteur de l'eau en Algérie

Pour le pays, la sécurité hydrique devient ainsi une priorité pour les années à venir. Présentement, l'Algérie mobilise annuellement, 11,20 milliards de m<sup>3</sup> d'eau destinés aux usages agricole (7,31 milliards m<sup>3</sup>/an), domestique (3,60 milliards m<sup>3</sup>/an) et industriel et de services (0,30 milliard m<sup>3</sup>/an). L'origine de ce volume global est constituée:

- Des eaux souterraines 6,60 milliards m<sup>3</sup> (58,9 %),
- Des eaux superficielles : 3,80 milliards m<sup>3</sup> (33,9 %),
- Du dessalement d'eau de mer : 0,76 milliard m<sup>3</sup> (6,8 %)
- Des eaux usées épurées : 0,05 milliard m<sup>3</sup> (0,4 %).

L'offre nationale en eau potable est de l'ordre de 3,6 milliards de m<sup>3</sup>/an, elle provient à 50% des eaux souterraines, à 33% des eaux superficielles et à 17% des eaux dessalées.

Pour sa part, le volume alloué annuellement aux activités agricoles (7,20 milliards m<sup>3</sup>) a pour origine :

- les eaux souterraines (83%),
- les ressources des barrages et retenues (8%) destinées principalement aux grands périmètres d'irrigation,
- l'épandage de crues, les mares et la réutilisation des eaux usées épurées (2%)
- l'exploitation des cours d'eau (7%). (MRE ,2021)

La diversification des ressources en eau, une priorité donnée à l'offre d'importants efforts ont été entrepris par le gouvernement algérien depuis le début de la décennie 2000 pour mobiliser de nouvelles ressources en eau. Si ces initiatives visaient initialement à répondre prioritairement aux usages domestiques, elles entendent depuis peu offrir de nouvelles capacités à l'eau agricole. Pour répondre à cette demande croissante, des investissements massifs ont été engagés qui se traduisent par une augmentation du parc de barrages et de retenues collinaires, un recours accru au dessalement de l'eau de mer et à la réutilisation des eaux usées. (Mozas.M & Ghosn.A, 2013).

### I.2.6.2. Les principaux axes de la stratégie nationale de l'eau et de la sécurité hydrique

Pour répondre à cette problématique du stress hydrique, la stratégie adoptée est basée sur quatre (04) principes fondamentaux :

- Prioriser la mobilisation de ressources en eau pérennes (non impactées par les changements climatiques).
- Développer et préserver la ressource.
- Accompagner le renouveau économique agricole et industriel.



## Chapitre I : Stress Hydrique

- Asseoir un modèle de gouvernance de l'eau moderne et performant.

Cette stratégie repose sur la mise en œuvre des actions fondamentales ci-après :

- Poursuivre la mobilisation des eaux conventionnelles (superficielles et souterraines)
- Faire du dessalement d'eau de mer la principale ressource d'eau potable
- Accélérer le développement de la réutilisation des eaux usées épurées
- Soutenir le développement Hydro-agricole
- Mise à disposition de quantités d'eau au profit des agriculteurs :
  - Développement de l'agriculture saharienne
  - Programme d'irrigation d'appoint du segment céréalier :
    - ✓ L'irrigation à l'intérieur des Grands Périmètres d'Irrigation (GPI) gérés par l'ONID
    - ✓ L'irrigation à l'aval des barrages
    - ✓ L'exploitation de petits ouvrages de mobilisation
    - ✓ L'irrigation par les Forages
      - Développement et vulgarisation des techniques d'économie de l'eau agricole
- Améliorer l'accès à l'eau potable
- Renforcement de l'accès à l'assainissement et lutte contre les inondations
- Gestion stratégique de la ressource (**MRE ,2021**).

**Tableau. I.2.** Principaux indicateurs sectoriels (MH ,2024)

Désignations	unité	2019	2024
Barrages en exploitations	nombre	80	81
Capacité des barrages	milliards	8,6	8,6
Forages en exploitation	nombre	26160	27351
Capacité des forages	Millions de m <sup>3</sup>	26	27 ,02
Retenues collinaires	nombre	592	604
Capacité des retenues collinaires	Millions de m <sup>3</sup>	297	300
Stations de dessalement (grandes SDEM)	nombre	11	13
Capacité des stations de dessalement	m <sup>3</sup> /jour	2110000	2250000
Station de dessalement (SDEM « type monobloc »)	nombre	11	13
Capacité des stations monoblocs	m <sup>3</sup> /jour	70000	85000
Station d'épuration des eaux usées STEP	nombre	190	215

## Chapitre I : Stress Hydrique

---

Capacité des STEP	m <sup>3</sup> /jour	2375190	2840657
-------------------	----------------------	---------	---------

### Conclusion

Le développement socio-économique d'un pays, d'une région, est un objectif principal de tout gouvernement; hélas, cela affecte inévitablement les ressources d'eau tant sur la qualité du fait de la pollution domestique et industrielle que sur la quantité puisque la consommation augmente de façon vertigineuse. Il est désormais largement admis que la mise en place d'un développement durable exige de mettre en équation des préoccupations sociales et économiques avec des préoccupations environnementales en tenant compte du facteur essentiel et limite, à savoir l'eau (**Benfetta.H, 2023**).

# **Chapitre II**

## **Les Eaux Usées**

## Chapitre II : Les Eaux Usées

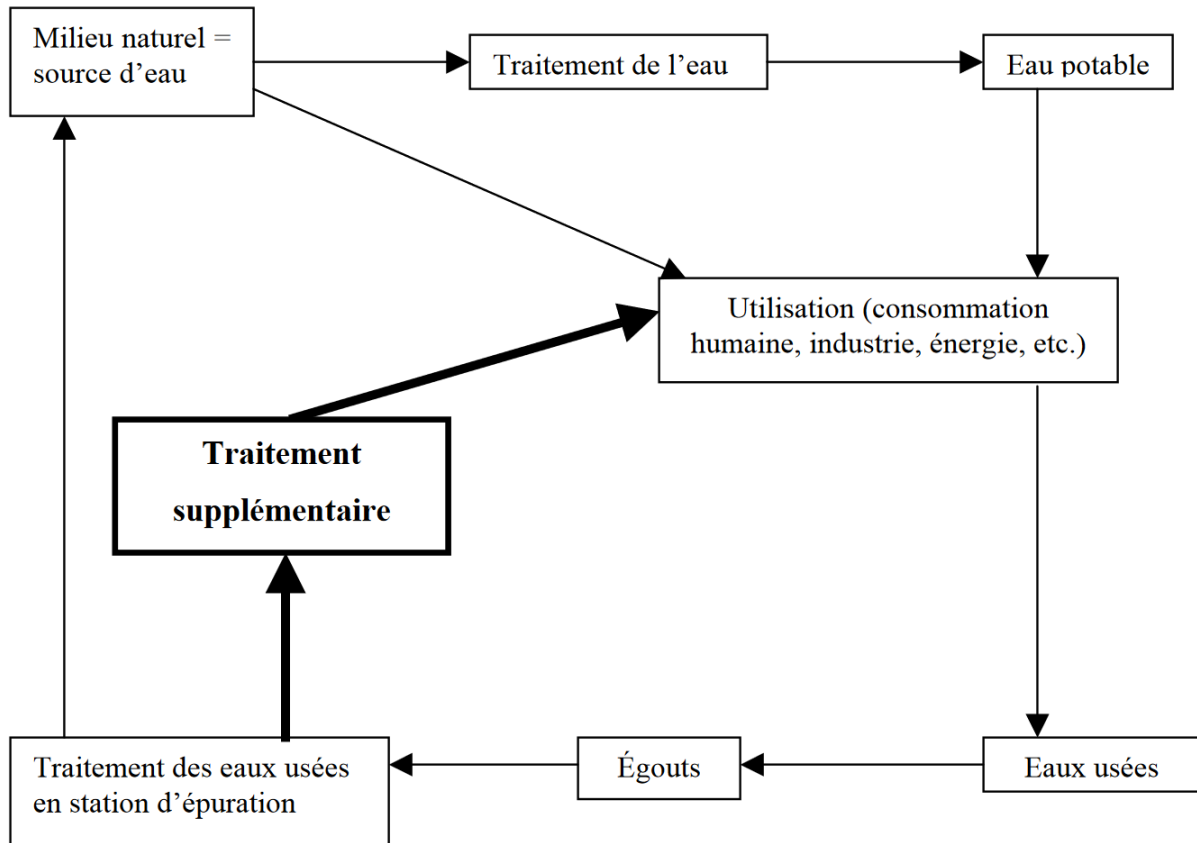
---

### Introduction

L'eau est altérée par l'activité humaine qu'elle soit domestique, industrielle, artisanale, agricole... En effet, après usage, l'eau est dite « polluée » et se doit d'être traitée avant de rejoindre le milieu naturel. Sans cela, elle pourrait causer de graves dommages car la capacité naturelle d'épuration des cours d'eau a pour effet de consommer l'oxygène de la rivière. Ce qui n'est pas sans conséquences sur la flore et la faune aquatiques. Lorsque l'importance du rejet excède la capacité d'autoépuration de la rivière, la détérioration de l'environnement peut être durable et les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates favorise le phénomène d'eutrophisation, soit la prolifération d'algues nuisible à la faune aquatique, pouvant rendre la baignade dangereuse et perturber la production d'eau potable (**C.I. EAU, 2024**)

Dans les régions souffrant d'une pénurie d'eau, les eaux usées ne sont plus considérées comme déchets à éliminer mais comme partie intégrante des ressources potentielles en eau. D'après la figure II.1, la valorisation des eaux usées passe obligatoirement par deux étapes essentielles. La première étape est la collecte des eaux usées. Cette étape nécessite l'installation d'un réseau d'égouts ouvrant les différents secteurs urbains. En effet, la nature et les volumes des eaux usées collectées sont les facteurs les plus déterminants pour le choix du procédé de traitement et bien entendu, pour le dimensionnement des stations d'épuration. Ainsi, l'installation des stations d'épuration constitue la deuxième étape du schéma générale de valorisation des eaux usées, bien que dans certain pays, en voie de développement, ces eaux sont encore réutilisées à l'état brut. Les influents une fois traités, au lieu d'être déverser dans le milieu naturel, vont être réutilisé pour différents usages. Dans certains pays où les normes de réutilisation sont drastiques, ces eaux usées vont subir des traitements supplémentaires pouvant aller jusqu'à la désinfection. En effet, c'est la finalité d'usage qui définit le niveau de traitement complémentaire.

Après traitement, on les appelle des eaux usées épurées. Celles-ci sont rejetées dans le milieu naturel. La réutilisation des eaux usées épurées REUE propose de récupérer directement ces eaux usées épurées, de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages. On constate (figure II.1) que la REUE agit à deux niveaux : premièrement elle évite les rejets d'eaux issues de stations d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire. En quelque sorte, le cycle d'assainissement de l'eau est « court-circuité » (**Baumont & al 2005**).



**Fig II.1.** Intégration des eaux usées traitées dans le cycle générale des ressources en eau. (Baumont & al 2005)

### II.1.Origine des eaux usées

La composition des eaux usées dépend de leur origine ou, dit autrement, de leur nature. On distingue trois grandes catégories d'eaux usées : les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles et les eaux usées pluviales (Lagarte.M, 2004).

#### II.1.1.Les eaux usées domestiques

Ce sont d'une part, les eaux-ménagères (ou eaux grises) que nous consommons chaque jour (principalement dans la salle de bain et la cuisine pour se laver, faire la vaisselle, nettoyer le linge etc.), et d'autre part les eaux-vannes (ou eaux noires) qui viennent des toilettes charriant l'urine et les matières fécales. Ces eaux usées domestiques contiennent divers agents polluants pouvant devenir pathogènes. (C.I.EAU, 2024)

- **Les eaux ménagères**

Elles renferment des matières en suspension et des matières dissoutes organiques ou minérales provenant de lavage des sols ou des légumes. Le développement de l'équipement

## Chapitre II : Les Eaux Usées

---

ménager et notamment la généralisation de l'emploi des machines, une forte augmentation du volume des eaux ménagères qui s'est accompagnée d'une dilution des apports polluants **(Bontoux .J, 1993)**.

- **Les eaux de vannes**

Les eaux de vannes contiennent des matières minérales, de la cellulose, des lipides, des protides, de l'urée, de l'acide urique, des aminoacides, des acides gras, des alcools, des glucides, etc. **(Badia Gondard. F ,1996)**.

### **II.1.2. Eaux usées industrielles**

Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées et phosphorées, elles peuvent aussi contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds des micropolluants organiques des hydrocarbures **(MRE, 2020 ; H.Benfetta, 2023)**.

### **II.1.3 .Les eaux pluviales et de ruissellement**

Elles peuvent constituer une cause de pollution importante, peuvent se charger d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruisselant, elles se chargent des résidus déposés sur les toits, les chaussées et les sols (poussières, huiles de vidange, carburant, métaux lourds et pesticides) **(MRE, 2020 ; H.Benfetta, 2023)**.

### **II.1.4. Les eaux d'origine agricole**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation);
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,..) **(Grosclaude, 1999)**.

## **II.2. Caractéristiques des eaux usées**

### **II.2.1. Paramètres organoleptiques**

#### **II.2.1. 1.Couleur**

## Chapitre II : Les Eaux Usées

---

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. **(Rejesk, 2002).**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quant les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. **(Rodier & Al, 2005).**

### II.2.1.2. Odeur et saveur

Une mauvaise saveur peut être le résultat d'une croissance de micro-organismes occasionnels et d'une contamination de substances organochlorées, toute odeur est signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition.

## II.2.2. Paramètres physiques

### II.2.2.1. La température T

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. **(Rodier & Al, 2005).**

### II.2.2.2. La matière en suspension (MES)

Selon REJSEK (2002), la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 $\mu$ m, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension se sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s .

### II.2.2.3. La turbidité

Selon REJSEK (2002), la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée dans les eaux par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Un faible part de la turbidité peut être dû également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

### II.2.2.4. Le potentiel hydrogène (PH)

## Chapitre II : Les Eaux Usées

---

Le pH d'une eau légèrement acide est compris entre 6.5 et 7 ; et celui d'une eau légèrement alcaline est entre 7.2 et 8.3. (MRE, 2022)

### II.2.2.5. La conductivité CE

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. (Rejsek, 2002).

### II.2.3. Paramètres chimiques

#### II.2.3.1. L'oxygène dissous(OD)

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O<sub>2</sub>/ l (Rejsek, 2002).

#### II.2.3.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait-la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quelque soit leur origine organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation. (Rodier ,2005).

#### II.2.3.3. La demande biochimique en oxygène (DBO)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. (Rodier, 2005).

Selon REJSEK (2002), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO<sub>5</sub>) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.



### II.2.3.4. Le résidu sec (RS)

Le résidu sec calculé après l'évaporation d'un litre d'eau à une température de 180°C représenté par les éléments minéraux recueillis (MRE ,2022).

### II.2.3.5. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO5 exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques, par le biais des microorganismes dans des conditions données et sur une période fixée à cinq jours (MRE ,2022).

### II.2.3.6. Matière organique (MO)

Les matières vivantes, morte ou déjections d'organismes vivant retrouvés dans l'eau et la partie non décomposé de la pollution organique est considérée comme matière organique présente naturellement avec de faible concentration s'il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles...etc. on retrouve la matière soit sous forme dissoute soit sous forme particulaire visible. La charge de pollution organique est calculée par des techniques normalisées (MRE ,2022).

### II.2.3.7. Carbone organique total (COT)

Pour quantifier la matière organique dans l'eau soit on mesure le carbone organique total (COT) qui est une concentration en mg /L, pour une eau de surface elle varie de 2 à 10 mg/L ; On parle parfois de carbone organique dissous COD (MRE ,2022).

### II.2.3.8. Nutriments

Les nutriments sous forme azotée ou phosphorée sont présents dans les eaux usées urbaines, sous forme organique et/ou minérale. Ils sont responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques au-delà de certaines concentrations. La connaissance des teneurs en nutriments dans les eaux de rejets est donc indispensable, ils doivent être conformes aux normes de rejets dans le milieu récepteur et en prévision de traitements auxiliaires dans le cas de station d'épuration :

#### II.2.3.8.1. Le phosphore

Le phosphore se présente dans les eaux résiduaires brutes sous deux formes, organique (d'origine industrielle ou biologique provenant des matières fécales) et minérales (les ortho et poly phosphates provenant de lessive, d'engrais phosphatés) (MRE ,2022).

### II.2.3.8.2.L'azote

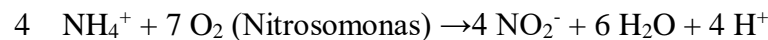
L'azote est présent dans les eaux usées sous les différentes formes chimiques suivantes : ion ammonium  $N-NH_4^+$ , ion nitrite  $N-NO_2^-$  et ion nitrate  $N-NO_3^-$ .

- Azote global = Azote Kjeldahl + Nitrites + Nitrates.

L'azote hydrolysable et l'azote ammoniacal constituent l'azote Kjeldahl NTK qui est la somme de  $N_{org.} + N-NH_4^+$ . Dans l'azote organique ( $N_{org.}$ ) sont inclus ceux des amines, des amides, de l'urée, de l'acide uréique etc.

- Nitrites ( $NO_2^-$ ) :

Les ions nitrite ( $NO_2^-$ ) sont le produit soit de l'oxydation de l'ion ammonium ( $NH_4^+$ ) dans les conditions d'aérobie par les nitrosomonas, soit de la réduction des ions nitrate ( $NO_3^-$ ) en anoxie par les bactéries hétérotrophes.



- Nitrates ( $NO_3^-$ ) :

Les nitrates constituent le produit final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau par l'action des nitrobacters en transformant les nitrites en nitrates selon la réaction suivante :  $2 NO_2^- + O_2 \text{ (Nitrobacters)} \rightarrow 2 NO_3^-$  (MRE ,2022).

### II.2.3.8.3. Métaux lourd

Les métaux lourds sont en général toxiques et peuvent inhiber la croissance microbienne et gêner ou encore annuler le processus d'épuration biologique. Par conséquent il est nécessaire d'éliminer cette pollution lorsqu'elle existe. Les métaux les plus toxiques sont le Chrome VI, le Plomb (Pb), l'aluminium (AL), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ils peuvent exister sous forme ionique et/ou sels et peuvent s'accumuler dans les boues (MRE ,2022).

### II.2.4.Les paramètres biologiques (Les microorganismes)

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

## Chapitre II : Les Eaux Usées

### II.2.4.1. Les bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées [Toze, 1999]. Les eaux usées urbaines contiennent : les entérobactéries, les streptocoques, les clostridiums.... La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de  $10^4$  germes L<sup>-1</sup>. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les salmonellas, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermo tolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau.

**Tableau II.1.** Les bactéries pathogènes dans les eaux usées (Asano 1998)

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
Salmonella	Salmonellose	Ingestion
Yersinia enterocolitica	Gastro entérite	Ingestion
Leptospira spp.	Leptospirose	Cutanée/Ingestion/Inhalation
Legionella	Légionellose	Inhalation
Campylobacter jejuni	Gastro entérite	Ingestion
Listeria monocytogènes	Listériose	ngestion
Escherichia coli	Syndrome Hémolytique et Urémique(SHU)	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	Ingestion
Salmonella Typhi	Fièvre typhoïde	Ingestion
Vibrio cholerae	Choléra	Ingestion
Mycobacterium	Tuberculose	Ingestion

### II.2.4.2. Les virus

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus (exemple: polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries. (Aulicino & al, 1996), ont constaté que, au cours de processus de traitement des eaux usées, les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux. De plus les auteurs ont détecté plusieurs virus dans les milieux récepteurs recevant des effluents traités tels que les rivières et les étangs. D'autre part, Blanc et Nasser (1996), ont

## Chapitre II : Les Eaux Usées

constaté que les virus sont plus persistants, à température ambiante, dans un sol irrigué par des eaux usées traitées que certains autres bactériophages.

**Tableau II.2.** Principaux virus présents dans les eaux usées (Asano 1998)

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	Ingestion
Parvovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Reovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée	Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion/Inhalation
Astrovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Coxsackie	Méningite, maladie respiratoire, ...	Ingestion
Echovirus	Méningite, diarrhée, ...	Ingestion
Adenovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, diarrhée, ...	Ingestion

### II.2.4. 3. Les protozoaires

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants. Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voir même plusieurs années (Campos, 2008). Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (Gennaccaro & al. 2003). Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* (Toze 1997; Toze, 2006). En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (Campos, 2008).

**Tableau. II.3.** Principaux protozoaires présents dans les eaux usées (Asano 1998)

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne	Ingestion
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiase	Ingestion
<i>Balantidium coli</i>	Dysenterie balantidienne	Ingestion
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhée, fièvre	Ingestion / Inhalation
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose	Ingestion

## Chapitre II : Les Eaux Usées

Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre	Ingestion
Microsporidium	Diarrhée	Ingestion
Naegleria	Méningite	Inhalation
Enterocytozoon spp	Diarrhée chronique, problèmes rénaux, musculaires, pulmonaires et oculaires	Ingestion

### II.2.4.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont en majorité des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 103 œufs/l (Faby & Brissaud, 1997) .

**Tableau. II.4.** Principaux helminthes présents dans les eaux usées (Asano 1998)

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
Ascaris lumbricoides	Ascariase	Ingestion
Ancylostoma duodenale	Ancylostomiase	Ingestion/Cutanée
Ancylostoma spp.	.Anémie	Ingestion/Cutanée
Necator americanus	Necatoriase	Cutanée
Strongyloides stercoralis	Strongyloïdase	Cutanée
Trichuris trichuria	Trichuriase	Ingestion
Taenia spp.	Diarrhée, douleurs musculaires	Ingestion
Enterobius vermicularis	Enterobiase	Ingestion
Hymenolepis	Nervosité, troubles digestifs,....	Ingestion
Toxocara	Fièvre, douleur abdominale	Ingestion
Echinococcus granulosus	Hydatidose	Ingestion

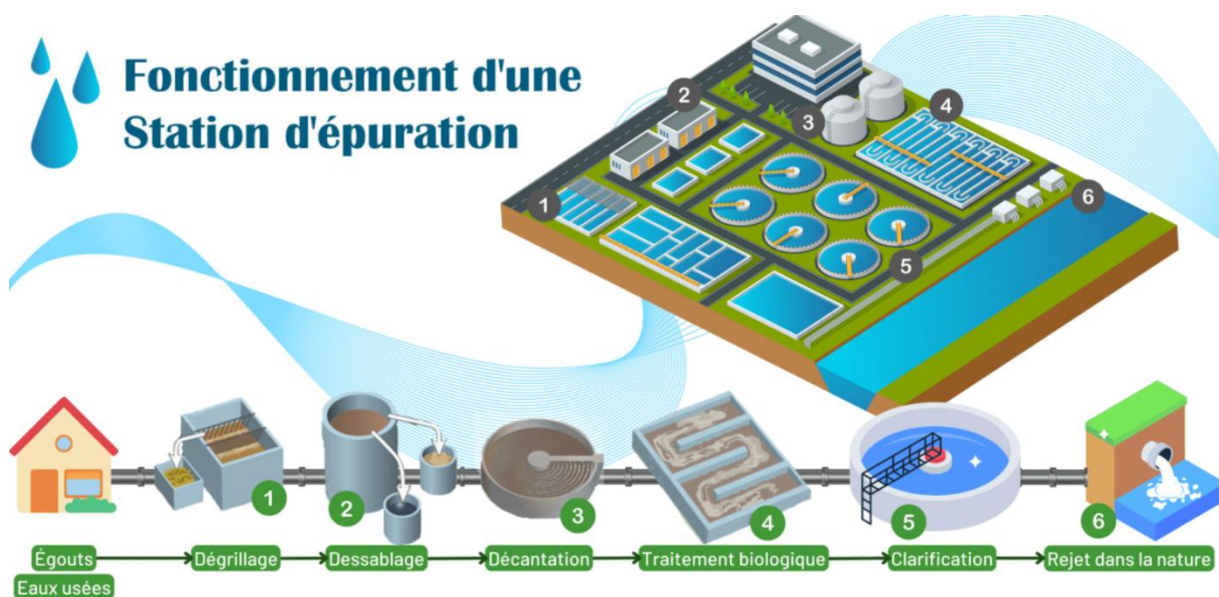
### II.3. Traitement des eaux usées

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

Une station d'épuration comporte généralement une phase de prétraitement, pendant laquelle les éléments les plus grossiers sont éliminés par dégrillage (pour les solides de grandes tailles), puis par flottaison/décantation (pour les sables et les graisses). Vient ensuite

## Chapitre II : Les Eaux Usées

un traitement dit primaire, une décantation plus longue, pour éliminer une partie des MES. Des traitements physico-chimiques et/ou biologiques sont ensuite appliqués afin d'éliminer la matière organique. Ils sont généralement suivis d'une phase de clarification qui est encore une décantation. Enfin, un traitement des nitrates et des phosphates est exigé en fonction de la sensibilité du milieu récepteur. Il existe également des traitements dits extensifs, comme le lagunage, qui combinent des traitements biologiques, physiques et naturels (MRE, 2022). La figure II.2 montre un dispositif de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activée.



**Fig. II.2.**Le principe de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activée (ORYX eleven, 2022)

### II.3.1. Les prétraitements

Les eaux brutes doivent généralement subir avant leur traitement proprement dit. Un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Selon la nature des eaux à traiter et la conception des installations, le prétraitement peut comprendre les opérations de dégrillage (principalement pour les déchets volumineux), de dessablage (pour les sables et graviers) et de dégraissage-déshuilage (pour les huiles et les graisses) (MRE, 2022).

### II.3.1.1. Le dégrillage

Les eaux usées d'origine urbaine ou industrielle qui arrivent à la station d'épuration passent d'abord à travers des grilles à barreaux plus au moins espacés ou des tamis rotatifs qui retiennent les éléments les plus volumineux (**Degrement, 2005**). Ce traitement permet de protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les déchets issus de cette étape que nous appelons les « refus de dégrillage » (**Le Hyaric, 2009**).

### II.3.1.2. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes, les graviers, le sable et les particules minérales plus ou moins fines de façon à éviter les dépôts dans les canaux, les conduites et les installations, ainsi que de protéger les unités de traitement contre l'abrasion (**Jarde.E, 2002**).

### II.3.1.3. Dégraissage – Déshuilage

Les graisses et les huiles étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau issue non seulement des habitations, mais aussi des restaurants, des garages, des chaussées, des usines, des abattoirs, ..., etc. Le dégraissage et le déshuilage permettent de récupérer grâce à des racleurs les huiles et les graisses domestiques ou industrielles qui tendent généralement à remonter en surface des eaux usées par flottation (**Jarde.E, 2002**). Ces deux procédés visent à éliminer la présence de corps gras dans les eaux usées qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient ensuite.

## II.3.2. Traitement primaire (physico-chimique)

Les procédés de traitement physicochimique font appel à des procédés physiques. Ces traitements sont la décantation, la coagulation- floculation, la flottation et la filtration.

### II.3.2.1. Décantation primaire

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation de MES et des colloïdes. C'est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité (**MRE, 2022**)

### II.3.2.2. Coagulation – Floculation

## Chapitre II : Les Eaux Usées

---

La coagulation-floculation est une méthode qui favorise la sédimentation des particules flottantes dans les eaux usées grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés artificiellement (les coagulants ou les floculats). Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et la matière organique d'une eau est essentielle.

### II.3.2.3. Flottation

La flottation est un procédé de séparation des MES dans l'eau utilisant la densité apparente plus faible de ces matières et conduisant à leur rassemblement et à leur collecte à la surface libre (Pironin, 2000).

### II.3.2.4. Filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). L'utilisation de membrane ayant des pores de plus en plus petits permettent de pousser très loin le seuil de séparation de la matière pour aller jusqu'à la rétention de molécules et de sels (Degrement, 2005).

### II.3.3. Traitement secondaire ou traitement biologique

Les traitements biologiques reproduisent artificiellement ou non les phénomènes d'auto-épuration existant dans la nature. Ils regroupent l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. Son principe est de provoquer une prolifération de micro-organismes aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent et en présence ou non d'oxygène. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non préhensible (matières colloïdales et dissoutes) en un élément manipulable (suspension de microorganismes).

Matière organique + micro-organismes + O<sub>2</sub> + N + P ==> micro-organismes + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + résidu soluble non biodégradable.

Selon que l'oxydation se produit grâce au gaz oxygène dissous dans l'eau (processus aérobie) ou qu'au contraire le processus se fasse sans oxygène (processus anaérobie). Le moteur de décomposition (aérobie ou anaérobie) des substances organiques est constitué par des enzymes catalyseurs organiques sécrétés par les organismes. On distingue les enzymes extracellulaires qui provoquent la destruction des structures moléculaires trop complexes pour pénétrer au sein de la cellule, les enzymes intracellulaires qui assurent l'assimilation et par conséquent, sont à l'origine des phénomènes vitaux provoquant la prolifération des cellules.



Les traitements biologiques sont bien adaptés pour éliminer la pollution carbonée mais également les pollutions azotées et phosphorés (Boeglin.J, 1998).

### II.3.3.1. Les différents types du traitement biologique

En traitement biologique, on distingue des procédés intensifs et d'autres extensifs

#### II.3.3.1.1. Technique intensives

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Bongiovanni, 1998). Quatre grands types de procédés sont utilisés :

- Lits bactériens.
- Bio filtre.
- Disques biologiques.
- Boues activées.

##### II.3.3.1.1.1. Lits bactériens « filtres bactériens »

Les processus des lits bactériens sont des techniques de traitement qui s'inspirent de la filtration par le sol. Le principe des lits bactériens consiste à faire ruisseler l'eau à traiter préalablement décantée sur une masse de matériaux poreux (filtrant) qui sert de support aux micro-organismes (bactéries). Ils sont généralement réalisés en forme circulaire en se basant sur les trois paramètres suivants (Bongiovanni, 1998)

- Choix des matériaux.
- Répartition de l'effluent.
- Utilisation de recyclage.

Pour un bon rendement, une aération apporte l'oxygène nécessaire aux microorganismes qui se développent sous forme d'un film biologique en surface des matériaux. Le rendement maximum de cette technique est de 80% d'élimination de la DBO5.

##### II.3.3.1.1.2. Bio-filtres

Le développement actuel des techniques par cultures fixées sur milieu granulaire vise à réaliser la réaction biologique de dégradation de la pollution par la biomasse épuratrice et la clarification par filtration de l'effluent traité. Elle ne comporte pas de clarification finale par décantation. L'ouvrage se présente comme un filtre garni en matériaux de granulométrie

suffisamment faible pour obtenir un effet de filtration efficace dans lequel l'accroissement de la biomasse et les matières en suspensions de l'effluent à traiter, retenues dans le matériau vont colmater progressivement le lit (MRE, 2022).

### II.3.3.1.1.3. Disques biologiques

Le dispositif consiste en un ensemble de disques en matière plastique, parallèles et régulièrement espacés par un axe commun. Pour constituer un tambour, les disques sont immergés à 40% approximativement dans un bassin recevant l'eau à traiter. L'écartement entre les disques qui est d'environ 2 cm qui permet la circulation de l'eau. La rotation des disques permet le contact du fil biologique qui les recouvre avec l'eau usée et l'air. C'est presque le même système que le lit bactérien traditionnel (Bongiovanni, 1998).

### II.3.3.1.1.4. Les boues activées

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène (aération) suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification). La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organismes et par conséquent, d'une demande volumique en oxygène plus importante. De plus, pour maintenir en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire. Les micro-organismes épurateurs sont en suspension dans un bassin aéré, on parle alors de procédé à boues activées. Le réacteur est alimenté en continu (eau usée) et la biomasse transforme les polluants :

- Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien.
- Par conversion de la DBO<sub>5</sub> en matières cellulaires : croissance de la culture bactérienne et des micro-organismes associés ; insolubilisations de la pollution.
- Par oxydation en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et la production de nouveau matériau cellulaire : transformation de la pollution dissoute en gaz.

Environ un tiers de la matière organique de l'eau usée doit être oxydée pour produire l'énergie requise. En conséquence, deux tiers subsistent sous forme de boues en excès (biomasse épuratrice générée). Comme dans le traitement physico-chimique des eaux usées, on aura deux phases :

- Phase biologique : transformation de la pollution dissoute en gaz ou en biomasse.
- Phase physique : séparation de la biomasse épuratrice de l'eau épurée : décantation

(MRE, 2022).

### II.3.3.1.2. Techniques extensives

Les solutions extensives correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels la concentration en organismes épurateurs est faible. Parmi ces procédés on note le lagunage (Jarde.E, 2002).

#### II.3.3.1.2.1. Le lagunage

Le lagunage secondaire utilise des mécanismes naturels pour traiter les eaux usées : bactéries, photosynthèse et pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues. Un traitement par lagunage comprend en général trois types de bassins : un bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin de maturation. Le bassin anaérobie permet de diminuer la charge en matière organique. L'anaérobiose est obtenue en apportant un effluent très chargé en matière organique. Ce type de bassin pose parfois des problèmes d'odeur, notamment à cause de la formation de composés soufrés. Le bassin facultatif permet le développement d'algues photosynthétiques qui vont produire de l'oxygène, tout en diminuant la charge en matière organique. Enfin, le bassin de maturation va permettre l'élimination des pathogènes, sous l'action conjuguée des UV et du pouvoir germicide de certaines algues.

Les bactéries pathogènes sont éliminées de 90 à 99%. L'élimination des virus est un peu moins efficace (Asano, 1998). D'après Faby et Brissaud (1997), ont écrit que pour un lagunage secondaire à plusieurs bassins dont les profondeurs sont comprises entre 0,7 et 1,2 m et pour une durée de rétention supérieure à 60 jours, la concentration finale en bactéries dans l'effluent est inférieure à 104 bactéries par litre. Si la durée de rétention est suffisante, les œufs d'helminthes peuvent être éliminés à 100% par décantation. Le lagunage secondaire est donc un moyen peu coûteux et efficace de traiter les eaux usées. Il nécessite peu de moyens financiers, techniques et humains. Cependant, il requiert une surface importante. L'efficacité du traitement dépend surtout de la durée de rétention et des conditions climatiques. Ainsi, il est moins efficace en hiver qu'en été.

### II.3.4. Le traitement tertiaire

Appelés aussi les traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants pour arriver au bout de ces polluants. Pour cela les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs.

## Chapitre II : Les Eaux Usées

---

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatifs ou complémentaires permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On distingue généralement les opérations suivantes :

- la dé-nitrification et dé-phosphatation biologique ou mixte (biologique et physico-chimique) ;
- la désinfection bactériologique (MRE, 2022).

### II.3.4.1.Élimination de l'azote

- L'ammonification : première étape de la dégradation des déchets azotés organiques. L'azote organique est converti en ammoniacque ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NH}_3^+$ ) par réaction chimique, cette réaction chimique est complète en milieu boues activées.
- La nitrification (croissance des bactéries autotrophes en phase aérobie) : en environnement aérobie, les bactéries autotrophes Nitrosomonas et Nitrobacter transforment l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) en présence d'oxygène pour se développer et produire des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) puis des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

La dénitrification (croissance de bactéries hétérotrophes en phase anoxique) : en environnement anoxique, certaines bactéries hétérotrophes consomment les nitrates, à la place de l'oxygène et le carbone pour se développer et produire de l'azote gazeux ( $\text{N}_2$ ) (MRE, 2022).

### II.3.4.2. Élimination du phosphore (de-phosphatation)

L'élimination du phosphore, ou « dé-phosphatation » peut être réalisée par des voies physicochimiques ou biologiques. La dé-phosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la dé-phosphatation biologique sont relativement complexes et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une dé-phosphatation physicochimique pour atteindre les niveaux de rejets requis (MRE, 2022).

### II.3.4.3. Les procédés de désinfection

## Chapitre II : Les Eaux Usées

---

Le procédé de désinfection est appliqué dans le cas d'un milieu récepteur sensible (zone de baignade ou de conchyliculture...) car une épuration classique n'élimine pas la pollution bactériologique. On applique une désinfection qui est assurée, le plus souvent, par ajout de chlore en sortie de station d'épuration dans un bassin de « contact », ou par des traitements aux ultra-violets.

- Le chlore est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques et avec les micro-organismes. Les traitements de purification et de clarification en amont ont une très grande importance pour permettre une bonne efficacité du traitement et éviter d'avoir à utiliser trop de chlore. D'autant plus que le coût de la dé-chloration qui permet de limiter considérablement l'effet toxique de certains produits dérivés formés lors du traitement est élevé.
- Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte. L'efficacité du traitement dépend essentiellement de deux paramètres :
  - Les lampes, doivent être remplacées régulièrement : elles sont usées au bout d'un an et demi. De plus, elles doivent être nettoyées car elles ont tendance à s'encrasser ;
  - La qualité de l'effluent, dont les MES et certaines molécules dissoutes absorbent les UV, ce qui diminue l'efficacité des lampes (**MRE, 2022**).

### Conclusion

L'eutrophisation est, rappelons-le, un enrichissement en nutriments (composés azotés et phosphorés utilisés par l'activité humaine, industrielle et agricole.

Les conséquences de l'eutrophisation des eaux de surface sont multiples : Le développement excessif d'algues qui augmente leur turbidité, modifie leur couleur et peut-être source d'odeurs nauséabondes, limite la production d'eau potable et des loisirs (pêche, baignade, sport nautique, lâcher d'eau), ainsi que les activités industrielles (transport, production d'énergie électrique) et agricoles.

Par ailleurs, un traitement approprié des eaux usées par une filière correctement dimensionnée et exploitée est plus que nécessaire, afin de réduire les flux de pollution rejetés au milieu naturel et éliminer tous les effets indésirables.

# **Chapitre III**

## **Réutilisation des eaux usées**

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

### Introduction

L'eau est une ressource naturelle très limitée dans les régions semi-arides. Elle est très demandée. Elle est nécessaire à toutes activités socio-économiques. Certaines activités sont plus exigeantes en eau et d'autres plus prioritaires, mais le plus souvent l'eau utilisée est dégradée et polluée. Les rejets issus des utilisations domestiques et industrielles de l'eau peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogéniques, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble. Cependant si l'eau est préalablement traitée, elle trouve d'autres utilisations surtout dans le domaine agricole, où elle vient valoriser l'itinéraire technique mis en application pour produire plus (Tamrabet & al, 2003).

Les nombreuses pénuries et raretés grandissantes de l'eau douce ont donné lieu à l'émergence d'une nouvelle vision pour la gestion des ressources hydriques en y intégrant la réutilisation des eaux usées (Benzaria, 2008). La réutilisation des eaux usées apparait, elle aussi, comme une solution alternative pour limiter la pénurie, préserver la ressource naturelle et contribuer à la saine gestion de l'eau (BRGM, 2010). En effet, depuis une dizaine d'années, certains pays considèrent leurs eaux usées traitées comme une nouvelle ressource (Synteau, 2012). Il y a eu une prise de conscience mondiale et grandissante de la valeur de celle-ci en tant que ressource (OMS, 2012).

### III.1. Différentes types de réutilisation des effluents traités

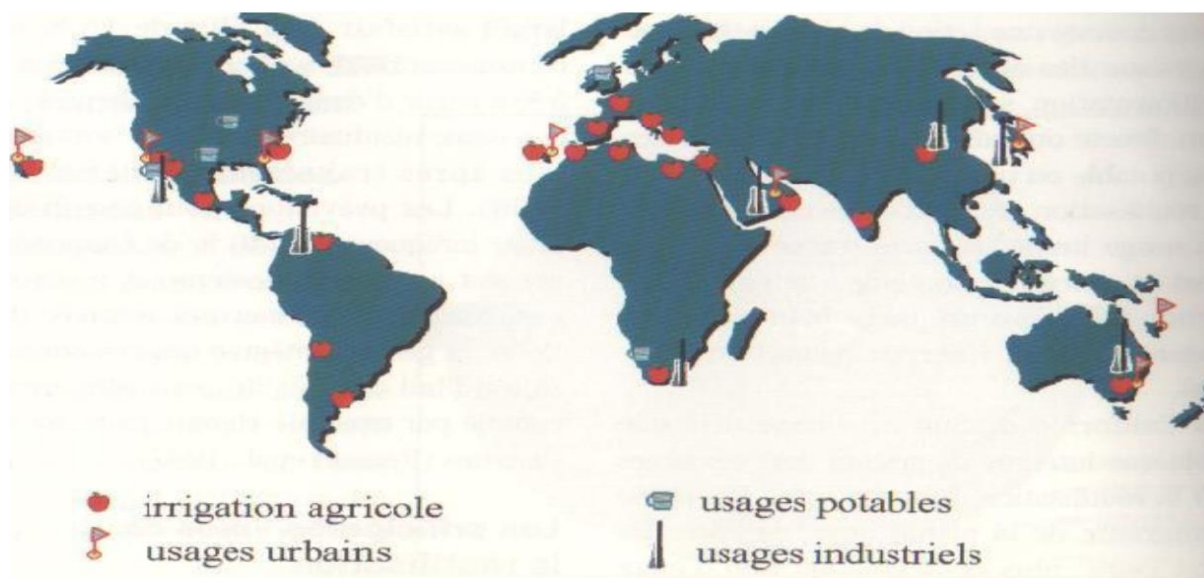


Fig. III.1. Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines (Ecosse, 2001)

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées (fig.III.1) est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations. Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux usées. On peut distinguer les différentes réutilisations suivantes :

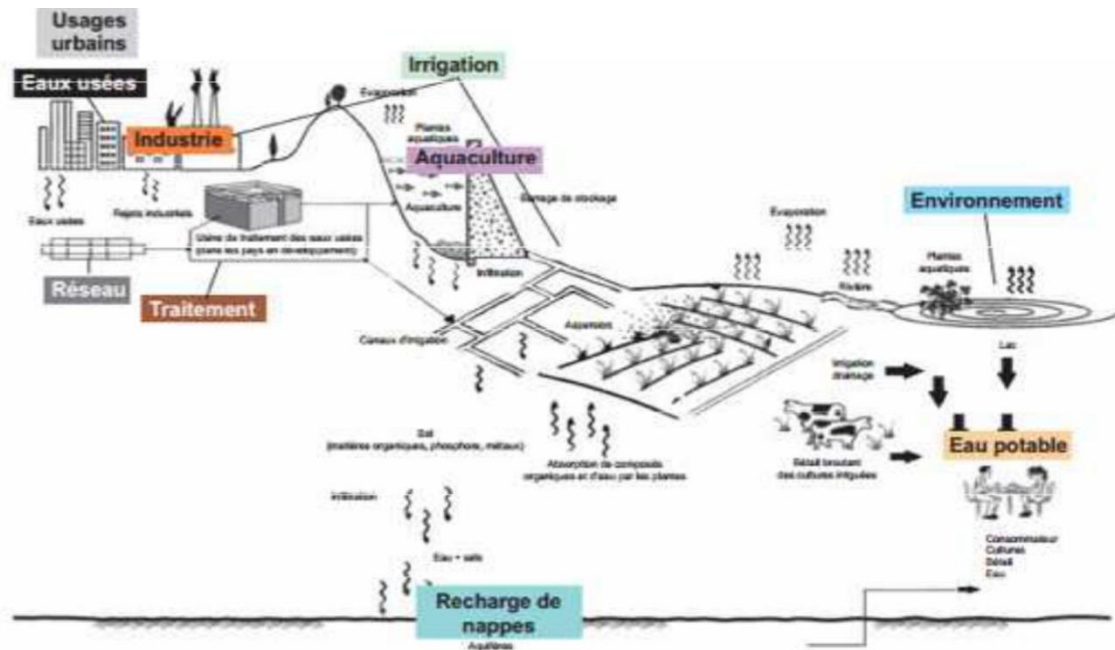


Fig. III.2. Les usages de REUT (WHO, 2006)

### III.1.1. Agriculture

La réutilisation agricole des eaux usées (REU) comme moyen d'économiser la ressource d'eau a donc été une des premières voies de développement des projets de réutilisation d'eau usée épurée (REUE). L'utilisation des eaux usées à la place d'engrais de synthèse coûteux est économiquement intéressante pour les agriculteurs. De plus, l'arrosage avec des eaux usées constitue une sorte de fertigation, c'est-à-dire l'application combinée d'eau et de fertilisants via le système d'irrigation (Baumont & al, 2005).

### III.1.2. Arrosage des espaces verts

Les eaux usées sont couramment employées pour l'arrosage des espaces verts urbains, comme les jardins publics et les terrains de golf. Il faut alors veiller à protéger le public contre les risques résultant d'un contact direct avec l'herbe, les buissons, les arbres, ou tout ce qui peut être contaminé (OMS, 1989).



## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

---

### III.1.3. Aquaculture

L'élevage de poissons et la culture de plantes aquatiques dans des bassins fertilisés par des EU et des excréta sont des pratiques courantes, en particulier en Asie. En Inde, plus de 130 réseaux de viviers fertilisés par des eaux-vannes couvrant une superficie d'environ 12000 ha. Le rendement annuel moyen est de plus de 1000 kg/ha, assurant de 10 à 20% de la consommation de poisson de l'agglomération de Calcutta (**OMS, 1989**).

### III.1.4. Industrie

Parmi les activités industrielles, la production d'énergie est de très loin le secteur qui prélève le plus d'eau dans le milieu (**RNDE, 2003**). D'après (**Asano, 1998**), un des premiers cas dans le monde est une papeterie du Japon qui est fournie en eaux épurées depuis 1951.

La REUE industrielle peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. (**Baumont & al, 2005**).

### III.1.5. Usages urbains

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde ; ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux ;
- les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance;
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles ;
- le lavage de voirie, réservoirs anti-incendies, etc (**Baumont & al, 2005**).

### III.1.6. Production d'eau potable

La production d'eau potable est l'aboutissement le plus extrême de la réutilisation des EUE. Elle a lieu essentiellement dans les zones arides ou semi-arides. Le cas unique de Windhoek en Namibie correspond à une situation unique en terme de ressources en eau, et la réutilisation directe (quand l'eau ne revient jamais dans le milieu naturel) était la seule solution envisageable. Il en est de même pour le comté d'Essex, qui se trouve dans la zone la plus « sèche » d'Angleterre. D'un point de vue sanitaire, il faut noter qu'aucune incidence sur

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

la santé n'a été relevée, aussi bien à Windhoek où la REUE existe depuis plus de 25 ans qu'à Chelmsford (début du projet en 1996). (Baumont & al, 2005).

### III.1.7.Recharge des nappes

Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer (Baumont & al, 2005). Il faut souligner que le succès d'une opération de recharge de nappe dépend beaucoup de la qualité des études hydrogéologiques et pédologiques préalables (Faby & Brissaud, 1998).

### III.2. Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées

Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées sont indiqués dans le tableau suivant:

**Tableau. III.1.** Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées (Salgot & Huertas, 2006).

Les avantages	Les inconvénient
<ul style="list-style-type: none"><li>• Amélioration de l'efficacité économique des investissements en matière d'élimination des eaux usées, de réutilisation en irrigation et autres usages.</li><li>• Conserver les ressources hydriques.</li><li>• Recharger les nappes.</li><li>• Utilisation des nutriments des eaux usées (Azote et Phosphore).</li><li>• Réduction de l'utilisation des fertilisants synthétiques.</li><li>• Amélioration des propriétés fertilisantes du sol.</li><li>• Réduction du cout de traitement: Traitement par les ollors de l'irrigation (traitement tertiaire non nécessaire).</li><li>• Atténuation de l'impact sur le cycle</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les eaux usées sont produites en continu tout au long de l'année, leur réutilisation en irrigation est limitée à la période de croissance des cultures.</li><li>• Nuisance potentielle sur les eaux naturelles à cause des pathogènes, métaux lourds, azote, matière organique et autres substances chimiques qui pourraient rendre l'eau non utilisable comme dans les conditions initiales.</li><li>• Présence de certaines substances dans les eaux usées à des concentrations qui pourraient s'avérer toxiques pour les plantes.</li><li>• Nuisance potentielle sur la santé humaine Par la dispersion de germs pathogènes et de substances chimiques.</li><li>• Augmentation des couts de traitement.</li></ul>

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

naturel de l'eau. • Réduction de l'impact du rejet sur l'environnement (exp:eutrophisation). • Economie d'eau claire. • Economie de fertilisants. • Accroissement de rendements. Protection de l'environnement.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impact du traitement sur l'environnement par la production de boues.</li><li>• Certaines substances présents dans les eaux usées à des concentrations pouvant causer des dommages environnementaux.</li><li>• Nuisance potentielle sur les matrices environnementales par dispersion de pathogènes et de substances chimiques.</li></ul>
--	--

### III. 3. La réutilisation des eaux épurées en irrigation dans le monde

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est très développée aux Etats-Unis, où trente-quatre Etats disposent de réglementation ou de recommandation souvent très exigeantes relatives à l'usage agricole des eaux usées. Il faut citer aussi le Mexique et plusieurs pays de l'Amérique du Sud, l'Australie, l'Afrique du Sud, le Japon, la Chine et les pays du golfe persique. Certains pays et Etats (Australie, Californie, Floride, Israël, Jordanie...etc.) ont comme objectif de satisfaire 10 à 30% de leur demande en eau par cette ressource alternative dans les 5 à 10 ans prochaines années (**Lazarova & Bresoud, 2013**). Pendant les dix dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu une croissance de l'ordre 10 à 29% par an, en Europe, aux Etats-Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie. Cependant, seulement 5% des eaux usées traitées à l'échelle de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global d'environ 7,1 milliards de m<sup>3</sup> par an, soit 0,18% de la demande mondiale en eau (**Lazarova & Bresoud, 2013**). Il est bien évident que la réutilisation des eaux usées traitées a connu une promotion à travers le monde entier, sur la base de vraies expériences :

#### III. 3.1. En France

Bien qu'elle ne fasse pas partie des pays arides ou semi-arides, la France n'est pas à l'abri des pénuries locales ou saisonnières d'eau (**BMGR, 2010**). La réutilisation des eaux usées épurées est peu développée, cela est essentiellement dû à l'abondance en eau dont la

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

---

consommation ne dépasse pas 24% des ressources disponibles (**Lazarouva & Bressoud, 2007**). C'est pourquoi cette dernière a décidé de se tourner vers la réutilisation, ainsi, par année 7 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées sont utilisés pour l'irrigation des espaces verts, golfs, zones agricoles (**BRGM, 2010**).

### III.3.2. En Espagne

En Espagne, à Barcelone, cette ville connaît des problèmes croissants de pénurie d'eau en saison sèche. Ainsi, les eaux usées produites par les habitants sont envoyées vers la station d'épuration. Ces dernières seront utilisées pour l'irrigation agricoles et l'arrosage des espaces vert, ainsi que pour recharger la nappe phréatique (**Synteau, 2012**).

### III.3.3. En Italie

Au nord de l'Italie se trouve une des plus grandes usines de réutilisation des eaux usées en Europe avec une capacité de plus d'un million d'habitants (environs 350 000 m<sup>3</sup> /an) (**Synteau, 2012**). En effet, l'usine de Milan traite les eaux usées à l'aide d'un traitement biologique (boue activée), suivie d'une filtration et une désinfection (**Synteau, 2012**). L'effluent traité peut alors être utilisé pour irriguer les cultures maraichères des environs. Cette réutilisation permet à l'agriculture de bénéficier d'un apport en eau même en cas de sécheresse, ainsi que d'un apport en nutriments augmentant les rendements (**Lazarouva & Bressoud, 2007**). Ces volumes d'eau usée traitée permettent de soutenir le développement de l'agriculture dans la région tout en préservant les ressources en eau (**Synteau, 2012**).

### III.3.4. Au Canada

Les cas de réutilisation des eaux usées sont des projets isolés à petite échelle, les cas répertoriés en Colombie-Britannique et dans les prairies sont généralement des projets de réutilisation pour l'irrigation de cultures, d'aménagements paysagers et de golfs (**exall, 2004**). La ville de Vernon, située en Colombie-Britannique en zone semi-aride, utilise les eaux issues de stations après désinfection pour l'irrigation de vergers, de vignobles et de golfs (**Asano et al, 2007**).

### III.3.5. Aux Etats-Unis

La ville d'Honolulu aux Etats-Unis est une station touristique qui a connu dans les dernières années un fort développement démographique. De plus, de nombreux clients industriels s'y sont établis, augmentant la demande en eau, une usine de recyclage d'une

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

---

capacité de 45 000 m<sup>3</sup>/j donc a été créé pour fournir de l'eau pour l'industrie, ainsi que pour l'irrigation (**Veolia, 2010**).

Un second cas aux Etats-Unis dans la ville de West-Basin. Cette ville est située en Californie du Sud, région souffrant d'un fort stress hydrique. En plus d'être aux prises avec des pénuries d'eau redondantes. West-Basin a mis en place une station de traitement permettant la réutilisation des eaux usées traitées. Cette station permet de produire cinq eaux de qualités différentes dont 70% est utilisé par des clients industriels, et aussi utilisées pour l'irrigation et pour la production d'eaux potable indirecte via la recharge des nappes phréatiques (**Asano & al, 2007**).

### III.3.6. Au Mexique

L'irrigation avec les eaux usées a débuté depuis 1926 pour l'irrigation de différents types de cultures. Ainsi, après plus de 80 ans, il existe 40 départements qui réutilisent les eaux usées, dont uniquement 11% sont traitées, pour l'irrigation des terres agricoles avec une superficie totale de 350 000 hectares (**Peasy & al, 2000**).

### III.3.7. En Arabie Saoudite

Le royaume réutilisait 15% des eaux usées traitées, pour irriguer 9 000 hectares de dattiers et de fourrages, notamment luzerne (**Starous & al, 1990**).

### III.3.8. En Egypte

La réutilisation des eaux usées est une tradition ancienne. La superficie a graduellement augmentée pour atteindre 4 500 hectares (**FAO, 2007**).

### III.3.9. Au Maroc

Au Maroc, le volume en ressources des eaux usées traitées est estimé à 300 millions de m<sup>3</sup> dont 20% sont réutilisées (**Elmeknassi, 2013**), les rejets épurées sont utilisés pour satisfaire les besoins des périmètres agricoles péri-urbains (**Tamrabet, 2011**), ainsi que pour l'arrosage des golfs et des espaces verts, la recharge des nappes et le recyclage en industrie (**RNM, 2011**).

### III.3.10. Au Tunisie

Au Tunisie, l'utilisation des EUT est déclarée comme un objectif national et on vise un taux d'utilisation de 50 % dans l'agriculture irriguée (**Neubert & Benabdallah, 2003**). Une

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

---

politique de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) a été adoptée au début des années 80. En effet, sur 170 millions m<sup>3</sup> d'eaux usées collectées par an, environ 40 millions m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées sont valorisés en agriculture (**Belaid, 2010**).

### III.4. Les différentes réglementations dans le monde

Plusieurs provinces, pays et organisations internationales ont émis des lignes directrices, des normes ou règlements en matière de réutilisation des eaux usées. Pour la plus part, elles énoncent des critères visant la protection de la santé humaine et de l'environnement. Souvent, elles émettent aussi des recommandations quant au traitement, aux systèmes de distributions, ainsi qu'en ce qui a trait au contrôle et au suivi. Les lignes les plus citées mondialement sont celles de l'OMS et l'USEPA (**Exall & al, 2004**). Ainsi, à mesure que la réutilisation devient une pratique répandue, les Etats-Unis ont donc tendance à plutôt vouloir mettre en place des lois et des règlements pour encadrer la réutilisation (**Asano & al, 2007**).

#### III.4.1. Les recommandations de l'OMS

Sont les seules à l'échelle internationale. Elles sont source d'inspiration pour de nombreux pays à travers le monde. Ces recommandations ne concernent que l'usage agricole, et il y a donc un "vide juridique" pour les autres usages. Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée (**Baumont.S, 2005**).

**Tableau III.2.** Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation (**Blumenthal, 2000**).

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics <sup>a</sup>	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

<sup>a</sup>Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.

<sup>b</sup>Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

<sup>c</sup>Pendant la période d'irrigation.

<sup>d</sup>Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

<sup>e</sup>Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

### III.4.2. Les recommandations de l'USEPA

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), ses propres recommandations sur la REUE, intitulées "Guidelines for Water Reuse". Contrairement à l'OMS, ces normes ne sont pas basées sur des études épidémiologiques et une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Les normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes (Baumont, S, 2005).

**Tableau .III.3.** Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées (USEPA, 2004)

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

Type of Use	Reclaimed Water Quality	Treatment
Urban uses, crops eaten raw, recreational impoundments	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pH = 6 – 9</li> <li>▪ ≤10 mg/L BOD</li> <li>▪ ≤2 NTU<sup>a</sup></li> <li>▪ No detectable fecal coli/100 mL<sup>b</sup></li> <li>▪ ≥1 mg/L Cl<sub>2</sub> residual<sup>c</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Secondary</li> <li>▪ Filtration</li> <li>▪ Disinfection</li> </ul>
Restricted access area irrigation, processed food crops, nonfood crops, aesthetic impoundments, construction uses, industrial cooling, <sup>d</sup> environmental reuse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pH = 6 – 9</li> <li>▪ ≤30 mg/L BOD</li> <li>▪ ≤30 mg/L TSS</li> <li>▪ ≤200 fecal coli/100 mL<sup>e</sup></li> <li>▪ ≥1 mg/L Cl<sub>2</sub> residual<sup>c</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Secondary</li> <li>▪ Disinfection</li> </ul>
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Site specific and use dependent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Site specific and use dependent</li> <li>▪ Primary (minimum)</li> </ul>
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by injection	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Site specific and use dependent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Site specific and use dependent</li> <li>▪ Secondary (minimum)</li> </ul>
Groundwater recharge of potable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Site specific</li> <li>▪ Meet drinking water standards after percolation through vadose zone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Secondary</li> <li>▪ Disinfection</li> <li>▪ May also need filtration &amp; advanced wastewater treatment</li> </ul>
Groundwater recharge of potable aquifers by injection, augmentation of surface supplies	<ul style="list-style-type: none"> <li>Includes the following:</li> <li>▪ pH = 6.5 – 8.5</li> <li>▪ ≤2 NTU<sup>a</sup></li> <li>▪ No detectable fecal coli/100 mL<sup>b</sup></li> <li>▪ ≥1 mg/L Cl<sub>2</sub> residual<sup>c</sup></li> <li>▪ ≤3 mg/L TOC</li> <li>▪ ≤0.2 mg/L TOX</li> <li>▪ Meet drinking water standards</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Secondary</li> <li>▪ Filtration</li> <li>▪ Disinfection</li> <li>▪ Advanced wastewater treatment</li> </ul>

<sup>a</sup> Should be met prior to disinfection. Average based on a 24-hour time period. Turbidity should not exceed 5 NTU at any time.

<sup>b</sup> Based on 7-day median value. Should not exceed 14 fecal coli/100 mL in any sample.

<sup>c</sup> After a minimum contact time of 30 minutes.

<sup>d</sup> Recirculating cooling towers.

<sup>e</sup> Based on 7-day median value. Should not exceed 800 fecal coli/100 mL in any sample.

Source: Adapted from U.S. Environmental Protection Agency [2004]

### III.4. 3. Les recommandations de l'union européenne

Il n'existe aucune réglementation ni ligne directrice commune encadrant la réutilisation des eaux usées en Europe (Synteau, 2012). L'Union Européenne accuse un retard en terme de législation sur la réutilisation des eaux usées épurées, puisqu'elle se limite à cette phrase de l'article 12 de la directive 91/271/CEE relative au traitement des eaux usées, qui mentionne que « les eaux usées traitées sont réutilisées lorsque cela se révèle approprié » (Conseil des Communautés Européennes, 1991 ; Bontaux, 1997). Cette lacune n'a pas empêché les pays membres d'adopter leur propre réglementation, en l'homogénéisant à l'échelle européenne.



## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

En effet, aujourd'hui, certains pays comme l'Italie s'inspirent des normes américaines, et d'autres, comme la France, des normes de l'OMS.

### III.4. 4. Directives de la FAO

La FAO établit en 1974 des directives concernant la qualité physicochimique et d'éléments traces métalliques de l'eau d'irrigation dans lesquelles l'accent était mis sur l'influence à long terme de la qualité de l'eau, sur la production agricole, sur les conditions du sol et les techniques culturales (Ayers et Westcot, 1988). Ces directives générales sont présentées dans les tableaux III.4, III.5 et III.6 (Tamrabet.H ,2011).

**Tableau III.4.** Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO (Ayers & Westcot, 1994)

		Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)				
CEi	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol: utiliser à la fois CEi et SAR)				
SAR=0-3 et CEi=		>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR=3-6 et CEi=		>1.2	1.3-0.3	<0.3
SAR=6-12 et CEi=		>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR=12-20 et CEi=		>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR=20-40 et CEi=		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicité de certains ions (affectent les cultures sensibles)				
Sodium:				
Irrigation de surface	SAR	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion	még/l	<3	>3	<
Chlore:				
Irrigation de surface	még/l	<4	4-10	>10
Irrigation par aspersion	még/l	<3	>3	
Bore	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				
Azote (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> ) (pour aspersion sur frondaison)	még/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH		Zone normale: 6.5-8.4		

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

**Tableau. III.5.** Limites recommandées en éléments traces (mgL-1) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003)

Eléments	Utilisation à long terme	Utilisation à court terme
Aluminium	0,5	20
Arsenic	0,1	2
Béryllium	0,1	0,5
Bore	0,75	2
Cadmium	0,01	0,05
Chrome	0,1	1
Cobalt	0,05	5
Cuivre	0,2	5
Fluor	1	15
Fer	5	20
plomb	5	10
Lithium	2,5	2,5
manganèse	0,2	10
Molybdène	0,01	0,05
Nickel	0,2	2
Sélénium	0,02	0,02
Vanadium	0,1	1
Zinc	2	10

**Tableau III.6.** Concentrations maximales d'éléments à l'état de trace recommandées pour les eaux d'irrigation (Pescod, 1992; Ayers & Westcot, 1994)

Elém	Conc.max (mg/l)	Observations
Al	5.0	Peut provoquer la stérilité des sols acides (pH<5,5), mais les sols sodiques précipiteront l'ion et élimineront la toxicité à pH>7,0.
As	0,10	La toxicité à l'égard des plantes varie de 12mg/l pour le Sudan à 0,05mg/l pour le riz.
Be	0,10	La toxicité vis-à-vis des cultures varie de 5mg/l pour le chou à 0,5mg/l pour le haricot.
Cd	0,01	Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à de faibles concentrations (0,1mg/l dans la solution nutritive). Des limites prudentes sont recommandées en raison des possibilités des concentrations, dans les végétaux et les sols, dangereuses pour l'homme.
Co	0,05	Toxique pour la tomate à 0,1mg/l dans la solution nutritive.
Cr	0,10	En général n'est pas considéré comme un élément essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxiques, on recommande des limites prudentes.
Cu	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations de 0,1

### Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

		à 1,0mg/l,
F	1,0	Neutralisé par les sols à pH>7.
Fe	5,0	Pas toxique pour les plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiels. Peut provoquer, en aspersion "haute", des dépôts peu esthétiques sur les plantes, l'équipement et les bâtiments.
Li	2,5	Toléré par la plupart des cultures jusqu'à 5mg/l, mobile dans le sol. Toxique pour les agrumes à des concentrations faibles (<0,075mg/l). Agit comme le bore.
Mn	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelques dixièmes de mg/l, mais en général seulement dans les sols acides.
Mo	0,01	Non toxique pour les cultures à des concentrations normales dans le sol et l'eau. Peut être toxique pour le bétail lorsque le fourrage pousse sur des sols à forte concentration en Molybdène disponible.
Ni	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations variant de 0,5mg/l à 1,0 mg/l, toxicité réduite avec un Ph neutre ou alcalin.
Pb	5,0	Peut inhiber la croissance des cellules végétales des concentrations élevées
Se	0,02	Toxique pour les cultures à des concentrations aussi faibles que 0,025 mg/l et toxique pour le bétail si le fourrage est cultivé sur des sols avec un niveau relativement élevé de sélénium apporté. Essentiel aux animaux mais à des concentrations très basses.
Sn	---	Exclu efficacement par les plantes ; tolérance spécifique inconnue.
V	0,10	Toxique vis-à-vis de nombreux végétaux à des concentrations faibles
Zn	2,0	Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables, toxicité réduite à pH>6,0 et dans les sols à texture fine ou organiques.
La concentration maximale est basée sur une dose d'application d'eau correspondant à de bonnes pratiques d'irrigation (10 000 m <sup>3</sup> par hectare et par an). Si l'application dépasse largement cette norme, on devra diminuer en conséquence les concentrations maximales. Aucun ajustement à faire pour des dotations inférieures à 10 000 m <sup>3</sup> /ha/an.		

#### III.4. 5. Réglementations Algériennes de la réutilisation des eaux usées épurées

La gestion du secteur de l'eau en Algérie s'organise principalement dans le cadre de la Loi relative à l'eau (loi 05/12 du 4 Aout 2005), instrument juridique à double finalité, normative et de politique sectorielle, cette loi fondamentale est issue du code de l'eau de 1983. Celui-ci a subi des modifications successives pour prendre en compte les évolutions économiques du pays et pour adopter les principes et règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien de collectivité nationale. La loi sur l'eau N° 05-12 du 04 Août 2005 a contribué par trois (03) articles : 76, 77 et 78.

Le décret exécutif N°07-149 correspondant au 20 Mai 2007 a pour objet de fixer les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que

### Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

le cahier des charges y afférent, décrète 34 articles Dont trois (03) nécessitaient l'élaboration de 03 arrêtés interministériels. Il y a lieu de signaler que deux (02) Arrêtés ont été élaborés, signés et publiés à savoir :

- Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.
- Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 Janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (MH, 2023).

**Tableau III.7.**Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées  
(Journal officiel de la république Algérienne, 2012)

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

### Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

**Tableau III.8.**Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture  
(Journal officiel de la république Algérienne, 2012)

Groupe des Cultures à irriguer	Critères de qualité microbiologiques	
	Nématodes (œufs / L) (moyenne arithmétique)	Coliformes Fécaux (CFU / 100 ml) (moyenne géométrique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	Absence	< 100
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	< 0.1	< 250
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	< 1	Seuil recommandé <1000
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	1000

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombe ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

### Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

**Tableau III.9.**Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture

(Journal officiel de la république Algérienne, 2012)

	Paramètres	Unité	concentration maximale admissible
Physique	pH	-	6 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR=0-3CE	ds/m	0.2
	3-6		0.3
	6-12		0.5
	12-20 20-40		1.3 3
Chimique	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO3-N)	mg/l	30
	Bicarbonates(HCO3)	meq/l	8.5
Eléments toxique (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Béryllium	mg/l	0.5
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Bore	mg/l	2.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0

## Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

Phénols	mg/l	0.002
Plomb	mg/l	10.0
Lithium	mg/l	2.5
Manganèse	mg/l	10.0
Mercure	mg/l	0.01
Molybdène	mg/l	0.05
Nickel	mg/l	2.0
Sélénium	mg/l	0.02
Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0

### III.5. La situation de la réutilisation des eaux usées en Algérie

La stratégie d'épuration des eaux usées ne s'inscrit pas uniquement dans une perspective de réutilisation des eaux usées, même si l'Algérie enregistre un « stress hydrique » évident. La stratégie d'épuration répond d'abord à un impératif de protection de la santé publique et de l'environnement et en particulier la protection des ressources en eau.

Les quatre priorités d'équipement en matière de STEP fixées par le secteur avant 2030 sont les suivantes :

- toutes les agglomérations ayant une population supérieure à 100.000 habitants
- les agglomérations ayant une taille entre 5.000 et 100.000 habitants situées à l'amont des barrages ou des nappes en exploitation pour l'AEP
- toutes les agglomérations importantes rejetant dans le littoral (convention de Barcelone) et situées à proximité des stations balnéaires et des futures stations de dessalement.
- protection des zones humides. **(PNE 2017)**

Actuellement on dispose de 211 systèmes épuratoires en exploitation avec une capacité installée globale de 17.6 millions équivalent habitants (1022 millions m<sup>3</sup>/an). Soit un volume d'eaux usées épurées actuellement de 480 hm<sup>3</sup> /an qui représente 47% de la capacité installée, dont seulement 10% (50 millions m<sup>3</sup>/an) sont réutilisés en agriculture **(MH, 2023)**.

Le bilan d'exploitation, fait ressortir une superficie irriguée à partir des eaux usées épurées de l'ordre d'environ 5000 ha sur un potentiel irrigable de 15.000 ha à partir de vingt (21) STEP et lagunes en exploitation par un volume moyen de 50 millions de m<sup>3</sup>/an. **(MH, 2023)**.

### Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

Deux grands périmètres modèles ont été réalisés par le secteur, un à Tlemcen (Henaya) d'une superficie de 912 ha exploité depuis 2012 et un deuxième au niveau d'Oran dans la plaine de la M'léta sur 6.000 ha dont la mise en eau graduelle est en cours (MH,2023).

A ce titre, et afin d'encourager la réutilisation des eaux usées épurées à des fin Agricole, industriel et municipale le secteur à inscrit des opérations pour augmenter le volume des eaux épurées et d'améliorer le processus d'épuration (MH, 2023).

**Tableau. III.10.** Liste des STEP déjà exploitées destinées à l'irrigation (MH, 2023)

N°	Wilaya	STEP	Volume épuré (Hm <sup>3</sup> /an)	Surface irrigable (ha)
1	Tlemcen	Ain El Houtz	8,47	912
2	Oran	El Karma	08	2513
3		Ain Turk	2,92	350
4	Saida	Ain El Hadjar	0,23	243
5	Saida	Sidi Ammar	/	74
6	Mascara	Mascara	/	659
7	Mostaganem	Bouguirat	01,05	132
8		Hadjadj	0,80	132
9		Sidi Lakhdar	0,53	/
10		Khadra	0,11	/
11	Ain Temouchent	Ain Temouchent	3,96	135
12	Tissemsilt	Tissemsilt	6,57	300
13		Theniet El Had	2.13	20
14	Ain Defla	Ain Defla	4,71	200
15	Boumerdes	Boumerdes	3,44	62
16	Bordj Bou Arrérredj	Bordj Bou Arrérredj	5,48	350
17	M'sila	M'sila	1,26	300
18		Bousaada	0,94	250
19	Guelma	Guelma	3,96	800
20	Souk Ahras	S Ahras	0,28	200
21	Illizi	illizi	/	12
<b>Total (21 STEP)</b>			<b>52,71</b>	<b>7644</b>



### Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

**Tableau. III.11.** Liste des STEP en exploitation dont les études de réutilisation existent (MH, 2023)

N°	Wilaya	STEP	Volume épuré (Hm <sup>3</sup> /an)	S. irrigable (ha)
1	Sidi Bel Abbès	Sidi Bel Abbès	12,68	1419
2		Ras El Ma	3,33	5919
3		Moulay Slissen	/	
4		Marhoum	/	
5		Chetouane	/	
6	Mascara	Ghriss	0,85	294
7	El Bayadh	El Bayadh	10	437
8	Ouargla	Touggourt	8,50	359
9	Ghardaia	Kef Doukhan	24,66	400
10		Menea	/	292
11		Guerara	/	700
12		Berriane	/	603
13	Constantine	Ali Mendjeli	41,99	141
14		Zighout Youcef	9,59	133
15	Khenchela	Khenchela	16	840
16		Kais	5,20	434
17	Oum El Bouaghi	Oum El Bouaghi	12	120
18		Ain M'lila	10	180
19		Ain Beida	10	120
20	Médéa	Ouled Lahrech	10	255
21	Tipasa	Tipasa	4,09	1057
22		Hadjout	4,09	
23	Annaba	Allelik	60	1000
24	Alger	Barraki	107,48	4080
25	Boumerdes	Thenia	2,19	549
26		Zemmouri	1,82	
27	El Oued	Reguiba	/	104
28		Kouinine	/	899
29		Hassani Abdelkrim	/	291
30		Sidi Aoune	/	264
31	Souk Ahras	Sedrata	/	72

### Chapitre III : Réutilisation des eaux usées

---

32	Tebessa	Tebessa	28,03	3000
33	Laghouat	Laghouat	9,74	
<b>Total (33 STEP)</b>			<b>388,15</b>	<b>23 962</b>

#### Conclusion

Les applications des projets de REUE sont multiples. Elles dépendent de nombreux facteurs que l'on peut regrouper en cinq classes :

- le contexte socio-économique : le type d'activité industrielle, le nombre et la densité de l'habitat, l'importance de l'agriculture, la présence d'usines de production d'énergie, etc.
- le contexte écologique : la quantité des ressources disponibles, la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, la sensibilité du milieu récepteur à l'eutrophisation et aux autres pollutions, le contexte hydro géographique, etc.
- le niveau de traitement des eaux : à chaque niveau de traitement, on peut appliquer un usage différent.
- la réglementation : elle limite les usages en fonction de la qualité de l'eau utilisée et donc de son niveau de traitement. Plus le niveau sanitaire est bon, plus les applications autorisées seront nombreuses.
- l'acceptation par la population : ce dernier aspect n'est pas à négliger. L'idée de réutiliser des eaux usées peut avoir un impact psychologique négatif sur la population.

On peut faire le parallèle avec le problème des boues de stations d'épuration, qui crispe actuellement l'opinion. Il faut donc bien informer la population des risques et des avantages de la REUE (Baumont.S, 2005).

# **Partie**

## **Expérimentale :**

**Chapitre IV**

**Les caractéristiques**

**Générales de la Région**

**d'étude**

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

### Introduction

Afin d'aborder l'étude dans le périmètre d'exploitation, il n'est pas sans intérêt de traiter les résultats de l'analyse du milieu physique ainsi que l'analyse de la population de la commune de Sidi Ali. Les données issues de l'étude du plan d'aménagement urbain de la commune de Sidi Ali (2012) constitueront un repère de premier ordre lors de l'approche à travers l'enquête.

### IV. Présentation de la commune

#### IV.1. Situation (voir figure IV.1)

La commune de Sidi Ali est le chef-lieu de la Daïra de Sidi Ali; elle est située à 50 km à l'Est de la wilaya de Mostaganem. C'est une commune montagneuse située sur le flanc nord du Dahra. Sa superficie est de 217 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par les communes suivantes :

- Au nord, par RN11 et les communes de Hadjadj et Sidi Lakhdar.
- Au sud par l'oued Chlef qui constitue la limite avec la wilaya de Relizane.
- A l'est, par les communes de Tazgait et Ouled Mallah.

A l'ouest, par les communes de Sour et Sidi Belattar( PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).



Fig. IV.1. Localisation de la commune dans la wilaya de Mostaganem (PDAU, 2012).

### IV.2. Analyse du milieu physique

#### IV.2.1. Le relief (voir tableau IV.1 & IV.2)

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

---

Le relief de la commune est faiblement contrasté par sa physionomie topographique. L'ensemble appartient aux Monts de Dahra et fait partie du versant nord de celui-ci. Cependant, il est quelque peu nuancé faisant apparaître quatre ensembles topographiquement homogènes qui sont (tableaux IV.1 & IV.2) :

### **a- La zone de plaine**

Elle se trouve au nord de la commune bordée par la RN11, il fait partie des plaines intérieures (le prolongement de la plaine intérieure de Sidi Lakhdar). Cette zone représente une faible partie de l'espace communal et ne couvre que 17 km<sup>2</sup>, soit 8.5% de la superficie de la commune. Elle est caractérisée par une déclivité moyenne de 3 à 12% et des attitudes variant 117 à 300 m. Elle s'apparente à un replat vallonné entrecoupé par de petits oueds.

Cet ensemble fortement parcellisé est occupé par la vigne, l'arboriculture et les céréales cultivées en sec. Il abrite les deux agglomérations secondaires d'Ouled Bouziane et Hdadcha et quelques hameaux. En plus de sa vocation viticole et arboricole, elle présente du fait qu'elle soit greffée à un grand axe de circulation côtier, un intérêt certain en matière de potentialités touristiques (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### **b- Les collines à faibles pentes**

Elle se trouve en contact avec la plaine et se prolonge à l'est. Cette zone représente une faible partie de l'espace communal et ne couvre que 35 km<sup>2</sup> soit 17.42% de la superficie de la commune. Les pentes appartiennent à la classe 3 et ont de 12 à 25 % en général. Deux ensembles topographiquement différents se distinguent légèrement : une colline à faible pente à l'est qui culmine à 431 m et un replat à l'ouest d'une altitude moyenne de 300 m où se situe le chef lieu. Cette zone d'une largeur moyenne de 3 km au niveau du chef s'estompe au sud (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### **c- Les montagnes à fortes pentes**

Cette zone représente la plus grande partie de l'espace communal et couvre 145 km<sup>2</sup> soit 72.14% de la superficie de la commune. Les pentes appartiennent à la classe 4 et ont plus de 25% en général avec des nuances, quelques îlots où les pentes sont plus atténuées de classe 2 et 3. Cette zone atteint une altitude maximum de 533 m au Dj Ouled Chikh au Nord. Mais l'ensemble est composé de plusieurs montagnes dont Dj Taousnen (434m) qui domine le chef lieu, du Dj Charef Dahmane (464m) et Dj Taftoure (397m). A cela s'ajoutent de

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

nombreuses Koudiates situées à l'ouest d'une altitude moyenne de 170 m et présentant une topographie aux aspects légèrement ondulés (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### d- La vallée du Chélif

Elle se situe à l'extrême sud du territoire de la commune ; elle est attenante à l'oued Chelif et présente une topographie plate avec des altitudes basses et des pentes inférieures à 3%. Elle couvre une superficie de 4 km<sup>2</sup>, soit 2 % de la surface totale de la commune.

**Tableau .IV.1.** Répartition des superficies par types de relief (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

Type de relief	superficie (ha)	%
Zone de plaine	1700	8.45
Zone de collines a faibles pentes	3500	17.41
Zone de montagnes a fortes pentes	14500	72.14
Zone de la vallée du chelif	400	2
Ensemble de la commune	20100	100

**Tableau IV.2.** Répartition des surfaces par classes de pente (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

CLASSE DE PENTE	SUPERFICIE (hectare)	%
0 – 3 %	837	4.16
3 – 12 %	1925	9.58
12 – 25 %	2043	10.16
Plus 25%	15295	76.09
Total	20100	100

### IV.2.2.Climatologie de la région

Le climat de la commune de Sidi Ali se caractérise par un climat de type méditerranéen semi - aride caractérisé par l'irrégularité des précipitations et des variations inter annuelles et inter saisonnières très importantes.

#### IV.2.2.1 .Les Vents

Dans la région, les vents assez fréquents ont une vitesse allant généralement jusqu'à 70 km/h. Les vents dominants sont en général du Nord-ouest.avec la nuance qu'en hiver ils

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

sont de l'Ouest et sont froids chargés de pluie et en été ils sont du Sud venant de la plaine du Chélif surchauffée pendant les mois de juillet et d'aout.

### IV.2.2.2. Températures

Deux périodes nettement inégales se partagent le cycle climatique :

- Un semestre continental froid qui s'étend de novembre à mars
- Un semestre modéré à sec et chaud où la température moyenne est estimée à 17 degrés sous l'influence du régime marin. En période estivale sévère, les maxima absolus peuvent atteindre les 40 voire 45 degrés en temps de siroco (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

La température sous l'influence de la mer ne s'abaisse jamais en dessous de 0 degré ce qui explique l'absence en tout temps de gelée et de verglas (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### IV.2.2.3. L'évapotranspiration

La tranche d'eau évaporée annuellement est de 1255 mm.

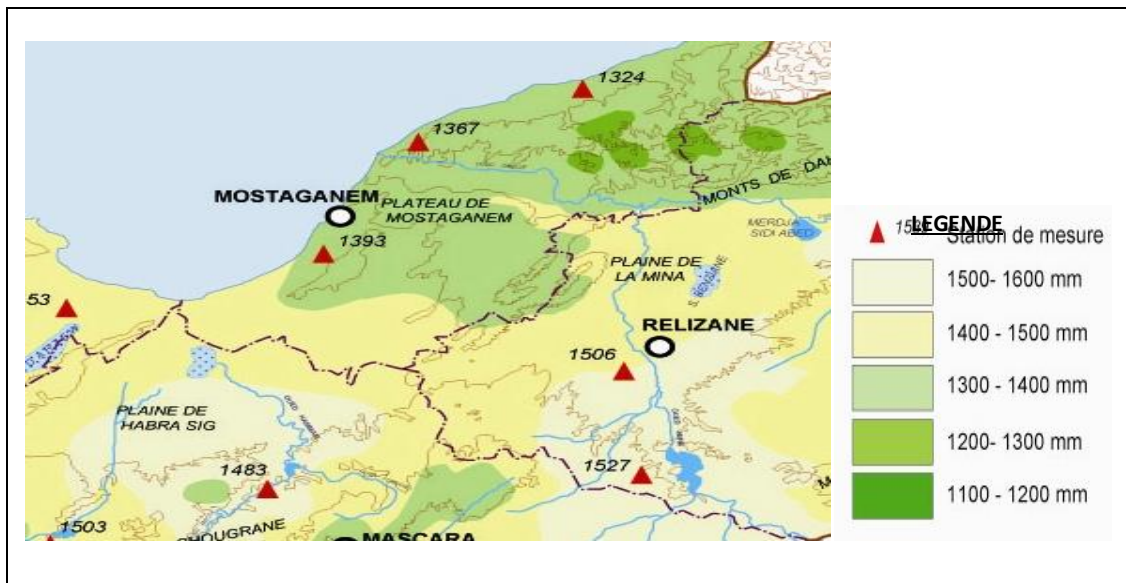


Fig. IV.2. Carte de l'évapotranspiration de la région de Mostaganem (ANRH, 2002)

### IV.2.2.4. La pluviométrie

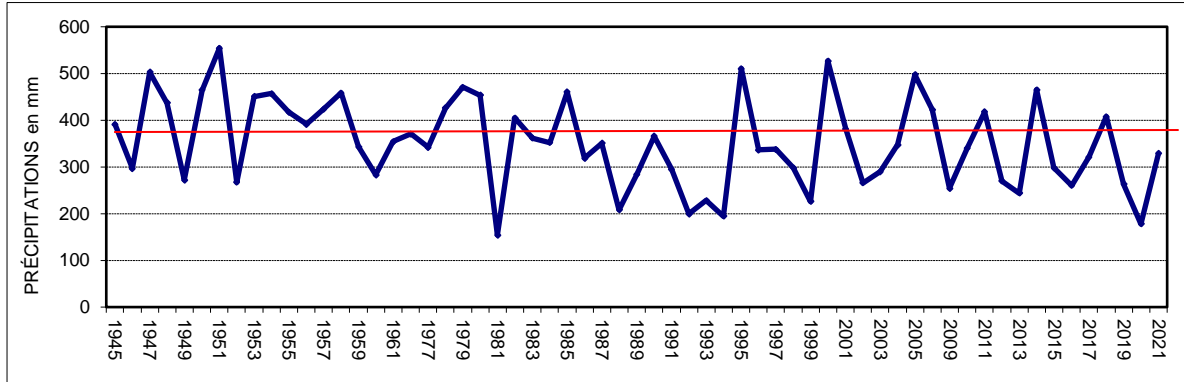
La région est caractérisée par l'irrégularité des précipitations et des variations inter annuelles et inter saisonnières très importantes (Fig. IV.3).

Les valeurs des précipitations moyennes de la région de Mostaganem durant l'année 2021 – 2022 (Tableau IV.3), font ressortir que le mois sec correspond au mois de Juillet et que le mois le plus humide correspond au mois de Décembre (ANRH, 2022)



## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

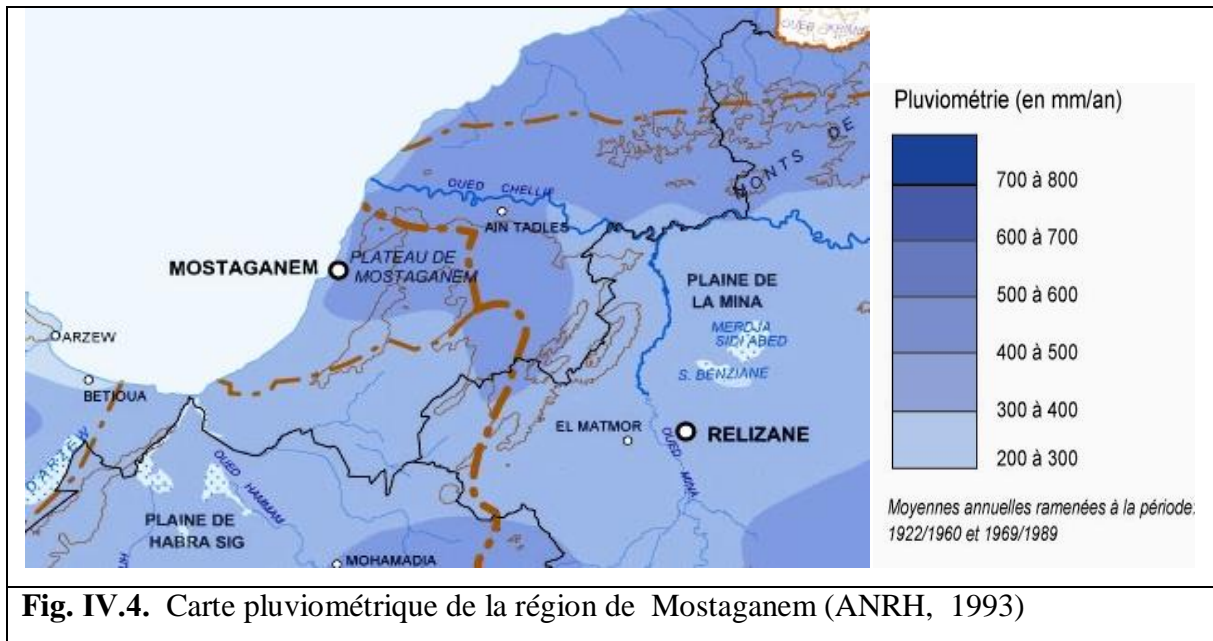
Sur la carte pluviométrique élaborée par l'ANRH en 1993 (Figure IV.4), a relevé la quantité moyenne interannuelle pour le bassin du plateau de Mostaganem qui est de l'ordre de 380 mm (ANRH, 2022)



**Fig.IV.3.**Variation interannuelle (1945 – 2021) des précipitations à Mostaganem (ANRH, 2022)

**Tableau.IV.3.**Précipitations moyennes mensuelles à Mostaganem 2021 – 2022 (ANRH, 2022)

Mois	Sept. 2021	Oct. 2021	Nov. 2021	Déc. 2021	Jan. 2022	Fév. 2022
<b>P (mm)</b>	5,0	10,0	7,6	34,0	2,5	8,0
Mois	Mar. 2022	Avr. 2022	Mai 2022	Juin 2022	Juil. 2022	Août 2022
<b>P (mm)</b>	6,6	7,6	13,8	2,0	00,0	00,0



### IV.2.3. Le réseau hydrographique

Deux types de réseaux hydrographiques fortement ramifiés drainent le territoire de la commune :

#### IV.2.3.1. Un réseau hydrographique exoréique

C'est-à-dire, se jetant sur l'oued Abid qui se jette sur la mer. Cet ensemble d'une superficie de 47 km<sup>2</sup>, est constitué du bassin d'Oued Abid à l'est et du bassin de Sidi Moussa à l'ouest dans lequel se situent les deux agglomérations secondaires d'Ouled Bouziane et de Hdadcha (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

#### IV.2.3.2. Un réseau hydrographique endoréique

inséré dans dix sous bassins ayant un chevelu hydrographique bien développé assurant le drainage des eaux superficielles selon l'axe nord-est au sud ouest vers le Chelif et dont le plus grand sous bassin est celui de oued Malah qui est central. Ce réseau prend sa source dans les deux principaux Djebels de la commune et plus particulièrement dans le djebel Taousna et le Dj Ouled Chikh.

Cette grande partie du territoire de la commune couvre une superficie de 154.15 km<sup>2</sup>. L'écoulement général des eaux se fait du Nord au sud. On remarque que la ligne de séparation des deux bassins endoréique et exoréique passe au niveau de l'agglomération de Sidi Ali (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

### IV.2.4.Géologie

Cet espace appartient à la chaîne tellienne. Sa géologie est marquée par de grands mouvements orogéniques du tertiaire qui se manifestent par des plissements et des charriages et se traduisent par des secousses et séismes périodiques (fig. IV.5)

Les terrains représentés au niveau de l'espace communal sont des terrains du :

- Crétacé supérieur se trouvant au niveau du dj Lakhal jusqu'au chef lieu

Pliocène composé des marnes bleues, de grés relevant du Plaisancien. Ces terrains sont situés au sud Est de la commune (fig. IV.5).

- Miocène constitué d'argiles à tripolis et de marnes bleues occupant une grande partie du territoire de la vallée du Chélif au chef lieu.
- Quaternaire composé d'une part de grés calcaires du chef lieu jusqu'à la limite nord du territoire communal et d'autre part des alluvions qui occupent le lit majeur de l'oued Chélif et de ses affluents.

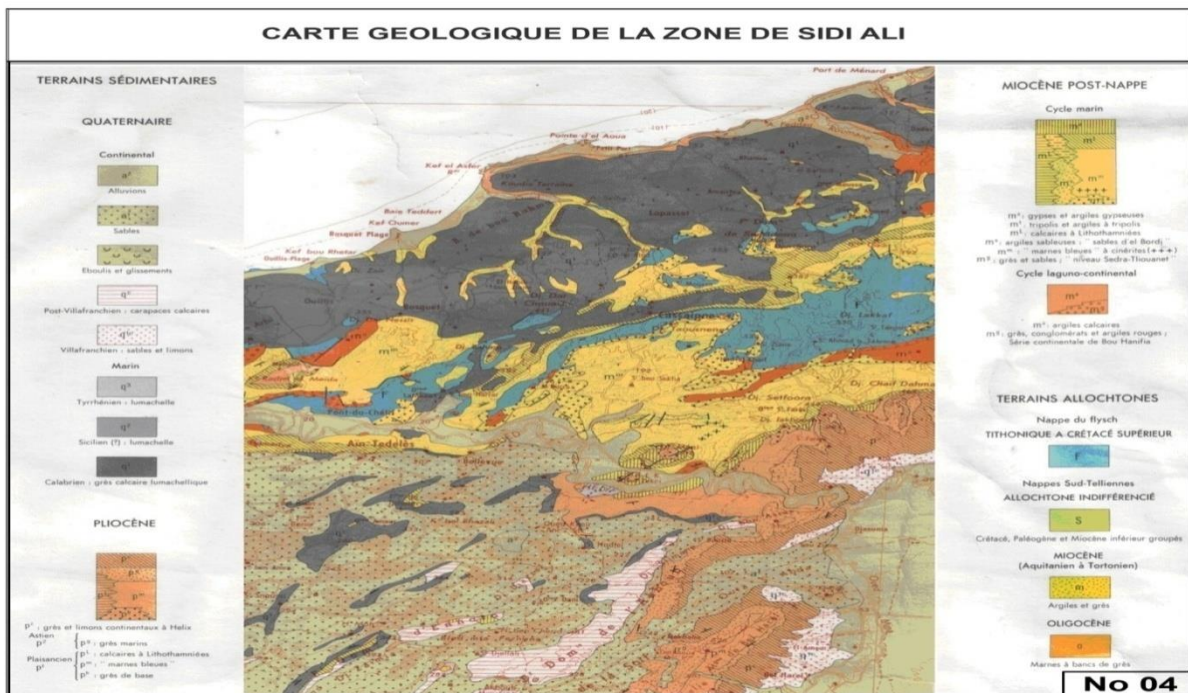


Fig. IV.5. Carte géologique de la zone de sidi Ali (PDAU de la commune de Sidi Ali ,2012)

### IV.2.5. La sismicité

Cet espace est peu stable ; il subit fréquemment des secousses telluriques sans que cela atteint des seuils critiques. Selon le classement du CGS (RPA 99), l'espace communal comme la région de Mostaganem est classé en zone 2 de sismicité moyenne. Cette classe indique donc qu'il est nécessaire de se conformer aux règles de construction parasismiques

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

---

particulières tel que stipulées dans le RPA 99 version 2003.

Une faille importante par sa longueur existe au sud de l'agglomération chef lieu au niveau du Dj Taoussena demande des précautions à prendre en matière de construction (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### IV.2.6. Géomorphologie

Le milieu naturel est fragile en raison de son substratum constitué pour une grande part de roche tendre et de roche moyennement tendre qui couvrent 80% du territoire communal.

Le milieu subit une dégradation alarmante en matière d'érosion hydrique ; la carte ci-jointe montre la présence de tous les types d'érosion et indique les zones vulnérables (fig. IV.6) :

Les ravines et ravinements sont nombreux. Elles se présentent sous formes d'ilots couvrant les surfaces de sous bassins. Elles sont particulièrement concentrées dans la partie centrale du territoire communal (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

- Les zones de solifluxion se manifestent sous formes de petits ilots et sont ponctués par endroit essentiellement dans la partie centrale.
- Une zone de badlands apparaît au sud sur les hauteurs du Chelif.
- Les sapements de berges de l'oued Chelif ainsi que quelques oueds en amont.

Cette situation indique l'urgence d'intervention en matière de protection des sols car les conséquences du lessivage des sols se répercutent sur le Chéelif et sur toute retenue collinaire.

Les programmes de travaux forestiers qu'ils soient de stabilisation de sols ou de reforestation sont peu consistants au regard de ce qui reste à faire.

Le relief est contrasté, 76% forte pente, un climat aride, un réseau hydrographique très ramifié, une géomorphologie indiquant plusieurs zones vulnérables ( PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

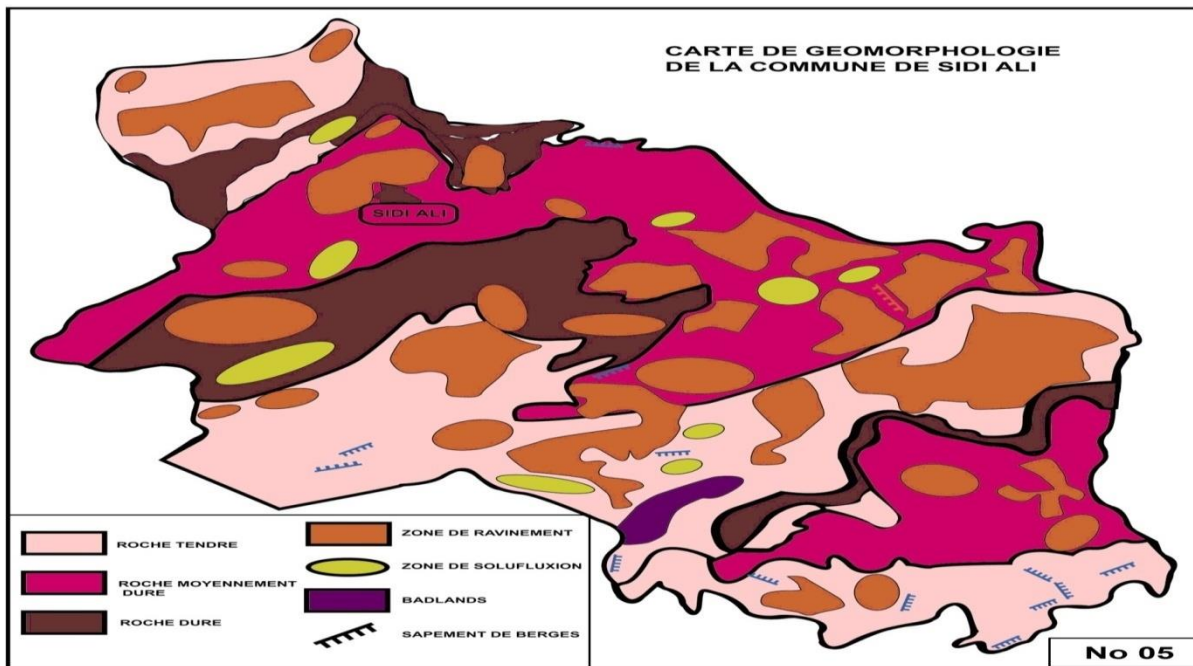


Fig. IV.6. Carte de géomorphologie de la commune de Sidi Ali (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### IV.2.7.L'occupation générale du sol

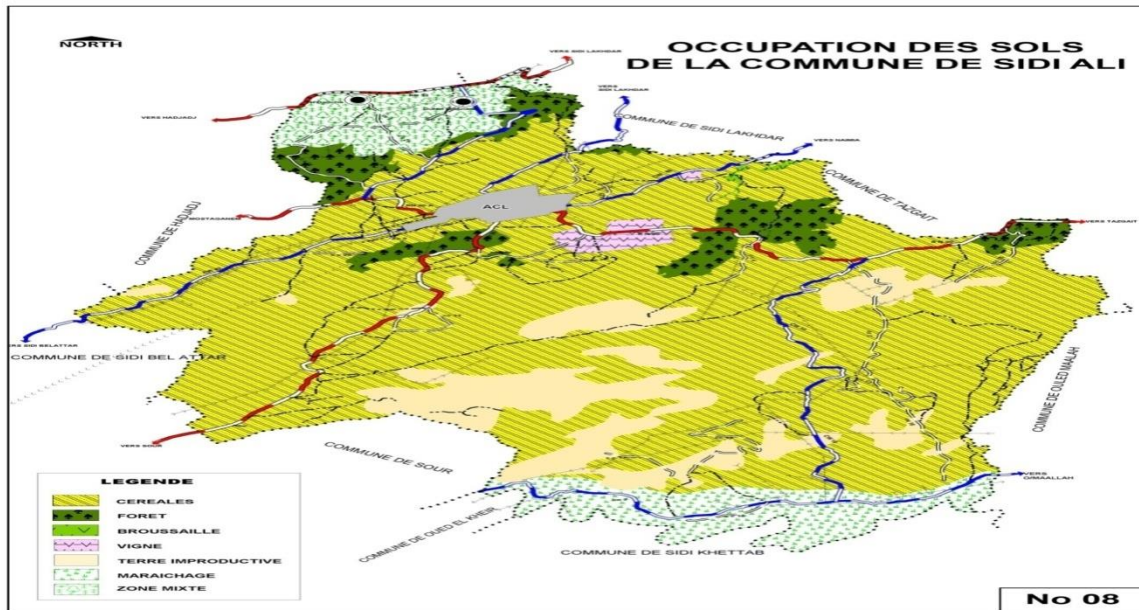
A la lumière des résultats de planimétrie de la carte d'occupation du sol au 1/25 000 élaborée à partir de relevés sur le terrain, nous constatons que plus de 60% du territoire de la commune est réservé à l'agriculture et constitue la superficie agricole utile (SAU) (tableau IV.4) évaluée 12380 hectares. Environ 2654 ha soit 13% des terres de la commune sont des terres incultes et 1202 ha soit environ 6% sont constitués de pacage et parcours. 1365 ha soit 9% des terres de la commune sont occupées par les terres forestières constituées de forêts, de maquis. Le reste des terres, 2602 ha soit près de 13%, sont des terrains improductifs, constitués par les mauvaises terres (badlands) ainsi que les zones bâties, les carrières, les routes et emprises diverses (fig. IV.7) (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

**Tableau. IV.4.** Répartition générale des terres (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

Répartition des terres	HA	% SUP TOT
SAU	12380	60
Terres incultes	2654	13
Pacage et parcours	1202	6
Total foret maquis	1786	9
Terres improductives	2602	13

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

Total commune	20624	100
---------------	-------	-----



**Fig. IV.7.**L'occupation des sols de la commune de Sidi Ali (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### IV.2.8.Potentialités des terres agricoles

Les terres agricoles ont été subdivisées en quatre classes suivant l'identification de critères (fig.IV.8) :

**a) Classe 1 :** Elle regroupe toutes les terres agricoles ayant de très fortes potentialités. Ces sols se caractérisent par une texture équilibrée, de profondeur assez convenable ayant généralement plus d'un mètre et pouvant être irrigués ou actuellement irrigués. Cette classe ne concerne que les terres situées sur la vallée du Chélif qui sont constitués d'alluvions récentes argileuse.

**b) Classe 2 :** Elle englobe les sols de fortes potentialités agricoles généralement en sec et ayant les mêmes caractéristiques que les premiers. La pente est généralement faible. Cette classe concerne les terres constitués de sols rouges non lessivés ; elles sont situées au nord au niveau des deux agglomérations secondaires de Ouled Bouziane et Hdadcha et se prolongent à l'est jusqu'au niveau du maquis d'Ighbal et du foret Nador.

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

c) **Classe 3** : Cette classe représente les terres de faibles potentialités agricoles. Elle couvre les sols ayant une profondeur qui varie généralement entre 30 et 50 cm et connaissent parfois des contraintes liées à la présence de la croûte calcaire où un taux cailloutis en surface assez conséquent. Ces terres sont de moyennes et faibles potentialités agricoles. Deux catégories appartiennent à cette classe :

- Les sols peu évolués d'érosion qui se situent à l'ouest de l'agglomération chef lieu, entre le CW 42 et la forêt de Sidi Youcef.
- Les sols rouges bruns situés à l'est de l'ACL entre Chaif et le maquis d'Ighbal.

d) **Classe 4** : Elle représente une très grosse part de la superficie de la commune et s'étend du Chélif jusqu'au niveau de l'ACL. Cette classe représente les terres de très faibles potentialités agricoles ; elle est constituée des successions de sols rendzimes à fortes pentes marneux de très faibles profondeurs. Parfois ces sols connaissent un problème d'hydromorphie.

Les terres de classe 3 et 4 c'est-à-dire de faibles et très faibles potentialités agricoles sont dominantes dans la commune et couvrent plus de 80% des terres et sont soumises en plus de aléas climatiques à une intense érosion (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

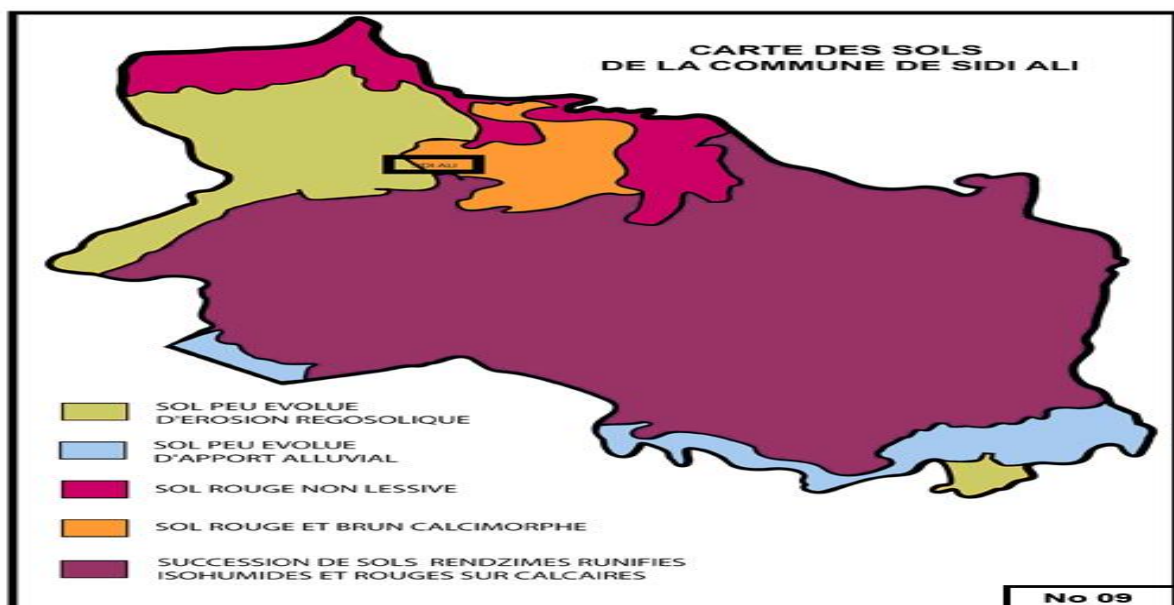


Fig. IV.8. Carte des sols de la commune de Sidi Ali (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

### IV.3. Analyse de la population

#### IV.3.1. Evolution de la population

## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

La population de la commune de Sidi Ali est passée de 17575 habitants en 1977 à 47126 habitants en 2022, soit une augmentation en valeur absolue de 29551 habitants sur une période de 45 ans. Cet important croit additionnel de la population s'est traduit par un taux d'accroissement annuel moyen de 2,2%. Ce rythme de croissance démographique a conduit à la multiplication de la population initiale résidente par 2,6 soit une augmentation annuelle moyenne de plus de 656 personnes / an. Cependant l'observation des taux d'accroissement enregistrés lors des différents RGPH fait apparaître une tendance à la baisse du rythme de la croissance démographique ; en effet, le taux d'accroissement de la population est passé de 3,9 en 1987 à 1,9 % en 1998 pour atteindre 1,6% en 2008 et 1,6% en 2022. Cette baisse est due généralement à la politique nationale de maîtrise de la croissance démographique menée depuis les années 80 qui a engendré une baisse de l'indice synoptique de la fécondité et par conséquent le taux de natalité (Tableaux IV.5 & IV.6) (PDAU de la commune de Sidi Ali, 2012).

Il est à noter par ailleurs que d'autres facteurs exogènes sont intervenus à savoir l'évolution du niveau d'éducation et les conditions socio économiques (la crise du logement et le chômage) qui ont influé négativement sur le phénomène de la nuptialité

**Tableau.IV.5.** Evolution de la population par dispersion (RGPH, 2008)

Dispersion	Population				Taux d'accroissement		
	1977	1987	1998	2008	77/87	87/98	98/08
Sidi Ali	6656	10307	15311	21686	4,5	3,7	3,5
O/Bouziane	825	1322	1653	1770	4,8	2,05	0,7
Hadadcha	-	617	699	780	-	1,1	1,1
Zone Eparsée	10094	13506	14214	12994	2,9	0,5	-0,9
<b>TOTAL</b>	17575	25802	31877	37230	3,9	1,9	1,6

**Tableau. IV.6.** Population de la commune (RGPH, 2022).

nbr de dist	disp.	nbre d'ilots	nbre de const	logements				menages	population		
				hab	inhab	usage	total		Masculin	Féminin	TOTAL
031	1	461	4871	6214	1569	68	7851	6404	14504	14860	29364
012	2	215	2838	1865	761	00	2626	1973	5117	5117	10248
014	3	00	1916	1300	536	00	1836	1319	3589	3589	7477



## Chapitre IV : Les caractéristiques Générales de la Région d'étude

---

	PAP	00	00	00	00	00	00	00	37	00	37
TOTAL		676	9625	9379	2866	68	12313	9696	23560	23566	47126

Soit :

1	agglomération chef lieu
2	agglomération secondaire
3	zone éparses
PAP	population les comptes a part

### Conclusion

La commune de Sidi Ali se caractérise par un climat semi - aride est responsable d'un bilan hydrologique négatif. De plus, une température moyenne annuelle de l'air élevée. Tenant compte de l'ensemble de ces facteurs, le recourt à l'irrigation est plus que nécessaire pour garantir les meilleurs rendements des cultures. Face à la rareté de ces ressources en eau ainsi qu'à la pression de la demande, l'option consiste à la dépollution des eaux usées urbaines domestiques de la région.

# **Chapitre V**

## **Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali**

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

---

### Introduction

Afin de concrétiser les projets futurs de réutilisation des eaux usées épurées et afin de maîtriser les techniques utilisées dans le monde, le Ministère des Ressources en Eau (MRE) s'est engagé sur plusieurs projets. L'un de ces projets, représenté par La station d'épuration de la commune de Sidi Ali qui fait l'objet de notre étude. Cette station d'épuration regroupe une série de mécanismes de traitement des eaux usées. Chacun de ses appareils est destiné à extraire un ou plusieurs polluants. Ce chapitre représente une description de cette STEP.

### V.1.Historique

La station d'épuration de Sidi Ali à été mise en service depuis 16 Avril 2018. Ce projet est mis en œuvre à un rythme de réalisation significatif pour procéder au traitement de 4800 m<sup>3</sup>/j avant que ce volume ne soit revu à la hausse, gérée et exploitée par l'Office National de l'Assainissement depuis le 03 Mai 2021. Elle a pour impact de :

- Réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation de 70 hectares.
- Protection de l'environnement et la lutte contre les maladies à transmission hydraulique.

### V.2.Localisation de la station d'épuration (voir figures V.1&V.2)

La station d'épuration de la commune de Sidi Ali se situe à 1 km au nord-est du centre du Sidi Ali, elle est délimitée par l'oued où les rejets des eaux usées urbains sont déversés en amont de la station d'épuration. La station d'épuration de Sidi Ali fait 2 ha de superficie, avec des coordonnées géographiques suivantes (fig.V.1&V.2)

- X : 36° 06'37,81" Nord (Latitude).
- Y : 00° 25'5,34" Est(Longitude).
- Z : 192 mètres (Altitude).

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

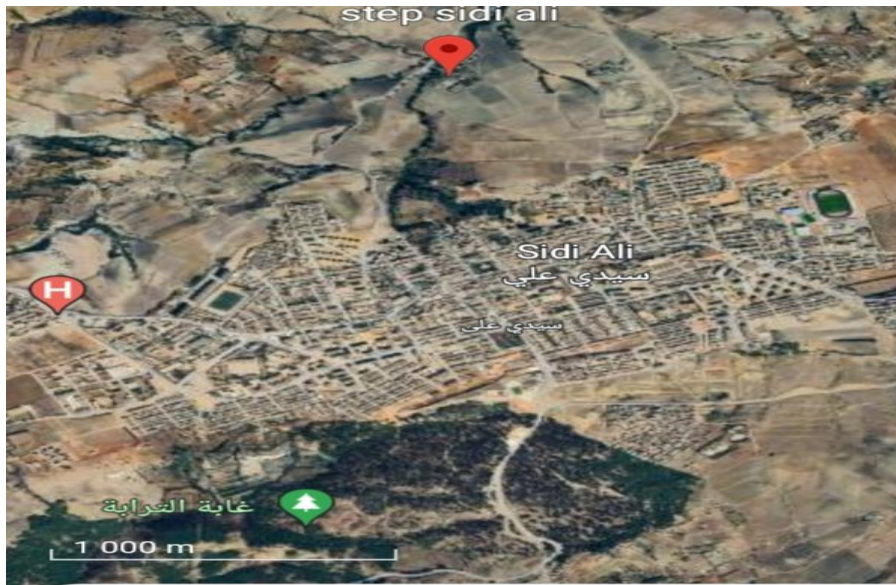


Fig.V.1. Localisation de la station d'épuration (google earth, 2024)



Fig.V.2: Localisation de la station d'épuration selon la carte d'Algérie (google maps, 2024)



Fig.V.3: vue de la station d'épuration de Sidi Ali (google earth, 2024)

## **Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali**

---

### **V.3. Description de l'installation de traitement**

La station est dotée d'un bâtiment d'exploitation, d'un bâtiment administratif, d'un local technique et d'un bâtiment loge gardien. Elle a été conçue d'une façon à permettre le plus de flexibilité et facilité pour l'exploitation.

Conformément aux stipulations et aux instructions du Cahier des Charges, la station d'épuration des eaux usées de la ville de Sidi Ali se compose principalement des phases de traitement suivantes:

- Dégrillage grossier
- Dégrillage fin
- Dessablage/déshuilage
- Zone de contact
- Bassins aérobics (aération)
- Zone de dégazage
- Décanteurs
- bassin de désinfection des eaux traitées par chloration
- Station de pompage des boues re-circulées, des boues en excès et épaisses .
- Epaisseurs
- Lits de séchage.

D'autres ouvrages sont aussi conçus pour la station d'épuration comme:

- Canalisation de By-pass a l'arrivée (déversoir d'orage).
- Comptage de sortie.
- Pompe de drainage (Regards toutes eaux).

### **V.4. Origine des eaux brutes**

Les eaux brutes sont celles provenant de la ville de Sidi Ali amenées par les drains collecteurs .La ville de Sidi Ali contient 3 rejets raccordés dans un canal en béton armé venir à la station d'épuration, elle contient 28 regards (24 regards de chute et de visite et 4 déversoirs d'orage), il existe un déversoir d'orage dans l'amont de la station qui reçoit d'eau brute.

### **V.5. Description détaillée de différents organes de la STEP**

#### **V.5.1. Déversoir d'orage (By-pass général)**

Le déversoir d'orage (Photo.V.1) protège les équipements en cas de dysfonctionnement du réseau (surcharge hydraulique et/ou déversement accidentel) et permet les interventions

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

d'exploitation sur les équipements électromécaniques en cas de pannes majeures (nécessité de by-passer) en ayant pris les dispositions nécessaires pour limiter l'impact sur le milieu naturel. Il limite aussi les charges hydrauliques le temps de pluie, afin de garantir la fiabilité du traitement biologique.

**Tableau V.1.** Description d'un déversoir de sécurité (ONA, 2024)

Diamètre d'arrivée:	500	mm
Cote de la conduite d'arrivée:	404,5	m.s.n.m.
Hauteur d'eau à l'arrivée pour $2,4 \times Q_m$ :	0,300	m
Cote d'eau à l'arrivée:	404,800	m.s.n.m.
Situation du mesureur à l'arrivée >	2,50	m avant l'arrivée



**Photo.V.1.** Le déversoir d'orage (STEP Sidi Ali, 2024)

### ➤ **Entretien et maintenance**

- Il faut vérifier visuellement le déversoir d'orage et nettoyer la lame des vannes murales chaque fois que nécessaire.
- curage bassin.
- Graisser les broches et écrous des broches
- Graisser les pistes de glissements
- Après une long période remplacer les joints élastiques pour éviter des fuites.

### V.5.2. Autosurveillance (débitmètre)

#### ➤ **Point de mesure entrée station (eau brute)**

Situé à l'entrée de la station et le plus souvent en aval du déversoir d'orage en tête de station, le point de mesure des eaux brutes est composé d'un débitmètre

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

---

électromagnétique placé à l'entrée de prétraitement (Photo.V.2).

Le dispositif de débitmètre permet de mesurer en continu et de totaliser quotidiennement les volumes admis en entrée de la station d'épuration. La mise en place d'un préleveur réfrigéré permet en outre d'analyser les concentrations et de calculer les flux admis en entrée de station d'épuration (prélèvement proportionnel au débit).



**Photo.V.2.**Débitmètre d'entrée (STEP Sidi Ali, 2024)

### ➤ Point de mesure sortie station (eau traitée)

Situé en aval du clarificateur et avant rejet au milieu récepteur, le point de mesure sortie station est le plus souvent équipé d'un canal venturi avec mesure de hauteur d'eau par sondes à ultrasons) (Photo.V.3)

Le débitmètre permet de mesurer en continu et de totaliser quotidiennement les volumes rejetés. La mise en place d'un préleveur réfrigéré (ou isotherme) permet en outre de calculer les flux rejetés en sortie de station d'épuration (prélèvement proportionnel au débit).



**Photo.V.3.**Canal venturi de comptage de débit (STEP Sidi Ali, 2024)

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

### V.5.3.Ouvrages d'entrée

Les eaux brutes sont entrées par une canalisation de transfert (voir photo. V.4)



Photo. V.4. Ouvrages d'entrée (STEP Sidi Ali, 2024)

### V.5.4.Dégrillage grossier

Le dégrillage grossier (voir photo.V.5) sert à éliminer les matières volumineuses des eaux brutes afin d'éviter un colmatage. Il est constitué de dégrilleur mécanisés et équipé d'une bande de transport des gros déchets vers un compacteur hélicoïdale qui verse des déchets compactés dans une benne. Ce type de dégrilleur est généralement constitué d'une grille droite verticale ou courbe régulièrement nettoyée par un peigne dentelé. L'ensemble est automatisé (régulation par horloge ou programmateur) .



Photo. V.5. Dégrillage grossier (STEP Sidi Ali, 2024)

#### ➤ Le fonctionnement du dégrillage grossier

En mode de fonctionnement automatique, la commande des dégrilleurs est assurée soit par horloge soit par différence de niveau.



## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

- La mesure de la différence de niveau est réalisée par deux sondes à ultrasons placées en amont et aval des grilles.
- La commande automatique par horloge pour le nombre de démarrage par jour et heure pour la durée de chaque fonctionnement (Tableau .V.3).
- **Tâches à effectuer Chaque semaine**
  - Remonter le panier dégrilleur à l'aide d'une potence (vérifier le bon fonctionnement du dispositif de levage), enlever manuellement les déchets à l'aide d'un râteau adapté à la grille.
  - les déchets sont égouttés dans un panier ou une poubelle perforée, avec admission des égouttures dans la file de traitement (Photo. V.6).
  - une fois égouttés, ensacher les refus de dégrillage et les évacuer avec les ordures ménagères.



**Photo. V.6.** Egoutter les déchets (STEP Sidi Ali, 2024)

Les formules utilisées pour le calcul de la surface des grilles sont les suivantes :

$$\Delta h = \lambda V^2 / (2g)$$

$$\lambda = 2.42 (b/d)^{4/3} \sin \alpha$$

$$V = [Q / (HB)] [(b+d)/d] \sin \alpha$$

Avec :

$\Delta h$  : Perte de charge (m);

$b$  : Epaisseur des barreaux (m);

$d$  : Espace libre entre les barreaux (m);

$\alpha$  : Angle d'inclinaison des barreaux (deg);

$H$  : Hauteur de l'eau en amont des grilles (m);

$B$  : Largeur de la grille (m);

$V$  : Vitesse de l'eau (m/s); et

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

g : Accélération gravitaire ( $m/s^2$ ).

On adoptera deux (1+1) grilles grossières

Les calculs hydrauliques pour les différentes conditions de fonctionnement sont donnés dans

**Tableau.V.2.** Les caractéristiques d'un dégrilleur grossier (ONA, 2024)

Nombre de files en fonctionnement:	2	ud
Débit moyen ( $Q_m$ ) total:	200,00	$m^3/h$
Débit maximum ( $Q_p$ ) total:	600,00	$m^3/h$
Débit moyen par file:	100,00	$m^3/h$
Débit maximum par file:	300,00	$m^3/h$
Vitesse minimum de rapprochement à débit minimum:	0,40	m/s
Vitesse maximale dans les canaux à débit maximum:	1,00	m/s
Nombre de grilles par file:	1	ud
Espace entre barreaux :	30	mm
Epaisseur des barreaux:	10	mm
Coefficient d'encombrement cas 1:	70	%
Coefficient d'encombrement cas 2:	30	%
Largeur du canal:	1,00	m
Vitesse à débit moyen:	0,745	m/s >0,40
Vitesse à débit maximum:	0,973	m/s <1,00
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit moyen avec encombrement cas1:	0,124	m
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit de pointe avec encombrement cas 1:	0,285	m
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit moyen avec encombrement cas 1:	0,053	m
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit de pointe avec encombrement cas 2:	0,122	m
Hauteur d'eau dans le canal en aval des grilles à débit moyen:	0,037	m
Hauteur d'eau dans le canal en aval des grilles à débit de pointe:	0,086	m
Surélévation par rapport au niveau maximum de l'eau:	0,20	m
Hauteur de canal requise:	0,485	m
Hauteur de canal adoptée:	0,50	m
Pente requise à débit moyen ( $n = 0,014$ ):	0,9610	%
Pente requise à débit maximum ( $n = 0,014$ ):	0,6070	%
Système de nettoyage:	Automatique manuelle	

### V.5.5. Dégrillage fin (tamis autonettoyant)

Le dégrillage fin (Photo. V.7) sert à éliminer les matières fines des eaux brutes afin d'éviter un colmatage. Il est constitué d'un tamis autonettoyant avec un diamètre de 5mm, équipé

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

d'un transporteur à bande des déchets fins vers un compacteur hélicoïdale qui verse ces déchets compactés dans une benne à l'attend de leur quantification et évacuation vers décharge public.

Les refus des grilles tombent sur un transporteur à bande, installé perpendiculairement aux grilles. Les refus de grilles sont évacués vers un conteneur de stockage, placé à côté de l'ouvrage de dégrillage.

Le fonctionnement du transporteur à bande est asservi à celui des grilles mécanisées. Son arrêt est temporisé par rapport à celui des grilles afin de permettre une évacuation complète des refus des grilles. En option on propose de compacter les refus de dégrillage par l'utilisation d'un compacteur.



Photo. V.7. Dégrillage fin (STEP Sidi Ali, 2024)

### ➤ Mode degrileur

- **Fonctionnement cyclique (mode horloge)**

Tableau .V.3. Temps de fonctionnement (ONA, 2024)

Temps ON degrileur grossier 1	3min
Temps OFF degrileur grossier 1	20min
Temps ON degrileur grossier 2	3min
Temps OFF degrileur grossier 2	20min
Temps ON degrileur fin1	5min
Temps OFF degrileur fin1	17min
Temps ON degrileur fin 2	5 min
Temps OFF degrileur fin 2	17 min

- **Fonctionnement continue:** marche avec les sondes de niveaux

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

**Tableau .V.4.les caractéristiques d'un degilleur fin (ONA, 2024)**

Nombre de files en fonctionnement:	2	ud
Débit moyen (Qm) total:	200,00	m <sup>3</sup> /h
Débit maximum (Qp) total:	600,00	m <sup>3</sup> /h
Débit moyen par file:	100,00	m <sup>3</sup> /h
Débit de pointe par file:	300,00	m <sup>3</sup> /h
Vitesse minimum de rapprochement à débit minimum:	0,40	m/s
Vitesse maximale dans les canaux à débit maximum:	1,00	m/s
Nombre de files en fonctionnement:	2	ud
Débit moyen (Qm) total:	200,00	m <sup>3</sup> /h
Débit maximum (Qp) total:	600,00	m <sup>3</sup> /h
Débit moyen par file:	100,00	m <sup>3</sup> /h
Débit de pointe par file:	300,00	m <sup>3</sup> /h
Vitesse minimum de rapprochement à débit minimum:	0,40	m/s
Vitesse maximale dans les canaux à débit maximum:	1,00	m/s
Nombre de grilles à fins para file:	1	ud
Espace entre barreaux:	8	mm
Epaisseur des barreaux:	10	mm
Coefficient d'encombrement cas 1:	70	%
Coefficient d'encombrement cas 2:	30	%
Largeur du canal:	1,00	m
Vitesse à débit moyen:	0,745	m/s >
Vitesse à débit maximum:	0,973	m/s <
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit moyen avec encombrement cas 1:	0,124	m
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit de pointe avec encombrement cas 1:	0,285	m
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit moyen avec encombrement cas 1:	0,053	m
Hauteur d'eau au niveau des grilles à débit de pointe avec encombrement cas 2:	0,122	m
Hauteur d'eau dans le canal en aval des grilles à débit moyen:	0,037	m
Hauteur d'eau dans le canal en aval des grilles à débit de pointe:	0,086	m
Surélévation par rapport au niveau maximum de l'eau:	0,20	m
Hauteur de canal requise:	0,485	m
Hauteur de canal adoptée:	0,50	m
Pente requise à débit moyen (n = 0,014):	0,9610	%
Pente requise à débit maximum (n = 0,014):	0,6070	%
Système de nettoyage:	Automatique	

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

### ➤ Tâches à effectuer

- Vérifier le bon fonctionnement du dégrilleur automatique, l'absence de fuite d'huile et modifier les cadences du peigne au besoin.
- Ensacher les refus de dégrillage et les évacuer avec les ordures ménagères chaque fois que nécessaire (ne pas dépasser deux à trois jours en climat chaud).
- graisser les paliers des motoréducteurs (changement des cartouches de graissage si elles existent).

### V.5.6. Le dessableur /déshuileur

Le dessablage-désuilage (voir photo. V.8) est assuré par un pont transversal racleur de reprise des graisses et du sable pompage.

Il s'avère indispensable afin :

- de protéger les équipements électromécaniques.
- d'éviter les risques de bouchage des conduites et les dépôts dans les divers ouvrages.



**Photo. V.8.** Dessableur /déshuileur (STEP Sidi Ali, 2024)

### V.5.6.1. Le dessableur

Le dessablage (Photo. V.9) dans la station de Sidi Ali a pour but d'extraire des eaux brutes ; les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fin, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduit, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion, à éviter de perturber les stades de traitement. Le domaine usuel du dessablage porte sur les particules de granulométrie égale ou supérieure à 200 mm ; une granulométrie inférieure est en général du ressort du débouage ou de la décantation. L'ouvrage se compose d'un canal rectangulaire de 4 m de large et de 15 m de long, avec une hauteur d'eau moyenne de 2,5 m, représentant donc un volume total de 150 m<sup>3</sup>.



**Photo. V.9.** Dessableur (STEP Sidi Ali, 2024)

### V.5.6.2. Le déshuileur

Le déshuilage (voir photo. V.10) est une opération de séparation liquide - liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide- liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite. Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de produits de densité légèrement à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant.



**Photo. V.10.** Déshuileur (STEP Sidi Ali, 2024)

- L'extraction du sable se fait par deux pompes air lift vers un canal d'évacuation vers classificateur à sable.
- L'extraction des huiles se fait par l'injection de l'air par un compresseur qui va diviser l'air au fond de bassin pour créer des barbotage, les huiles flottent et un racleur va les racler dans un puits de graisse.

Le dessableur /déshuileur est aéré par insufflation qui combine les fonctions de dessablage et déshuilage. Un compresseur (Photo. V.11) permet généralement d'assurer le

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

barbotage des sables, afin de séparer des matières organiques, avant leur extraction sur une aire dédiée.



**Photo. V.11.** Compresseur (STEP Sidi Ali, 2024)

➤ **Fonctionnement du compresseur :**

Temps ON 5min

Temps OFF 5min

### V.5.6.3. Classificateur à sable

Le dessableur/deshuilleur est généralement complété d'un classificateur (Photo. V.12), d'un hydrocyclone ou d'un laveur de sables. Ces équipements diminuent la teneur en eau et en matière organique du sable lavé et permettent ainsi leur valorisation.

L'ouvrage dispose d'équipements électromécaniques permettant d'optimiser la séparation entre les matières minérales et les matières organiques. Elle a un retard d'arrêt 2 min.



**Photo. V.12.** Classificateur à sable (STEP Sidi Ali, 2024)

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

### V.5.7.Zone de contact (voir photo.V.13)

Cette zone a pour objet d'optimiser le mélange des eaux brutes avec les boues recirculées (Photo.V.13), afin de favoriser le développement des bactéries du floc au détriment des bactéries filamenteuses. Elle constitue un élément de génie civil optionnel mais fortement conseillé. Les eaux brutes et une partie des boues recirculées sont mises en contact par agitation mécanique. Le volume de boues à renvoyer dans la zone de contact doit permettre de recharger le floc bactérien en nourriture et de maintenir un temps de contact de dix minutes environ. Le reste du volume de boues recirculées est dirigé dans le bassin d'aération. Lorsque la zone de contact est alimentée par pompage, les arrivées d'eaux brutes et de boues recirculées doivent être synchronisées.



**Photo. V.13.** Zone de contact (STEP Sidi Ali, 2024)

#### ➤ Tâches à effectuer

- Contrôler le bon fonctionnement de la zone de contact : des boues recirculées (couleur, odeur) et du mélange.
- Surveiller la bonne communication de la zone de contact avec le bassin d'aération.
- Evacuer les flottants en surface de la zone de contact vers la file boues.
- Enlever les filasses et autres déchets déposés autour des équipements (en cas de dysfonctionnement);

**Tableau.V.5.** Les caractéristiques de la zone de contact (ONA, 2024)

Temps de séjour maximum	10,00	min
Volume unitaire de la zone de contact	16,67	m <sup>3</sup>
Dimensions de la zone de contact		
Largeur	2,50	m
Longueur	2,50	m
Hauteur d'eau	4,00	m
Volume résultant	25,00	m <sup>3</sup>



## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

Temps de séjour résultant	0,25	h
---------------------------	------	---

### V.5.8. Bassin d'aération (bassin biologique)

Le bassin d'aération (voir photo.V.14) constitue le réacteur biologique de la station d'épuration. Le floc bactérien y est maintenu en état aérobie ou anoxique et en suspension par le biais d'un ou plusieurs agitateurs. L'ouvrage est alimenté en eaux brutes prétraitées et en boues recirculées et est aéré séquentiellement par un dispositif d'aération par des turbines. Selon la taille et la complexité de la station, la régulation de l'aération par syncopage peut être réalisée soit par de simples horloges ou commandée par des sondes O<sub>2</sub>.

Le volume d'un bassin d'aération est calculé selon le temps de séjour en supposant que la STEP est de faible charge.

Dans la STEP de Sidi Ali il existe deux bassins type rectangle, les deux ensembles contiennent l'aération. Le volume de chaque bassin est de 4550 m<sup>3</sup>. Le fonctionnement d'un bassin d'aération est aérobie, la réparation de la demande en oxygène (DO) a lieu au niveau du bassin d'aération.

Dans cette station d'épuration chaque bassin d'aération a les dimensions suivantes :

- Longueur : 37,80 m
- Largeur : 23,60 m
- Profondeur : 5,10 m (Charge hydraulique)



**Photo. V.14.** Les bassins d'aération (STEP Sidi Ali, 2024)

#### V.5.8.1. Fonctionnement des aérateurs

Sur 24 heures, le nombre de cycles d'aération est de l'ordre de 10 à 16. Un cycle d'aération est composé d'un temps de marche de l'aérateur et d'un temps d'arrêt de ce même aérateur. Il faut compter environ 8 à 18 heures de temps de présence d'oxygène dissous et

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

environ 10 heures de temps d'anoxie au cours d'une journée. Ces temps sont ensuite répartis sur 24 heures selon les variations d'arrivée des eaux usées, la nature du réseau, le taux de boues de la station d'épuration.

Dans tous les cas, il faut s'assurer que le temps maximum d'arrêt de l'aérateur ne dépasse pas 2 heures (1 h 30 en climat chaud). Dans le cas d'un aérateur de surface, le temps minimum d'aération est de 30 minutes.

### V.5.8.2.Exemple de paramétrages d'horloges STEP Sidi Ali

➤ **Horloge de contrôle aérateurs AE1 –AE2 :**

Taux d'aération de bassin biologique N°1= 45 minute/heure

8h00			
0/15min	1/15min	3/15min	2/15min

- 1 → aérateur n1 marche 15 minutes
- 2 → aérateurs n2 marche 15 minutes
- 3 → les deux aérateurs marchent 15 minutes en même temps



Photo. V.15. Horloge de contrôle aérateurs AE1 –AE2 (STEP Sidi Ali, 2024)

➤ **Horloge de contrôle des aérateurs AE3 –AE4**

Taux d'aération de bassin biologique N°2= 45 minute

8h00			
0/15min	1/15min	3/15min	2/15min

- 1 → aérateur n1 marche 15 minutes
- 2 → aérateurs n2 marche 15 minutes
- 3 → les deux aérateurs marchent 15 minutes en même temps

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali



**Photo. V.16.** Horloge de contrôle aérateurs AE3 –AE4 (STEP Sidi Ali, 2024)

Les équipements électromécaniques (agitation, aération...) font l'objet des opérations de maintenance prévues par les constructeurs.

Le bon fonctionnement du système d'aération constitue un élément majeur. En cas de panne, une intervention très rapide est indispensable. La présence d'équipements de secours est souhaitable.

➤ **Tâches à effectuer**

- Contrôler le bon fonctionnement des dispositifs d'aération et d'agitation. Sur le bassin d'aération : observer visuellement la qualité de boues (couleur, odeur, présence de mousses, qualité de l'aération) et l'homogénéisation du mélange.
- Contrôler la qualité des boues recirculées (couleur, odeur) et du mélange. Au besoin, modifier les réglages de la recirculation, ainsi que les retours issus de l'unité de déshydratation des boues.
- Surveiller l'apparition de bruits suspects sur les moteurs (turbines, pont brosse, surpresseur...), et vérifier l'échauffement ainsi que la vibration des moteurs.
- Observer la qualité du bullage dans le cas d'une aération par fines bulles : prévenir l'apparition de fuites et/ou colmatage des membranes de diffusion d'air.
- Dans le cas des turbines, observer la bonne dispersion de la gerbe de manière à prévenir l'usure des pales, la mauvaise horizontalité du plateau.
- Nettoyer les organes de communication (élimination des filasses de la lame déversante).
- Relever l'agitateur et contrôler son aspect général ;
- Contrôler l'état des dispositifs de levage (câbles, chaînes, barres de guidage) ;
- Vérifier la qualité/niveau de l'huile des motoréducteurs (vidange 1 fois/an avec changement des joints et des bouchons).

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

### V.5.9. Zone dégazage

Cet ouvrage (photo. V.17) a pour objet d'éliminer l'excès d'oxygène et d'azote gazeux avant admission du mélange « eaux traitées – boues » dans le clarificateur, tout en évitant les phénomènes de ré-engazage. Il permet de limiter les remontées de flottants en surface du clarificateur. Il est équipé d'un large trop plein en communication avec une fosse de collecte des flottants (généralement celle du clarificateur). Les flottants sont évacués vers la file boues.



Photo. V.17. Zone de dégazage (STEP Sidi Ali, 2024)

Tableau.V.6. Les caractéristiques de la zone de dégazage (ONA, 2024)

Dimensions unitaires de la chambre:		
Largeur:	2,50	m
Longueur:	2,50	m
Hauteur:	4,00	m
Surélévation:	0,30	m
Volume unitaire résultant:	25,00	m <sup>3</sup>
Temps de séjour résultant:	15,00	minutes
Nombre de files:	2	ud
Débit par file:	100,00	m <sup>3</sup> /h
Volume nécessaire:	25,00	m <sup>3</sup>

➤ **Tâches à effectuer**

- Contrôler le bon fonctionnement du dégazeur et veiller à la bonne évacuation des flottants (nettoyage de la goulotte d'évacuation).
- vérifier l'état des vannes murales.

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

### V.5.10. Décanteur (Le clarificateur)

Le clarificateur (voir photo.V.18) assure la séparation entre l'eau traitée et les boues décantées dans le décanteur, elles se récupèrent par une pompe suceuse (pompe air lift) (voir figure) vers un puits à boue.

L'évacuation de l'eau traitée déverse vers un canal de récupération des eaux traité vers un bassin de désinfection.

La station d'épuration de Sidi Ali est équipée de deux bassins :

- Profondeur : 4.40 m (Charge hydraulique).
- Diamètre : 15.60 m.

La durée de la décantation est de 3 heures. A la fin de ce traitement on a éliminé 90% de la pollution se trouvant dans l'eau usée.



**Photo. V.18.** Bassins de décantation (STEP Sidi Ali, 2024)

#### ➤ Tâches à effectuer

- Contrôler la rotation du pont tournant, l'absence de bruits anormaux, la limpidité de l'eau épurée et le niveau de boues dans l'ouvrage.
- Veiller à la bonne évacuation des flottants : réglage de la lame de raclage en surface, nettoyage de la lame déversante et de la goulotte d'évacuation (en cas d'absence de brosse sur le pont tournant).
- Si des remontées de boues sont observées : vérifier les réglages de l'aération, de la recirculation et de l'extraction, le fonctionnement du dégazeur et le raclage de fond.
- En présence de billes de graisses ou déchets, vérifier le fonctionnement et l'efficacité des prétraitements.
- Contrôler et changer si besoin le dispositif de raclage de surface.

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

- Changer les brosses de nettoyage des goulottes associées au pont tournant chaque fois que nécessaire. Vérifier régulièrement la bonne tenue de la lame siphonide et de la lame de fond du pont tournant. Vérifier l'usure des bavettes de reprise des écumes et les changer si nécessaire.
- Graisser les pièces tournantes et contrôler l'état de la roue d'entraînement du pont.
- Vérifier la qualité/niveau de l'huile des motoréducteurs (vidange 1 fois/an avec changement des joints et des bouchons) et le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité (arrêt coup de poing) ;
- Vérifier le bon état de la bande de roulement et déceler d'éventuels patinages (corriger si nécessaire) ;
- Vérifier l'étanchéité de la lame déversante dentelée.
- 

### V.5.11. Station de pompage des boues en retour et en excès

Ce poste (photo. V.19) est en lien avec le fond du clarificateur via une canalisation spécifique et est généralement constitué de 4 pompes : 2 pompes de recirculation + 2 pompes d'extraction des boues en excès. Ces pompes permettent de ramener les boues vers épaisseur (concentrées), vers le bassin d'aération (diluées), afin de maintenir un taux de boues optimal dans le bassin d'aération.



**Photo. V.19.** Station de pompage des boues (STEP Sidi Ali, 2024)

**Tableau.V.7.** Les caractéristiques d'une station de pompage des boues (ONA, 2024)

Type de pompes:	hélicoïdale	
Nombre de pompes installées	4	ud
Nombre de pompes en service:	2	ud
Jours de travail à la semaine:	7	jours
Heures de travail par jour:	14	heures
Débit unitaire nécessaire:	2,61	m <sup>3</sup> /h

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

Débit unitaire adopté:	35,00	m <sup>3</sup> /h
Vitesse de circulation:	1,20	m/s
Destination des boues:	Séchage	
HMT	4	m

### V.5.12.Épaississeur

La station d'épuration est équipée d'un seul épaississeur (photo. V.20) par pompage. Les boues s'introduisent dans le bassin et se décantent puis s'épaississent, les boues décantées sur le fond seront acheminées vers le stockage de boues. Le Volume des boues en excès évacuées chaque 15 jours est d'environ 140 m<sup>3</sup>.



**Photo. V.20.Épaississeur (STEP Sidi Ali, 2024)**

**Tableau.V.8. Les caractéristiques d'un épaississeur (ONA, 2024)**

Nombre d'unités	1,00	ud
Production de boues:	140	m <sup>3</sup> /15 jours
Temps de séjour des boues:	>15	jours
Concentration moyenne des boues:	2,13	%
Diamètre adopté:	8,00	m
Surface adoptée:	50,27	m <sup>2</sup>
Hauteur de la partie conique	1,5	m

### V.5.13. Lits de séchage

Les lits de séchage permettent de déshydrater, de minéraliser et de stocker les boues biologiques extraites. Ils sont constitués d'un granulat sur lequel une fine couche de compost

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

ou de sable aura été mise en place. Cette dernière couche garantit une bonne filtration dès le démarrage de l'installation. Dans le cas de compost, une meilleure croissance est observée au démarrage mais une efficacité moindre de filtration. Une fois la couche de boues formée, aucune différence n'est observable.

A l'issue de l'épaississement, la boue reste encore volumineuse, il est difficile de la transporter et elle nécessite une déshydratation. Cette déshydratation est soit naturelle ou mécanique. Dans la présente station, le procédé de la déshydratation est naturel. La boue liquide est placée dans les lits de séchage (voir photo. V.21) en plein air et les lits sont munis de couches filtrantes et de système de drainage. Au delà de 2 ou 3 jours, la teneur en eau de la boue peut s'abaisser à 85% environ, dans les semaines qui suivent et grâce à l'évaporation, la teneur en eau peut tomber à 75% environ.



**Photo. V.21.**Lits de séchage (boues liquides) (STEP Sidi Ali, 2024)

La station d'épuration est donc composée de six lits de séchage, d'une dimension de 200 m<sup>2</sup> chaque réception des boues à une hauteur max de 0,4 m. La capacité maximale de stockage des boues est de 80 m<sup>3</sup> pour chaque lit de Séchage.

Après le séchage (voir photo.V.22), l'épaisseur de la couche de la boue peut atteindre entre 8 et 15 cm environ, la boue sera enlevée manuellement et transportée en camion. Au cours de l'évacuation, du sable pourrait être emporté, il est donc nécessaire de compléter le sable perdu périodiquement.

Le séchage de boue s'effectue sur les lits de séchage par l'intermédiaire de l'infiltration, l'évaporation, l'ensoleillement, le séchage à l'air, etc. C'est pourquoi, le séchage est affecté considérablement par les conditions climatiques, les précipitations de la zone, la température atmosphérique, l'humidité relative et la vitesse du vent. On devra donc régler les cycles d'usage des lits de séchage en pratique en fonction des saisons et les conditions climatiques ainsi que le volume global de la boue.





**Photo. V.22.** Lits de séchage (boues séchées) (STEP Sidi Ali, 2024)

### V.5.14. Regard d'accumulation de toutes les eaux

Ce poste permet de ramener les eaux (principalement issues de : l'épaississeur, le lit de séchage et l'assainissement de la STEP) en tête de station et en aval des prétraitements et les dispositifs de comptage. Il est généralement constitué de 2 pompes qui fonctionnent en alternance (photo. V.23).



**Photo. V.23.** Regard d'accumulation de toutes les eaux (STEP Sidi Ali, 2024)

#### ➤ Tâches à effectuer

- Mettre les pompes en mode manuel, afin de vider le plus possible la bache du poste toutes eaux ;
- Remonter, nettoyer et vérifier les câbles, poires de niveau et autres sondes pression immergées
- Nettoyer à grande eau les parois du poste, barres de guidage, chaînes et câbles.

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

### V.5.15. Bassin de désinfection

La désinfection a pour finalité de détruire les germes pathogènes non éliminés par les boues activées. Le chlore, par sa grande efficacité à très faible dose et par sa facilité d'emploi, est le réactif le plus utilisé pour assurer la stérilisation de l'eau.

Le mélange de chlore avec la masse d'eau à stériliser s'effectue dans un bassin de désinfection longitudinal. Les équipements nécessaires pour la réalisation de la désinfection sont :

- Agitateur de chlore
- pompe doseuse
- réservoir de production de chlore.

Le bassin de désinfection (voir photo.V.24) est de forme rectangulaire muni de chicanes, ce qui nous permettra d'avoir un meilleur contact entre l'eau et le désinfectant.

**Tableau. V.9.** Les caractéristiques d'un bassin de désinfection (ONA, 2024)

Nombre de bassin de désinfection	1	U
Débit de pointe	480	m <sup>3</sup> /h.
Débit de pointe par fil	240	m <sup>3</sup> /h.
Temps de contact	30	mn
Volume unitaire nécessaire	120	m <sup>3</sup>
Hauteur d'eau dans le bassin	3	m
Surface unitaire du bassin	48	m <sup>2</sup>
Longueur unitaire du bassin	12	m
Largeur unitaire du bassin	4	m
Distance entre chicanes	2	m
Épaisseur de chicane	0.2	m
Nombre de chicane	06	U

**NB:** Une directive est donnée à l'agent responsable de la station d'épuration de Sidi Ali de ne pas utiliser la chloration pour protéger les terres agricoles et les plantes.

## Chapitre V : Présentation de la station d'épuration de Sidi Ali

---



**Photo. V.24.** Bassin de désinfection (STEP Sidi Ali, 2024)

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné une description détaillée de la station d'épuration de Sidi Ali, les conditions de fonctionnement de cette dernière et les différents procédés de traitement des eaux usées, à savoir: le prétraitement, le traitement biologique, la décantation, le traitement des boues, l'épaississeur et les lits de séchage.

# **Chapitre IV :**

## **Matériels et méthodes**

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

### Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP de Sidi Ali. Nous avons suivi les paramètres suivants : débit, T°, pH, CE, OD, DCO, DBO5, MES,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ , Les germes totaux, les coliformes totaux, E. coli, les streptocoques fécaux, les clostridium sulfito-réducteurs.

### IV.1. Analyses physico-chimiques

#### IV.1.1. Prélèvement des échantillons

Les analyses sur lesquelles on va parler dans cette partie concernent les effluents d'eau usée de la station de Sidi Ali. Chaque heure, un certain volume d'eau usée est prélevé, à l'entrée de la STEP ainsi qu'à la sortie. Ceci est effectué 8 fois par jour pour avoir enfin l'échantillon final à analyser, qui se compose du mélange des volumes prélevés. Ces analyses sont effectuées une fois tous les 15 jours.

Les échantillons doivent être analysés dans un délai de 24 h au maximum, afin d'éviter toute modification des concentrations de l'échantillon. Ainsi, ils doivent être conservés à une température de 4°C.

#### IV.1.2. Conditionnement des échantillons avant analyse

Le prélèvement sera effectué dans des flacons en PVC (voir Photo IV.1) bien propres en polyéthylène ou en verre, rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, ils seront remplis complètement.



Photo .IV.1. Flacon en PVC

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

### IV.1.3. Stabilisation des échantillons

Les appareils de prélèvement doivent être munis d'un système de réfrigération pour garantir la stabilité des échantillons. Ceux-ci doivent toujours être réfrigérés, que ce soit pour être mis en réserve, lors du transport ou durant leur entreposage. Les échantillons seront au besoin homogénéisés avant l'analyse.



**Photo. IV.2.**Le système de réfrigération des prélèvements (STEP Sidi Ali, 2024)

### IV.1.4. Matériel et méthodes

Les analyses physico-chimiques de ce travail ont été réalisées dans le laboratoire de la STEP de Sidi Lakhdar (ONA de Mostaganem).

#### IV.1.4.1. Appareillage

Les appareils employés dans cette partie expérimentale sont répertoriés dans le tableau IV.1. suivant :

**Tableau IV.1.** Liste des appareils employés

Ph mètre	Mesure de PH
Conductimètre	Mesure de la conductivité
Spectrophotomètre	Mesure $PO_4^{-3}$ , $NH^+_4$ , $N-NO_3^-$ , $N-NO_2^-$
DBO mètre	Mesure DBO5
Oxymètre	Mesure de l'oxygène dissous
Thermomètre	Mesure de la température de l'eau
Chronomètre	Mesure de temps

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

Réfrigérateur	Préserver les échantillons
Débitmètre	Mesure de débit
Thermo-réacteur	DCO
Pompe à sous vide	MES (eaux épurées)
Centrifugeuse	MES (eaux brutes)
Balance magnétique	Mesure m0 et m1
Etuve	Séchage

### IV.1.4.2. Détermination des paramètres physico-chimiques

#### IV.1.4.2.1. Détermination du débit

C'est un volume par unité de temps ( $m^3/j$ ,  $m^3/h$ ,  $l/s$ ). Le débit varie considérablement avec le temps, la nécessité d'estimer les extrêmes enregistrés à travers ce facteur. La mesure du débit se fait en utilisant un débitmètre à l'entrée et à la sortie de la station.

Débit moyen journalier : débit moyen journalier reçu par la station ( $Q_j$ ).



Photo .IV. 3. Le débitmètre a la sortie de la station (STEP Sidi Ali, 2024)

#### IV.1.4.2.2. Détermination de la température T

La température est un paramètre physique de l'eau joue un grand rôle dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. La mesure de la température a été effectuée par l'utilisation d'une sonde thermométrique trompée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre.



**Photo.IV.4.** Thermomètre (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

### IV.1.4.2.3. Mesure du pH

La mesure du pH a été effectuée sur site à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode préalablement étalonnée avec des solutions tampon pH (4 et 7). La méthode consiste à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher, Après la stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre, on lit la valeur du pH directement.

#### ➤ Mode opératoire

Tout d'abord on rince le bêcher et l'électrode avec de l'eau distillée, puis avec de l'eau à analyser, ensuite on remplit le bêcher avec l'échantillon et on immerge l'électrode avec agitation, Nous lisons directement le pH lorsque sa valeur est stabilisée. Le montage est donné par la figure suivante (Photo IV.5.).



**Photo .IV.5.** pH mètre (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)



## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

### IV.1.4.2.4. Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de platine de 1 cm<sup>2</sup> de surface, séparé par une distance de 1 cm, elle est l'inverse de la résistivité électrique ( $\rho$ ).

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \times \frac{L}{S}$$

$\gamma$  : conductivité (en  $\Omega^{-1} \cdot m$  ou S, m<sup>-1</sup>)

P: résistivité (en  $\Omega \cdot m$ ),

R : résistance (en  $\Omega$ ),

L : distance entre les deux électrodes (en m),

S : surface de chaque électrode (en m<sup>2</sup>)

#### ➤ Mode opératoire

Premièrement on rince plusieurs fois le bêcher et l'électrode avec de l'eau distillée, puis on plonge l'électrode complètement dans le bêcher contenant l'eau à analyser. Par la suite on agite l'échantillon afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide, cette agitation permet d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Enfin on note la valeur finale affichée sur le conductimètre. Le résultat est donné directement en  $\mu\text{S/cm}$ .



**Photo .IV.6.**Le conductimètre (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

### IV.1.4.2.5. Détermination d'oxygène dissout

- ✓ Prendre environ 100ml d'eau à analyser,
- ✓ Tremper l'électrode dans le bêcher,
- ✓ Agiter l'échantillon.
- ✓ Laisser stabiliser, puis noter la valeur de l'oxygène dissout



**Photo .IV.7.L'oxymètre (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)**

### **IV.1.4.2.6. Détermination de la matière en suspension (MES)**

#### **IV.1.4.2.6.1.Par Filtration (eau de sortie)**

##### **➤ Mode opératoire**

- Préparer et laver les filtres avec de l'eau distillée pour éliminer la poussière puis les faire sécher à 105°C pendant au moins 01 heure.

-Laisser les refroidir dans le dessiccateur ensuite, mesurer le poids de filtre m0.



**Photo .IV.8.Dessiccateur**



**Photo .IV.9.Balance magnétique  
(Mesurer le poids de filtre m0)**

**(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)**

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

- placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- Agiter le flacon de l'échantillon.
- Verser un volume convenable de l'échantillon dans l'éprouvette graduée (250 ML), puis filtrer.



**Photo .IV.10.**La filtration (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

- Libérer le dispositif sous vide lorsque le papier filtre est pratiquement sec.
- Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide d'une pince à extrémité plate.
- Placer le filtre sur un support de séchage (capsule) qu'on met à l'étuve à 105° C pendant 2heures.
- Mettre dans le dessiccateur pour refroidir et mesurer la nouvelle masse m1.



**Photo .IV.11.**Balance magnétique (Mesurer la masse m1)  
(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

### ➤ Expression des résultats

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{M1 - M0}{V} * 1000$$

M0 : la masse de filtre vide (mg)

M1 : la masse de filtre avec matière séchée (mg)

V : volume de la prise d'essai

### IV.1.4.2.6.2.Par Centrifugeuse (eau brute)

#### ➤ Mode opératoire

- Mesurer le poids de capsule vide m0.
- Remplir deux tubes (60ml d'échantillon dans chaque tube).
- Mettre les tubes dans une centrifugeuse pendant 20min (3000 tours /min).



**Photo .IV.12.Centrifugeuse (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)**

- Sortir les tubes.
- Apparition de culot.
- Verser le liquide surnageant.
- Remplir les capsules avec culot.
- Mettre les capsules dans une étuve à 105°C pendant au minimum 8h et laisser refroidir dans le dessiccateur, puis mesurer le poids de la capsule m1.



**Photo .IV.13.**Le culot (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

### ➤ Expression des résultats

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{M1 - M0}{V} * 1000$$

M0 : la masse de capsule vide (mg)

M1 : la masse de capsule avec culot sec (mg)

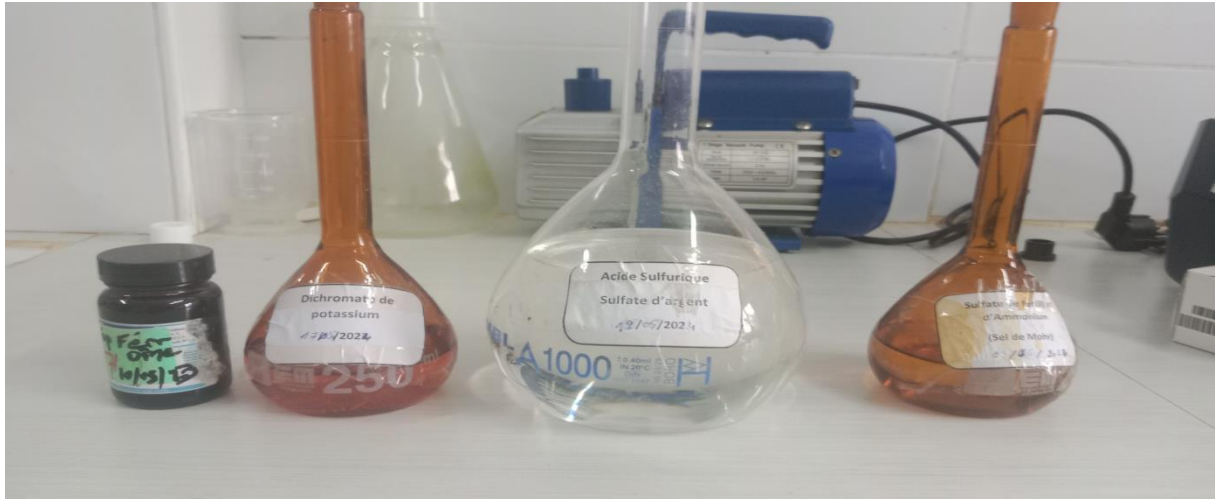
V : volume de la prise d'essai

### IV.1.4.2.7. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO

#### ➤ Mode opératoire

- Prendre 10 ml d'échantillons dans un tube
- Ajouter 5 ml de dichromate de potassium,
- Ajouter 15 ml d'acide sulfurique –sulfate d'argent
- Ajouter une pincé de régulateur d'ébullition,
- Mettre les échantillons dans un thermo-réacteur à 150° C pendant 2h.
- Retirer les échantillons et les laisser refroidir dans un bain marie.

## Chapitre IV : Matériels et méthodes



**Photo .IV.14.**les réactifs utilisés pour la détermination de DCO  
(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

- Compléter avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml.
- Ajouter quelques gouttes indicatrices colorées  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ,
- Titration avec sel de Mohr jusqu'à changement de couleur (rouge brique).

**Remarque :** Lorsque la couleur change on prend directement le volume d'échantillon ( $V_{\text{échantillon}}$ ).



**Photo.IV.15.**Le titrage



**Photo .IV.16.**Thermo- réacteur

(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

### Calcul volume C

- Prendre 90ml acide sulfurique + 10 ml de dichromate de potassium
- Ajouter quelques gouttes indicatrices colorées  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ,
- Titration avec sel de Mohr jusqu'à changement de couleur (rouge brique).

**Remarque :** lorsque la couleur change on prend directement le volume C ( $V_c$ ).

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

### Expression des résultats

$$\text{Témoin} = \frac{2,4}{V_c} * 8000$$

$$DCO = \frac{V_{\text{blanc}} - V_{\text{échantillon}}}{10} * \text{Témoin}$$

#### IV.1.4.2.8. Détermination de la Demande biochimique en oxygène DBO5

##### ➤ Mode opératoire

-Rincer les flacons de la DBO avec l'eau de l'échantillon.

-Ajouter le volume d'échantillon dans les bouteilles (selon le  $DCO \times 0,8$  et le tableau de mesure de DBO5 (voir photo .IV.18)).



Photo .IV.17. Les flacons de la DBO (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

TABLEAU POUR LA MESURE DE LA DBO

Plage de mesure DBO en mg/l	Volume d'échantillon en ml	Dosage de l'inhibiteur de nitrification ATH
0-40	428	10 gouttes
0-80	360	10 gouttes
0-200	244	5 gouttes
0-400	157	5 gouttes
0-800	94	3 gouttes
0-2000	56	3 gouttes

Photo .IV.18. Tableau pour mesure de DBO (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

-Ajouter un inhibiteur dénitrificateur pour l'eau épurée

-Mettre des barreaux magnétiques dans les flacons.

-Insérer le godet caoutchouc dans le goulot du flacon.

-Mettre 4 pastilles de soude (hydroxyde de soude) NaOH dans le godet caoutchouc à l'aide d'une pince.

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

- Entrer les flacons dans un étuve DBO5 à T 20°C pendant 05 jours.
- lecture des valeurs de DBO5 mémorisées après les 05 jours.



**Photo .IV.19. DBO mètre (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)**

### IV.1.4.2.9. Détermination des Nitrates $\text{NO}_3^-$ -N

#### ➤ Mode opératoire

- Sélectionner le programme d'analyse 355N Nitrate HR PP sur le spectrophotomètre.
- Préparation du blanc : remplir une cuve carré de 1" jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant du blanc dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- L'indication à l'écran : 0,00 mg/L  $\text{NO}_3^-$ -N.
- Préparation de l'échantillon : remplir une cuve carré de 1" jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour nitrate Nitrata Ver 5 dans la cuve de l'échantillon.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie (une période de réaction de 1 minute va commencer).
- Agiter énergiquement la cuve jusqu'à ce que la minuterie retentisse.



## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

- Appuyer de nouveau sur l'icône représentant la minuterie (une période de réaction de 5 minutes va commencer).
- Une coloration ambre apparaîtra en présence de nitrate.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- Sélectionner (mesurer) sur l'écran.
- Les résultats sont indiqués en mg/L  $\text{NO}_3^-$ -N.



**Photo .IV.20. Spectrophotomètre (laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)**

### IV.1.4.2.10. Détermination des Nitrites $\text{NO}_2^-$ -N

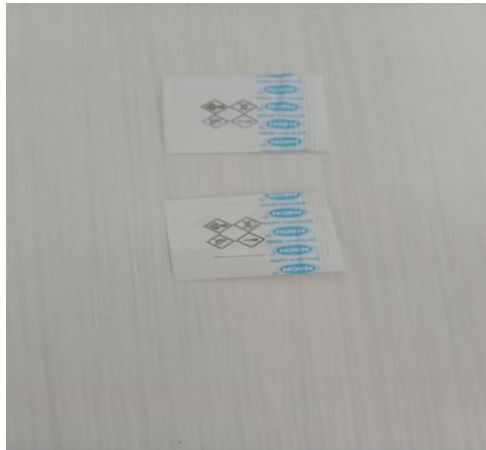
#### ➤ Mode opératoire

- Sélectionner le programme d'analyse 371N Nitrite LR PP sur le spectrophotomètre.
- Préparation du blanc : remplir une cuve carré de 1" jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant du blanc dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- L'indication à l'écran : 0,00 mg/L  $\text{NO}_3^-$ -N.
- Préparation de l'échantillon : remplir une cuve carré de 1" jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon.
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour nitrite NitriVer 3 dans la cuve.
- Agiter pour homogénéiser jusqu'à dissolution de la poudre.

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

- Une coloration rose apparaîtra en présence de nitrite.
- Essayer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- Sélectionner (mesurer) sur l'écran.
- Les résultats sont indiqués en mg/L  $\text{NO}_2^-$ -N.



**Photo .IV.21.** Pochette de réactif pour nitrate NitriVer 3  
(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)



**Photo .IV.22.** Apparition d'une coloration rose en présence de Nitrite  
(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

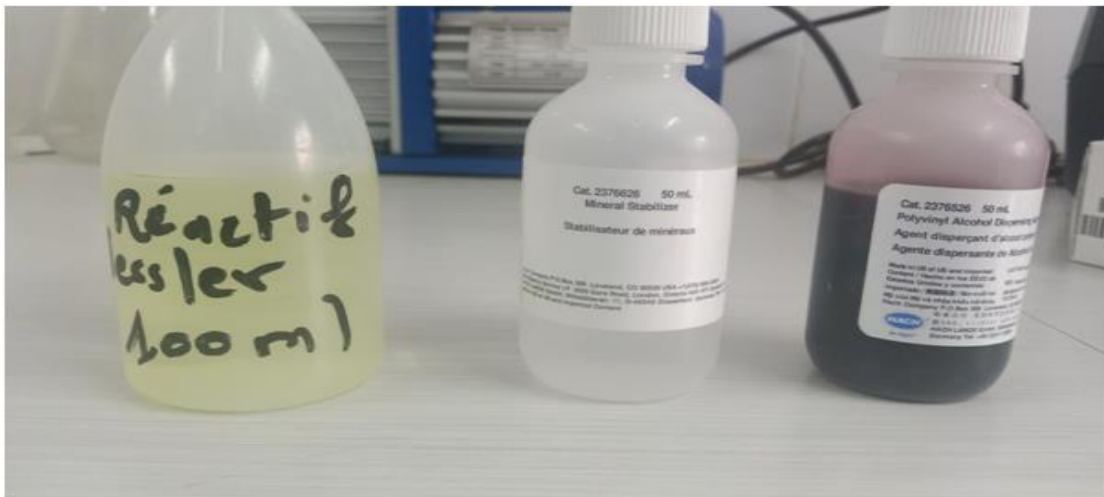
### IV.1.4.2.11. Détermination de l'ammonium $\text{NH}_4^+$

#### ➤ Mode opératoire

- Sélectionner le programme d'analyse 380N sur le spectrophotomètre.

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

- Préparation de l'échantillon : remplir une éprouvette graduée pour homogénéisation de 25 ml jusqu'au trait avec l'échantillon.
- Préparation du blanc : remplir une éprouvette graduée pour homogénéisation de 25 ml jusqu'au trait avec l'eau désionisée.
- Ajouter 3 gouttes de stabilisateur minéral dans chaque éprouvette.
- Ajouter 3 gouttes de l'agent dispersant à l'alcool polyvinylique dans chaque éprouvette.
- Boucher l'éprouvette et les tourner plusieurs fois pour homogénéiser le contenu.
- Pipeter 1 ml de réactif au Nessler dans chaque éprouvette.
- Boucher l'éprouvette et les tourner plusieurs fois pour homogénéiser le contenu.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie (une période de réaction de 1 minute va commencer).
- Transférer 10 ml de chaque solution dans une cuve carrée de 1".
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant du blanc dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- L'indication à l'écran : 0,00 mg/L  $\text{NH}_4^+$ .
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- Les résultats sont indiqués en mg/L  $\text{NH}_4^+$ .



**Photo .IV.23.** Les réactifs utilisés pour la détermination de  $\text{NH}_4^+$

(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

### IV.1.4.2.12. Détermination des orthophosphates $\text{PO}_4^{3-}$

#### ➤ Mode opératoire

- Sélectionner le programme d'analyse 485 P Réact.amino sur le spectrophotomètre.

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

- Préparation de l'échantillon : remplir une éprouvette graduée pour homogénéisation de 25 ml jusqu'au trait avec l'échantillon.
- Ajouter 1ml de réactif au molybdate puis 1ml de la solution réactive à l'acide aminé.
- Boucher l'éprouvette et les tourner plusieurs fois pour homogénéiser le contenu.
- Une coloration bleue apparaîtra en présence de phosphate.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie (une période de réaction de 10 minutes va commencer).
- Préparation du blanc : remplir une cuve carrée de 1" de jusqu'au trait de 10 ml avec l'échantillon original.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant du blanc dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- L'indication à l'écran : 0,00 mg/L  $\text{PO}_4^{-3}$ .
- Transférer 10 ml de l'échantillon préparé dans une cuve carrée de 1".
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
- Les résultats sont indiqués en mg/L  $\text{PO}_4^{-3}$ .



**Photo .IV.24.** Apparition d'une coloration bleue en présence de phosphate  
(Laboratoire STEP Sidi Lakhdar, 2024)

### IV.2. Analyses des paramètres bactériologiques

L'analyse micro biologique des eaux s'inscrit dans un cadre général de protection de la santé humaine et de l'environnement, mais elle est encore peu pratiquée et limitée le plus couramment à la recherche des micro-organismes pathogènes ou indicateurs d'un risque sanitaire.

Pour la détermination de la qualité générale des eaux et donc des eaux usées, l'analyse micro biologique est indispensables complémentaire de l'analyse physico-chimique. Elle apporte en effet une dimension supplémentaire par l'intégration des organismes pour la possibilité de réutilisation des eaux épurées dans le domaine agricole suivant les recommandations microbiologiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

Les matières fécales sont la principale source de contamination des eaux. Afin de disposer d'une méthode simple et sensible, seuls les germes témoins de contamination fécale sont recherchés :

- ✓ Les germes totaux
- ✓ Les coliformes totaux
- ✓ Escherichia Coli
- ✓ Les streptocoques fécaux
- ✓ Les clostridium sulfito-réducteurs

#### IV.2.1. Prélèvement des échantillons et conditions

L'objectif est d'obtenir un échantillon aussi représentatif que possible de l'eau à examiner, sans contamination ni modification de l'échantillon. Les précautions doivent être prises à trois niveaux: le matériel de prélèvement, le mode de prélèvement et le transport et la conservation des échantillons.

Le prélèvement sera effectué dans des flacons en verre, stérilisés dans un four pasteur sous une température 140°C pendant 2 heures. Les échantillons doivent être transportés dans les glacières à une température de 4°C.



**Photo. IV.25. Flacon en verre (laboratoire ADE Mostaganem, 2024)**



**Photo .IV.26. Four pasteur (laboratoire ADE Mostaganem, 2024)**

### **IV.2.2.Matériel et méthodes**

Les analyses des paramètres bactériologiques de ce travail ont été réalisées dans le laboratoire des analyses d'eau de l'ADE Debdaba Mostaganem.

### **IV.2.3.Préparation des dilutions**

On raison de la forte présence de charge bactérienne et de matières en suspension, une dilution de la solution mère doit être effectuée afin de réaliser l'analyse bactériologique. La dilution est réalisée par l'eau stérilisée.

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

### ➤ Application

On prélève dans les meilleures conditions d'asepsie 2 ml de la solution mère dans une fiole de 500 ml on complète jusqu'au trait avec de l'eau stérilisée (498 ml).

Les résultats doit être multiplier par le facteur de dilution qui est à l'ordre de  $= \frac{500}{2} = 250$

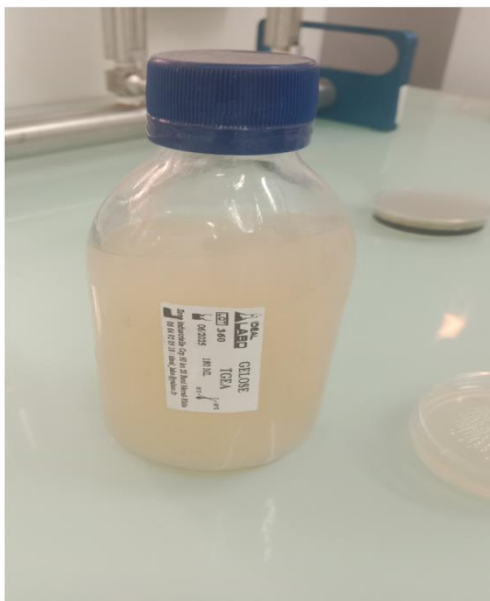
### IV.2.4. Détermination des paramètres bactériologiques

#### IV.2.4.1. Détermination des germes totaux

La recherche des germes totaux, dites aussi germes banal, est considérée comme indicateur d'efficacité de traitement de désinfection.

#### ➤ Mode opératoire

- Mètre un certain volume de milieu de culture TGEA dans une boîte pétri.
- Prendre 1ml d'eau à analyser (solution diluée pour l'eau brute et traitée) et faire étaler à la surface du milieu de culture.
- Faire une incubation à 37°C durant 24h.
- les colonies qui se développent à la surface sont dénombrées.



**Photo .IV.27.** Milieu de culture TGEA



**Photo.IV.28.** Etalement de l'échantillon

**(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)**



Photo .IV.29. Etuve à 37°C

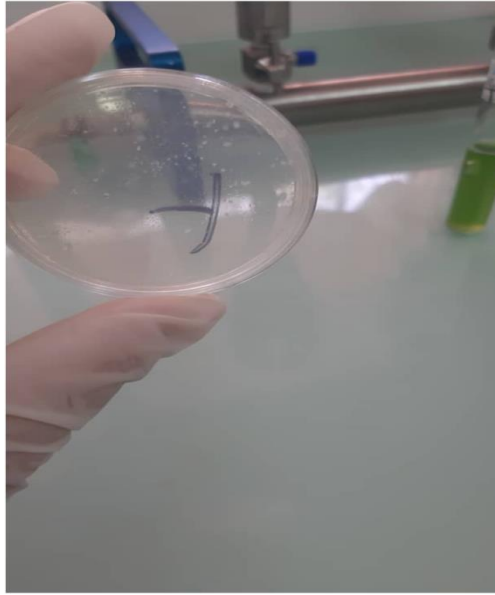


Photo. IV.30. Développement des colonies

(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

### IV.2.4.2. Détermination des coliformes totaux

➤ **Mode opératoire :**

- Faire une filtration membranaire d'un volume d'échantillon de 100 ml d'eau à analyser (solution diluée pour l'eau brute et traitée) à travers une membrane de porosité 0.45 µm qui retient les micro-organismes.
- Mètre un certain volume de milieu de culture TTC dans une boîte pétri.
- Placer la membrane sur le milieu du TTC tergitol.
- Faire une incubation à 37°C durant 24h.

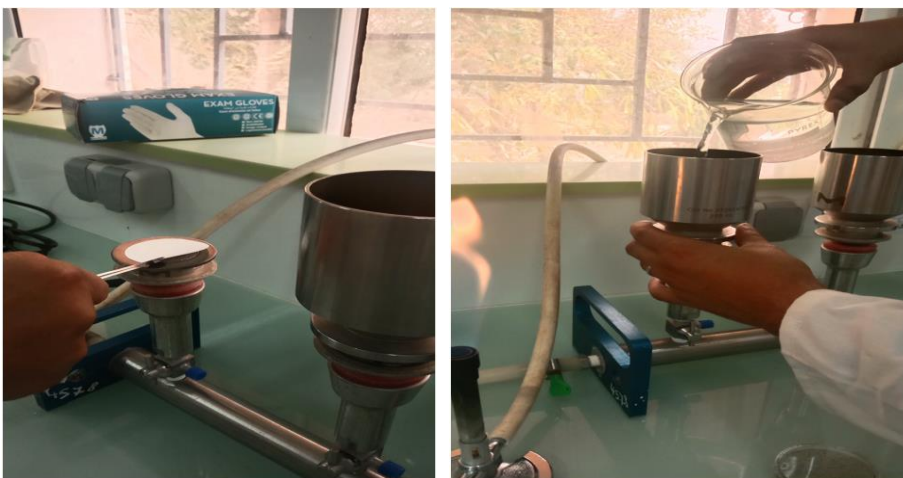


Photo. IV.31. Filtration membranaire (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)



## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---



**Photo. IV.32.** Membrane de porosité 0.45 µm (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)



**Photo .IV.33.** Milieu du TTC tergitol (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)



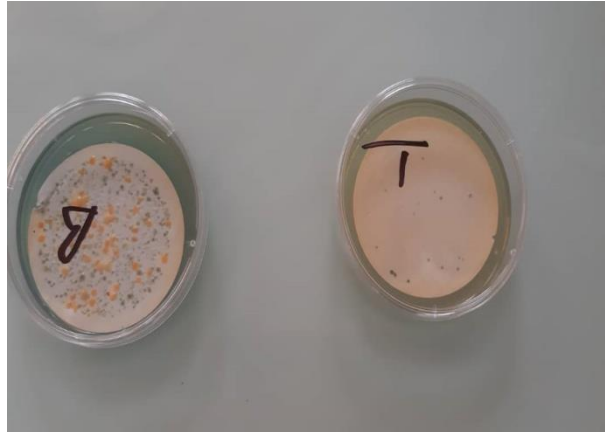
**Photo. IV.34.** Emplacement de la membrane sur le milieu du TTC tergitol  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

### ➤ 1<sup>ère</sup> Lecture

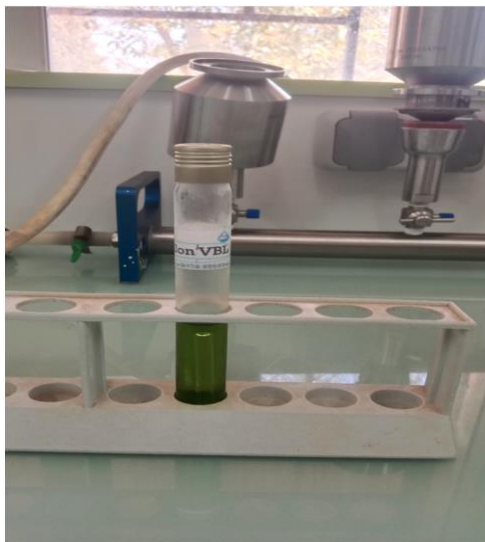
Après incubation à 37°C durant 24h, des colonies se forment à la surface de la membrane.



**Photo .IV.35.** Développement des colonies des coliformes totaux  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

### ➤ Test confirmatif

Pour effectuer une confirmation les colonies formées à la surface de la membrane sont repiquées dans un autre milieu liquide (VBL), les tubes de VBL seront ainsi incubés à 37°C durant 24h.



**Photo .IV.36.** Milieu liquide (VBL)



**Photo .IV.37.** Incubation dans le milieu VBL

(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

### ➤ 2<sup>ème</sup> Lecture

Après incubation à 37°C durant 24h, on observe une trouble de couleur et une présence du gaz dans la cloche de Durham.



**Photo.IV.38.** Trouble de couleur et présence du gaz dans la cloche de Durham.  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

### IV.2.4.3. Détermination des coliformes fécaux (*Escherichia Coli*)

*Escherichia Coli* fait partie du groupe des coliformes totaux et consiste le seul membre de ce groupe que l'on trouve spécialement dans les matières fécales des humaines et des animaux. Elle est capable de fermenter le lactose à 44°C.

#### ➤ Mode opératoire

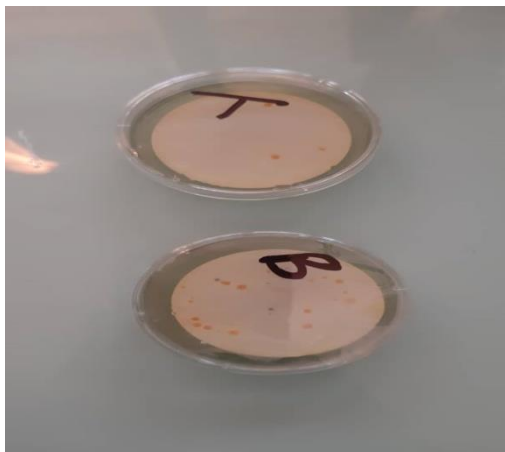
- Faire une filtration membranaire d'un volume d'échantillon de 100 ml d'eau à analyser (solution diluée pour l'eau brute et traitée) à travers une membrane qui retient les micro-organismes.
- Mètre un certain volume de milieu de culture TTC dans une boîte pétri.
- Placer la membrane sur le milieu du TTC tergitol.
- Faire une incubation à 44°C durant 24h.



**Photo. IV.39.** Incubation à 44°C (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

➤ **Lecture**

Après incubation à 44°C durant 24h, des colonies se forment à la surface de la membrane.



**Photo .IV.40.** Développement des colonies des coliformes fécaux  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

➤ **Test confirmatif**

Pour effectuer une confirmation les colonies formées à la surface de la membrane sont repiquées dans un autre milieu liquide de Schubert, les tubes de Schubert seront ainsi incubés à 44°C durant 24h.



**Photo. IV.41.** Repiquage dans un milieu liquide de Schubert  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

➤ **1<sup>ère</sup> lecture**

Après incubation à 44°C durant 24h, on observe une trouble de couleur et une présence du gaz dans la cloche de Durham.



**Photo. IV.42.** Trouble de couleur et présence du gaz dans la cloche de Durham.  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

### ➤ 2<sup>ème</sup> test confirmatif

Pour effectuer une deuxième confirmation on ajoute quelques gouttes du réactif KOVAC'S



**Photo. IV.43.** Réactif KOVAC'S (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

### ➤ 2<sup>ème</sup> lecture :

Apparition d'un anneau rouge brique sur la surface du liquide.



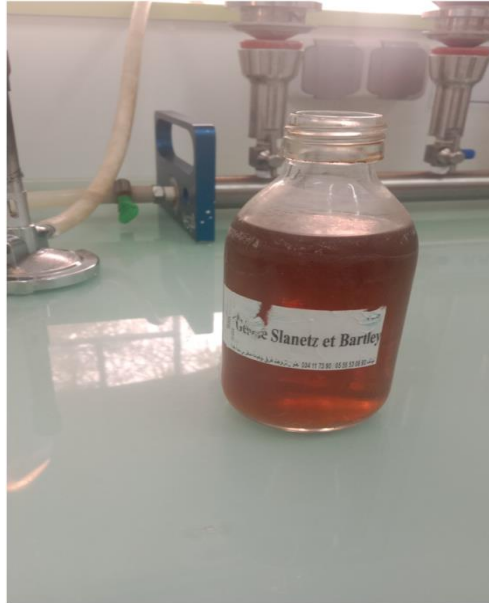
**Photo .IV.44.** Apparition d'un anneau rouge brique  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

### IV.2.4.4. Détermination des Streptocoques fécaux

- Filtrer 100 ml d'échantillon sur une membrane de porosité 0.45  $\mu\text{m}$ .
- Placer la membrane sur une boîte de pétri contenant du milieu slanetz et bartley préalablement coulé et refroidi.
- Le milieu slanetz et bartley est un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies de streptocoques fécaux.
- Incuber les boîtes à 37 °C pendant 24heures.



**Photo.IV.45.** Milieu slanetz et bartley (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)



**Photo .IV.46.** Emplacement de la membrane sur le milieu slanetz et bartley après filtration (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

### Lecture

Après 24 heures on compte les colonies rouge violettes.



**Photo. IV.47.** Développement des colonies des Streptocoques fécaux  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

### Test confirmatif

On transfère la membrane de la boîte contenant le milieu slanetz à la boîte pétri contenant milieu BEA (Bile Esculine Agar)

On incube à 37 °C pendant quelque heure présence d'un halo noir.



**Photo IV.48.** Présence d'un halo noir (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)



## Chapitre IV : Matériels et méthodes

### IV.2.4.5. Détermination des Clostridium Sulfito- Réducteur

- chauffer l'échantillon à 80°C pendant 10 min pour la destruction des formes végétatives (formation des spores).
- Filtrer 100 ml d'échantillon (solution diluée pour l'eau brute et traitée) sur membrane de 0.22µm de porosité pour permettre de retenir les spores des bactéries.
- Placer la membrane à l'envers sur la boîte de pétri.
- Couler au dessus la gélose viande de foie contenant du sulfite de sodium et alun et fer
- Incuber à 37 °C les Clostridium pousse dans des conditions en anaérobiose.



Photo.IV.49. Echauffement de l'échantillon

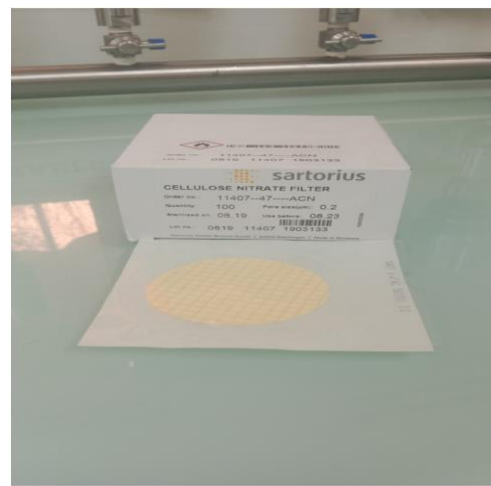


Photo IV.50. Membrane de porosité 0.22 µm

(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

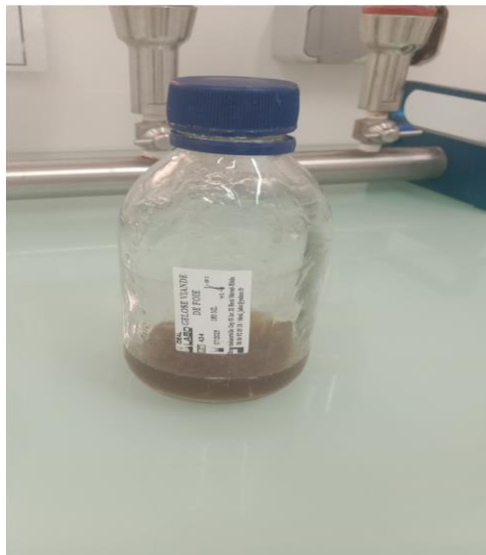


Photo. IV.51. La gélose viande de foie (Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---



**Photo. IV.52.** Emplacement de la membrane à l'envers au dessus de la gélose viande de foie  
(Laboratoire ADE Mostaganem, 2024)

### Lecture

Après 24 heures, on compte le nombre de spores par 100 ml de bactérie anaérobie sulfite-réductrice (colonie noir entourée d'un halo noir).



**Photo. IV.53.**Présence de colonie noir entourée d'un halo noir

On trouve un récapitulatif des analyses bactériologiques effectuées dans le tableau suivant :

**Tableau.IV.2.**Récapitulatif des analyses bactériologiques effectuées

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

Germes	technique	Volume échantillon	Milieu utilisé	T° incubation	Milieu confirmation
Germes totaux	Etallement en surface	1ml	TGEA	37	-
Coliformes totaux	Filtration Ø 0.45µm	100ml	TTC	37	VBL
E. coli	Filtration Ø 0.45µm	100ml	TTC	44	Schubert + Kovax
streptocoques	Filtration Ø 0.45µm	100ml	Gélose slanetz et bartley	37	Gélose BEA
Clostridium S/R	Filtration Ø 0.22µm	100ml	V.F	37	-

### Conclusion

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées au sein de la STEP de Sidi Ali sont indispensables pour pouvoir juger de la performance de le STEP et d'avoir une idée globale sur le rendement de chaque procédé d'épuration.

# **Chapitre VII:**

## **Discussion des résultats**

## Chapitre VII: Discussion des résultats

### Introduction

Nous allons discuter dans ce chapitre les résultats obtenus à partir des analyses physicochimiques effectuées durant la période de Janvier 2023 à Avril 2024, nous les avons réalisés sur des échantillons des eaux usées prélevés à partir de différents sites, nous avons effectués aussi les analyses microbiologiques afin de pouvoir juger de la qualité des eaux traitées et la performance et l'efficacité du traitement de la station d'épuration. Les résultats obtenus sont mentionnés dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau.VII.1.** Les résultats des analyses physicochimiques durant la période du Janvier 2023/Avril 2024 sur les eaux usées à l'entrée de la STEP de Sidi Ali (Benzait.S & Benfetta.H ,2024)

N	Mois	Débit m <sup>3</sup> /j	T C°	PH	Oxygén Dissous (mg/l)	Cond µs/cm	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)
1	11/01/23	3525	14,8	7,58	0,29	1450	275	612,48	398	0,19	0,037	12,81	52,2
2	25/01/23	3757	9,8	8,12	1,12	1205	141	349,28	227	/	/	/	/
3	13/02/23	3907	13,6	7,94	0,21	1950	250	580,32	449	0,05	0,019	22,68	62,8
4	27/02/23	1353	9,9	7,64	1,08	1456	241	485,52	295	/	/	/	/
5	13/03/23	3803	16,1	7,83	0,18	1204	266	628,32	362	0,02	0,021	11,97	42,8
6	27/03/23	3693	16,3	7,75	0,25	1809	291	748,80	488	/	/	/	/
7	12/04/23	3620	19,2	7,41	0,38	1611	241	599,04	355	0,09	0,48	18,27	74,6
8	26/04/23	3576	22,1	7,36	0,69	1760	258	613,6	392	/	/	/	/
9	17/05/23	2818	19,8	7,24	0,12	1455	266	675,92	409	/	0,033	14,38	58,6
10	29/05/23	2812	18,9	7,46	0,23	1599	233	585,6	329	0,02	/	/	/
11	14/06/23	3085	20,8	7,21	0,28	1678	291	655,2	367	0,08	0,038	43,68	69,8
12	27/06/23	3263	23,2	7,28	0,22	1817	491	833,04	451	/	/	/	/
13	12/07/23	2735	28,2	6,88	0,68	1978	283	604,16	381	0,04	0,039	56,28	93,4
14	26/07/23	2122	26,1	6,95	0,42	1678	300	647,36	395	/	/	/	/
15	14/08/23	2690	25,8	7,02	0,33	1788	325	691,2	457	/	0,063	45,15	71
16	21/08/23	2990	26,1	6,87	0,52	1880	275	623,04	417	/	/	/	/
17	13/09/23	3195	23,8	6,91	0,93	1333	225	523,6	301	/	0,031	53,55	44,2
18	26/09/23	3334	23,4	7,06	1,12	1591	250	599,76	350	/	/	/	/
19	11/10/23	3741	24,2	7,03	0,95	1652	275	624	443	/	0,046	35,07	96,8
20	25/10/23	2692	21,8	7,44	0,39	1491	233	547,52	299	/	/	/	/
21	15/11/23	3508	23,5	7,47	0,42	1410	300	645,84	389	/	0,035	18,48	59,2
22	29/11/23	2773	17,3	7,41	0,11	1711	366	745,76	461	/	/	/	/
23	13/12/23	3206	18,3	7,48	0,35	1399	258	580,32	305	/	/	/	/
24	27/12/23	3386	16,6	7,21	0,51	1493	233	552,16	322	/	/	/	/
25	15/01/24	4131	15,6	7,01	0,49	1228	208	528	289	6,8	0,038	13,44	54,4
26	29/01/24	3807	16,1	6,92	0,71	1416	175	460,8	232	/	/	/	/
27	14/02/24	2867	13,6	7,59	0,38	2090	250	599,04	339	5,2	0,045	28,77	64
28	13/03/24	3557	16,3	7,98	0,23	2160	208	547,52	381	12,2	0,051	25,62	61,53
29	27/03/24	3197	15,1	7,84	0,11	1680	283	656,88	448	/	/	/	/
30	15/04/24	2877	16,1	7,81	0,31	1302	300	672	423	4,8	0,039	21,37	45,6
31	29/04/24	3457	16,2	7,93	0,53	2230	275	621,76	388	/	/	/	/

## Chapitre VII: Discussion des résultats

**Tableau.VII.2.** Les résultats des analyses physicochimiques durant la période du Janvier 2023/Avril 2024 sur les eaux usées à la sortie de la STEP de Sidi Ali (Benzait.S & Benfetta.H ,2024).

N	Mois	Débit m <sup>3</sup> /j	T C°	PH	Oxygène Dissous (mg/l)	Cond µs/cm	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)
1	11/01/23	3278	15,4	7,83	4,71	1335	16	69,6	21	0,05	0,017	5,88	28,6
2	25/01/23	3494	10,2	8,19	5,16	1185	13	56,64	15	/	/	/	/
3	13/02/23	3634	14,8	7,99	3,08	1253	16	65,52	18	0,26	0,01	10,71	14
4	27/02/23	1258	9,2	7,39	3,60	1293	20	80,92	24	/	/	/	/
5	13/03/23	3538	16,9	7,67	4,64	1090	13	61,88	17	0,03	0,027	6,3	13,8
6	27/03/23	3434	17,4	7,59	4,22	1311	20	76,80	21	/	/	/	/
7	12/04/23	3367	20,3	7,48	3,52	1208	16	65,52	20	0,07	0,068	15,12	28,8
8	26/04/23	3325	21,4	7,53	2,82	1436	20	70,8	24	/	/	/	/
9	17/05/23	2665	20,3	7,33	2,19	1408	23	85,68	26	/	0,079	12,93	36
10	29/05/23	2615	18,3	7,41	3,22	1382	20	76,80	22	0,18	/	/	/
11	16/06/23	2869	22,2	7,32	4,01	1408	16	70,20	25	0,09	0,19	32,34	37,6
12	27/06/23	3034	24,7	7,37	4,18	1207	26	84,24	27	/	/	/	/
13	12/07/23	2544	29,3	7,08	3,02	1373	16	66,08	24	0,4	0,029	9,03	29
14	26/07/23	1973	26,8	7,15	2,73	1293	26	80,92	28	/	/	/	/
15	14/08/23	2502	25,1	7,11	2,66	1466	20	76,8	26	/	0,016	6,72	32,6
16	21/08/23	2702	26,9	6,99	2,11	1546	23	84,96	28	/	/	/	/
17	13/09/23	2971	23	7,03	2,91	1498	16	66,64	23	/	0,039	29,19	28,3
18	26/09/23	3101	24,2	7,15	3,22	1359	26	80,92	27	/	/	/	/
19	11/10/23	3554	25,6	7,19	4,11	1208	20	76,8	25	/	0,052	15,33	30,4
20	25/10/23	2502	22,7	7,39	3,64	1298	20	69,6	24	/	/	/	/
21	15/11/23	3262	22,8	7,23	3,41	1130	16	65,52	26	/	0,029	9,45	25,8
22	29/11/23	2579	17,8	7,19	2,91	1299	16	80,24	28	/	/	/	/
23	13/12/23	2982	19,5	7,56	2,82	1268	20	74,88	25	/	/	/	/
24	27/12/23	3151	17,3	7,26	3,02	1302	20	85,68	28	/	/	/	/
25	15/01/24	3842	14,9	7,19	3,32	1188	16	76,8	22	2,1	0,033	3,54	28
26	29/01/24	3541	17,1	7,23	2,98	1368	15	81,6	24	/	/	/	/
27	14/02/24	2667	15,8	7,57	3,46	1186	16	70,2	19	1,1	0,028	2,31	13,2
28	13/03/24	3307	15,8	7,83	3,16	1199	15	66,08	21	1,9	0,016	1,68	18,9
29	27/03/24	2973	16,4	7,71	2,63	1293	20	76,16	23	/	/	/	/
30	15/04/24	2676	15,9	7,70	2,72	1142	20	76,8	25	0,3	0,04	6,98	16
31	29/04/24	3215	17	7,81	2,31	1557	26	83,52	28	/	/	/	/

**Tableau.VII.3.** Les résultats des analyses bactériologiques sur les eaux usées brutes et traitées (Benzait.S & Benfetta.H ,2024).

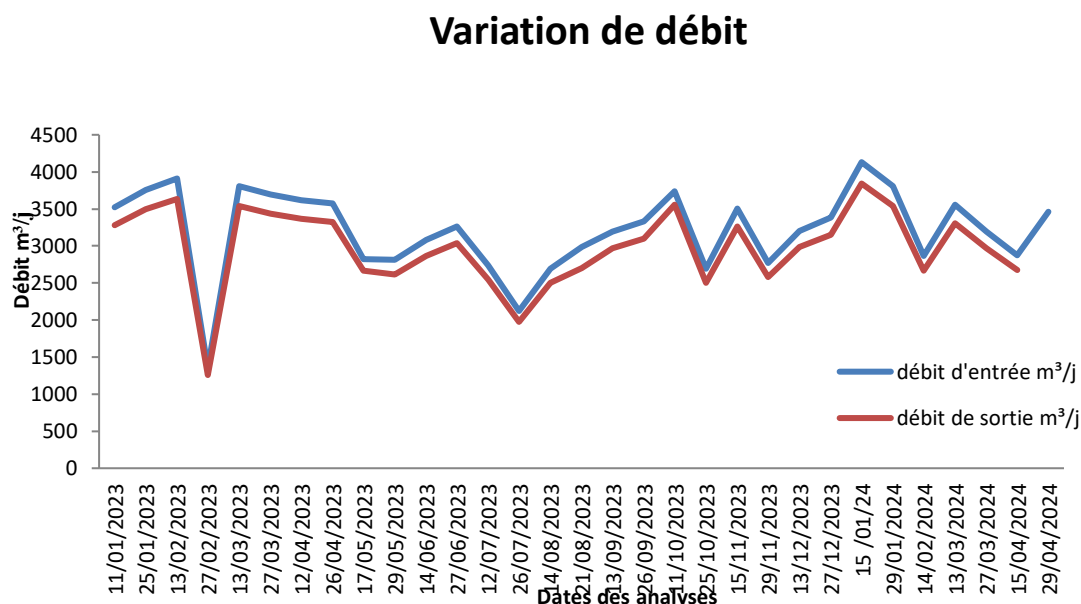
N	Date	Les coliformes totaux UFC/100 ml		les coliformes fécaux UFC/100 ml		Les germes totaux UFC/100 ml		Les streptocoques fécaux UFC/100 ml		Les clostridium sulfito-réducteurs UFC/100 ml	
		brutes	traitées	brutes	traitées	brutes	traitées	brutes	traitées	brutes	traitées
1	11/07/24	20000	1250	4000	750	5000	2500	2500	500	500	0
2	17/07/24	12500	250	5250	250	4750	2500	500	0	250	0
3	24/07/24	20000	750	11250	250	1250	500	250	0	250	0

### VII.1. Performances de la station d'épuration

#### VII.1.1. Discussion des résultats physicochimiques

### VII.1.1.1.Le débit

La figure .VII.1 présente la variation de débits de l'eau au cours du temps à l'entrée et à la sortie de la STEP



**Fig.VII.1.** Graphe de variation du débit (Q) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

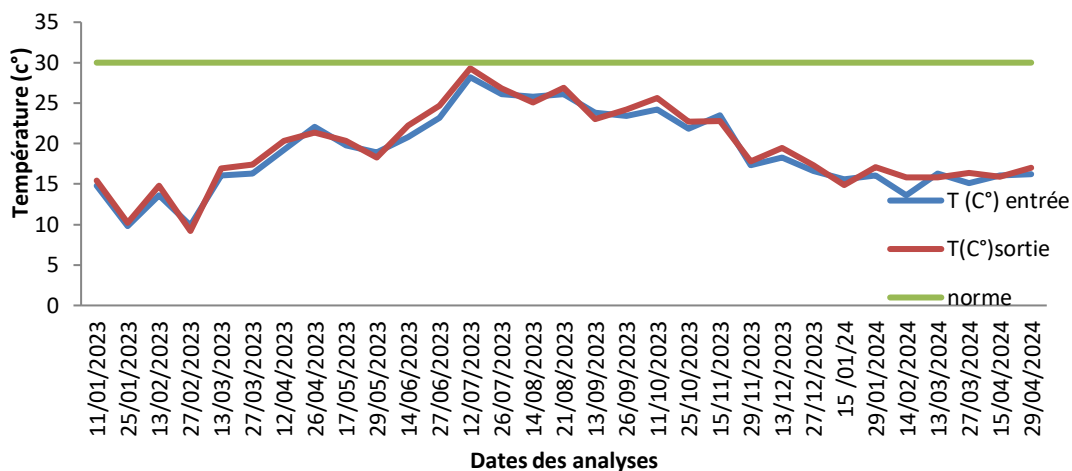
Les résultats montrent que les valeurs du débit obtenues à l'entrée et à la sortie de la STEP sont variables selon l'utilisation de l'eau.

Le débit à la sortie de la station est inférieur par rapport au débit à l'entrée, la différence représente le volume de boue et de sable.

### VII.1.1.2.La température

L'évolution des températures à l'entrée et à la sortie de la STEP est représentée dans La figure .VII.2 :

### Variation de température



**Fig .VII.2 .** Graphe de variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

La température est un facteur très important, qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimique des eaux. Un réchauffement ou bien un refroidissement peut perturber fortement le phénomène d'épuration des eaux mais ce changement peut aussi être un facteur de croissance de la productivité microbienne.

Les résultats obtenus (Figure.VII.2) montrent que les valeurs de température se situent dans un intervalle qui va du minimum de 9,8C° au maximum de 28,2C° à l'entrée et entre 9,2C° et 29,3C° pour les eaux épurées à la sortie. Ces valeurs sont en fonction de l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques.

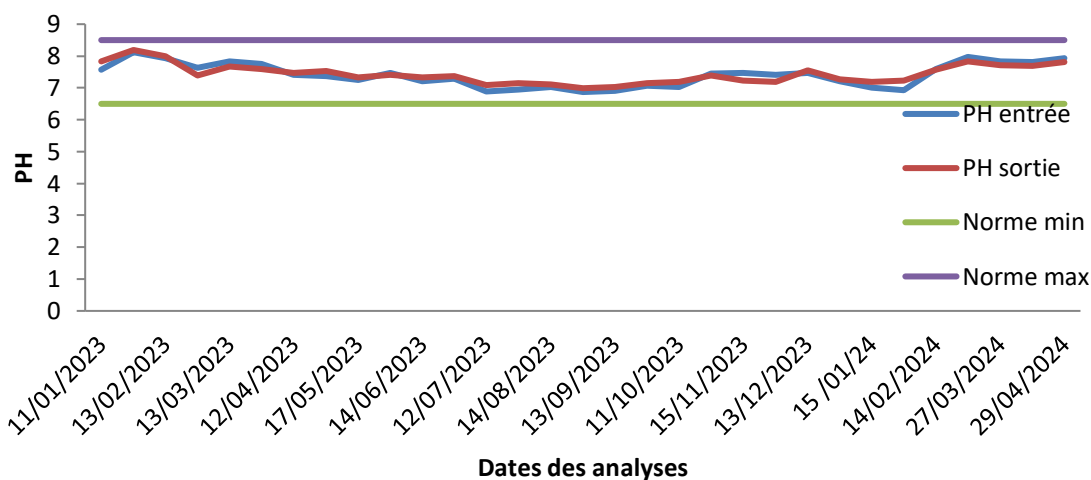
En comparant les deux graphes avec ceux des valeurs de la norme recommandés, nous pouvons conclure qu'on a obtenu de bons résultats et que les normes sont respectées (<30°C) (JORA, 2012).

#### VII.1.1.3.Le potentiel hydrique PH

La figure.VII.3 représente la variation du PH de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP



### variation de PH



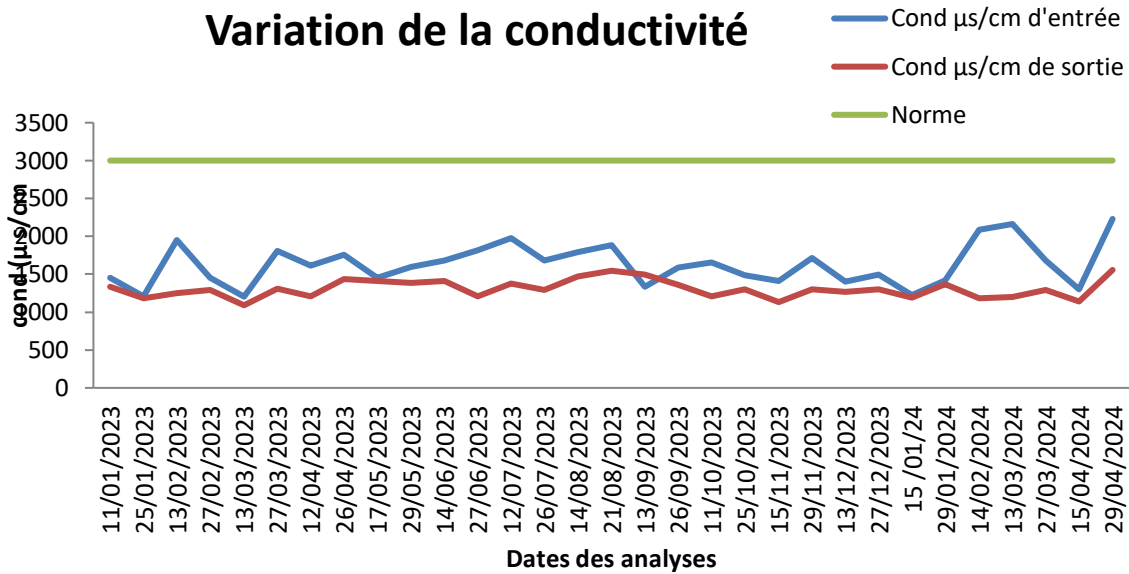
**Fig .VII.3.** Graphe de variation de PH à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

On constate de ces résultats que le PH varie entre 6,87 et 8,12 pour les eaux brutes et entre 6,99 et 8,19 pour les eaux usées traitées.

Les résultats montrent que les valeurs du pH respectent la norme algérienne ( $6,5 \leq \text{PH} \leq 8,5$ ), et de ce fait les résultats des eaux usées traitées sont conformes.

#### VII.1.1.4.La conductivité électrique CE

La figure.VII.4 représente la variation de la conductivité électrique de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.



**Fig .VII.4.** Graphe de variation de conductivité électrique à l’entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

La conductivité permet d’apprécier le degré de minéralisation dont la plupart des matières dissoutes dans l’eau se trouvent sous forme d’ions (charges électriques).

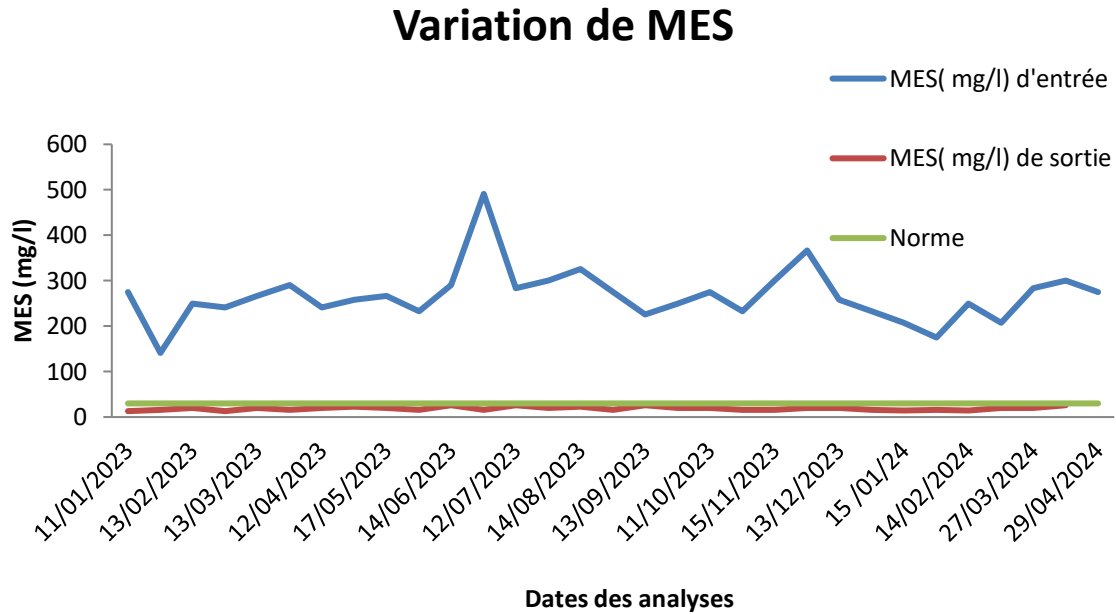
Les résultats obtenus montrent que les valeurs enregistrées avant le traitement sont entre 1205(µs/cm) et 1978 (µs/cm). Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans les eaux arrivants à la STEP qu’ils sont d’origine domestique ce qui signifie des basses valeurs de la conductivité (absence des eaux des usines).

les valeurs enregistrées à la sortie de la STEP sont entre 1090(µs/cm) et 1546 (µs/cm) , on constate presque une stabilisation de la conductivité.

La conductivité ne varie pratiquement pas entre l’entrée et la sortie de la STEP. Il semblerait que les minéraux ne sont pas affectés au cours des différentes étapes d’épuration. Ces valeurs sont conformes aux normes (<3000 µs/cm).

**VII.1.1.5. Variation de la matière en suspension (MES)**

La figure.VII.5 présente la variation de la conductivité électrique de l’eau à l’entrée et à la sortie de la STEP.

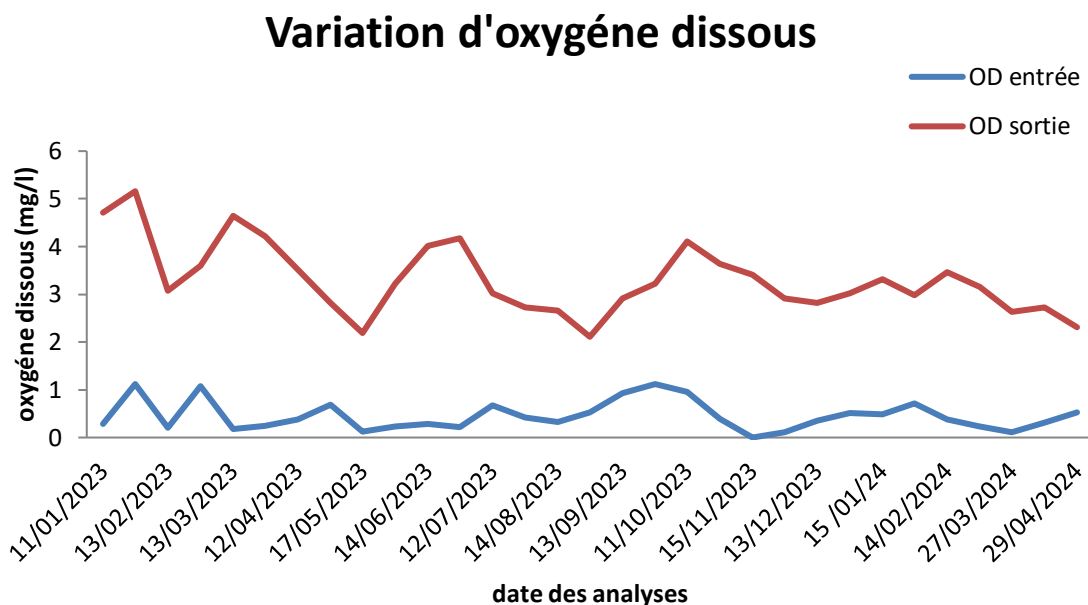


**Fig .VII.5.**Graphe de variation de la matière en suspension (MES) à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

Les valeurs enregistrées révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées. Selon les résultats obtenus, les eaux usées à l'entrée de la STEP sont chargées en MES entre (141mg/l, 325 mg/l), alors qu'après le traitement la concentration en MES est entre 13 et 26mg/l, ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières décantables. Ce traitement nous permet de respecter les normes algériennes des rejets liquides qui sont recommandés spécialement pour ce paramètre (<30 mg/l).

### VII.1.1.6.L'oxygène dissous

La figure.VII.6 représente la variation de l'oxygène dissous dans l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP



**Fig .VII.6 .**Graphe de variation de l'oxygène dissous dans l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

La teneur de saturation en oxygène dépend fortement de la température. Lorsque la température augmente, la teneur en oxygène diminue en raison de la plus faible solubilité, mais aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient.

A l'entrée de la STEP, les teneurs en O<sub>2</sub> sont comprises entre 0,11 et 1,12 mg/l et les valeurs relevées à la sortie se situent entre 2,11 et 5,16 mg/l dans la période considérée par notre étude. La teneur en oxygène dissous (O<sub>2</sub>) enregistrée à la sortie de la STEP est nettement supérieure à celle de l'entrée. Cette augmentation est due à l'aération des eaux au niveau du bassin biologique (traitement secondaire).

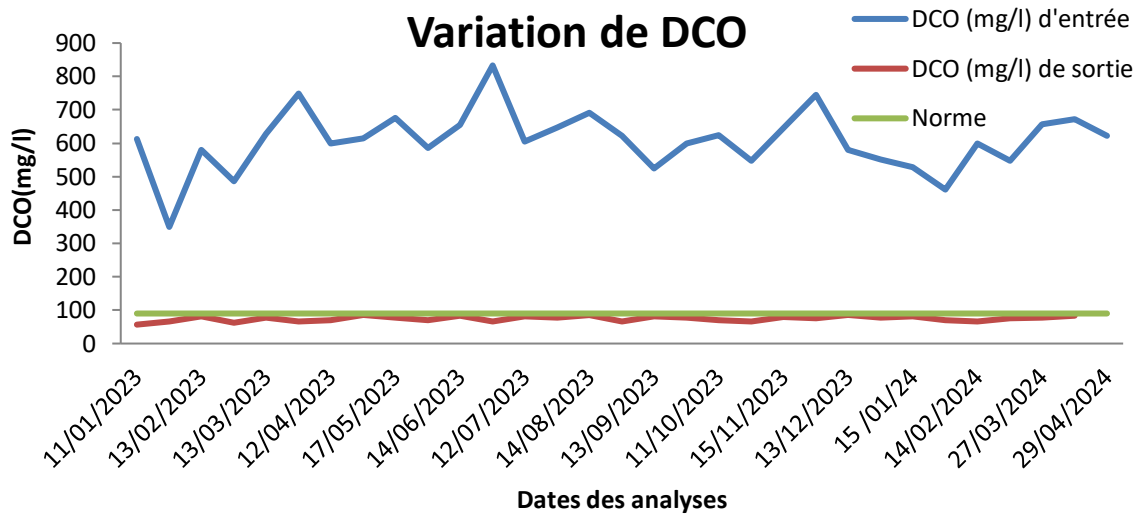
Ces valeurs respectent les normes de rejet (5mg/l) établie par l'OMS (1999).

### VII.1.1.7. Paramètres de pollution organique (DCO, DBO5)

#### VII.1.1.7.1.La demande chimique en oxygène (DCO)

La figure.VII.7 représente la variation de DCO de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

## Chapitre VII: Discussion des résultats

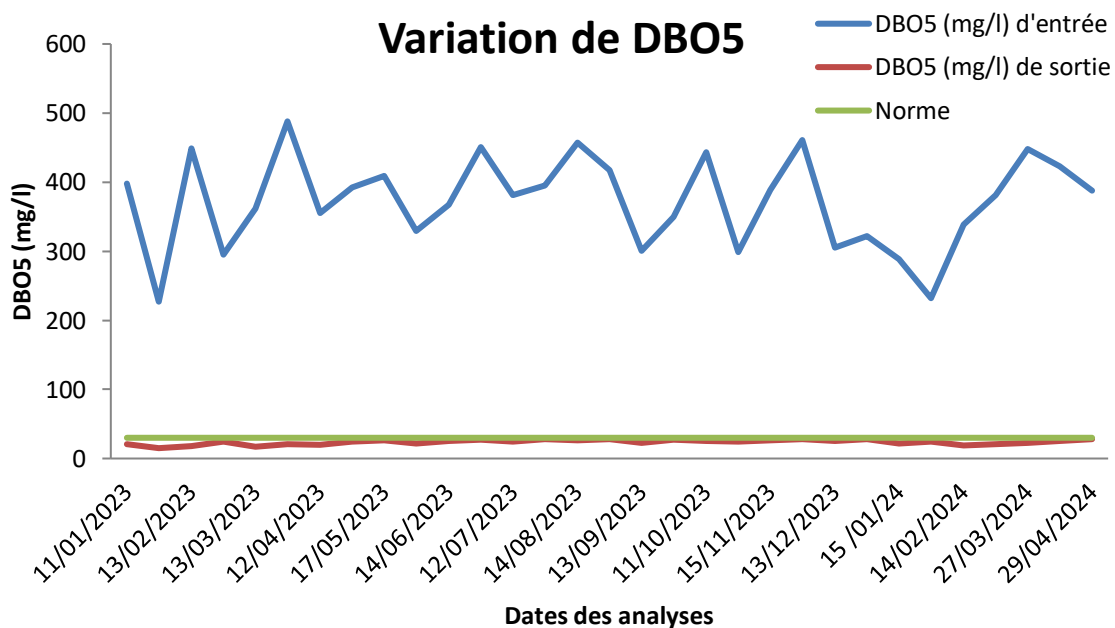


**Fig.VII.7.** Graphe de variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

Les valeurs de la DCO de l'eau brute sont variables, elles oscillent entre 833,04 mg/l et 349,28 mg/l (Tableau.VII.1). En ce qui concerne l'effluent traité, les valeurs enregistrées varient entre 85,68 mg/l et 56,64 mg/l (Tableau.VII.2), une grande concentration a été éliminée par ce procédé du fait d'une dégradation. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de rejet (<90 mg/l).

### VII.1.1.7.2. La demande biologique en oxygène (DBO5)

La figure.VII.8 donne la variation de la concentration de la DBO5 dans les eaux brutes et les eaux traitées.



## Chapitre VII: Discussion des résultats

**Fig.VII.8.** Graphe de variation de DBO5 à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

La valeur moyenne de la charge polluante reçue par la station varie entre 227 mg/l et 488 mg/l. Les effluents traités s'appauvrissent et montrent des teneurs en DBO5 qui oscillent entre 15 mg/l et 28 mg/l. Les valeurs de la DBO5 sont inférieures aux normes algériennes de rejet (<30 mg O2/l).

### VII.1.1.7.3. La biodégradabilité (K)

Après le traitement secondaire de l'eau usée par boue activée dans le bassin aéré, il y a une réduction considérable de la pollution à caractère organique qui est la DCO et DBO5, ce qui signifie que les microorganismes sont actifs et ont éliminé la majorité de la pollution organique. Le rapport DCO/DBO5 permet d'évaluer le caractère biodégradable de la matière en présence dans l'eau. L'estimation du coefficient de biodégradabilité K est très important pour la recherche de la qualité de l'effluent qui est le rapport entre la demande chimique d'oxygène et la demande biologique, pour déterminer s'il ya des composants qui influencent la dégradation des matières organiques (les détergents).

$$K = \frac{DCO}{DBO}$$

Si :

- $1 < K < 1.5$  : l'effluent est biodégradable.
- $1.5 < K < 2.5$  : l'effluent est moyennement biodégradable.
- $K > 2.5$  : l'effluent n'est pas dégradé.

**Tableau.VII.4.** Estimation de la biodégradabilité (K) de l'effluent entré (Benzait.S & Benfetta.H, 2024).

N	Mois	DCO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	K
1	11/01/23	612,48	398	1,54
2	25/01/23	349,28	227	1,54
3	13/02/23	580,32	449	1,29
4	27/02/23	485,52	295	1,65
5	13/03/23	628,32	362	1,74
6	27/03/23	748,80	488	1,53
7	12/04/23	599,04	355	1,69
8	26/04/23	613,6	392	1,57
9	17/05/23	675,92	409	1,65
10	29/05/23	585,6	329	1,78
11	16/06/23	655,2	367	1,79
12	27/06/23	833,04	451	1,85
13	12/07/23	604,16	381	1,59
14	26/07/23	647,36	395	1,64
15	14/08/23	691,2	457	1,51
16	21/08/23	623,04	417	1,49
17	13/09/23	523,6	301	1,74
18	26/09/23	599,76	350	1,71

## Chapitre VII: Discussion des résultats

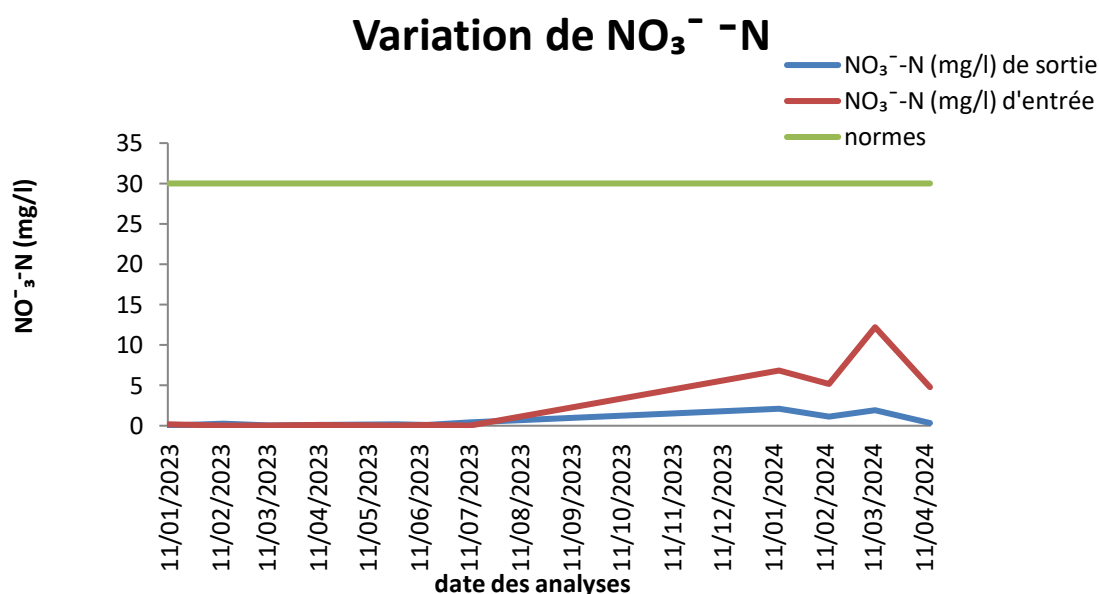
19	11/10/23	624	443	1,41
20	25/10/23	547,52	299	1,83
21	15/11/23	645,84	389	1,66
22	29/11/23	745,76	461	1,62
23	13/12/23	580,32	305	1,90
24	27/12/23	552,16	322	1,71
25	15/01/24	528	289	1,83
26	29/01/24	460,8	232	1,99
27	14/02/24	599,04	339	1,77
28	13/03/24	547,52	381	1,44
29	27/03/24	656,88	448	1,47
30	15/04/24	672	423	1,59
31	29/04/24	621,76	388	1,60

D'après le tableau.VII.4, à la sortie de la station on trouve que  $1.5 < K < 2.5$ . On estime que l'effluent est moyennement biodégradable et que la STEP de Sidi ALI a une moyenne de dégradabilité.

### VII.1.1.8. Matières Azotée

#### VII.1.1.8.1. Nitrate

La figure.VII.9 donne la variation du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ -N) dans les eaux brutes et les eaux traitées.

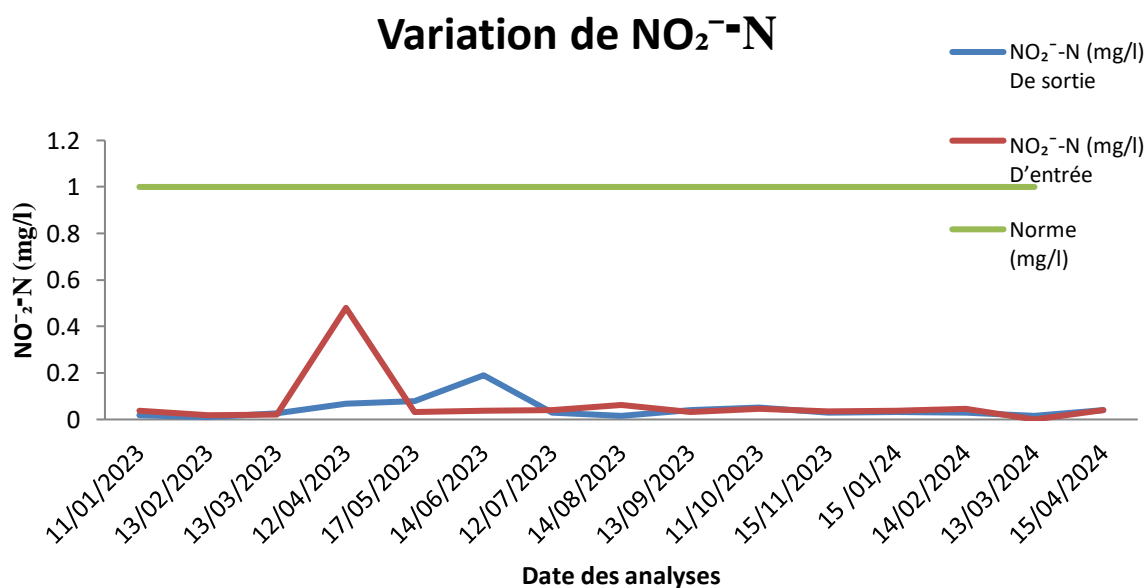


**Fig.VII.9.** Graphe de variation de  $\text{NO}_3^-$ -N à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

La concentration des nitrates dans les eaux brutes varie entre un minimum de 0,02 mg/l et un maximum de 12,2 mg/l, tandis que celle des eaux épurées varie entre un minimum de 0,05 mg/l et maximum de 1,9 mg/l. Ces valeurs sont inférieures aux normes algériennes de rejet (<30 mg).

### VII.1.1.8.2. Nitrite

La figure.VII.10 donne la variation du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ -N) dans les eaux brutes et les eaux traitées.



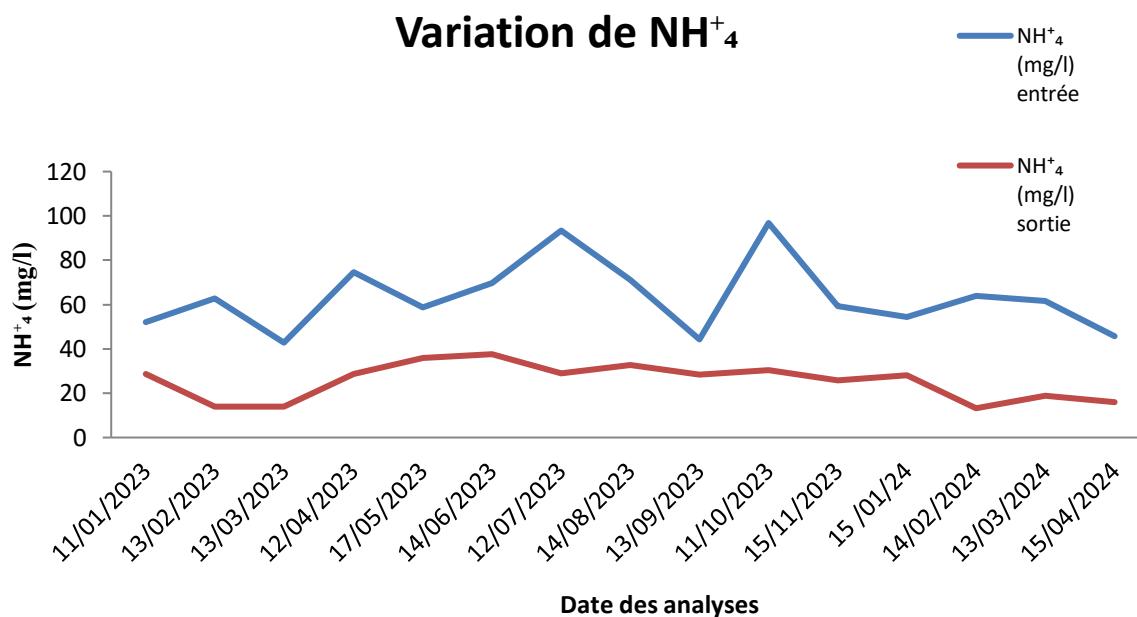
**Fig .VII.10.** Graphe de variation de  $\text{NO}_2^-$ -N à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

Les valeurs de nitrite mesurées soit pour les eaux brutes, soit pour les eaux traitées respectent les normes internationales des eaux d'irrigation de la FAO et les normes de l'OMS (<1 mg/l)

### VII.1.1.8.3. L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ )

La figure.VII.11 donne la variation de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ ) dans les eaux brutes et les eaux traitées.



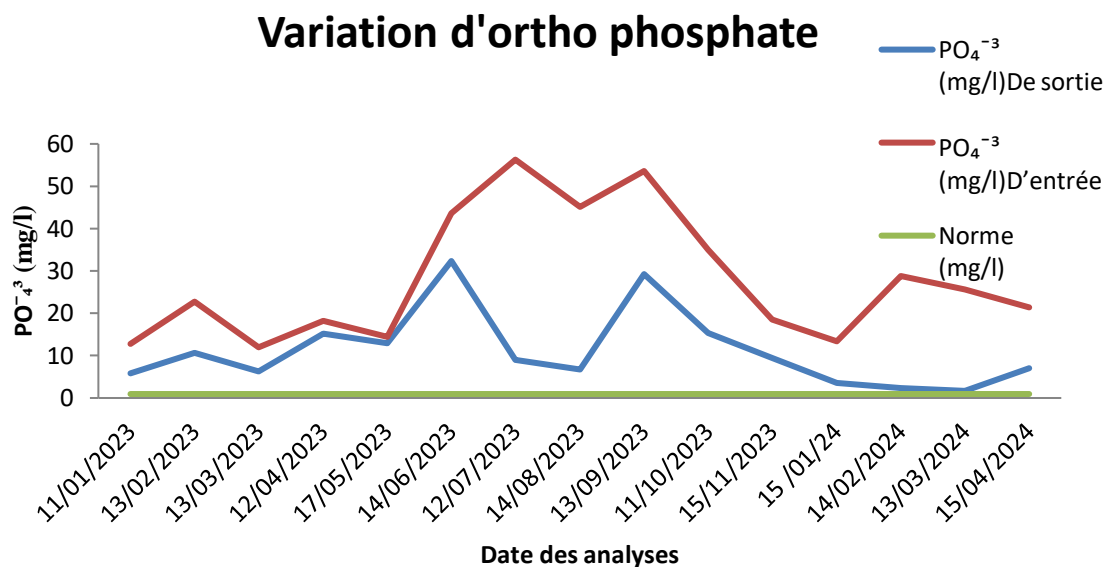


**Fig .VII.11.** Graphe de variation de  $\text{NH}_4^+$  à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

On note une réduction des valeurs de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux traitées par rapport aux brutes (Figure.VII.11). En effet, l'azote ammoniacal est oxydé par nitrification en nitrite  $\text{NO}_2^-$  qui indique un état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate  $\text{NO}_3^-$ . Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène par des bactéries nitrifiantes (Nitrosomonas (ammoniac en nitrite), Nitrobacter (nitrite en nitrate)).

### VII.1.1.9. Les ortho phosphates

La figure.VII.12 donne la variation des ortho phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dans les eaux brutes et les eaux traitées.



**Fig .VII.12.** Graphe de variation de  $PO_4^{-3}$  à l'entrée et à la sortie de la STEP (Période du Janvier 2023/Avril 2024).

A l'entrée de la STEP les phosphates oscillent entre 11,97 mg/l et 56,28 mg/l avec une moyenne de 28,80. A la sortie, les teneurs oscillent entre 1,68 mg/l et 32,34 mg/l avec une moyenne de 11,16 mg/l.

Les valeurs d'ortho phosphate mesurées soit pour les eaux brutes, soit pour les eaux traitées dépassent les normes internationales des eaux d'irrigation de la FAO (<0.94 mg/l) et à la norme de l'OMS (<2 mg/l). Ce qui signifie que le niveau d'élimination du phosphore est faible.

A cet effet, Le phosphore, et particulièrement les ortho phosphates nécessitent un traitement tertiaire (traitement chimique efficace), ce dernier n'est pas appliqué dans la majorité des STEP au niveau national, dernièrement, ce procédé a été recommandé par notre gouvernement afin de l'appliquer avant l'utilisation de cette eau pour l'irrigation.

### VII.1.2. Discussion des résultats bactériologiques

#### VII.1.2.1. Résultats des analyses bactériologiques

##### VII.1.2.1.1. Coliformes fécaux

La figure.VII.13 donne la variation des Coliformes fécaux dans les eaux brutes et les eaux traitées.

### Coliformes fécaux

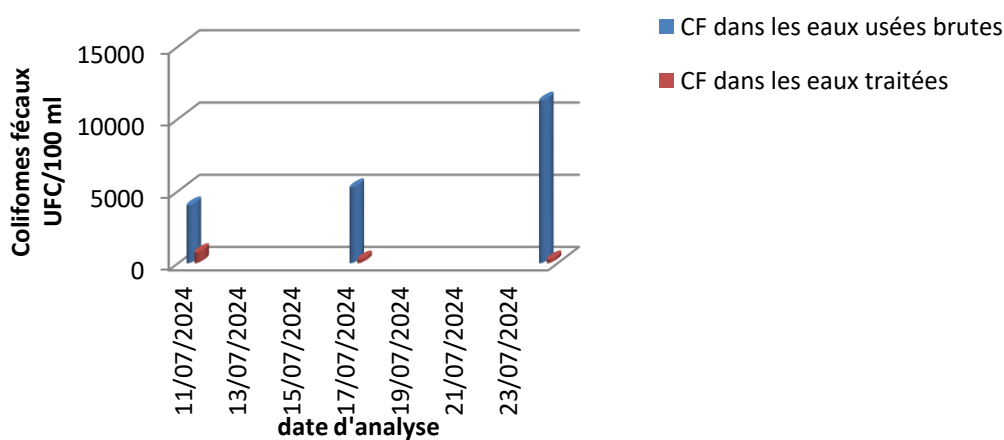


Fig .VII.13. Histogramme de variation du taux des coliformes fécaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

#### VII.1.2.1.2. Coliformes totaux

La figure.VII.14 donne la variation des Coliformes totaux dans les eaux brutes et les eaux traitées.

### Coliformes totaux

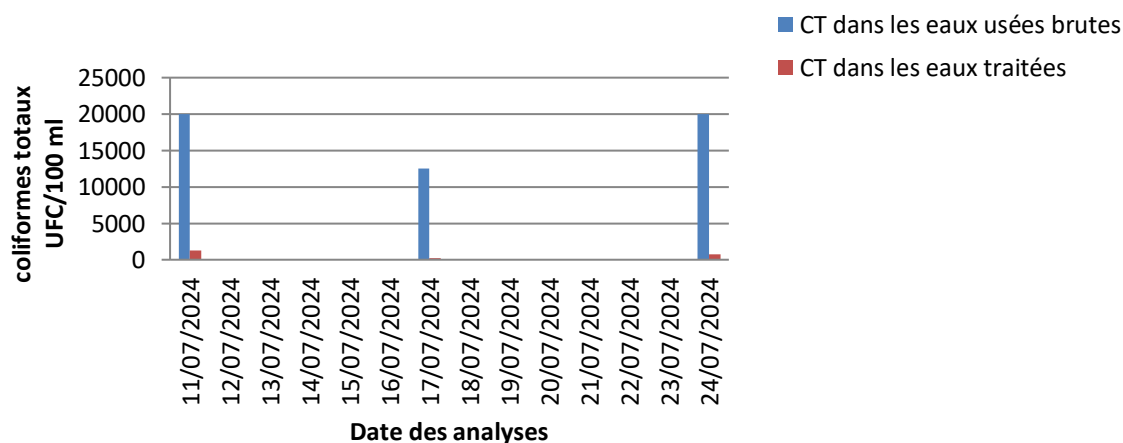
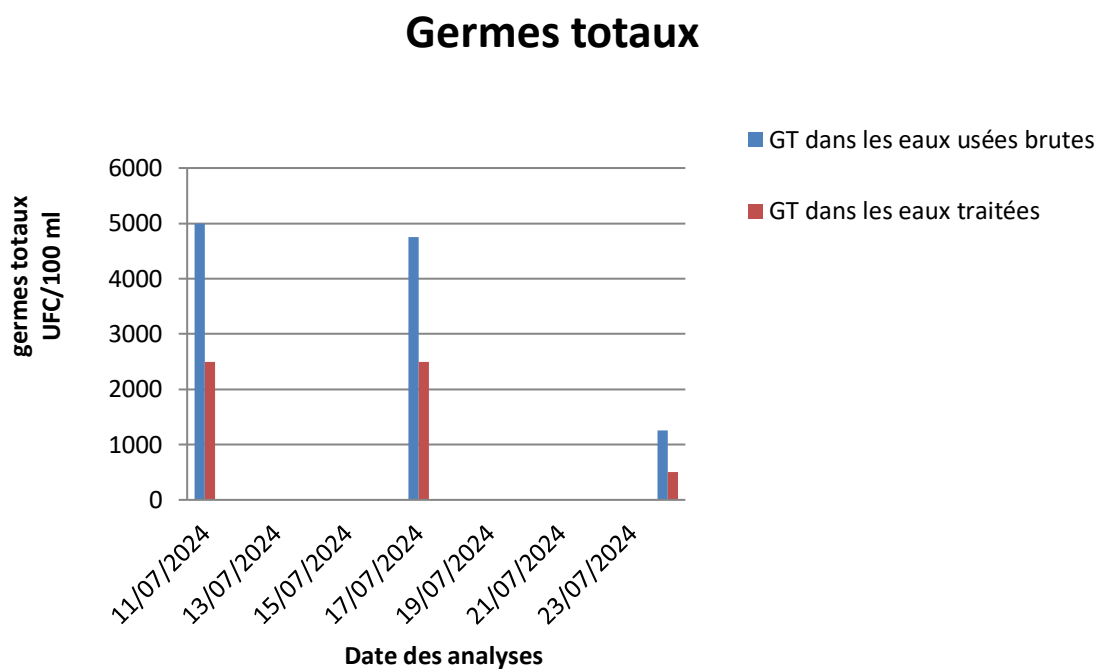


Fig .VII.14. Histogramme de variation du taux des coliformes totaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

#### VII.1.2.1.3. Les germes totaux

## Chapitre VII: Discussion des résultats

Nous présentons dans la figure VII.15 la variation du taux des germes totaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

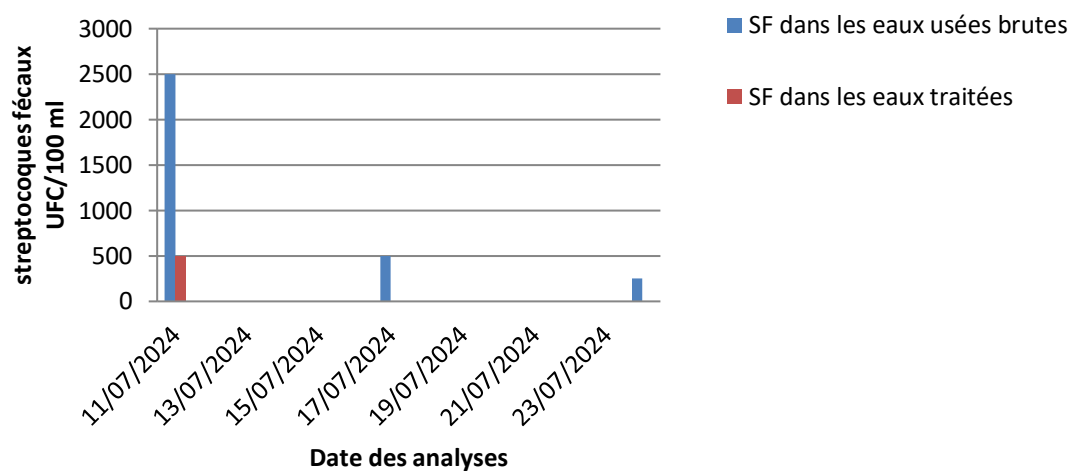


**Fig .VII.15.** Histogramme de variation du taux des germes totaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

### VII.1.2.1.4. Les streptocoques fécaux

Nous présentons dans la figure VII.16 la variation du taux des streptocoques fécaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

### streptocoques fécaux

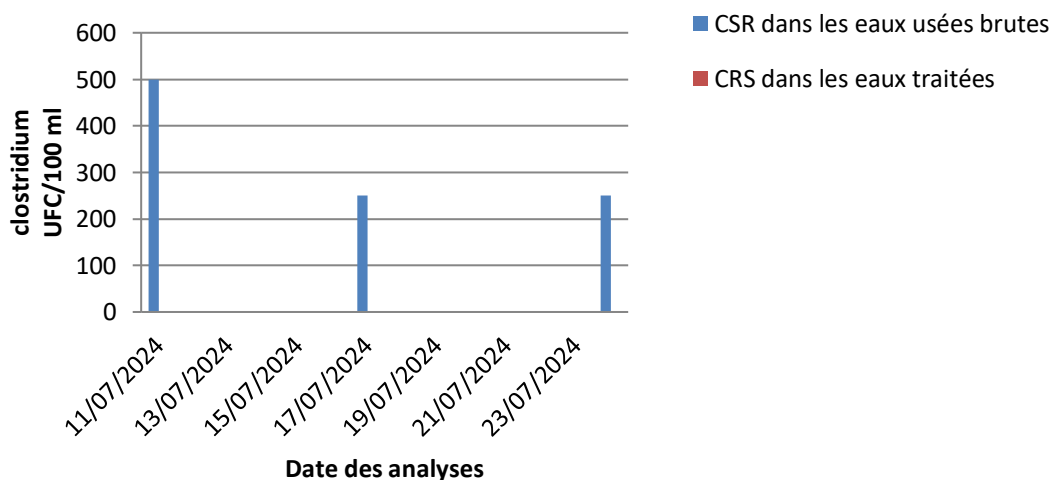


**Fig .VII.16.** Histogramme de variation du taux des streptocoques fécaux dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

#### VII.1.2.1.5. Les clostridium sulfito-réducteurs

Nous présentons dans la figure VII.17 la variation du taux des clostridium sulfito-réducteurs dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

### Clostridium sulfito<sup>-</sup> réducteurs



**Fig .VII.17.** Histogramme de variation du taux des clostridium sulfito-réducteurs dans un volume de 100 ml d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

### VII.1.2.2. Discussion des résultats bactériologiques

La diminution du taux de coliformes fécaux dans les eaux usées épurées (EUE) est un indicateur clé de l'efficacité du traitement des eaux usées et de la sécurité environnementale. Les règlements concernant les niveaux acceptables de coliformes fécaux dans EUE varient selon les pays et les régions. En Algérie, les normes générales pour les coliformes fécaux dans EUE sont généralement alignées avec les pratiques internationales et sont bien détaillées dans le journal officiel de l'année 2012.

D'après la (Figure.VII.13), on note une réduction importante des valeurs des coliformes fécaux dans EUE par rapport aux eaux usées brutes. Ces valeurs montrent que le nombre de coliformes fécaux trouvé paraît harmoniser à la norme de réutilisation de l'EUE en fonction des directives de l'OMS (1989) (catégorie B) et des normes algériennes qui les limitent à  $10^3$  coliformes fécaux par 100ml. Donc les cultures qui peuvent être irriguées par ces eaux épurées sont :

- Arbres fruitiers (L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombe ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter).
- Cultures et arbustes fourragers (Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe).
- Cultures céréalières.
- Cultures industrielles (Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés).
- Arbres forestiers.
- Plantes florales et ornementales (Une directive plus stricte ( $<200$  coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels).

D'après les figures : VII.13, .VII.14, .VII.15, .VII.16, on note une forte concentration de la charge bactérienne à l'entrée de la STEP par rapport à la sortie ce qui signifie le bon traitement bactériologique ainsi que le fonctionnement de la STEP dont les microorganismes présents dans les bassins d'aération peuvent dégrader ou réduire les populations de bactéries pathogènes par plusieurs mécanismes :

Compétition pour les nutriments : Les bactéries non pathogènes et les autres microorganismes peuvent surpasser les bactéries pathogènes en accaparant les nutriments disponibles, ce qui limite la croissance des pathogènes.

## Chapitre VII: Discussion des résultats

---

Prédation : Certains protozoaires, comme les amibes et les ciliés, se nourrissent de bactéries, y compris les bactéries pathogènes, réduisant ainsi leur nombre.

Production de substances antimicrobiennes : Certains microorganismes produisent des substances antimicrobiennes qui inhibent ou tuent les bactéries pathogènes.

Biofilm : Les biofilms, communautés de microorganismes adhérant aux surfaces, peuvent inclure des bactéries productrices de substances qui empêchent la colonisation par des pathogènes.

Cependant, bien que ces mécanismes contribuent à la réduction des pathogènes, le traitement biologique seul ne garantit pas l'élimination complète de tous les pathogènes. C'est pourquoi des étapes de désinfection tertiaire, telles que la chloration, l'ozonation ou le traitement par UV, sont souvent nécessaires pour assurer une élimination plus complète des bactéries pathogènes et des autres agents pathogènes.

Pour la figure .VII.17, on note une absence des bactéries Clostridium sulfito-réducteurs dans EUE peut être due à la dilution effectuée pour réaliser ces analyses d'une part et d'autre part en tant que ces bactéries sont des bactéries anaérobies strictes, sensibles à l'oxygène dissous dans les bassins d'aération des stations de traitement des eaux usées qui peut inhiber leur croissance et leur activité métabolique. Cependant, ces bactéries sont capables de former des spores, qui sont des structures dormantes et résistantes à des conditions environnementales défavorables, y compris la présence d'oxygène.

### Conclusion

L'objectif de cette étude a visé le suivi de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Sidi Ali afin de détecter les anomalies qui peuvent exister au niveau de la STEP et pouvoir réutiliser ses eaux épurées en irrigation. Les résultats physicochimiques et bactériologiques obtenus ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la STEP présentent une pollution organique, azotée et bactériologique élevée. On peut également conclure que la STEP de Sidi Ali permet une bonne élimination de la DCO, DBO5, MES et en composés azotés, en particulier les nitrates et les nitrites. Par ailleurs, les teneurs en Ortho phosphores semblent augmenter. Cette augmentation est causée par l'absence du traitement chimique dans la STEP. Les résultats d'analyse microbiologique confirment la présence des divers germes tels que les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux en nombres réduits. Ceci peut s'expliquer par le traitement biologique utilisé dans la STEP. L'absence des bactéries Clostridium sulfito-réducteurs dans EUE peut être due à la dilution effectuée pour réaliser ces analyses d'une part et d'autre part en

## Chapitre VII: Discussion des résultats

---

tant que ces bactéries sont anaérobies strictes, sensibles à l'oxygène dissous. La comparaison de la qualité physicochimique et microbiologique de ces eaux avec les normes de différentes directives (OMS, FAO et JORA 2012) a montré l'aptitude de ces eaux à l'irrigation sans impacts négatifs majeurs sur l'environnement à condition que les cultures pratiquées ne soient pas destinées à être consommées crues. Un traitement tertiaire est recommandé pour une bonne destruction des germes pathogènes.



# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

De part sa situation géographique, l'Algérie est un pays sec, aux faibles ressources hydriques. La double croissance démographique et économique a entraîné l'augmentation des besoins en eau et une pression insoutenable sur cette ressource. La recherche de ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées et d'alternatives pour une utilisation plus efficiente, est d'actualité.

A cet égard, les pouvoirs publics se penchent de plus en plus sur la question de l'assainissement, et le traitement des eaux usées. Alors que le secteur agricole, sous l'effet de la pression de l'accroissement de la demande sur les produits agricoles, fait ample utilisation des eaux usées en irrigation, là où la ressource est disponible. En plus des éléments nutritifs favorables aux plantes, les eaux usées sont chargés d'éléments nocifs qui affectent la qualité des produits et la santé des utilisateurs directs et indirects. Ces éléments s'accumulent dans les sols, et les eaux de surface et souterraines affectant la qualité qu'il faut les éliminer avant le rejet de ces eaux en milieu naturel. Ces polluants sont éliminés par le biais de stations d'épuration. Il existe différentes types de stations d'épuration qui traitent les eaux usées de différentes manières. Le traitement diffère surtout dans la chaîne biologique. Les boues activées peuvent être utilisées et mises en parallèle aux roseaux. Ces eaux usées traitées rejetées en milieu naturel doivent se respecter certaines normes de dépollution. Cependant une fois traitée, l'eau usée devient une ressource à valoriser.

La présente étude s'inscrit dans le contexte de la réutilisation des eaux usées de la station d'épuration de la commune de Sidi Ali. Elle se fixe comme objectif principale de contrôler l'efficacité du traitement biologique par boues activées, dans une perspective de réutilisation agricole et/ou de la protection des milieux naturels récepteurs

Le suivi des résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des rejets liquides sur Oued Labid montre de façon générale que les valeurs ne dépassent pas, à la sortie de l'installation, les valeurs limites des rejets définies par le journal officiel de la république algérienne en 2012, et respectent également les normes de l'OMS et le FAO qui sont plus strict.

Les résultats obtenus permettent de conclure que les procédés de traitement utilisés au niveau de la station sont efficaces à l'exception de quelques paramètres. En perspective de ce travail, nous suggérons :

## Conclusion générale

---

-Ces eaux nécessitent un traitement tertiaire pour l'abattement du taux des micro-organismes et pour l'élimination totale des nitrites, nitrates et du phosphore dans le but d'utiliser les eaux épurées dans l'irrigation.

-Un suivi périodique de détermination du niveau de qualité sanitaire des eaux usées traitées, en sortie de la station

## **Références bibliographiques**

**Abibsi.N ,2011.** *Mémoire de magister réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts, application á un quartier de la ville de Biskra. Université Mohamed Khider. Biskra.*

**Anctil. F, 2008 .***L'eau et ses enjeux. Québec. les presses de l'Université Laval. 228p.*

**Asano.T et al ,2007.** *Interaction entre ORC et Cdt1p de Saccharomyces cerevisiae. FEMS Levure Res 7(8):1256-62*

**Asano.T, 1998.** *Wastewater Reclamation and Reuse, Water Quality Management Library Volume 10. Technomic Publishing Co. Lancaster. PA. 1475p.*

**Aulicino .E.A& Mastrantonio. A& Orsini. E& Bellucci .C& Muscillo. M. and Larosa .G. 1996.** *Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome. Water, Air, and Soil Pollution, 91: 327-334.*

**Ayat.A,2022.***Thèse de doctorat : Biomatériaux et leurs applications comme coagulants/floculants dans le traitement des eaux usées Université de Constantine 3 Salah Boubnider.*

**Ayers,R.S & Westcot,D.W,1994.***Water quality for agriculture.FAO.Irrigation and drainage paper.*

**Badia Gondard .F, 1996.***L'assainissement des eaux usées. Editions de La Lettre du Cadre Territorial.*

**Baumont .S & Camard .J-P & Lefranc. A & Franconie. A, 2005.** *Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.*

**Bdour A. H. M. R & Tarawneh L, 2009.** *Perspective on sustainable wastewater treatment technologies and reuse option in the urban areas of the Mediterranean region, desalinisation.vol 237, n°. 1-3, pp. 162-174.*

**Belaid.N, 2010.***Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. L'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax. 15 janvier 2010.*

**Benfetta.H.N, 2023.** *Gestion de l'eau dans le Monde.* Edition Maison du livre Contemporain , Alger

**Benzaria.M, 2008.** *Approche méthodologique pour les projets de réutilisations des eaux usées en irrigation. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Montréal, Québec, 92p.*

**Blumenthal.U.J & Peasey.A & Ruiz-Palacios.G and Mara.D.D, 2000.** *Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. WELL 128 Study, Task No. 68 Part 1, London School of Hygiene & Tropical Medicine, UK WEDC, Loughborough.University (UK). 67 p.*

**Blumenthal.U.J & Mara.D.D & Peasey.A & Ruiz-Palacios.G And Stott.R.(2000a)** *Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin of the World Health Organization, 78(9):1104-1116.*

**Boeglin. J-C, 1998.** *Traitements biologiques des eaux résiduaires. Techniques de l'Ingénieur. Traité Génie des procédés. J3 942.*

**Bonnin . J, 1982.** *Aide-mémoire d'hydraulique urbaine. Edition Eyrolles. France. 128p.*

**Bontoux. J, 1983.** *Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux de boisson. Cebedoc éd., Liège Belgique. 169 p.*

**BRGM, 2010.** *La réutilisation des eaux usées : un enjeu majeur de développement durable. Les enjeux des géosciences. Fiches de synthèse scientifique n°24, avril 2004 ,4 P*

**Campos.C, 2008.** *New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. Revue Desalination vol. 218, N°1-3.Publisher Elsevier. Amsterdam.PAYS-BAS, pp.34-42.*

**Cardot.C, 1999.** *Les Traitement Des Eaux (Procédés Physicochimiques, Cours et problèmes Résolus, Edition Ellipse. Paris. 247p.*

**Centre d'information de l'eau (C.I.EAU), 2024.**

**Degreement.J, 2005.** *Mémento technique de l'eau, Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1. Paris.2503p.*

**Degremont .J, 1989.** *Mémento technique de l'eau. Degré mont 9ème Edition.Tome 1, Paris. 2503p*

**Dupont.A, 1969.** *Hydraulique urbaine, Hydrologie, captage et traitement des eaux. Tome 1.* Edition Eyrolles. Paris. 246p.

**Exall. K, 2004.** *Review : a water reuse and recycling with reference to Canadian practice and potential: Applications.* 2004. *Water Quality Research Journal*, vol. 39, no 1, pp.13-28

**Faby .J.A & Brissaud.F, 1997.** *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation.* Office International de l'Eau. 76p.

**Food and Agriculture Organisation (FAO) ,2003.** *L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation.*

**Food and Agriculture Organisation (FAO), 2007.** *Agriculture et rareté de l'eau: une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole.* COAG/2007/7, Rome.

**Gaid. A, 1984.** *Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tom 1, édition OPU .Alger,* 261p.

**Gaudiant .T, 2022 .** *Stress hydrique : les pays qui seront les plus affectés à l'horizon 2040.* journée mondiale de l'eau. STATISTA.21 mars 2022.

**Gennaccaro. A.L & Mc Laughlin . M.R& Quintero-Betancourt. W& Huffman D.E. and Rose J.B,2003.** *Infectious Cryptosporidium parvum oocysts in final reclaimed effluent.* *Application. Environment. Microbiology.* 69P, 4983–4984.

**Grosclaude. G, 1999 .** *L'eau milieu naturel et maîtrise.* Ed INRA, Paris 1999 tome I.

**Grosclaude. G, 1999 .** *L'eau usages et polluants.* Ed INRA, Paris 1999 tome II.

**Hamoda.M.F, 2004.** *Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries.* *Desalination* 165,31-41

**Huot. A, 2010.** *Eau et santé. La revue Bio contact, n°200.*

**Jarde. E, 2002.** *Composition organique des boues résiduelles des stations d'épuration Lorraines .Caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation.* Thèse Doc., Univ. Nancy I, 271 p.

**Journal officiel de la république Algérienne, 2012**

**Kettab .A, 1992, Traitement des eaux : Les eaux potables.** Edition Office des Publications Universitaires. Alger. vol 4. p118-111-123.

**La loi sur l'eau N° 05-12 du 04 Août 2005.**

**Laboratoire d'analyse de la STEP de Sidi Lakhdar, 2024**

**Laboratoire d'analyse ADE Mostaganem, 2024**

**Lazarova .V, 1998. La réutilisation des eaux usées, enjeu de l'an 2000, l'eau, l'industrie, les nuisances, n° 212, pp. 39-46.**

**Lazarova. V & Brissaud. F, 2013. Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. L'eau, l'industrie, les nuisances. Juin 2013, 299p.**

**Lazarova. V & Brissoud. F, 2007. Intérêts, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. L'eau, l'industrie. Les nuisances, n° 299, pp. 29-39.**

**Le décret exécutif N°07-149 correspondant au 20 Mai 2007.**

**Martin-Lagarette. J. L, 2004. L'eau potable et l'assainissement, Ed. JOHANET, Paris, 154p.**

**Merachi.C, 2020. Thèse de doctorat d'état en sciences politiques et relations internationales : sécurité hydrique, défis de développement et enjeux de stabilité. Etude d'un cas : l'expérience algérienne. Université d'Alger.**

**Metahri. M ,2012 .Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes.cas de la Step la ville de tizi-ouzou. Université Mouloud Mammeri de tizi-ouzou.**

**Ministère de l'hydraulique 2023.**

**Ministère de l'hydraulique 2024.**

**Ministère des Ressource en eau, 2021.**

**Ministère des Ressource en eau, 2022.**

**Mouhouche.B, 2012. Les problèmes du manque d'eau en Algérie : Une réalité qui fait peur. Revue Djadid El-iktissad, Vol 07, Décembre 2012.**

**Mozas.M & Ghosn.A, 2013.** *État des lieux du secteur de l'eau en Algérie. Études & Analyses.IPEMED.Octobre 2013.*

**Office National de l'Assainissement de Mostaganem, 2024.**

**Organisation mondiale de la santé OMS, 1989.** *L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture, recommandation à visée sanitaire. Genève, OMS, 82p.*

**Organisation mondiale de la santé OMS, 2012.** *Directive de l'OMS pour l'utilisation sans risques des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Genève, OMS, 225p.*

**Peasey. A & Blumenthal. U & Mara .D & Ruiz-Palacios G, 2000.** *A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture : a Latin American perspective. Well Study,*

**Plan National de l'Eau (PNE) 2017.**

**Pomerol. C & RENARD. M, 1997.** *Elément de géologie. Armand Colin. rance. 615p.*

**Qadir.M & Sharma.B.R & Bruggeman.A & Choukr Allah.R and Karajeh.F, 2007.** *Non conventional water ressources and opportunoties for water augmentation to achieve food security in water scarce countries.Agricultural water mangement 87,2-22.*

**R.N.M., 2011.** *Ropport National du Maroc, projet le renforcement de compacité sur l'utilisation sans danger des eaux usées en agriculture. 6-20p.*

**Rapinat.M, 1982.** *L'eau.Presse universitaire de France.lière édition, France. 132p.*

**Rejsek.F, 2002.** *Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques.Ed CRDP, Aquitaine. France.*

**Revue GEO, 2023.**

**RNDE, 2003.** *Réseau National des Données sur l'Eau. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Institut Français de l'Environnement (IFEN). Office International de l'eau (OIE), Agences de l'eau, version 3, 56 p.*

**Rodier, J & Bazin.C & Broutin. J.P &Chambon. P& Champsaur. H. et Rodi.L, 2005.** *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.Ed Dunod, Paris.*

**Rodier.J, 2005.** *L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.8ième édition.Dunod.*



**Salgot.M & Huertas.E, 2006.** *Intergated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater.Guideline for quality standards for water reuse in Europe, Aquarec, EVKI-CI. 2002.013 a work package 2, Deliverable 015, 128p.*

**Station d'épuration des eaux usées (STEP) de la commune de Sidi Ali, 2024.**

**Synteau, 2012.** *Réutilisation des eaux usées traitées, n°5 ,6.*

**Tamrabet .L & Bouzerzour. H & Kribaa. M. et Golea. D. (2003 a).***Le devenir des eaux usées traitées: Réponse de deux graminées fourragères,l'orge et l'avoine, aux apports d'eau usée traitée. In: Actes du Colloque international Oasis, Eau et Population. Université Khider, Biskra, Algérie.*

**Tamrabet. L & Bouzerzour. H & Kribaa. M et Golea. D, (2003b) .***Le devenir des boues résiduaires: Réponse de deux graminées fourragères, l'orge et l'avoine, aux apports de boue résiduaire. In: Actes du Colloque international HYDROTOP, Marseille, France.*

**Tamrabet. L & Golea. D and Bouzerzour. H, (2003c).** *The fresh water resources crisis and the waste water valorization in Algeria; In: Actes du Regional symposium on water recycling in Mediterranean Region, National agricultural research foundation, Institute of Iraklio, Crete,Greece. 26-29 Sept. 7 p.*

**Tamrabet.L, 2011.***Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage.Thèse doctorat en science. Option hydraulique, Institut de Génie Civil, l'hydraulique et d'Architecture, Département l'hydraulique, Univ. Hadj Lakhdar Batna, 147 p*

**Toze,S., 2006.***Reuse of effluent water-benefits and risks Agricultural water Management. n°80 ,147-159.*

**Toze. S, 1999 .***PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Water Res 33, pp 3545–3556.*

**Veolai., 2010.***Le recyclage des eaux usée in veolia eau .*

**Zerouali.D, 2000.** *Traitement des eaux résiduaires. Centre inter- entreprises de formation industrielle, séminaire juin 2000.*