



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles**

**THEME :**

**Etude des performances épuratoires de la STEP des eaux usées de  
SALAMANDRE (MOSTAGANEM) en vue de leur réutilisation**

**Présenté par :**

**BENKORRECH IMED EDDINE**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mr.DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
Mme.LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examineur
Mme. BETATACHE Hayat	M.C.A	Examineur
Mr.KOLIAI Djaffar	M.A.A	Examineur
Mme.DJOUDAR HALAL Dahbia	M.C.A	Promoteur

**Session : Septembre 2023**



# Remerciement

*En ce moment important de ma vie académique, je tiens à exprimer ma gratitude envers **ALLAH**, qui m'a béni de la santé, du courage et de la volonté nécessaire pour poursuivre mes études. C'est grâce à que j'ai pu réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.*

*Je souhaite également exprimer ma sincère reconnaissance envers ma promotrice, **Mme.DJODAR**, pour son soutien inestimable, ses précieux conseils, et sa guidance a été essentielle pour m'orienter vers la réussite de ce travail.*

*Je tiens aussi à exprimer mes remerciements les plus sincères à :  
**Mme.KHACHEBA** l'Ingénieur au niveau de la **DIRECTION GENERALE DE L'OFFICE NATIONALE D'ASSAINISSEMENT**,  
**Mr.GEUMIDI** le directeur général de **L'OFFICE NATIONALE D'ASSAINISSEMENT** de Mostaganem, Pour leurs orientations.*

***Mr. BEN TOUNES** chef de laboratoire des analyses de la **STEP**,  
Sa collaboration active, ses conseils techniques précieux, et sa générosité en partageant ses informations ont grandement contribué à la qualité de mon travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers tous les employés de la **DRE** à Mostaganem pour leur précieuse collaboration tout au long de mon projet. Je tiens particulièrement à remercier **Mr. NASSER BEDRA**, dont la disponibilité constante et l'aide précieuse ont été des atouts inestimables.*

*Je souhaite également adresser mes sincères remerciements à **Mr. Latroush** pour son humilité et de partager ses expériences et connaissances.*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers **Mr. Lakhdar** ingénieur au ni de bureau **d'étude URBOUR**, qui a consacré une grande partie de son temps à m'aider à finaliser les plans d'études. Son expertise ont été cruciaux pour l'achèvement réussi de cette étape importante de mon projet.*

*J'adresse également mes sincères remerciements et mon profond respect aux membres des jury, qui m'on fera l'honneur d'apprécier mon travail l'honneur d'examiner ce travail*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui m'ont soutenue tout au long de la réalisation de cette mémoire de fin d'études. Le chemin jusqu'à ce point a été parsemé de défis et d'apprentissages, et je ne serais pas parvenu à cette réussite sans le précieux concours de nombreuses personnes.*



## *Dédicace*

### ***À mes chers parents,***

*Ma source inépuisable d'amour, d'inspiration et de soutien. Vous m'avez inculqué des valeurs solides, encouragé dans chaque étape de ma vie, et m'avez montré la voie de la persévérance. Votre dévouement inconditionnel et vos sacrifices pour moi ont été la base de tout ce que j'ai accompli. Ce mémoire est le fruit de votre amour, de vos enseignements, et de votre foi en moi. Je vous suis infiniment reconnaissant pour tout ce que vous avez fait.*

### ***À mes frères,***

***HAFID, HAKOU, ASMA ET AMIR***

*Mes compagnons de jeu, mes confidents, et mes partenaires de vie. Votre présence dans ma vie a été une bénédiction inestimable. Vous m'avez encouragé, et apporté de la joie incommensurable. Merci d'avoir partagé ce voyage avec moi.*

### ***À ma famille,***

*Un pilier solide de soutien et d'amour. Votre présence a été le réconfort dans les moments difficiles et la célébration dans les moments heureux. Votre soutien indéfectible m'a donné la force de poursuivre mes rêves. Je vous remercie du fond du coeur.*

### ***À mes amis,***

***MONCEF, MEROUANE, NADIR, ZIED, MOURAD, BEDROU, ANES*** et la liste est longue,

*Les étoiles qui ont illuminé mon ciel, qui ont partagé mes rires et mes peines, et qui ont cru en moi lorsque j'en avais le plus besoin. Votre amitié précieuse a enrichi ma vie de manière inimaginable. Je suis reconnaissant(e) d'avoir des amis comme vous à mes côtés.*

*Ce mémoire est dédié à chacun d'entre vous, en reconnaissance de l'amour, du soutien et de l'inspiration que vous m'avez offerte tout au long de ce parcours. Vous êtes les héros silencieux de cette réussite, et je vous en suis éternellement reconnaissant(e).*

*Avec toute ma gratitude,*

***IMAD EDDINE***

# SOMMAIRE

<b>Introduction Générale .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées .....</b>	<b>3</b>
I.1.Introduction .....	4
I.2.Définition .....	4
I.3.Origine et types d'eaux usées .....	4
I.3.1.Les eaux usées domestiques .....	4
I.3.2.Les eaux usées industrielles .....	4
I.3.3.Les eaux agricoles .....	5
I.3.4.Les eaux pluviales .....	5
I.3.5.Les eaux de ruissellement .....	5
I.4.Caractéristiques des eaux usées .....	5
I.4.1.Paramètres physiques .....	5
I.4.1.1.La température .....	5
I.4.1.2.Les matières en suspension (MES) .....	6
I.4.1.3.Les matières volatiles sèches (MVS) .....	6
I.4.1.4.Les matières minérales (MMS) .....	6
I.4.1.5.La turbidité .....	6
I.4.1.6.La couleur .....	6
I.4.2.Paramètres chimiques .....	6
I.4.2.1.Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	6
I.4.2.2.La conductivité .....	7
I.4.2.3.L'oxygène dissous .....	7
I.4.2.4.La demande chimique en oxygène (DCO) .....	7

I.4.2.5.La demande biochimique en oxygène (DBO5) .....	7
I.4.2.6.Les matières oxydables .....	7
I.4.2.7.Le carbone organique total (COT) .....	7
I.4.2.8. l'azote .....	8
I.4.2.9.Le phosphore .....	8
I.4.2.10.Les nitrites (NO <sub>2</sub> -) .....	9
I.4.2.11.Les nitrates (NO <sub>3</sub> -) .....	9
I.4.2.12.L'azote ammoniacal .....	9
I.4.3.Paramètres biologique .....	10
I.4.3.1.Les coliformes .....	10
I.4.3.2.Les bactéries .....	11
I.4.3.3.Les protozoaires .....	11
I.4.3.4.Les virus .....	11
I.4.3.5.Les helminthes .....	11
I.4.3.6.la biodégradabilité .....	12
I.5.Les normes des rejets .....	12
I.6.Les normes de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation .....	13
I.7.Les principales voies de la réutilisation des eaux usées .....	17
I.7.1.La réutilisation des eaux usées épurées en l'agriculture .....	17
I.7.2.La réutilisation des eaux usées épurées en industrie .....	17
I.7.3.La réutilisation des eaux usées épurées en zone urbaine.....	18
I.7.4.La production d'eau potable.....	18
I.7.5.La recharge de nappe.....	19

I.8.La réutilisation des eaux usées dans le monde .....	20
I.9. .La réutilisation des eaux usées en agriculture en Algérie .....	20
I.10.Bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées.....	21
I.11.Conclusion.....	22
<b>CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>23</b>
II.1.Introduction .....	24
II.2. Situation climatologique .....	24
II.2.1. Température .....	24
II.2.2.Vitesse de vent .....	25
II.2.3.Evaporation .....	25
II.2.4.Humidité.....	26
II.2.5.Ensoleillement .....	27
II.2.6.Précipitation .....	28
II.3.Classification de climat .....	28
II.3.1.Classification du climat selon l'indice de MARTON .....	28
II.3.2.Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER .....	29
II.3.3.Climagramme de Bagnols et Gaussen .....	30
II.4.Géologie .....	31
II.5.Hydrogéologie.....	33
II.6.Conclusion .....	34
<b>Chapitre III : Présentation de la STEP de SALAMANDRE (MOSTAGANEM) .....</b>	<b>35</b>
III.1.Introduction .....	36

III.2.Situation géographique .....	37
III.3.Fonctionnement de la station.....	37
III.3.1.Caractéristiques techniques de la station .....	38
III.3.1.2.Charge polluante.....	38
III.2.1.3.Qualité de l'effluent rejeté .....	39
III.3.2.Caractéristiques des installations de la station d'épuration .....	40
III.3.2.1.Déversoir d'orage .....	40
III.3.2.1.Dégrillage grossier .....	41
III.3.2.2.Dégrillage fin .....	42
III.3.2.3.Dessablage — Déshuilage .....	42
III.3.2.4.Le Traitement Primaire .....	43
III.3.2.5.le traitement biologique "boues activées" .....	44
III.3.2.6.le traitement des boues .....	48
III.4.Conclusion .....	51
<b>Chapitre IV : Etude de performance épuratoire de la STEP de SALAMANDRE .....</b>	<b>52</b>
IV.1.Introduction .....	53
IV.2.Caractéristiques de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration .....	53
IV.4.1.potentiel d'hydrogène (PH) .....	54
IV.4.2.Température .....	55
IV.4.2.la conductivité .....	56
IV.4.3.l'oxygène dissous .....	56
IV.4.4.Les matières en suspension .....	57

IV.4.5.DCO .....	58
IV.4.6.DBO5 .....	58
IV.4.7.Rapport DCO/DBO5 .....	59
IV.4.8.Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) et Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	59
IV.4.9.Les ortho phosphates .....	61
IV.4.10.Résultats des analyses bactériologiques .....	62
IV.3.Aptitude des eaux à l'irrigation : .....	63
IV.5.1.Ratio d'absorption de sodium (SAR) .....	63
IV.5.2.Pourcentage de sodium soluble (SSP) .....	64
IV.5.4.Indice de Stuyfzand .....	66
IV.4.Conclusion .....	66
<b>Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation .....</b>	<b>68</b>
V.1.Introduction : .....	69
V.2.Etude hydrologique : .....	69
V.2.1.Teste de Mood :( Paul Meylan, 2008) .....	69
V.2.2.Ajustement des pluies .....	70
V.2.2.2.Ajustement à la loi log Normale .....	71
V.2.2.3.Test de validité d'un ajustement .....	72
V.3.Le choix des cultures .....	73
V.4.Types de cultures irriguées .....	74
V.5.Besoin en eau du périmètre .....	75
V.5.1.Calcul des besoins en eau d'irrigation .....	75
V.5.2.Calcul de l'évapotranspiration référence (ET <sub>0</sub> ) .....	75
V.5.3. Calcul de la pluie efficace : .....	77



V.5.4.Calcul de la réserve en eau du sol .....	78
V.5.5.Estimation des coefficients culturaux (Kc) .....	78
V.5.6 Cycle végétatif des cultures : .....	79
V.5.8.Estimation des besoins en eau des cultures choisies .....	79
V.5.9.Calcul des débits spécifiques .....	81
V.5.10. Evaluation du débit caractéristique .....	82
V.5.11. Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	82
V.6.Conclusion .....	83
<b>Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement Tertiaire .....</b>	<b>84</b>
VI.1.Introduction .....	85
VI.2.Procède du Traitement Tertiaire .....	85
VI.3. Refoulement des eaux clarifiées .....	85
VI.3.1.La conduite de refoulement .....	85
VI.3.2.Hauteur manométrique totale (HMT) .....	87
VI.3.3.Choix d'un type de pompe .....	89
VI.4.Diviseur de débit .....	89
VI.5. Filtration sur sable .....	90
VI.6.Désinfection par rayonnement Ultraviolette.....	92
VI.7.Réservoir d'eau traitée .....	95
VI.8.Conclusion .....	95
<b>Chapitre VII : Organisations du Chantier .....</b>	<b>96</b>
VII .1.Introduction .....	97
VII.2.Rôles et responsabilités des intervenants sur chantier .....	97

VII.2.1.Le maître de l'ouvrage .....	97
VII.2.2.Le maître d'œuvre .....	97
VII.2.3.L'entrepreneur .....	98
VII.3.Le devis des différents travaux de réalisation de Traitement tertiaire...	98
VII.4. La Planification .....	99
VII.4.1.Définition .....	99
VII.4.2.Techniques de la planification : .....	99
VII.4.2.1.Méthodes basées sur le réseau .....	99
VII.4.2.2.Construction du réseau .....	99
VII.4.3.Différentes méthodes basées sur le réseau (Benlouakli, 2004) .....	100
VII.4.3.1.Méthode C.P.M (Méthode française) : .....	100
VII.4.3.2.Méthode P.E.R.T (Program Evaluation and Review Technical).....	100
VII.4.3.3.Méthodes basées sur le graphique .....	101
VII.4.4.Les étapes de la planification .....	101
VII.4.5.Les paramètres de calcul dans la méthode C.P.M .....	102
VII.4.5.1. Chemin critique (C.C) .....	103
VII.4.5.Diagramme de Gantt .....	103
VII.5.Conclusion .....	105
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>106</b>
<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>108</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>111</b>
1. Profile Hydraulique.....	112
2. Pompes de relevage vers le traitement tertiaire .....	113

### 3. Propriétés du lit de filtration et caractéristique des fluides  rétro-lavage 114

#### Liste des tableaux

#### CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées

Tableau I.1 : Normes international de l’OMS.....	12
Tableau I.2 : Normes de rejets de l’OMS appliqué en Algérie.....	13
Tableau I.3 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture.....	14
Tableau I.4 : Recommandations microbiologiques de l’OMS 1989 pour les eaux Usées destinées à l’irrigation (OMS, 1989).....	15
Tableau I.5 : les valeurs limites des paramètres bactériologiques.....	16
Tableau I.6 : les valeurs limites des paramètres parasitologiques.....	16
Tableau I.7 : les valeurs limites de paramètres toxiques.....	16
Tableau I.8 :L'utilisation des eaux usées dans quelques domaines (Strauss (1985) in (Mara et Cairncross, 1989)).....	20
Tableau I.9 : Bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées épurées.....	21

#### CHAPITRE II : Présentation de la zone d’étude

Tableau II.1 : Repartition moyenne mensuelle (moy, min et max) de la temperature de l'air en °C (1976-2008).....	24
Tableau II.2 : Vitesse du vent en m/s (1976 – 2008).....	25
Tableau II.3 : Repartition mensuelle de l’évaporation moyenne en mm (1976 - 2008).....	26
TableauII.4 : Repartition mensuelle de l’Humidite en % (1976 – 2008).....	26
TableauII.5 : Ensoleillement en heures (1976 – 2008).....	27
TableauII.7 : Repartition mensuelle de la pluie (1990-2020).....	28
TableauII.8 : Classification de climat selon MARTON.....	28
TableauII.9 : Moyennes mensuelles des precipitations et des temperatures.....	31

#### Chapitre III : Présentation de la STEP de SALAMANDRE (MOSTAGANEM)

Tableau III.1 : Origine des eaux usées de la station d'épuration a boues activées a moyenne charge des eaux urbaines de la ville de Mostaganem.....	36
Tableau III.2 : Differents debits des eaux usees dans la STEP- Horizon 2030.....	38
Tableau III.3 : Caracteristiques des effluents de la STEP de Mostaganem- horizon 2030.	38
Tableau III.3 : Normes de rejet (qualite de l'effluent rejete).....	39
Tableau III.3 : Dimensions d'un decanteur primaire.....	44
Tableau III.4 : Dimensions d'un bassin d'aeration.....	45
Tableau III.5 : Dimensions d'un Clarificateur.....	47
Tableau III.6 : Dimensions d'un Bassin de desinfection.....	48
Tableau III.7 : Caracteristique de l'epaisseur.....	49
Tableau III.8 : Caracteristique de bassin de stabilisation.....	50

## **Chapitre IV : Etude de performance épuratoire de la STEP de SALAMANDRE**

Tableau IV.1 : Resultat d'analyse physico-chimique.....	54
Tableau IV.2 : Resultats d'analyses bacteriologiques.....	62
Tableau IV.3 : Bilan d'analyse d'ions inorganiques majeurs.....	63
Tableau IV.3 : Classification de l'eau pour SSP.....	65

## **Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation**

Tableau V.1 : Resultat du test Mood.....	70
Tableau V.2 : Ajustement a la loi log normale.....	71
Tableau V.3: Test de validité des deux ajustements.....	72
Tableau V.4 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).....	73
TableauV.5: Surfaces et types de cultures irriguées.....	74
Tableau V.6 : Types d'irrigation.....	74
Tableau V.7 : Evapotranspiration de reference ET0 calculee par le logiciel CROPWAT.	77
TableauV.8 : Calcul des pluies efficaces.....	78
TableauVI.9 : Coefficients culturaux des cultures.....	79

TableauVI.10 : Cycle vegetatif des cultures.....	79
TableauVI.11 : Calcul des besoins en eau pour la courgette.....	79
TableauVI.12 : Calcul des besoins en eau pour le haricot.....	80
TableauVI.13 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier.....	80
TableauVI.14 : Recapitule les besoins en eau (mm) des cultures.....	81
TableauVI.15 : Besoins en eau totaux.....	82

## **Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire**

Tableau.VI.1 : Les valeurs de K, m et $\beta$ .....	88
Tableau.VI.2 : Dimensionnement d'un filtre à sable.....	91
Tableau.VI.3 : Dimensionnement du Canal UV.....	94

## **Chapitre VII : Organisations du Chantier**

Tableau. VII.1 : Liste des opérations avec leurs durées pour la réalisation des Variantes de Traitement Proposée.....	103
Tableau. VII.2 : Succession des taches de la réalisation de la variante de Traitement propose.....	104

## **Liste des figures**

### **CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées**

Figure I.1 : Elimination biologique de l'azote.....	10
Figure I.2 : Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement tertiaire.....	19

### **CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude**

Figure II.1 : Répartition des températures mensuelles (Moyennes, minimales et maximales).....	25
Figure II.2 : Moyennes mensuelles de l'évapotranspiration.....	26
Figure II.3 : Moyennes mensuelles d'humidité.....	27

Figure II.4 : moyennes mensuelles de l'ensoleillement.....	27
Figure II.5 : moyennes mensuelles des précipitations (1990-2020).....	28
Figure II.6 : Climagramme pluviothermique d'Emberger.....	30
Figure II.7 : Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	31
Figure II.8 : Carte géologique région Mostaganem (ANRH).....	32
Figure II.9 : Carte des bassins hydrogéologiques de la nappe du plateau de Mostaganem (DRE).....	33

### **Chapitre III : Présentation de la STEP de SALAMANDRE (MOSTAGANEM)**

Figure III.1 : Carte de localisation de la STEP de Mostaganem.....	37
Figure III.2 : Maquette de la STEP de Mostaganem.....	39
Figure III.3 : Etapes de traitement des eaux usées de la STEP de Mostaganem.....	40
Figure III.4 : Déversoir d'orage.....	40
Figure III.5 : Dégrillage grossier.....	41
Figure III.6 : Fosse à batards.....	41
Figure III.7 : Dégrillage fin.....	42
Figure III.8 : Déshuileur-dessaleur.....	43
Figure III.9 : Décanteur primaire.....	44
Figure III. 10 : Bassin d'aération.....	46
Figure III.11 : la zone de dégazage.....	46
Figure III.12 : Clarificateur.....	47
Figure III.13 : Bassin de désinfection.....	48
Figure III.14 : Epaisseur.....	49
Figure III.15 : Bassin de stabilisation.....	50
Figure III.16 : Section de déshydratation.....	51

## **Chapitre IV : Etude de performance épuratoire de la STEP De SALAMANDRE**

Figure. IV.8 : Variation du pH.....	55
Figure.IV.9 : Variation du Température.....	55
Figure.IV.10 : Variation de la Conductivité.....	56
Figure.IV.11 : Variation de l’oxygène dissous.....	57
Figure.IV.12 : Variation des matières en suspension.....	57
Figure.IV.13 : Variation de la demande chimique en oxygène.....	58
Figure.IV.14 : Variation de la demande biologique en oxygène.....	59
Figure.IV.15 : Variation du Nitrites.....	60
Figure.IV.16 : Variation du Nitrate.....	60
Figure.IV.17 : Variation de l’azote ammoniacal.....	61
Figure.IV.18 : Variation des ortho phosphates.....	61
Figure.IV.19 : Diagramme de Wilcox pour la classification des eaux à l’irrigation.....	64
Figure IV.20 : Diagramme de Richard pour la classification de l’eau à l’irrigation.....	65
Figure IV.21 : Histogramme de la classification de l’eau à l’irrigation.....	66

## **Chapitre V : Besoin en eau d’irrigation**

Figure V.1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log normale.....	72
--	----

## **Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement Tertiaire**

Figure VI.1 : Répartition des longueurs d’onde en UV.....	92
Figure VI.2 : Installation de lampes UV en canal ouvert.....	93
Figure VI.3 : Les bancs UV.....	94

## **Chapitre VII : Organisations du Chantier**

Figure. VII.1 : Réseau de planification des taches avec la méthode.....	105
---	-----

## **LISTE DES PLANCHES**

**Planche N°01 :** Plan de Masse de la station d'épuration de SALAMANDRE  
(W.MOSTAGANEM)

**Planche N°02 :** Profil hydraulique de la station d'épuration de  
SALAMANDRE (W.MOSTAGANEM)

**Planche N°03 :** Les Ouvrages de la station d'épuration de SALAMANDRE  
(W.MOSTAGANEM)



## Liste D'Abreviations

**STEP** : Station d'épuration

**CE** : Conductivité Electrique

**MVS** : matières volatiles en suspension

**MES** : Matières en Suspensions

**MMS** : Matières Minérales

**PH** : Potentiel d'Hydrogène

**DBO5** : demande biologique en oxygène durant 5 jours

**DCO** : demande chimique en oxygène

**COT** : Carbone organique total

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Azote ammoniacal

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrates

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrites

**NTK** : Azote total Kjeldahl

**O<sub>2</sub>** : Oxygène

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Ortho Phosphates

**CF** : coliformes fécaux

**CT** : coliformes totaux

**IA** : indice de MARTON

**EH** : équivalent habitant

**SAR** : Ratio d'absorption de sodium

**ETP** : évapotranspiration

**ETR** : évapotranspiration réelle

**ETo** : évapotranspiration potentielle de référence

**ETM** : évapotranspiration maximale

**Kc** : coefficient cultural  
**DN** : Diamètre nominal

**PEHD** : Polyéthylène haute densité

**HMT** : Hauteur manométrique totale

**UV** : Ultraviolet

**°C** : Degré Celsius

**mJ/cm** : milli joules par centimètre carré

**µs/cm** : micro siemens par centimètre

**µm** : micromètre

**CFU** : Colonies Formant Unités

**De meme, il a ete utilise**

**ONA** : Office National de l'Assainissement

**DRE** : Direction des ressources en eaux

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

## ملخص

نتيجة لتأثير التغير المناخي الذي أدى إلى نقص ملموس في الأمطار وانخفاض مستويات المياه الجوفية، تبذل جهود كبيرة للبحث عن مصادر مياه بديلة كتحلية مياه البحر وتطوير تقنيات لمعالجة مياه الصرف الصحي بهدف إعادة استعمالها في أغراض زراعية وصناعية

الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي التي تستخدم تقنية الحمأة النشطة في صلامندر بولاية مستغانم. من أجل تحقيق هذا الهدف، تم إجراء تحليل شامل لتطور المؤشرات الفيزيائية والبكتيريولوجية للمياه المعالجة. تمت مقارنة هذه النتائج مع معايير الجودة المعترف بها عالمياً للسقي

أظهر هذا التقييم وجود بعض النقص في جودة المياه المعالجة، مما أدى إلى اقتراح تطبيق نظام معالجة ثلاثي يسمح بإعادة استعمال المياه المعالجة في سقي الأراضي الزراعية

**الكلمات المفتاحية :** الحمأة النشطة ، المياه المعالجة ، نظام معالجة ثلاثي ، إعادة استعمال ، سقي.

## Résumé

En raison de l'impact du changement climatique, qui a entraîné une diminution notable des précipitations et une baisse des niveaux d'eau souterraine, d'importants efforts sont déployés pour rechercher des sources d'eau alternatives. comme le dessalement de l'eau de mer et le développement de techniques de traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation à des fins agricoles et industrielles.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les performances d'une station de traitement des eaux usées utilisant la technologie de la boue activée de Salamandre la wilaya de Mostaganem. Ceci sera réalisé en examinant la qualité des eaux usées traitées. Pour atteindre cet objectif, une analyse complète de l'évolution des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des eaux traitées a été entreprise.

Les résultats de cette analyse ont été comparés aux normes de qualité internationalement reconnues pour l'irrigation.

Cette évaluation a révélé certaines insuffisances dans la qualité des eaux épurées, ce qui a conduit à la proposition de la mise en œuvre d'un système de traitement tertiaire pour la

station. Ce système permettra la réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation des terres agricoles.

**Mots clés :** Boues activées, eau épurées, système de traitement tertiaire, réutilisation, irrigation

## **Abstract**

Due to the impact of climate change, which has resulted in a significant decrease in precipitation and a decline in groundwater levels, substantial efforts are being made to search for alternative water sources. Like the desalination of seawater and the development of wastewater treatment techniques for their reuse in agricultural and industrial purposes.

The primary objective of this study is to assess the performance of a wastewater treatment station using the activated sludge technology in Salamandre, located in the Mostaganem province. This will be achieved by examining the quality of the treated wastewater.

To accomplish this objective, a comprehensive analysis of the physical, chemical, and bacteriological parameters of the treated water was conducted. The results of this analysis were compared to internationally recognized quality standards for irrigation

This assessment revealed certain deficiencies in the quality of the treated water, leading to the proposal of implementing a tertiary treatment system for the station. This system would enable the reuse of treated water for irrigating agricultural lands.

**Key Word :** Activated sludge, treated water, tertiary treatment system, reuse, irrigation

# **Introduction Générale**

## **Introduction Générale**

L'eau est une ressource fondamentale qui conditionne la vie sur notre planète et joue un rôle vital dans le développement de la civilisation humaine. Toutefois, l'impact du changement climatique se fait de plus en plus ressentir, se traduisant par une diminution notable des précipitations et une réduction inquiétante des niveaux d'eau souterraine. Dans ce contexte, des efforts considérables sont déployés à l'échelle mondiale pour trouver des solutions novatrices afin de garantir un approvisionnement en eau suffisant.

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer les performances de la station d'épuration de Salamandre, la Wilaya de Mostaganem. Pour ce faire, nous procéderons à l'analyse des données disponibles pour la période s'étalant de janvier 2022 à décembre 2022, tout en envisageant la conception d'infrastructures pour mettre en œuvre un traitement tertiaire. Cette approche globale vise avant tout à préserver l'environnement et à réduire les risques sanitaires, particulièrement significatifs dans une région très prisée des touristes, notamment pour la baignade.

Par ailleurs, notre étude ambitionne d'explorer la possibilité de réutiliser les eaux usées épurées par cette station d'épuration à des fins agricoles. Cette démarche revêt une importance particulière compte tenu du caractère agricole prédominant de la région de Mostaganem et de la demande croissante en eau d'irrigation pour soutenir le secteur agricole

Notre étude est organisée en sept chapitres :

Le premier chapitre de notre étude se concentre sur une synthèse bibliographique approfondie concernant les eaux usées. Nous explorerons les divers aspects de la gestion des eaux usées, y compris, les normes de qualité et les meilleures pratiques.

Le deuxième chapitre de notre étude est dédié à la présentation détaillée de la zone d'étude. Nous examinerons les caractéristiques géographiques, climatologiques, et géologiques de cette région.

Dans le troisième chapitre, nous nous présenter la station d'épuration de Salamandre. Nous explorerons son fonctionnement ainsi que les ouvrages qui la composent..

Le quatrième chapitre de notre étude est dédié à une évaluation approfondie des performances épuratoires de la station d'épuration de Salamandre. Dans ce chapitre, nous procéderons à une analyse détaillée des données que nous avons recueillies, en mettant l'accent sur l'évaluation de l'efficacité du processus de traitement des eaux usées. Nous identifierons également les éventuels problèmes ou insuffisances qui ont pu être relevés au cours de cette évaluation.

Le sixième chapitre de notre étude est dédié au dimensionnement du traitement tertiaire. Dans ce chapitre, nous proposerons des solutions spécifiques visant à améliorer la qualité de l'eau traitée, en veillant à ce qu'elle soit conforme aux normes établies pour la réutilisation.

Le dernier chapitre de notre étude sera consacré à l'organisation du chantier, décrivant en détail les étapes pratiques de la mise en œuvre des solutions que nous avons proposées.

# **CHAPITRE I :**

## **Généralités sur**

### **Les eaux usées**

### **I.1.Introduction :**

Dans le contexte mondial actuel marqué par une pression croissante sur les ressources en eau, la gestion durable de cette ressource précieuse est devenue une priorité majeure. Les eaux usées, résultant des activités humaines telles que les ménages, l'industrie et l'agriculture, représentent un défi majeur à relever. Cependant, ces eaux usées ne sont pas nécessairement une source de pollution, mais plutôt une opportunité de récupération et de réutilisation

### **I.2.Définition :**

Les eaux usées contiennent toutes les eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles, qui contiennent des substances nocives et sont acheminées à travers les systèmes d'assainissement. Ce terme englobe également les eaux pluviales, qui peuvent transporter des polluants et causer diverses formes de pollution et de perturbations dans l'écosystème récepteur. [1]

### **I.3.Origine et types d'eaux usées :**

#### **I.3.1.Les eaux usées domestiques :**

D'après l'origine des substances polluantes, on peut identifier cinq catégories distinctes d'eaux usées : Les eaux usées domestiques représentent généralement la principale source de pollution et sont composées des éléments suivants :

- Les eaux ménagères contenant des particules en suspension issues du lavage des aliments et des produits détergents utilisés pour le nettoyage, ce qui entraîne la dissolution des graisses.
- Les eaux provenant des salles de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, comprenant souvent des matières grasses hydrocarbonées.
- Les eaux des toilettes qui sont très riches en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en micro-organismes.
- Les eaux d'activités spécifiques. [2]

#### **I.3.2.Les eaux usées industrielles :**

Les eaux usées industrielles diffèrent considérablement des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'un secteur industriel à un autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles contiennent différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine, elles peuvent également contenir :

- Des graisses, présentes notamment dans les industries agroalimentaires et d'équarrissage.
- Des hydrocarbures, généralement présents dans les raffineries.
- Des métaux, qui sont courants dans les traitements de surface et les industries métallurgiques.
- Des acides, des bases et divers produits chimiques, qui sont présents dans les industries chimiques diverses, les tanneries, etc.
- De l'eau chaude, provenant des circuits de refroidissement des centrales thermiques.



Certaines industries, telles que les centrales nucléaires et les installations de traitement des déchets radioactifs, peuvent également générer des eaux usées contenant des matières radioactives. Avant d'être rejetées dans les systèmes de collecte, ces eaux usées industrielles doivent subir un traitement approprié. Si elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration, il est possible de les mélanger aux eaux usées domestiques ruissellement, une augmentation des niveaux de matières azotées ou phosphatées dans les nappes phréatiques les plus superficielles, les cours d'eau et les réservoirs d'eau. [3]

### **I.3.3. Les eaux agricoles :**

L'agriculture joue un rôle significatif dans la pollution des eaux en raison de l'utilisation d'engrais et de pesticides. Elle est principalement responsable des pollutions diffuses. Les eaux agricoles provenant de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphatés, sous forme ionique ou en quantité excessive qui dépasse la capacité d'absorption du sol et des plantes, entraînent, par ruissellement, une augmentation des niveaux de matières azotées ou phosphatées dans les nappes phréatiques les plus superficielles, les cours d'eau et les réservoirs d'eau. [3]

### **I.3.4. Les eaux pluviales:**

Pendant les périodes orageuses, les eaux pluviales peuvent également causer d'importantes pollutions des cours d'eau. Lorsqu'il pleut, l'eau de pluie absorbe des impuretés au contact de l'air, notamment les fumées industrielles. En ruisselant, elle collecte les résidus présents sur les toits et les chaussées des zones urbaines, tels que les huiles de vidange, les carburants, les résidus de pneus et les métaux lourds.

De plus, dans les systèmes d'assainissement dits "unitaires", les eaux pluviales se mélangent aux eaux usées domestiques. Lors de fortes précipitations, afin de préserver les installations de traitement des eaux usées, il peut être nécessaire de déverser (opération de "délestage") ce mélange très pollué dans l'environnement naturel.

Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables, augmentant ainsi le risque d'inondation en plus du risque de pollution. [4]

### **I.3.5. Les eaux de ruissellement:**

Sont formées par les eaux de pluie, les eaux de lavage des routes et les eaux de drainage. Elles peuvent contenir des particules de sable, de limon et d'argile, ainsi que des substances telles que des hydrocarbures, des huiles et des engrais agricoles. [5]

## **I.4. Caractéristiques des eaux usées :**

### **I.4.1. Paramètres physiques :**

#### **I.4.1.1. La température :**

Est un paramètre essentiel à contrôler, en particulier en présence d'effluents industriels. Elle joue un rôle important dans le bon fonctionnement des systèmes de traitement, car elle peut influencer de différentes manières :

- La solubilité des sels et des gaz : il est établi que la solubilité d'un gaz diminue avec l'augmentation de la température. Cela est particulièrement important pour l'oxygène dissous. Ainsi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation en oxygène devra diminuer, ce qui réduit la réserve d'oxygène disponible pour les micro-organismes impliqués dans les processus d'autoépuration. Cela peut affecter

négativement l'efficacité de l'épuration biologique. [6]

Il convient donc de surveiller et de contrôler la température des effluents afin de garantir des conditions optimales pour les processus d'épuration et de préserver la capacité d'autoépuration des micro-organismes.

### **I.4.1.2. Les matières en suspension (MES) :**

Correspondent à la pollution constituée par les particules insolubles, c'est-à-dire l'ensemble des particules transportées par les eaux brutes. [7]

Elles sont composées de matières minérales et de matières volatiles en suspension. La quantification des MES se fait généralement par filtration ou centrifugation, permettant ainsi de séparer les particules en suspension de l'eau. [8]

### **I.4.1.3. Les matières volatiles sèches (MVS)**

Désignent la fraction organique des matières en suspension (MES). Elles représentent environ 70 à 80 % des MES. Les MVS sont obtenues en soumettant les MES à une calcination à une température de 525°C pendant une durée de 2 heures. [9]

### **I.4.1.4. Les matières minérales (MMS)**

Correspondent au résidu obtenu après évaporation complète de l'eau, également connu sous le nom d'extrait sec. Elles sont composées à la fois de matières minérales en suspension et de matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc. Les MMS représentent donc la fraction des matières en suspension qui reste après élimination de l'eau et inclut à la fois les particules minérales et les composés minéraux solubles. [10]

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

### **I.4.1.5. La turbidité :**

La turbidité de l'eau est liée à la présence de matières en suspension, qu'elles soient d'origine minérale ou organique. La turbidité mesure la quantité de particules solides présentes dans l'eau, ce qui peut rendre l'eau trouble ou opaque. [11]

### **I.4.1.6. La couleur :**

La couleur de l'eau peut être liée à la présence de composés chimiques solubles qui présentent une coloration marquée. Cela peut être le cas notamment dans certaines industries telles que les teintureries, les industries de fabrication de pigments ou d'autres processus de production qui utilisent des colorants ou des substances colorées. [11]

## **I.4.2. Paramètres chimiques :**

### **I.4.2.1. Le potentiel d'hydrogène (pH) :**

Est une mesure de la concentration d'ions  $[H_3O^+]$  présents dans l'eau, ce qui permet de déterminer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution. Un pH neutre est généralement considéré comme égal à 7. Dans le cas des eaux urbaines, le pH se situe généralement près de la neutralité, avec une valeur qui se situe entre 7 et 7,5. Cela indique que ces eaux ont une légère tendance à être légèrement basiques. [12]

### **I.4.2.2.La conductivité :**

Est une propriété qui permet de mesurer la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous présents dans l'eau, ce qui est également lié à la salinité de l'eau. La conductivité est exprimée en microsiemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

En mesurant la conductivité électrique (CE), on peut évaluer le degré de minéralisation globale de l'eau, c'est-à-dire la quantité de minéraux dissous présents dans l'eau. [13]

### **I.4.2.3.L'oxygène dissous :**

Est un composé essentiel de l'eau car il est nécessaire à la survie de la faune aquatique et il joue un rôle crucial dans les réactions biologiques qui se produisent dans les écosystèmes aquatiques. Sa concentration dans l'eau est généralement très faible et souvent proche de zéro dans les eaux résiduaires non traitées. [14]

### **I.4.2.4.La demande chimique en oxygène (DCO) :**

Est une mesure qui représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières oxydables présentes dans un échantillon d'eau. Elle est déterminée par une réaction d'oxydation réalisée en présence d'un oxydant puissant et d'un catalyseur. La DCO permet d'évaluer la quantité de matières organiques et inorganiques oxydables présentes dans l'échantillon d'eau. Elle est souvent utilisée comme indicateur de la charge polluante et de la quantité de substances oxydables dans les eaux résiduaires et les effluents industriels. [15]

### **I.4.2.5.La demande biochimique en oxygène (DBO5) :**

Est une mesure utilisée pour évaluer la charge d'un milieu en substances putrescibles, ainsi que son pouvoir d'auto-épuration. Elle permet de déterminer la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies présents dans un échantillon d'eau pendant une période de 5 jours (DBO5). Cette consommation d'oxygène est due à l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques présents dans l'échantillon. La mesure de la DBO5 est souvent utilisée pour évaluer la charge maximale acceptable, en particulier pour les traitements primaires des stations d'épuration. Elle donne des indications sur la biodégradabilité des substances organiques présentes dans l'eau et peut aider à estimer l'efficacité des processus de traitement biologique. [7]

### **I.4.2.6.Les matières oxydables :**

Sont un paramètre utilisé pour caractériser la pollution organique de l'eau. Elles désignent les substances présentes dans l'eau qui peuvent être oxydées lors d'une réaction chimique. La quantité de matières oxydables peut être mesurée en utilisant la formule suivante :

$$1/3 [\text{DCO} \cdot 2 + 2 (\text{DBO5} \cdot 2)]$$

### **I.4.2.7.Le carbone organique total (COT) :**

Est un paramètre qui permet de quantifier la quantité totale de carbone organique présent dans un échantillon d'eau. Il englobe à la fois le carbone organique dissous et le carbone organique provenant de substances volatiles et du carbone minéral dissous. La mesure du COT est réalisée à l'aide d'un analyseur de  $\text{CO}_2$  à infrarouge, qui utilise une

méthode de combustion catalytique à haute température de l'échantillon. Lors de cette combustion, tout le carbone organique est converti en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), qui est ensuite mesuré par le détecteur infrarouge. Cette mesure permet d'évaluer la quantité totale de carbone organique présent dans l'échantillon, ce qui est important pour comprendre la composition et la qualité de l'eau, ainsi que pour évaluer la pollution dans les eaux usées. [16]

### **I.4.2.8. l'azote :**

Est présent sous différentes formes, notamment l'azote organique, l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ). Il existe deux paramètres couramment utilisés pour quantifier l'azote dans les eaux usées :

1. L'azote total (AT) : Il regroupe toutes les formes d'azote mentionnées ci-dessus, c'est-à-dire l'azote organique, l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites. La mesure de l'azote total permet d'estimer la quantité totale d'azote présente dans les eaux usées.
2. L'azote kjeldahl (NTK) : Il représente l'azote ammoniacal et l'azote organique. La mesure de l'azote kjeldahl est basée sur une méthode analytique appelée méthode Kjeldahl, qui permet de déterminer la teneur en azote ammoniacal et en azote organique dans un échantillon. Cette mesure est souvent utilisée pour évaluer la charge d'azote organique et d'azote ammoniacal dans les eaux usées.

En résumé, l'azote total englobe toutes les formes d'azote présentes, tandis que l'azote kjeldahl se concentre sur l'azote ammoniacal et l'azote organique. Ces paramètres sont importants pour évaluer la pollution azotée des eaux usées et pour concevoir des procédés de traitement appropriés. [15]

### **I.4.2.9. Le phosphore :**

Présent dans les eaux peut se trouver sous différentes formes, qu'il s'agisse de phosphore minéral ou organique, en solution ou en suspension. Les composés phosphorés qui répondent au test spectrophotométrique et ne nécessitent pas d'hydrolyse ou de minéralisation sont considérés comme des orthophosphates.

Lorsqu'une hydrolyse acide est réalisée, le phosphore hydrolysable est libéré, et lors de la minéralisation, le phosphore organique est converti en formes inorganiques. Chaque fraction de phosphore (en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en orthophosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique.

La teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de  $\text{PO}_4$  (phosphate) ou de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (pentoxyde de phosphore). Il convient de noter que 1 mg/L de  $\text{PO}_4$  est équivalent à 0,747 mg/L de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , et 1 mg/L de P est équivalent à 3,065 mg/L de  $\text{PO}_4$  ou à 4,426 mg/L de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Ces différentes expressions sont utilisées pour quantifier la concentration de phosphore dans les eaux et évaluer son impact sur la pollution et le traitement des eaux usées.

Effectivement, le phosphore total dans les eaux peut être présent sous forme d'orthophosphate ( $\text{PO}_4^+$ ) combiné à la fois avec des matières organiques, telles que les phospholipides et les acides nucléiques, et des matières minérales, notamment l'aluminium (Al), le fer (Fe) et le calcium (Ca).

Cette combinaison du phosphore avec des composés organiques et minéraux peut varier en fonction de la source des eaux et des processus environnementaux auxquels elles sont exposées. La présence de phosphore total dans les eaux est importante à

surveiller, car il peut contribuer à la prolifération d'algues et à la formation d'eutrophisation dans les écosystèmes aquatiques. [17]

### **I.4.2.10. Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :**

Effectivement, les ions nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) sont un stade intermédiaire dans le processus de conversion de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en ions nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans le cycle de l'azote. Les bactéries nitrifiantes, telles que les Nitrosomonas, sont responsables de la conversion de l'ammonium en nitrites lors d'un processus appelé nitratisation. Cette réaction nécessite une consommation d'oxygène importante.

Parallèlement, les nitrites peuvent également résulter de la réduction bactérienne des nitrates, connue sous le nom de dénitrification. Lors de ce processus, les bactéries dénitrifiantes convertissent les nitrates en nitrites, puis en azote gazeux (N<sub>2</sub>) qui est libéré dans l'atmosphère. La dénitrification est généralement favorisée dans des conditions de faible teneur en oxygène.

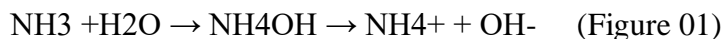
Les nitrites peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Leur toxicité augmente avec la température, ce qui signifie que les eaux chaudes peuvent présenter un risque plus élevé pour les organismes vivants en cas de présence excessive de nitrites. [18]

### **I.4.2.11. Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

Représentent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes, telles que les Nitrobacter, sont responsables de la conversion des nitrites en nitrates lors d'un processus appelé nitratisation. Contrairement aux nitrites, les nitrates ne sont généralement pas considérés comme toxiques pour les organismes aquatiques. Cependant, des concentrations élevées en nitrates peuvent avoir des conséquences néfastes sur les écosystèmes aquatiques. Les nitrates en excès peuvent entraîner une prolifération excessive d'algues, ce qui contribue à un phénomène appelé eutrophisation. L'eutrophisation est un processus dans lequel une augmentation des nutriments, tels que les nitrates, favorise la croissance excessive d'algues, ce qui peut épuiser les niveaux d'oxygène dans l'eau et perturber l'équilibre écologique du milieu. [18]

### **I.4.2.12. L'azote ammoniacal :**

Est souvent désigné par le terme d'ammoniac, qui englobe à la fois les formes ionisées (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et non ionisées (NH<sub>3</sub>) de cet élément azoté. L'ammoniac, dans sa forme initiale, est un gaz soluble dans l'eau. Cependant, en fonction du pH, il peut se transformer soit en une forme non combinée (NH<sub>3</sub>), soit sous forme ionisée (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Ces transformations réversibles avec l'eau dépendent également de la température et peuvent être décrites par les réactions suivantes :



Lorsque l'ammoniac se dissout dans l'eau, il réagit avec les ions hydrogène (H<sup>+</sup>) présents dans l'eau pour former de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Cette réaction est favorisée par des conditions de pH plus acides. À des pH plus élevés, l'ammonium peut également réagir avec les ions hydroxyde (OH<sup>-</sup>) pour former de l'ammoniac non ionisé (NH<sub>3</sub>). La proportion d'ammoniac ou d'ammonium présente dans l'eau dépend donc du pH et de l'équilibre entre ces deux formes. [14]

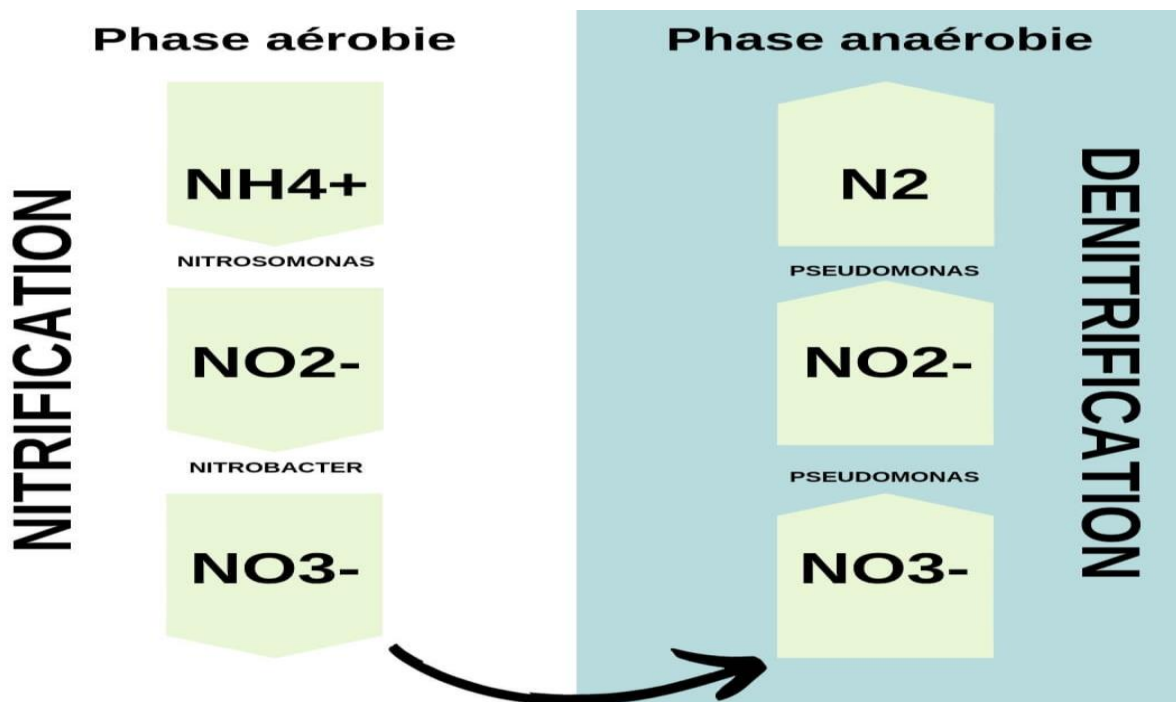


Figure I.1 : Elimination biologique de l'azote

Source : [www.1h2o3.com](http://www.1h2o3.com)

#### I.4.3. Paramètres biologique :

Les eaux usées peuvent contenir divers micro-organismes, y compris des champignons, des helminthes, des protozoaires, des bactéries et des virus. Certains de ces micro-organismes peuvent être pathogènes et présenter un risque pour la santé humaine et l'environnement. Par conséquent, il est essentiel de traiter et d'épurer les eaux usées pour éliminer ces contaminants microbiologiques et préserver la qualité du milieu naturel.

##### I.4.3.1. Les coliformes :

Sont un groupe de bactéries appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Ce groupe comprend plusieurs genres, tels que Echerichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia et Serratia. Les coliformes sont couramment utilisés comme indicateurs de la contamination fécale dans les tests de qualité de l'eau, car leur présence dans l'eau peut indiquer la possible présence de micro-organismes pathogènes associés aux matières fécales.

Les coliformes fécaux, également appelés coliformes tolérants, sont un sous-groupe spécifique de coliformes. Ils présentent les mêmes caractéristiques que les coliformes après incubation à une température de 44°C. Les espèces bactériennes incluses dans le groupe des coliformes fécaux comprennent Citrobacter freundii, Citrobacter diversus, Citrobacter amalonaticus, Enterobacter aerogenes, Enterobacter cloacae, Echerichia coli, Klebsiella pneumoniae, Klebsiella oxytoca, Moellerella wisconsensis, Salmonella (sous-genre III Arizona) et Yersinia enterocolitica.

La présence de coliformes fécaux dans les eaux est souvent utilisée comme un indicateur de contamination fécale et de risque potentiel pour la santé humaine. Leur détection dans les eaux usées peut donc être un signe d'une contamination provenant

de matières fécales, ce qui nécessite une attention particulière lors du traitement des eaux usées pour assurer l'élimination efficace de ces contaminants microbiologiques. [7]

### **I.4.3.2 Les bactéries :**

Sont des organismes unicellulaires simples qui ne possèdent pas de noyau distinct. Leur taille varie généralement entre 0,1 et 10 micromètres ( $\mu\text{m}$ ). Dans les matières fécales, on estime qu'il y a environ  $10^{12}$  bactéries par gramme (Asano, 1998). La plupart de ces bactéries ne sont pas pathogènes, c'est-à-dire qu'elles ne causent pas de maladies chez l'homme.

Cependant, lorsqu'un hôte est infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut augmenter considérablement. Les bactéries entériques, qui sont typiquement présentes dans l'intestin, sont adaptées aux conditions de vie spécifiques de cet environnement, notamment une grande quantité de matière organique et de nutriments, ainsi qu'une température corporelle de  $37^{\circ}\text{C}$ . Leur capacité de survie dans des conditions extérieures, où les conditions diffèrent considérablement, est donc limitée.

De plus, les bactéries pathogènes se retrouvent en compétition avec les bactéries indigènes déjà présentes dans l'environnement. Cette concurrence limite la croissance et le développement des bactéries pathogènes, ce qui contribue à maintenir un équilibre relatif dans les populations bactériennes. [20]

### **I.4.3.3 Les protozoaires :**

Sont des organismes unicellulaires qui possèdent un noyau distinct et sont plus complexes et plus grands que les bactéries. De nombreux protozoaires pathogènes sont des parasites, ce qui signifie qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent une forme de résistance appelée kyste au cours de leur cycle de vie. Les kystes sont des structures résistantes qui leur permettent de survivre dans des conditions défavorables, telles que les traitements des eaux usées.

Parmi les protozoaires pathogènes résistants aux traitements des eaux usées, on peut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, et *Giardia lamblia*. Ces protozoaires peuvent être présents dans les eaux contaminées et représenter un risque pour la santé publique si elles sont ingérées. [20]

### **I.4.3.4 Les virus :**

Sont des agents infectieux de très petite taille, estimés entre 10 et 350 nanomètres. Ils ont la particularité de se reproduire en infectant un organisme hôte. Contrairement aux bactéries qui peuvent être naturellement présentes dans l'intestin, les virus ne le sont généralement pas, à moins d'une infection accidentelle ou d'une vaccination intentionnelle, comme c'est le cas pour la poliomyélite.

L'infection virale se produit le plus souvent par l'ingestion, notamment par la consommation d'eau contaminée. Cependant, dans le cas du coronavirus, l'infection peut également se produire par inhalation de gouttelettes respiratoires. Les virus peuvent causer diverses maladies chez l'homme, et chaque virus peut être associé à des symptômes spécifiques. [20]

### **I.4.3.5 Les helminthes :**

Sont des vers multicellulaires qui appartiennent à la catégorie des parasites. Tout comme les protozoaires, ils ont la capacité de se développer aux dépens de leur hôte.

Les helminthes comprennent divers types de vers, tels que les vers ronds (nématodes) et les vers plats (cestodes et trématodes).

Les œufs d'helminthes sont connus pour leur résistance et peuvent survivre pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois, dans les sols, les plantes cultivées ou d'autres environnements. Dans les eaux usées, la concentration en œufs d'helminthes peut être de l'ordre de 10 à 10<sup>3</sup> œufs par litre. [21]

### **I.4.3.6. la biodégradabilité :**

Est évaluée en fonction du coefficient K (la formule)

Si le coefficient K est inférieur à 1,5, cela indique que les matières oxydables présentes dans l'effluent sont principalement constituées de substances hautement biodégradables.

Cela signifie que ces matières peuvent être facilement décomposées ou oxydées par les micro-organismes présents dans le processus d'épuration biologique des eaux.

Si le coefficient K se situe entre 1,5 et 2,5, cela indique que les matières oxydables sont considérées comme moyennement biodégradables. Cela signifie que leur dégradation par les micro-organismes peut être moins efficace ou plus lente que dans le cas des matières fortement biodégradables.

Si le coefficient K se situe entre 2,5 et 3, cela indique que les matières oxydables présentes dans l'effluent sont peu biodégradables. Cela signifie que les micro-organismes ont plus de difficulté à décomposer ou oxyder ces matières.

Si le coefficient K est supérieur à 3, cela indique que les matières oxydables sont non biodégradables. Cela signifie que les micro-organismes présents dans le processus d'épuration biologique ne sont pas capables de dégrader efficacement ces matières.

Un coefficient K élevé peut être le résultat de la présence d'éléments neutralisants de la croissance bactérienne dans l'eau, tels que des sels métalliques, des détergents, des phénols, des hydrocarbures, etc. Ces substances peuvent entraver l'action des micro-organismes et réduire leur capacité à dégrader les matières oxydables. [3]

### **I.5. Les normes des rejets :**

Le niveau d'épuration des eaux usées doit être conforme aux normes de rejets établies pour le milieu récepteur

L'OMS propose des directives et des normes internationales pour la qualité de l'eau, y compris les eaux usées, afin de protéger la santé publique et l'environnement. (Tableau I.1.)

Ces normes varient en fonction de l'usage prévu pour ce milieu récepteur.

**Tableau I.1 :** Normes international de l'OMS

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6.5-8.5
DBO5	< 30 mg/l
DCO	< 90 mg/l
MES	< 20 mg/l



## CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées

NH4	< 0.5 mg/l
NO2-	1 mg/l
NO3-	1 mg/l
PO4-3	< 2 mg/l
Température	< 30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Incolore

ONA 2016

En Algérie, les normes de rejets des eaux usées sont généralement basées sur les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (**Tableau I.2**)

**Tableau I.2** : Normes de rejets de l'OMS appliqué en Algérie

Paramètre	Unités	normes
T°	C°	30
Ph		6.5 à 8.5
O <sub>2</sub>	Mg/l	5
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	30
DCO	Mg/l	90
MES	Mg/l	30
Zinc	Mg/l	2
Chrome	Mg/l	0.1
Azote total	Mg/l	50
Phosphate	Mg/l	2
Hydrocarbure	Mg/l	10
Détergents	Mg/l	1
Huiles et grasses	Mg/l	20

ONA 2016

### I.6. Les normes de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation :

- **Recommandations de l'OMS** : Il est vrai que les recommandations de l'OMS sont largement reconnues à l'échelle internationale et servent de référence pour de nombreux pays dans l'établissement de leurs normes de rejets des eaux usées. Ces recommandations sont principalement efficaces sur l'usage agricole de l'eau, mais elles peuvent également être utilisées comme base pour d'autres usages, en tenant compte des spécificités locales.

Tableau I.3 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture

	Paramètres	Unité	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE	
Physiques	pH	-	6 < pH < 8.5	
	MES	mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	Infiltration le SAR =	0-3 CE	ds/m	0.2
		3-6		0.3
		6-12		0.5
		12-20		1.3
20-40		3		
Chimiques	DBO <sub>5</sub>	mg/l	30	
	DCO	mg/l	90	
	Chlorure (Cl)	meq/l	10	
	Azote (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	30	
	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> )	meq/l	8.5	
Eléments toxiques (*)	<b>Aluminium</b>	mg/l	20.0	
	<b>Arsenic</b>	mg/l	2.0	
	<b>Cadmium</b>	mg/l	0.05	
	<b>Béryllium</b>	mg/l	0.5	
	<b>Chrome</b>	mg/l	1.0	
	<b>Cobalt</b>	mg/l	5.0	
	<b>Cuivre</b>	mg/l	5.0	
	<b>Bore</b>	mg/l	2.0	
	<b>Cyanures</b>	mg/l	0.5	
	<b>Fluor</b>	mg/l	15.0	
	<b>Fer</b>	mg/l	20.0	
	<b>Phénols</b>	mg/l	0.002	
	<b>Plomb</b>	mg/l	10.0	
	<b>Lithium</b>	mg/l	2.5	
	<b>Manganèse</b>	mg/l	10.0	
	<b>Mercure</b>	mg/l	0.01	
	<b>Molybdène</b>	mg/l	0.05	
<b>Nickel</b>	mg/l	2.0		
<b>Sélénium</b>	mg/l	0.02		
<b>Vanadium</b>	mg/l	1.0		
<b>Zinc</b>	mg/l	10.0		

(\*) : Pour type de sols à texture fine, neutre et alcalin  
(JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012)

**Tableau I.4** : Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation (OMS., 1989).

Catégorie	Condition de réalisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux a (nbre, d'œuf/litre) moyenne arithmétique	Coliformes intestinaux (nbre/100 ml) moyenne géométrique	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
<b>A</b>	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics	Ouvriers agricoles consommateurs, public	< =1	< = 1000d	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
<b>B</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
<b>C</b>	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

**Tableau I.5 :** les valeurs limites des paramètres bactériologiques.

Paramètres	Valeurs limites
Coliformes fécaux	1000/100ml
Salmonelle	Absence dans 5 L
Vibron cholérique	Absence dans 450 ml

(Source : www.eau-tensift.net, 2012)

**Tableau I.6 :** les valeurs limites des paramètres parasitologiques.

Paramètres	Valeurs limites
Parasites pathogènes	Absence
Œufs, kystes de parasites	Absence
Larves de d'ankylostomides	Absence
Fluococercaires de schistosomes hoematobium	Absence

(Source : www.eau-tensift.net, 2012).

**Tableau I.7 :** les valeurs limites de paramètres toxiques.

Paramètres	Valeurs limites (mg/l)
Mercure(Hg)	0,001
Cadmium (Cd)	0,01
Arsenic (Ar)	0,1
Chlore totale Cr	1
Plomb (Pb)	5
Cuivre (Cu)	2
Zinc (Zn)	2
Sélénium (Se)	0,02
Fluor (F)	1
Cyanures (C)	1
Phénols (Ph)	3
Aluminium (Al)	5
Béryllium (BE)	0,1
Cobalt (Co)	0,5
Fer (Fe)	5
Lithium (Li)	2,5
Manganèse (Mn)	0,2
Molybdène (Mo)	0,01
Nickel (Ni)	2
Vanadium (V)	0,1

(Source : www.eau-tensift.net, 2012)

### I.7. Les principales voies de la réutilisation des eaux usées :

#### I.7.1. La réutilisation des eaux usées épurées en l'agriculture :

La Réutilisation des Eaux Usées épurées peut contribuer à une utilisation plus efficace de l'eau dans l'agriculture, en favorisant une gestion durable des ressources en eau

Effectivement, la Réutilisation des Eaux Usées épurées présente plusieurs bénéfices pour l'agriculture, comme mentionné dans le rapport de l'UNEP en 2003. Voici une explication détaillée de ces avantages :

**Conservation des ressources en eau douce :** En réutilisant les eaux usées utilisées pour l'irrigation, on réduit la demande en eau douce provenant des sources traditionnelles telles que les rivières, les lacs ou les nappes souterraines. Cela permet de préserver les ressources en eau douce et de les allouer de manière plus rationnelle, en particulier dans les régions confrontées à une pénurie d'eau.

**Prévention de la pollution des eaux de surface :** Lorsque les eaux usées sont déversées directement dans les plans d'eau sans traitement adéquat, elles peuvent contaminer les écosystèmes aquatiques et provoquer une pollution des eaux de surface. En réutilisant ces eaux perçues pour l'irrigation, on évite leur balayage direct et on contribue ainsi à la préservation de la qualité des eaux de surface.

**Apport naturel en nutriments :** Les eaux usées contiennent des nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium. Lorsqu'elles sont utilisées pour l'irrigation, elles apportent ces éléments nutritifs aux cultures, reçoivent ainsi le besoin d'engrais chimiques artificiels. Cela peut contribuer à réduire les coûts de production agricole et à minimiser la pollution liée à l'utilisation excessive d'engrais.

**Amélioration des caractéristiques physiques des sols :** Les eaux usées contiennent également des matières organiques qui, lorsqu'elles sont appliquées aux sols, possèdent leur structure et leur fertilité. Ces matières organiques contribuent à augmenter la rétention d'eau dans le sol, à réduire l'érosion et à favoriser la croissance des micro-organismes bénéfiques. Ainsi, la REUT peut contribuer à la préservation et à l'amélioration des sols agricoles. [22]

#### I.7.2. La réutilisation des eaux usées épurées en industrie :

En effet, la réutilisation des eaux usées industrielles peut être avantageuse dans divers secteurs, notamment dans le domaine de l'énergie, les circuits de refroidissement, les laveries industrielles, les stations de lavage de voitures, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries électroniques et de semi-conducteurs, etc.

La qualité requise pour la réutilisation des eaux usées industrielles dépend de chaque industrie spécifique, car la composition chimique des eaux usées peut avoir des répercussions sur les processus industriels. Les préoccupations principales concernent les phénomènes d'entartrage, de corrosion, de développement de bactéries d'encrassement, de formation de mousse et d'inhalation d'aérosols par les travailleurs.

Il n'y a pas de problèmes sanitaires spécifiques liés à l'utilisation industrielle des eaux usées, et on retrouve généralement les mêmes contaminants que pour les autres usages. Cependant, il est essentiel de mettre en place des mesures de

traitement appropriées pour éliminer ou réduire les contaminants spécifiques à chaque industrie, afin de garantir la sécurité et la fiabilité des processus industriels. [23]

### **I.7.3. La réutilisation des eaux usées épurées en zone urbaine**

Les utilisations possibles des eaux épurées en zone urbaine sont en effet nombreuses et variées. Voici quelques exemples courants :

1. Arrosage des espaces verts : Les eaux épurées peuvent être utilisées pour l'arrosage des parcs, des terrains de sport, des terrains de golf, des aires de jeux et d'autres espaces verts publics. Cela permet de réduire la consommation d'eau potable pour l'irrigation et de préserver les ressources en eau douce.
2. Utilisation dans les systèmes sanitaires : Les eaux épurées peuvent être utilisées dans les systèmes sanitaires des bâtiments, tels que les toilettes, les douches et les robinets. Cela réduit la demande en eau potable pour les besoins non potables et contribue à la conservation des ressources en eau.
3. Lavage des espaces publics : Les eaux épurées peuvent être utilisées pour le lavage des voiries, des réservoirs anti-incendie, des trottoirs et d'autres surfaces publiques. Cela permet de minimiser l'utilisation d'eau potable pour ces activités de nettoyage.

La mise en place d'un système de réutilisation des eaux épurées en zone urbaine nécessite généralement un réseau double, où les eaux épurées et l'eau potable sont distribuées séparément. Cela peut être réalisé à l'échelle de la ville entière ou à l'échelle des bâtiments et des habitations, en fonction de la taille et de la complexité du système. [23]

### **I.7.4. La production d'eau potable**

Effectivement, il existe différentes formes de réutilisation des eaux usées épurées, qui peuvent être directes ou indirectes.

1. Réutilisation directe : Dans ce cas, les eaux épurées sont acheminées directement de la station d'épuration vers une usine de traitement pour la production d'eau potable, sans passer par le milieu naturel. Un exemple célèbre de réutilisation directe se trouve à Windhoek, en Namibie. Cependant, cette approche est généralement déconseillée et ne devrait être utilisée que lorsque aucune autre solution n'est possible, car elle ne bénéficie pas du traitement supplémentaire offert par le milieu naturel.
2. Réutilisation indirecte et non planifiée : Dans ce cas, les eaux épurées sont rejetées dans un cours d'eau ou une réserve souterraine qui alimente ensuite une usine de traitement d'eau, mais ce lien n'est pas volontairement établi. Cette forme de réutilisation est à la limite de la définition de la réutilisation des eaux usées épurées.
3. Réutilisation indirecte et planifiée : Cette forme de réutilisation implique le rejet intentionnel des effluents épurés en amont d'une usine de traitement, au niveau d'un plan d'eau ou d'une nappe qui sert de dernier réservoir naturel avant le pompage et le traitement. Cela permet de bénéficier du traitement naturel supplémentaire offert par le milieu avant l'utilisation ultérieure de l'eau.

La production d'eau potable à partir d'eaux usées épurées est considérée comme l'aboutissement le plus extrême de la réutilisation. Cela se produit principalement dans les zones arides ou semi-arides où les ressources en eau sont limitées et où la réutilisation des eaux usées peut constituer une solution viable pour répondre aux besoins en eau potable. [23]

### I.7.5. La recharge de nappe

La recharge de nappe est une méthode de réutilisation des eaux usées épurées qui est principalement motivée par la dégradation de la qualité de la nappe et/ou la diminution de sa réserve en eau. C'est une approche couramment utilisée dans les zones arides où les nappes souterraines sont menacées de dessèchement, ainsi que dans les zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer.

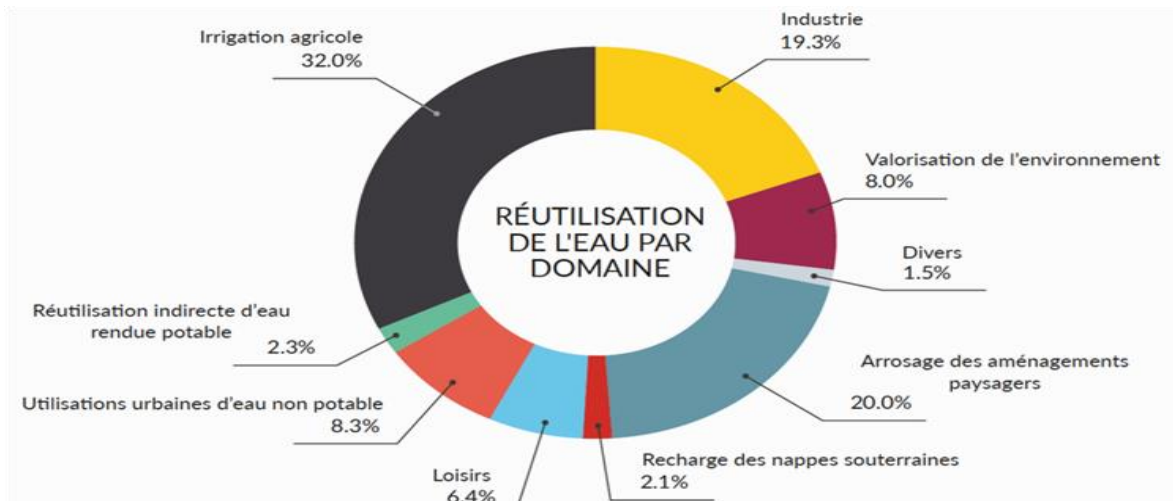
Il existe deux principaux moyens de recharger une nappe phréatique :

**1. Par percolation :** Cette méthode implique la création de bassins de rétention où les eaux épurées sont laissées s'infiltrer dans le sol pour atteindre la nappe. Cependant, cette approche peut rencontrer certains problèmes, notamment la prolifération d'algues dans les bassins. Pour remédier à cela, différentes solutions sont préconisées, telles que l'introduction de poissons pour contrôler les algues, l'utilisation d'algicides, la teinture de l'eau pour empêcher la photosynthèse, la circulation de l'eau pour éviter la stagnation, l'évitement du stockage dans des lacs peu profonds, la limitation de la stagnation prolongée de l'eau et la couverture des réservoirs.

Un autre problème potentiel est la formation d'un microfilm de vase, d'argile et de micro-organismes au fond du bassin, ce qui peut obstruer les voies d'infiltration.

**2. Par recharge directe :** Dans cette approche, l'eau épurée est directement injectée dans la nappe phréatique par le biais de puits spécialement aménagés. Cette méthode permet une infiltration plus directe et contrôlée de l'eau dans la nappe.

La recharge de nappe à partir des eaux épurées est une pratique importante dans les régions confrontées à des problèmes de ressources en eau limitées. Elle contribue à restaurer les niveaux d'eau souterraine, à améliorer la qualité de la nappe et à lutter contre l'intrusion d'eau salée dans les zones côtières. Cependant, des précautions doivent être prises pour garantir la qualité de l'eau réutilisée et minimiser les risques potentiels pour l'environnement et la santé humaine. [23]



**Figure I.2 :** Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement tertiaire

**Source :** Lauze et al. (2014, fig. 2, p. 5, d'après les données de Global Water Intelligence).

### I.8.La réutilisation des eaux usées dans le monde :

La réutilisation des eaux usées est devenue une solution de plus en plus importante pour faire face à la pénurie d'eau dans de nombreux pays, en particulier ceux à climat aride et semi-aride.

**Tableau I.8 :**L'utilisation des eaux usées dans quelques domaines (Strauss (1985) in(Mara et Cairncross, 1989))

Utilisation	Pays
La fertilisation du sol	Chine .Thaïlande .Inde, Japon
La production du biogaz	Chine .Inde
La fertilisation des étangs de poisson (pisciculture)	Chine, Indonésie, Malaisie
La production des plantes aquatiques	Sud Est d'Asie, Vietnam
Utilisation de la boue des eaux usées en Agriculture	Kenya, UK, USA
La production des algues par stabilisation des étangs	Japon, Mexique

### I.9.La réutilisation des eaux usées en agriculture en Algérie :

Il est encouragé de constater que l'Algérie a mis en place des mesures concrètes pour promouvoir la réutilisation des eaux usées épurées. Les chiffres partagés par le ministre des Ressources en eau et de la sécurité hydrique favorisent la volonté de développer cette pratique dans le pays.

Avec 200 stations d'épuration des eaux usées d'une capacité de production de 500 millions de mètres cubes par an, l'Algérie dispose déjà d'une infrastructure significative pour traiter les eaux usées. L'objectif de doubler la capacité de production à 1 milliard de mètres cubes par an d'ici 2032 témoigne de l'engagement à intensifier davantage la réutilisation des eaux épurées.

L'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terres agricoles est une application prometteuse. Le projet visant à irriguer 24 000 hectares de terres agricoles d'ici 2024, et à atteindre 400 000 hectares d'ici 2030, dont 16 000 hectares dans

Les Hauts-Plateaux, illustre l'ampleur de l'effort prévu pour développer cette pratique[39].



## I.10. Bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées épurées :

La réutilisation des eaux usées épurées comporte à la fois des avantages et des contraintes. Voici une liste des principaux bénéfices et contraintes associés à cette pratique

**Tableau I.9 :** Bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées épurées

Ressource alternative	Aspects législatifs et sanitaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d’approvisionnement tout en diminuant la demande globale.</li> <li>• Différer le besoin de mobilisation d’autres ressources en eau.</li> <li>• Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l’irrigation et les usages industriels.</li> <li>• Dans certains cas, éviter les coûts de l’élimination des nutriments des eaux usées.</li> <li>• Garantir une indépendance vis-à-vis du fournisseur d’eau potable (par exemple pour des raisons politiques).</li> </ul> <p><b>2. Conservation et préservation des ressources</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Économiser l’eau potable pour la réserver aux usages domestiques.</li> <li>• Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.</li> </ul> <p><b>3. Aspects législatifs et sanitaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anticiper la compatibilité avec les nouvelles tendances réglementaires.</li> <li>• Contribuer au déploiement de la Directive Cadre Européenne sur l’Eau.</li> </ul> <p><b>4. Valeur économique ajoutée</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire ou éliminer l’utilisation des engrais chimiques en irrigation.</li> <li>• Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l’eau recyclée et des produits dérivés.</li> <li>• Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l’eau recyclée en cas de sécheresse.</li> <li>• Favoriser le tourisme dans les régions arides.</li> <li>• Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.</li> </ul> <p><b>5. Valeur environnementale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur.</li> <li>• Améliorer et maintenir les plans d’eau en cas de sécheresse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.</li> <li>• Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation.</li> <li>• Droit sur l’eau : qui possède l’eau recyclée et qui récupère</li> <li>• Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.</li> </ul> <p><b>2 . Aspects sociaux-légaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceptation publique de la réutilisation.</li> <li>• Répartition des responsabilités et gestion des litiges.</li> </ul> <p><b>3. Aspects économiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Financement des infrastructures (traitement tertiaire et réseau de distribution) et des coûts d’exploitation. Demande saisonnière pour l’irrigation et besoin de stockage.</li> <li>• Faible prix de l’eau potable (subventionnée) surtout pour les agriculteurs.</li> <li>• Responsabilité pour la perte potentielle du revenu de l’eau potable.</li> </ul> <p><b>4. Aspects environnementaux et agronomiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.</li> </ul> <p><b>5. Aspects technologiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une grande fiabilité d’exploitation est requise.</li> <li>• Importance du choix de la filière de traitement.</li> </ul>

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc...</li><li>• Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.).</li><li>• Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (zones de baignade ou conchylicoles, réserves naturelles, etc.).</li></ul> |  |
|---|--|

L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES - N° 299 [www.revue-ein.com](http://www.revue-ein.com)

### **I.11.Conclusion :**

La réutilisation agricole des eaux épurées est une pratique prometteuse pour faire face aux défis de disponibilité de l'eau dans l'agriculture. Cependant, cela doit être fait avec prudence et en respectant les normes et réglementations en vigueur afin de préserver l'environnement et de protéger la santé publique.

# **CHAPITRE II :**

## **Présentation de**

### **La zone d'étude**

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

### II.1.Introduction :

La connaissance de la zone d'étude est essentielle pour déterminer les facteurs qui influencent le traitement des eaux usées et la qualité des eaux épurées. Donc il est important de se baser sur l'environnement du site : les conditions climatiques, la géologie et l'hydrogéologie.

### II.2. Situation climatologique :

L'estimation de ces différentes caractéristiques climatiques, relatives à la présente étude est faite sur la base des données relevées à la station climatologique de Mostaganem dont les coordonnées sont :

(Lat = 35° 93, Longt = 00°09 E et Z = 104 m ).

Le choix a été porté sur cette dernière vu sa localisation par rapport à la zone d'étude qui est proche et représente les mêmes caractéristiques climatiques de plus elle représente une

Station principale gérée par les services de l'Office National de la Météorologie (O.N.M)

#### II.2.1. Température :

Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales sont données dans

Le tableau suivant :

**Tableau II.1 :** Répartition moyenne mensuelle (moy, min et max) de la température de l'air en °C (1976-2008)

Paramètre	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	valeur
Température Moy (°C)	10,7	11,5	13,6	15,5	18,6	22,5	25,1	25,7	22,6	19,4	14,5	11,9	17,6
Température Min (°C)	6,4	7,2	8,5	10,5	14,0	17,5	20,0	21,0	18,0	14,9	10,2	8,0	13,0
Température Max (°C)	15,6	16,3	18,6	20,3	23,4	27,6	30,6	31,0	27,5	24,5	19,2	16,4	22,6

(Source:ONM)

D'après le tableau ci-dessus, on enregistre une température moyenne de 17,6 °C, et une valeur moyenne minimale pendant le mois de Janvier de 6,4 °C et une valeur moyenne maximale pendant le mois d'Aout avec 31,0 °C.

La répartition des températures mensuelles (moyennes, minimales et maximales) sont données dans le graphique suivant.

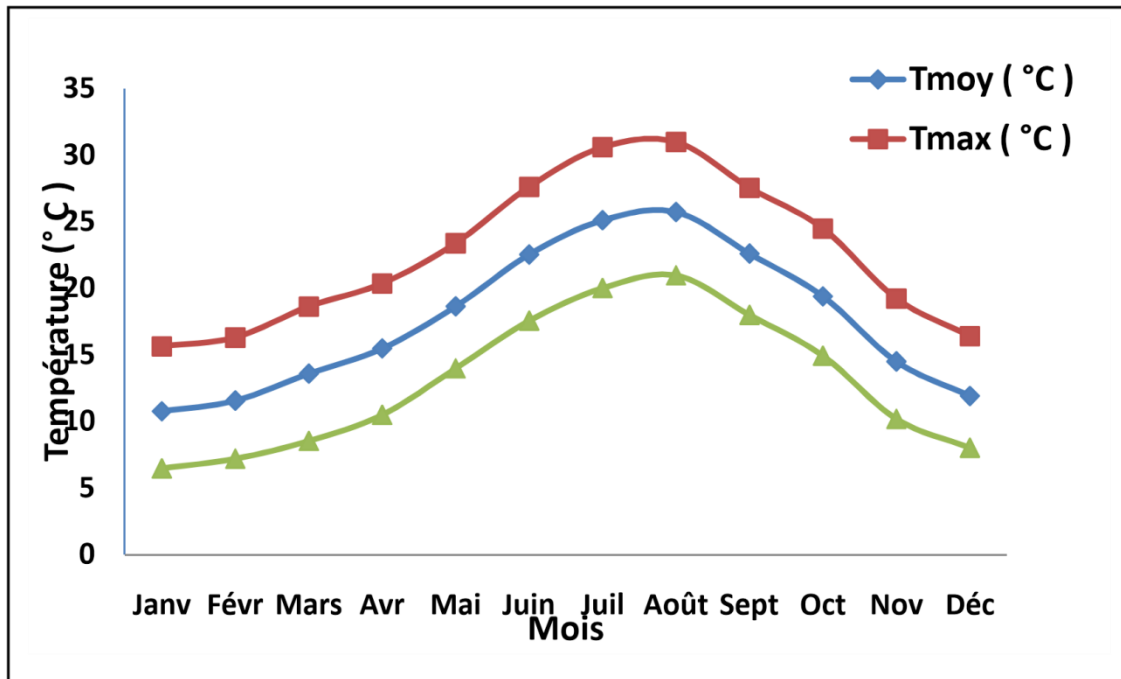


Figure II.1 : Répartition des températures mensuelles (moyennes, minimales et maximales)

Les températures moyennes mensuelles allant du mois de Novembre au mois d'Avril sont inférieures à la moyenne annuelle (17,6 °C) à comparer avec les températures du mois de Mai au mois d'Octobre qui sont supérieures à cette dernière.

### II.2.2. Vitesse de vent :

Les valeurs moyennes de la vitesse du vent sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.2 : Vitesse du vent en m/s (1976 – 2008)

Paramètre	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Vitesse du vent (m/s)	1,7	1,8	1,8	2,3	2,2	2,1	1,8	1,7	1,7	1,8	1,7	2,0	1,9

(Source : ONM)

Les vitesses du vent sont relativement homogènes durant toute l'année, La moyenne annuelle est de 1,9 m/s.

### II.2.3. Evaporation :

La distribution moyenne mensuelle de l'évaporation est donnée dans le tableau ci-après

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

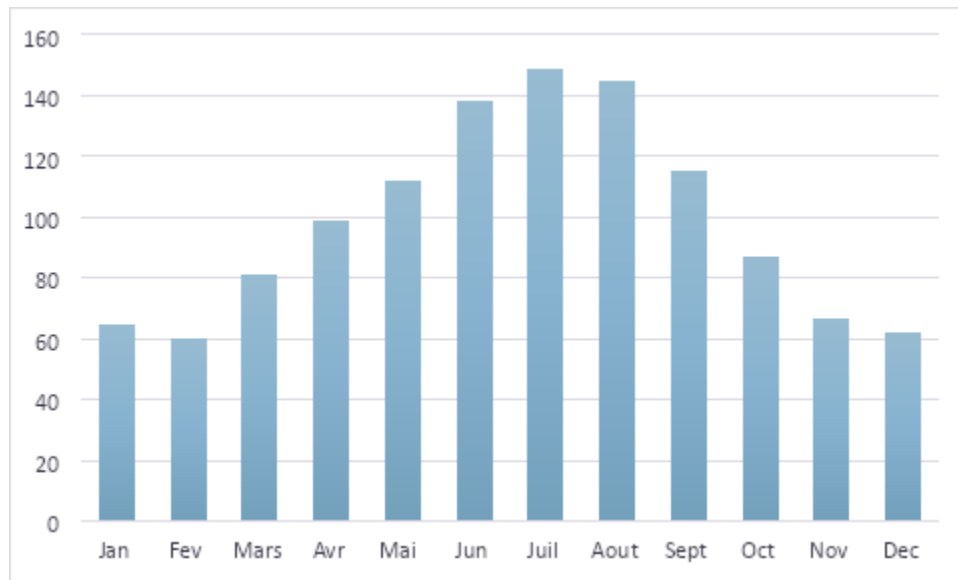
**TableauII.3** : Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne en mm (1976 - 2008)

Paramètre	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	total
Evaporation moyenne (mm)	65	60	81	99	112	138	149	145	115	87	67	62	1180

(Source : ONM)

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante pendant la période allant du mois de mai à septembre et elle est plus faible du mois d'octobre à janvier.

Le cumul annuel est de 1180 mm, elle est mesurée sous abri à l'évaporomètre Piche dont les mesures sont supérieures de 20 à 25 % de l'évaporation à l'air libre, pour cela et pour se rapprocher des valeurs réelles on introduit un coefficient correcteur  $K = 0,78$  qui nous donne une valeur de l'évaporation égale à  $E = 920$  mm..



**Figure.II.2** : Moyennes mensuelles de l'évapotranspiration

### . II.2.4. Humidité :

La distribution moyenne mensuelle de l'humidité est donnée dans le tableau ci-après :

**TableauII.4** : Répartition mensuelle de l'Humidité en % (1976 – 2008)

Paramètre	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	moyenne
H (%)	78,7	77,8	74,7	73,4	72,9	70,6	70,3	70,8	72,6	74,7	76,6	77,4	74,1

(Source : ONM)

On enregistre une humidité moyenne de 74,1 %, avec une humidité maximale de

78,7 %, enregistrée durant le mois de janvier supposé le mois le plus humide qui tombe jusqu'à 70,3 % durant le mois de Juillet.

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

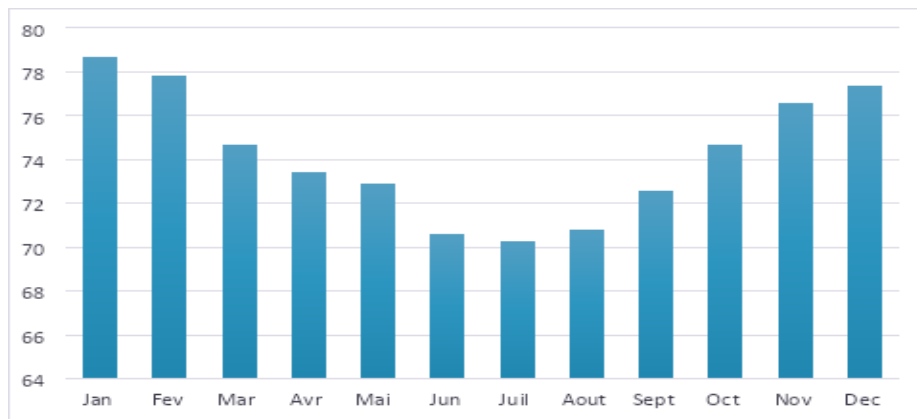


Figure II.3 : Moyennes mensuelles d'humidité

### II.2.5. Ensoleillement :

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est assez élevée ; L'ensoleillement annuel total est de 3013 heures.

Tableau II.5 : Ensoleillement en heures ( 1976 – 2008 )

Année/Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
E (h/jour)	6.26	7.17	8.10	8.7	9.38	10.57	10.61	8.48	8.76	7.32	6.23	5.74

(Source : ONM)

Le climat de Mostaganem est un climat **semi-aride** à hiver tempéré marqué en plus de son littoral envoûtant.

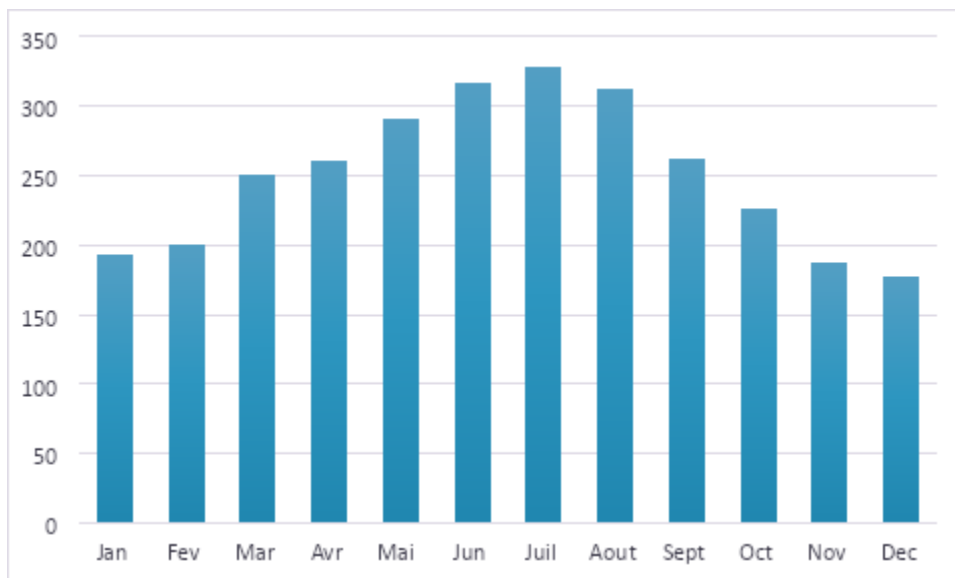


Figure II.4: moyennes mensuelles de l'ensoleillement

### II.2.6. Précipitation :

Pour l'étude des précipitations, on exploitera les séries des chroniques disponibles sur le portail Wapor2.1 de la FAO pour la période allant de 2009 à 2020 sur une résolution de 250 m (pour le cas de l'Algérie).

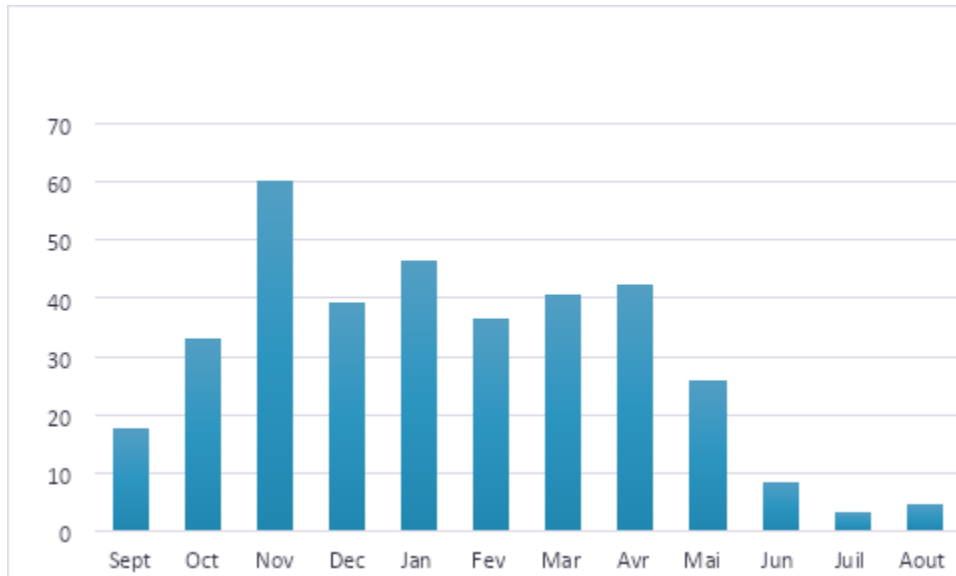
## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

**Tableau II.6 : Répartition mensuelle de la pluie (1990-2020)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Total annuelle
Moy	17,6	33,2	60,1	39,2	46,6	36,4	40,7	42,3	26	8,6	3,2	4,6	358,5

(Source : ANRH)

Dans ce station le mois le plus sec est le mois de juillet avec 3,2 mm et le mois le plus pluvieux est le mois de Novembre avec 60,1 mm



**Figure II.5 : moyennes mensuelles des précipitations (1990-2020)**

### II.3. Classification de climat :

#### II.3.1. Classification du climat selon l'indice de MARTON :

$$\frac{P}{T+10}$$

Avec :

$I_A$  : indice de MARTON

P : précipitation annuelle totale de la région en (mm/an)

T : température moyenne annuelle en °c

**Tableau II.7 : Classification de climat selon MARTON.**

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
$I < 5$	désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable



## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

---

$10 < I < 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Pour :

**P=358,5mm      T=17,6 °C**

On aura : **IA=19.27**

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime climatique Sec, où l'irrigation est Souvent indispensable.

### II.3.2. Classification du climat selon le diagramme d'EMBERGER :

$$Q = \frac{2000 * P}{(M^2 - m^2)}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm)

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°) m : température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°) Pour :

P=358,5mm

M= 25.7 +273= 298.7K°.

m=10.7 +273= 283.7K°.

On aura : **Q=82.07**

**On constate que la région se caractérise par un climat semi-aride à l'hiver**

**(Figure II.6)**

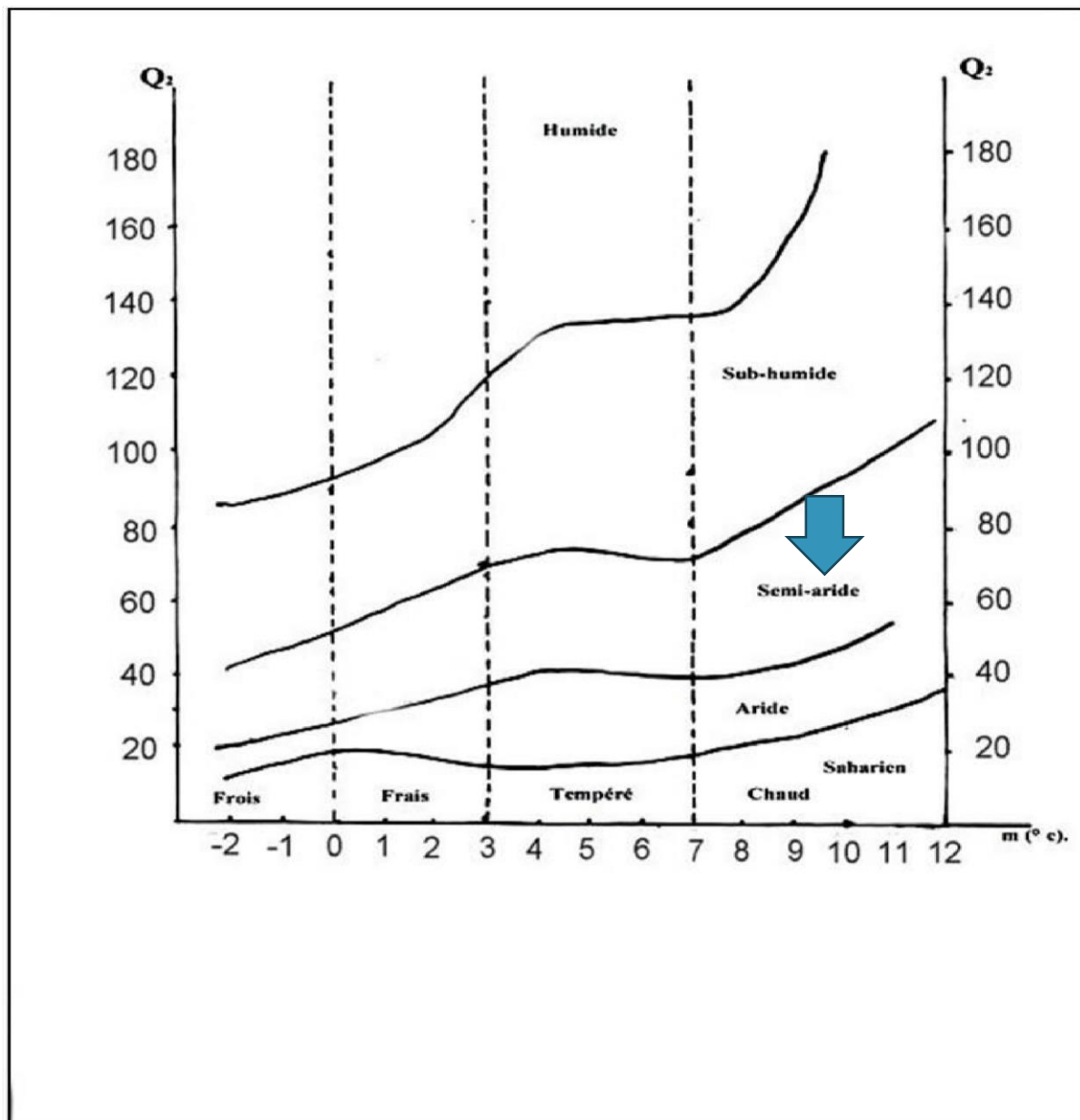


Figure II.6 : Climagramme pluviothermique d'Emberger

### II.3.3. Climagramme de Bagnols et Gaussen :

Est un diagramme qui combine des données de température et de précipitations sur une base mensuelle ou annuelle pour représenter le climat d'une région donnée. La durée de la saison sèche correspond à la période s'étalant entre les abscisses des points d'intersection des deux courbes, c'est-à-dire entre les mois où  $P \leq 2T$ .

Tableau II.8 : Moyennes mensuelles de précipitations et de températures.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Pluie moy (mm)	46,6	36,4	40,7	42,3	26	8,6	3,2	4,6	17,6	33,2	60,1	39,2
Tmoy (C°)	10,7	11,5	13,6	15,5	18,6	22,5	25,1	25,7	22,6	19,4	14,5	11,9

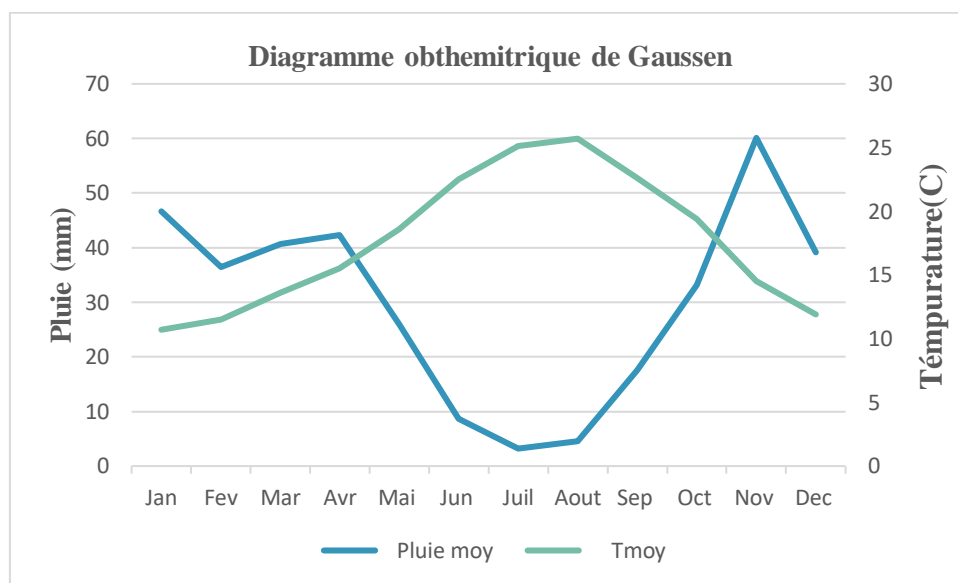


Figure II.7 : Diagramme ombrothermique de Gaussen

La saison sèche s'étale du mois de Mai jusqu'au mois de septembre

Enfin on peut dire que le climat de la région est situé dans un étage **semi-aride**.

#### II.4.Géologie :

Le plateau de Mostaganem est irrégulier et présente quelques saillies s'élevant à 389 m au djebel Trek et Touires son altitude est moyenne de 200 m.

C'est une région monotone mais assez riche dont la colonisation a pris depuis longtemps possession et qui s'est enrichie surtout par la culture de la vigne.

#### Description sommaire des terrains sédimentaires :

➤ **Dunes littorales** : La plage est presque toujours encombrée par les dunes récentes, alignées en un cordon assez continu, mais la culture s'est emparée des sables littoraux qui se couvrent de vignobles.

**Des grès à hélices peu cohérent rougeâtres** : s'appuient sur les revers nord du plateau et proviennent certainement au moins en grande partie de la consolidation

## CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

Des dunes littorales plus anciennes que les précédentes ils s'élèvent jusqu'à une Cinquantaine de mètre et forment une ligne continue de champs cultivés.

➤ **Dunes anciennes consolidés** : paraissant contemporaines de la plage de 60 m En arrière de laquelle elles se sont entassées entre la Stidia et le Chélif. Ces dépôts Sablonneux littoraux sont mélangés à des sables d'origine continentale, descendus À des époques diverses du plateau et dont il n'est pas possible dès les séparer.

➤ **plage émergée** : (niveau inférieur) banc gréseux à pétoncles n'atteignant que Très rarement le niveau de 15 m ; descend en général jusqu'à 2 ou 3 m au-dessus Du niveau de la mer.

➤ **Sables** : qui s'étalent en un manteau continu à la surface du plateau de Mostaganem résultent de la désagrégation des grés qui le constituent ; ils ont été. Notés comme pliocène de même que sur les feuilles voisines pour bien indiquer que Leur formation a commencé immédiatement après l'émersion des grés du plateau (Astien) qui marque dans la région la dernière phase marine des temps tertiaires Mais il est évident que la formation de ces sables s'est constitués depuis cette Époque et qu'elle se poursuit encore de nos jours.

➤ **marnes sahéliennes** : sous les marnes pliocènes le sahélien se présente avec Un faciés assez différent. sur la bordure nord du plateau ce sont des marnes Blanches à rognons de silex ménilites qui se poursuivent jusqu'au Chélif et de là Dans tout le Dahra. Au Sud du plateau le sahélien affleure largement entre Ain Nouissy et Ain Sdi Cherif dans un bombement qui montre des marnes plus Argileuses grises.[37]

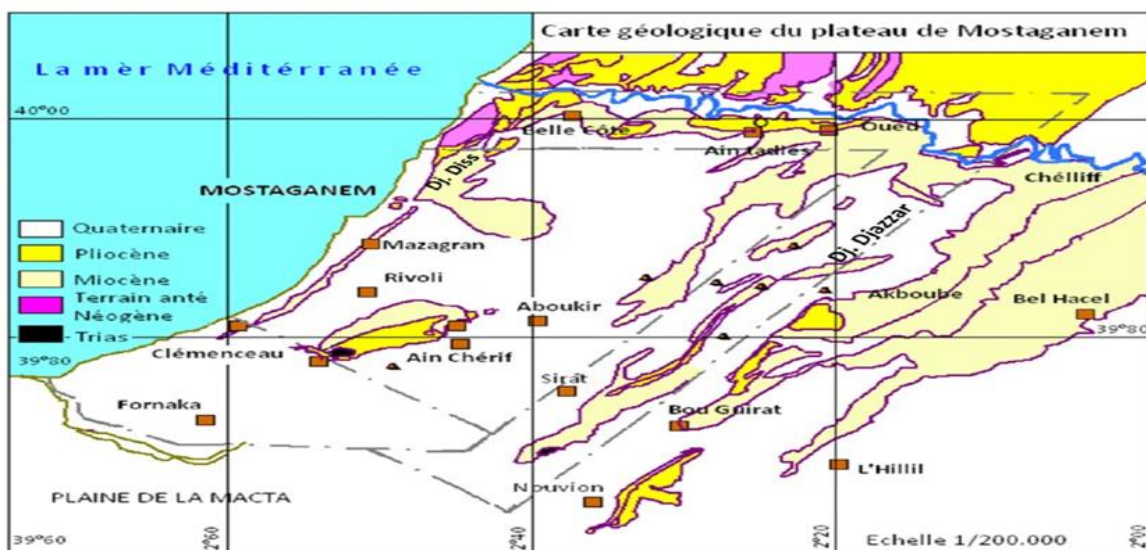


Figure II.8 : carte géologique région Mostaganem (ANRH), (année 2022)

### II.5.Hydrogéologie :

La nappe principale du plateau de Mostaganem est située essentiellement dans les grès et les sables plioquaternaires. Au nord, le système est limité par l'affleurement des marnes bleues du Miocène dont la présence entraîne l'existence d'une ligne de source au contact des sables du plateau. Au sud, ces marnes apparaissent au niveau du Djebel Trek El Touires. A l'ouest, ce sont les marnes du Plaisancien et du Miocène supérieur qui définissent les limites de l'aquifère. A l'est enfin, nous avons limité notre étude au village Bled Touahria qui concorde avec la limite de la carte géologique 1/50 000ème).

#### (Figure II.9)

L'étude élaborée par J. Gaucher en 1970 a consisté à dresser une carte hydrogéologique par la méthode de géophysique et ce, à partir de 440 puits, à raison d'un puits tous les 2 km<sup>2</sup> environ. La carte a permis de distinguer les différents bassins hydrogéologiques constituant la nappe du plateau. Qui sont au nombre de 11 bassins hydrogéologiques. La superficie du réservoir aquifère totale est de 604 km<sup>2</sup>. [37]

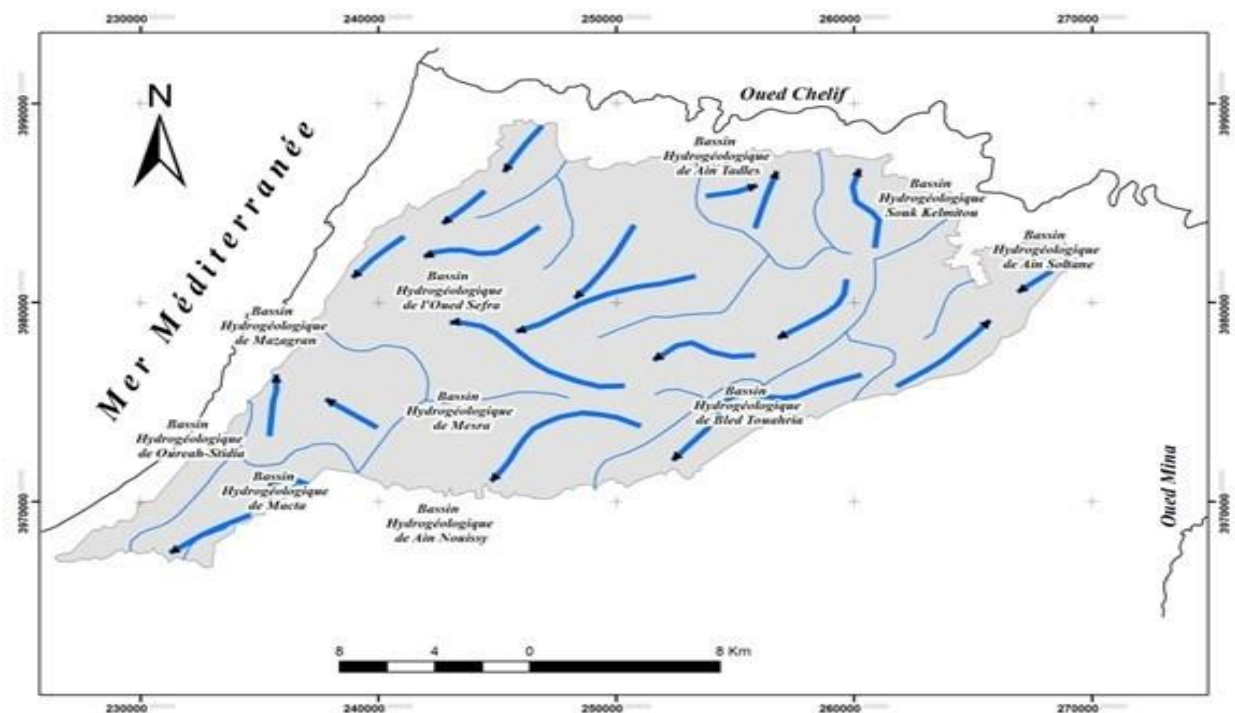


Figure II.9 : Carte des bassins hydrogéologiques de la nappe du plateau de Mostaganem (DRE), (année 2022)

### II.6.Conclusion :

La région de Mostaganem est caractérisée par un climat semi-aride, les températures moyennes mensuelles allant 17,6 °C, et une valeur moyenne minimale pendant le mois de Janvier

De 6,4 °C et une valeur moyenne maximale pendant le mois d'Aout avec 31,0 °C.

L'humidité relative observée est modérée pendant toute l'année avec une valeur moyenne 74,1 %, En janvier, la moyenne journalière atteint le maximum soit 80%.

L'évaporation moyenne est de 98 mm avec un maximum de 145mm au mois de juillet et un minimum de 62mm en décembre. La pluie moyenne observée est de 780mm

Le mois le plus sec est le mois de juillet avec 3,2 mm et le mois le plus pluvieux est le mois de Novembre avec 60.1 mm

**Chapitre III :**  
**Présentation de**  
**La STEP**  
**De SALAMANDRE**  
**(MOSTAGANEM)**

### III.1.Introduction :

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Mostaganem a pour objectif de traiter les eaux usées domestiques avant leur rejet dans la mer. Il s'agit d'une station d'épuration à boues activées de type à moyen charge, avec une capacité de traitement de 350 000 EQ/H et un débit de **56 000 m<sup>3</sup>/j**

La station d'épuration située à Salamandre, aura pour rôle de dépolluer les eaux usées urbaines domestiques provenant des régions Ouest et Sud de Mostaganem.

Dans ce chapitre, nous procédons à une présentation détaillée de la station d'épuration des eaux usées de Salamandre, connue sous l'acronyme STEP de Salamandre.

**Tableau III.1** : Origine des eaux usées de la station d'épuration à boues activées à moyenne charge des eaux urbaines de la ville de Mostaganem

Commune	Mazagran
Milieu récepteur	La mer (les Sablettes)
Localité concernée par le traitement	Mostaganem - Mazagran – Aizeb – Amarna- Sayada-Sidi Othmane – Vallé des djardin- Hai el Wiam – Hassi Mamech – Douar Djedid –Sidi Mejdoub-Douar Bleidia- Ouriah- Sablette- Stidia- Kheireddine – Douar OuladLarbi – Ain Boudinar



### III.2.Situation géographique :

La station d'épuration de la ville de Mostaganem est située sur une superficie de 12 hectares. Elle se trouve du côté de Salamandre, de la commune de Mazagran, située au nord de la wilaya de Mostaganem. Cette station s'étend est délimitée au nord par la mer, à l'est par le port, à l'ouest par la station de pompage (SEOR) et au sud par des terrains vagues

Les coordonnées de station sont :

(Lat = 35.904481, Longt = 0.0552137°)



**Figure III.1 :** Carte de localisation de la STEP de Mostaganem

### III.3.Fonctionnement de la station :

L'unité de traitement biologique des eaux usées de la station d'épuration filtrera une quantité estimée à 56 000 EQ/H à travers ses bassins. Les eaux usées des zones mentionnées seront acheminées vers la station d'épuration à l'aide de stations de relevage déjà installées. Cette station jouera donc un rôle essentiel dans la lutte contre la pollution marine le long du littoral de Mostaganem en traitant efficacement les eaux usées avant leur rejet dans la mer.

Le système d'épuration est constitué de deux filières de traitement, à savoir :

#### ➤ FILIERE EAU

- Déversoir d'orage
- Fosse à bâtard.
- Dégrillage / Déshuilage.
- Décantation primaire.
- Traitement biologique.
- Clarification.
- Désinfection.

### ➤ Filière boues

- Stabilisation des boues.
- Epaissement des boues.
- Déshydratation des boues.

### III.3.1. Caractéristiques techniques de la station :

#### III.3.1.1 Charges hydrauliques :

**Tableau III.2** : Différents débits des eaux usées dans la STEP- Horizon 2030[27]

Débit	Horizon 2030
Volume journalier	56000 m <sup>3</sup> /j
Débit horaire instantané (Qts, m)	2334 m <sup>3</sup> /j
Débit de pointe temps sec (Qts)	3735 m <sup>3</sup> /j
Débit max, admis en temps de pluie (Qtp)	5600m m <sup>3</sup> /j

#### III.3.1.2. Charge polluante :

**Tableau III.3** : Caractéristiques des effluents de la STEP de Mostaganem- horizon 2030 [28].

paramètres	Charge (kg/j)	Concentration (mg/l)
DCO	47.250	843,8
DBO <sub>5</sub>	19.600	350,0
MES	24.500	437,5
NTK	3,500	62,5
<i>P<sub>tot</sub></i>	880	15,7

III.2.1.3. Qualité de l'effluent rejeté :

Tableau III.3 : Normes de rejet (qualité de l'effluent rejeté) [28]

paramètres	Concentration en (mg/l)	Rendement minimum d'élimination en %
$DBO_5$	$\leq 30$	$\geq 90$
DCO	$\leq 90$	$\geq 80$
MES	$\leq 30$	$\geq 90$



Figure III.2 : Maquette de la STEP de Mostaganem

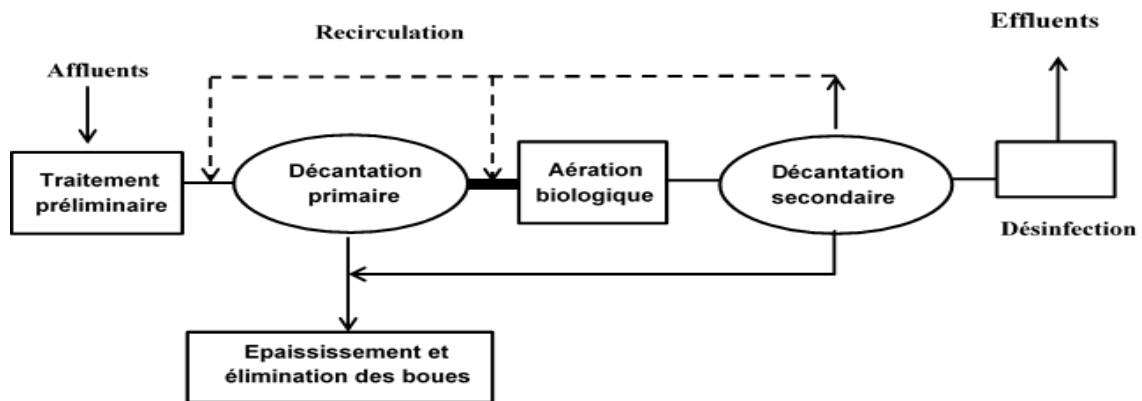


Figure III.3 : Etapes de traitement des eaux usées de la STEP de Mostaganem.

### III.3.2. Caractéristiques des installations de la station d'épuration :

#### III.3.2.1. Déversoir d'orage :

Le déversoir d'orage de la station est installé à l'amont de celle-ci qui déverse le surplus du débit admissible dans le by-pass général de la station

La hauteur de la lame de débordement sera adaptée pour accepter une charge de **2334m<sup>3</sup>/j**

L'eau traitée arrive gravitement à la tête de la première filière à l'aide d'une conduite de 80 m de diamètre qui s'appelle liaison entre ouvrage



**Figure III.4 :** Déversoir d'orage

### III.3.2.1. Dégrillage grossier :

Est effectué dans le but d'éliminer et évacuer les déchets volumineux charriés par l'eau brute afin d'éviter les bouchages des installations.

Le dégrilleur grossier est munie de deux dérailleurs mécaniques automatisés verticales [28]

Une fosse à batards est un tapis roulant qui achemine les déchets vers une benne

- Espacement **40 mm**
- Epaisseur minimale des barreaux **10 mm**
- Un angle de 300
- Vitesse de passage dans le canal et à travers la grille de **0,3 m/s -0,8 m/s et 0,5 m/s -1,0 m/s** respectivement.



Figure III.5 : Dégrillage grossier



Figure III.6 : Fosse à batards

### III.3.2.2. Dégrillage fin :

Deux dégrilleurs fins pour éliminer les substances ayant des diamètres supérieures ou égales à la taille des mailles des grilles

- Débit max. 5600m<sup>3</sup>/h
- Nombre de grilles 2
- Espacement entrefer 8mm
- Épaisseur des barreaux 5 mm
- Largeur des canaux 2 mm
- Un angle d'installation 90°



Figure III.7 : Dégrillage fin

### III.3.2.3. Dessablage — Déshuilage :

Le dégraissage-déshuilage permet de récupérer les graisses et les huiles flottantes à la surface de l'eau. Ces composés peuvent provenir de différentes sources, notamment des eaux usées domestiques, des activités industrielles ou des restaurants.

Une fois coûteuse, les graisses et les huiles peuvent être conditionnées de manières différentes en fonction de leur qualité et des réglementations environnementales en vigueur. Dans le cas des effluents urbains, les composés collectés peuvent être incinérés dans des installations appropriées pour leur élimination sécurisée.

Dans certains cas, lorsque les graisses et les huiles sont de bonne qualité, elles peuvent être recyclées pour la fabrication de savons, de détergents ou d'autres produits. Ce recyclage permet de valoriser ces substances

- Longueur (L) **50,0 m**

- Largeur **3,0 m**
- Hauteur total (H) **4,0m**
- Surface **150,0 m<sup>2</sup>**
- Tempe de séjour minimal **6 min**



**FigureIII.8** : Déshuileur-dessableur

### III.3.2.4.Le Traitement Primaire :

#### ➤ Le décanteur primaire :

Le traitement primaire des eaux usées comprend une étape de décantation par gravitation, également appelée décantation primaire. Cette étape permet la séparation des matières décantables en fonction de leur densité.

La décantation primaire permet donc de séparer une partie importante des matières en suspension présentes dans les eaux usées, ainsi que leur concentration. Selon les estimations, cette étape peut éliminer jusqu'à 70 % des matières en suspension et environ un tiers de la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO5) présente dans les eaux usées. [29]

#### ➤ Décantation

La décantation dans un décanteur primaire vise à éliminer les particules en suspension dans les eaux usées par gravité. Les particules solides plus lourdes se déposent au fond du décanteur, formant les boues primaires.

Pour améliorer l'efficacité de la décantation, il est courant d'utiliser un décanteur lamellaire. Ce type d'ouvrage est équipé de lamelles parallèles inclinées, ce qui augmente la surface de décantation disponible et accélère le processus de dépôt des particules. Les lamelles créent des canaux de passage pour l'écoulement de l'eau, permettant aux particules de se déposer plus rapidement.

La décantation lamellaire peut atteindre un rendement supérieur à 70% d'élimination des matières en suspension, grâce à la multiplication de la surface de décantation. Cela contribue à réduire la turbidité de l'eau traitée et à éliminer une partie importante des particules solides. [30]



**Figure III.9 :** Décanteur primaire

**Tableau III.3 :** Dimensions d'un décanteur primaire

Dimension	Valeur
Diamètre (m)	46
Hauteur d'eau utile (m)	2.6
Surface (m <sup>2</sup> )	2490
Volume unitaire(m <sup>3</sup> )	3267
Tempe de rétention (h)	1.67

### III.3.2.5.le traitement biologique "boues activées" :

Les installations à "boues activées" sont des systèmes d'épuration aérobie largement utilisés dans le traitement des eaux usées. Elles fonctionnent selon le principe des "cultures libres" où les bactéries de la dégradation des matières organiques sont maintenues en suspension dans un bassin aéré et brassé.

Le processus d'épuration des eaux usées dans les installations à boues activés nécessite un apport d'oxygène, qui est fourni par un système d'aération. Cet apport d'oxygène est essentiel pour permettre aux bactéries de décomposer les matières organiques contenues dans l'eau.

Le brassage des eaux usées dans le bassin aéré est également important, car il contribue à homogénéiser le mélange et à éviter la formation de dépôts ou de zones mortes où



l'oxygène ne peut pas atteindre les bactéries.

Sous l'action des bactéries aérobies, les matières organiques contenues dans l'eau sont dégradées et transformées en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et en d'autres produits résiduels.

Les résidus résultants, appelés "boues", contiennent une concentration élevée de bactéries actives. [31]

➤ **Bassin d'aération :**

Dans le traitement des eaux usées par les bassins d'aération des installations à boues activées, les bactéries présentes dans l'eau brute forment initialement des flocons en présence de nutriments et d'oxygène, à un pH compris entre 6,5 et 8,5. Ces flocons sont des agrégats de bactéries et de matières organiques qui facilitent leur élimination ultérieure. [28]

Le traitement dans les bassins d'aération se déroule en deux étapes distinctes :

**1. Nitrification :** En présence d'oxygène, les bactéries effectuent le processus de nitrification pendant environ 15 minutes. Ce processus implique la conversion de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

en nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) par les bactéries nitrosomonas, puis la conversion des nitrites en nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) par les bactéries nitrobacter. La nitrification permet de réduire la concentration d'azote ammoniacal dans l'eau traitée.

**2. Dénitrification :** En absence d'oxygène, dans une zone dite "anoxie", les bactéries dénitrifiantes utilisent les nitrates présents dans l'eau et les convertissent en azote gazeux (N<sub>2</sub>) ou en azote nitreux (N<sub>2</sub>O) par un processus de dénitrification. Cela permet de réduire la concentration de nitrates dans l'eau traitée.

Les boues en excès produites dans le processus de traitement sont évacuées vers un dégazeur. Le dégazeur est arrosé à la surface par l'eau épurée, ce qui permet d'éviter la formation d'une couche qui pourrait empêcher le dégagement des gaz produits pendant la dénitrification. Ainsi, les gaz dissous, tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et l'azote gazeux (N<sub>2</sub>), sont libérés dans l'atmosphère

**Tableau III.4 :** Dimensions d'un bassin d'aération

Dimension	Valeur
Nombre de bassin	2
Longueur (m)	51.3
Largeur (m)	34.2
Hauteur total (m)	3.9
Volume Total (m <sup>3</sup> )	13600
Temp de séjour (h)	4



**Figure III. 10 : Bassin d'aération**



**Figure III.11 : La zone de dégazage**

➤ **Clarificateur (décantation secondaire) :**

Après le bassin d'aération, l'eau épurée est dirigée vers le décanteur secondaire, qui fonctionne selon le même principe de décantation par gravité que le décanteur primaire. Ce décanteur est équipé d'un racleur qui tourne à une vitesse de 0,04 m/s.

Dans le décanteur secondaire, les matières en suspension plus lourdes que l'eau ont tendance à se déposer au fond du bassin, formant ainsi les boues secondaires ou les boues activées. Ces boues contiennent une concentration plus élevée de bactéries et de matière organique décomposée.

L'eau épurée s'écoule à travers les conduites de débordement du décanteur secondaire.

Ces conduites sont généralement fixées à une hauteur permettant de contrôler le niveau d'eau dans le bassin et d'éviter les débordements.

Une partie des boues évacuées du décanteur secondaire est dirigée vers la filière de traitement des boues, où elles subiront des processus de déshydratation, de digestion ou d'autres traitements pour réduire leur volume et leur pouvoir polluant. Le reste des boues est recirculé vers le bassin d'aération.

**Tableau III.5 : Dimensions d'un Clarificateur**

Dimension	Valeur
Diamètre (m)	46
Hauteur (m)	2.82
Volume unitaire (m <sup>3</sup> )	3735
Nombre de clarificateur	2



**Figure III.12 : Clarificateur**

➤ **Bassin de désinfection :**

La désinfection par le chlore est utilisée lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu aquatique à usage balnéaire, tel que les plages, les zones d'activités nautiques ou touristiques. Cette étape de proposition vise à éliminer les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau traitée, afin de prévenir les risques pour la santé publique.

**Tableau III.6 :** Dimensions d'un Bassin de désinfection

Dimension	Valeur
Nombre de bassins	1
Longueur (m)	2.82
Hauteur (m)	1.8
Volume de bassin(m <sup>3</sup> )	3735



**Figure III.13 :** Bassin de désinfection

### III.3.2.6.le traitement des boues :

#### ➤ Les boues Primaire :

Les boues primaires sont principalement composées des matières particulaires et colloïdales qui ont été retirées de l'eau lors du processus de décantation dans les décanteurs primaires. Elles contiennent la majeure partie de la pollution solide présente dans l'eau.

#### ➤ Les boues biologiques :

Les boues biologiques, quant à elles, sont le résultat de l'activité des micro-organismes présents dans les systèmes d'épuration biologique, tels que les bassins à boues activées ou les filtres biologiques. Ces micro-organismes se nourrissent des matières organiques présentes dans l'eau et les transforment en composés plus simples. Les boues biologiques sont généralement de nature floculée, formant des agrégats de micro-organismes et de matières organiques. . [32]

### III.3.2.5.1.Procédés de traitement des boues :

#### ➤ L'épaississement :

L'épaississement des boues est une étape du processus de traitement des boues visant à réduire leur volume tout en augmentant leur concentration en matière solide. Cela facilite ensuite l'étape de déshydratation ultérieure.

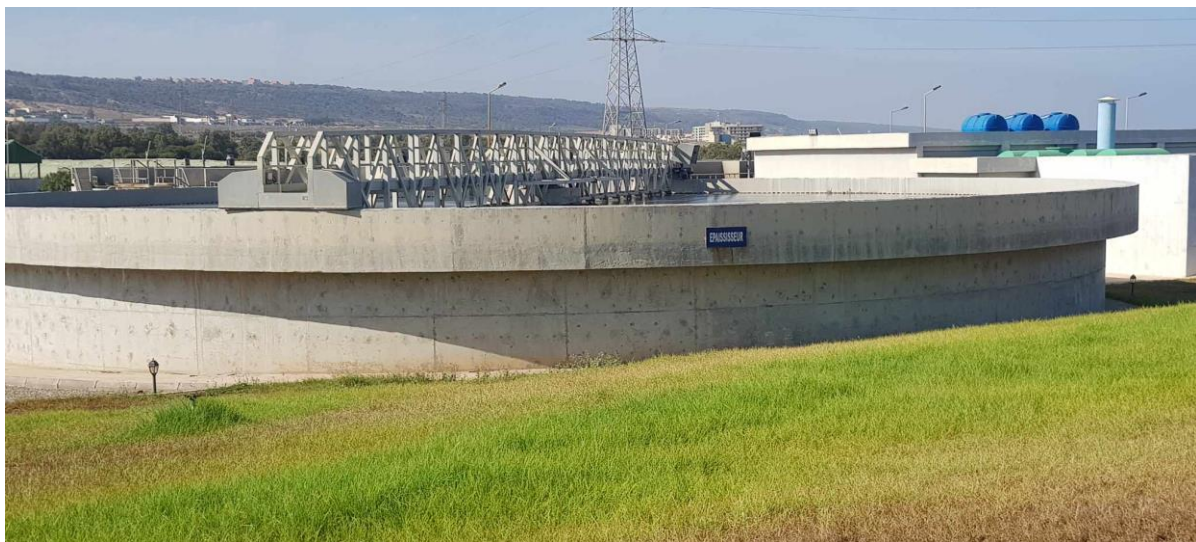
Le concentrateur statique, utilisé dans cette étape, fonctionne en deux phases. La première phase, appelée clarification, permet de séparer une grande partie des matières en

suspension de l'eau. Cette étape est similaire à celle d'un décanteur, où les particules plus lourdes se déposent au fond du concentrateur, formant une couche de boues épaissies, tandis que le liquide clarifié, appelé surnageant, est récupéré en surface et est pauvre en matières en suspension.

Dans la deuxième phase, sous l'action de la gravité, la concentration en matières en suspension des boues épaissies progresse. Les particules plus légères continuent de se déposer, ce qui augmente la densité des boues restantes. Cela permet de réduire davantage le volume des boues tout en maintenant une concentration élevée en matières solides. [30]

**Tableau III.7 :** Caractéristique de l'épaississeur

Caractéristique	Valeur
Nombre d'ouvrage	1
Volume des boues (m <sup>3</sup> /j)	2155
Diamètre (m)	30
Profondeur (m)	5.4
Volume unitaire(m <sup>3</sup> )	3817
Surface (m <sup>2</sup> )	678.9



**FigureIII.14 :** Epaississeur

### ➤ stabilisation des boues :

La stabilisation aérée des boues est une étape du traitement des boues qui vise à réduire la quantité de matières organiques non dégradées en fournissant de l'oxygène par l'aération. Cette étape est généralement réalisée dans des bassins d'aération équipés d'aérateurs.

Les aérateurs, fixés sur des ponts en béton, fonctionnent selon un cycle d'aération et d'arrêt. Ils fonctionnent généralement pendant 50 minutes, puis s'arrêtent pendant 10 minutes. Ce cycle permet d'assurer un apport en oxygène nécessaire à l'activité microbienne tout en permettant une certaine période de repos.

Les boues peuvent rester dans le bassin d'aération pendant une période pouvant atteindre

jusqu'à 14 jours. Pendant ce temps, les micro-organismes présents dans les boues utilisent l'oxygène fourni par l'aération pour dégrader les matières organiques présentes dans les boues.

La couleur marron chocolaté des boues est un indicateur d'une bonne stabilisation, ce qui signifie que la majorité des matières organiques ont été dégradées. D'autres paramètres mesurables tels que le taux d'oxygène, les matières sèches, le pH, la température et la microbiologie peuvent également être surveillés pour évaluer l'efficacité de la stabilisation des boues. [28]

**Tableau III.8** : Caractéristique de bassin de stabilisation

Dimension	Valeur
Nombre de bassin	1
Longueur (m)	70.5
Largeur (m)	47
Profondeur (m)	3.9
Volume (m <sup>3</sup> )	12923
Surface (m <sup>2</sup> )	3313.5
Jour de stabilisation (j)	14.06



**Figure III.15** : Bassin de stabilisation

### ➤ Déshydratation des boues :

Après l'épaississement et la stabilisation, les boues contiennent encore une proportion importante d'eau, ce qui rend nécessaire leur déshydratation. La déshydratation des boues vise à réduire leur teneur en eau pour obtenir une consistance plus solide, ce qui facilite leur manipulation, leur transport et leur élimination ou leur valorisation ultérieure.



**Figure III.16 :** Section de déshydratation

### **III.4.Conclusion :**

La STEP de Mostaganem à Salamandre assure un traitement collectif des eaux usées afin de préserver l'écosystème dans son ensemble. Cependant, il est nécessaire d'effectuer des analyses approfondies pour garantir que les eaux usées épurées ne présentent aucun risque à long terme, notamment si l'on envisage leur réutilisation à divers usages.

**Chapitre IV :**  
**Etude de**  
**performance**  
**épuration de**  
**La STEP de**  
**SALAMANDRE**



### **IV.1.Introduction :**

Cette étude se concentre sur l'évaluation de la performance de la station d'épuration des eaux SALAMANDRE. L'objectif principal est d'analyser à la fois les aspects

Physico-chimiques et microbiologiques du traitement des eaux usées à différentes étapes de la station, à savoir l'eau brute, et l'eau de sortie.

L'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques fournit des informations cruciales sur la qualité de l'eau traitée et sur la capacité de la station à éliminer les polluants et les micro-organismes potentiellement nocifs. Ces données aident à éclairer les décisions en matière de gestion des eaux usées et à garantir la protection de la santé publique et de l'environnement.

L'étude entreprise contribue ainsi à mieux comprendre l'efficacité des processus de traitement appliqués dans cette station d'épuration. Cela revêt une importance particulière dans le contexte de la réutilisation potentielle de ces eaux traitées à des fins agricoles.

Dans ce cadre nous avons utilisé un ensemble de critères, notamment le taux d'absorption du sodium (SAR), le pourcentage d'échange de sodium (SSP), Indice de Stuyfzand, la salinité, ainsi que les diagrammes de Wilcox et Richards. Ces méthodes nous ont permis d'évaluer le potentiel alcalinisant des eaux et le risque de salinisation des sols, des éléments essentiels pour une gestion efficace de l'irrigation.

### **IV.2.Caractéristiques de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration :**

Après le stage que j'ai effectué au niveau de la station, j'ai constaté que le laboratoire effectuait uniquement des analyses physiques et chimiques En raison d'une panne des équipements nécessaires à l'analyse de l'azote et du phosphore. Par conséquent, j'ai été contraint d'utiliser les résultats analytiques disponibles pour la période allant du 1er janvier au 31 décembre 2022.

Tableau IV.1 : Résultat d'analyse physico-chimique

Paramètres		jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	août	sept	oct	nov	déc	moy
pH	EB	6,90	7,06	7,03	6,78	7,21	7,39	7,52	7,63	7,53	7,10	6,8	7,08	7,17
	EE	7,50	7,57	7,37	7,33	7,68	7,84	7,33	7,48	7,68	7,82	7,9	7,48	7,58
T (°C)	EB	14,26	16,2	16,4	17,5	23,9	23,8	26	25,90	27,85	18,92	15,9	19,7	20,5
	EE	13,64	14,5	15,3	17,1	20,1	22,8	25,5	25,65	27,3	22,87	17,9	18,6	20,1
CE (µs/cm)	EB	1603	1521	1261	1756	1579	1567	1762	1745	1733	1461	1197	1224	1534
	EE	1580	1435	1219	1526	1470	1488	1563	1609	1692	1528	1351	1172	1469
MES (mg/l)	EB	248	290	223	250	237	251	219	241	187	231	334	211	243
	EE	14,69	5,7	14,7	5,62	5,87	20	8,6	8,75	6,75	6	7,87	5,87	9,20
OD (mg/l)	EB	0,71	0,69	1,63	0,42	0,96	0,4	0,85	0,45	0,47	0,18	0,66	0,53	0,66
	EE	5,24	5,54	6,11	6,01	5,8	5,05	4,90	4,97	4,10	4,67	5,84	5,8	5,33
DCO (mg/l)	EB	508,3	551	338	564	309	351	403	464,2	300,1	508	487	629	451
	EE	79,82	65,3,	52,3	57,4	49,5	82,1	56	54,64	60,34	50,75	51	36,9	58
DBO5 (mg/l)	EB	323,3	380	212	290	187	312	374	355	456	490	850	840	422
	EE	9,25	14	12,4	17	13	27,2	16,2	14,5	16,2	18	13,2	10	15,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	EB	30,57	37,9	32,8	35,6	30,4	31,5	39,3	37,8	32,35	47,45	47,5	35,8	36,8
	EE	25,67	27,2	16,8	12,8	17,2	30,4	23,1	21,16	23,7	17	13,7	14,2	20,2
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	EB	0,076	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,065	0,038	0,05	0,06	0,06
	EE	0,552	0,55	0,55	0,54	0,55	0,30	0,55	0,55	0,55	0,89	0,55	0,55	0,56
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	EB	0,10	0,08	0,52	0,12	0,03	0,02	0,08	0,04	0,62	0,08	0,04	0,62	0,19
	EE	2,1	2,1	1,97	2,09	2,12	1,68	1,86	2,1	1,82	2,3	2,2	2,1	2,04
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	EB	3,97	4,3	3,4	2,1	3,7	6,6	2,8	4,2	3,4	3,1	3,6	3,8	3,75
	EE	1,2	2,7	2,7	1,4	2,5	3,8	1,6	1,2	1,7	2,8	1,3	1,5	1,80

(ONA MOSTAGANEM)

#### IV.2.1.potentiel d'hydrogène (PH) :

Les résultats obtenus durant la période d'étude indiquent que les valeurs du pH à l'entrée de la station d'épuration entre un minimum de 6.8 et un maximum de 7.63, Cette plage de pH montre que les eaux brutes présentent une légère variation d'acidité ou d'alcalinité, mais elles restent entièrement neutres.

En ce qui concerne les eaux épurées à la sortie de la station, les valeurs du pH se présentent entre un minimum de 7.33 et un maximum de 7.9, avec une valeur moyenne de 7,17. Cette plage de pH témoigne d'une stabilisation et d'une régulation du pH pendant le processus de traitement à la station d'épuration.

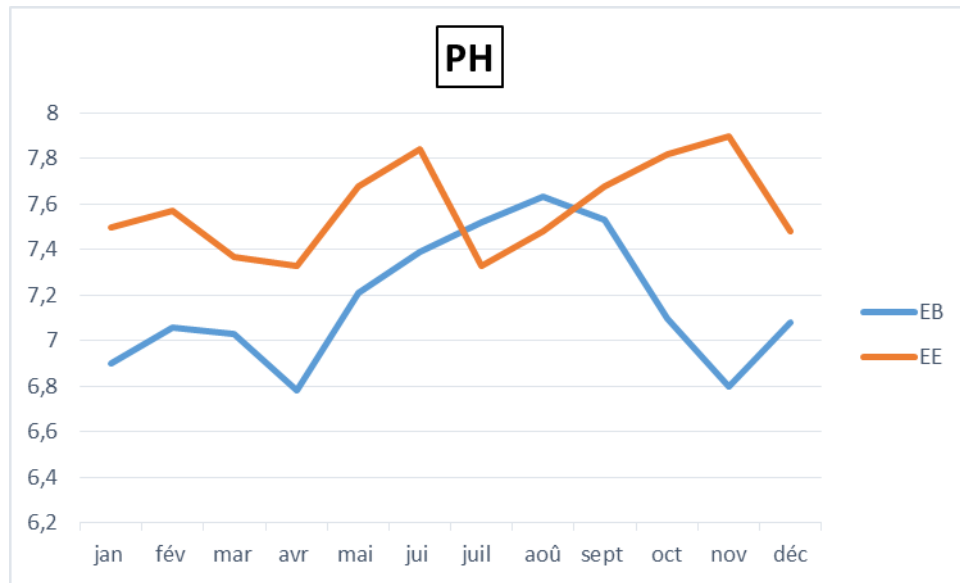


Figure. IV.8 :Variation du pH

#### IV.2.2.Température :

Les températures des eaux brutes varient entre 27.85°C (minimum) et 14.26°C (maximum), avec une valeur moyenne de 20.5°C. Quant aux eaux épurées, leurs températures se révèlent entre 13.64°C (minimum) et 27.3°C (maximum), avec une valeur moyenne de 20.1°C.

Il est important de noter que ces températures sont inférieures à la norme de qualité fixée à 30°C pour les rejets en milieu naturel.

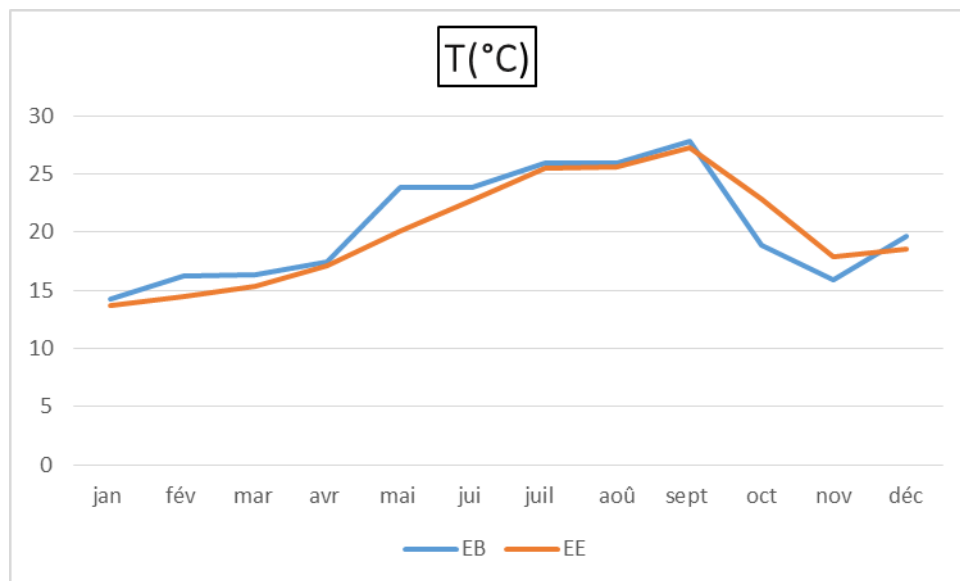


Figure. IV.9 : Variation du Température

### IV.2.3.la conductivité :

Les valeurs enregistrées pendant la période d'étude pour la conductivité de l'eau brute varient entre 1197  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1762  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . À la sortie de la station d'épuration les valeurs enregistrées pour la conductivité des eaux épurées sont comprises entre 1172  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1692  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une valeur moyenne de 1469  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La conductivité des eaux épurées est relativement élevée, dépassant la norme établie pour les eaux naturelles, qui est généralement autour de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette augmentation de la conductivité peut être attribuée aux charges polluantes présentes dans les eaux usées. Lorsque les eaux usées sont traitées dans une station d'épuration, certains contaminants et sels dissous peuvent rester dans les eaux épurées, ce qui augmente la conductivité de l'eau.

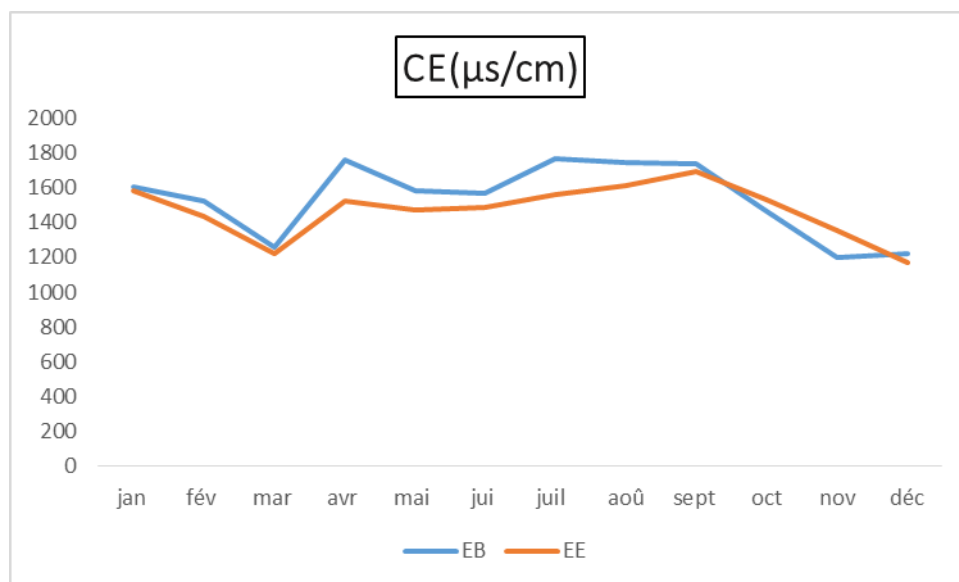


Figure.IV.10 :Variation de la Conductivité

### IV.2.4.l'oxygène dissous :

À l'entrée de la station d'épuration, les valeurs de l'oxygène dissous (OD) varient entre 0.18 mg/l et 1.63mg/l, avec une moyenne de 0,66 mg/l. En revanche, à la sortie de la station d'épuration, les valeurs se situent entre 4.10 mg/l et 6.11 mg/l, avec une valeur moyenne de 5.33 mg/l. Ces valeurs dépassent le seuil inférieur fixé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de 5 mg/l.

Le processus de traitement biologique des eaux usées implique l'utilisation de micro-organismes aérobies qui ont besoin d'oxygène pour dégrader les matières organiques présentes dans les eaux usées. L'aération permet donc de fournir aux micro-organismes

En conséquence, les matières organiques sont réduites et les polluants sont décomposés, ce qui entraîne une augmentation de la concentration en oxygène dissous dans les eaux épurées.

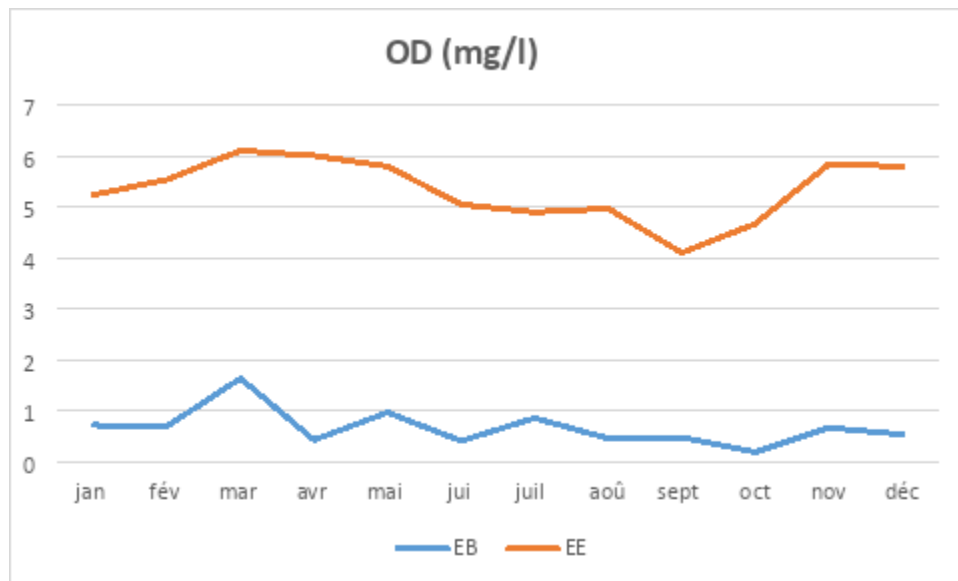


Figure.IV.11 :Variation de l'oxygène dissous

#### IV.2.5.Les matières en suspension :

Les résultats obtenus durant notre étude montrent que les valeurs des MES (Matières en Suspension) à l'entrée de la station d'épuration sont relativement élevées, variant entre 187 mg/l et 334 mg/l, avec une moyenne de 243 mg/l. Ces niveaux de MES élevés dans les eaux brutes indiquent la présence de particules en suspension, telles que des matières organiques, des sédiments, et d'autres polluants solides.

Cependant, après le traitement à la station d'épuration, les valeurs des MES dans les eaux épurées diminuent considérablement. Les taux de MES varient désormais entre 5.7mg/l et 20 mg/l, avec une moyenne de 9.20 mg/l. Cette réduction significative des MES est principalement due au processus de décantation des matières décantables au sein de la station d'épuration.

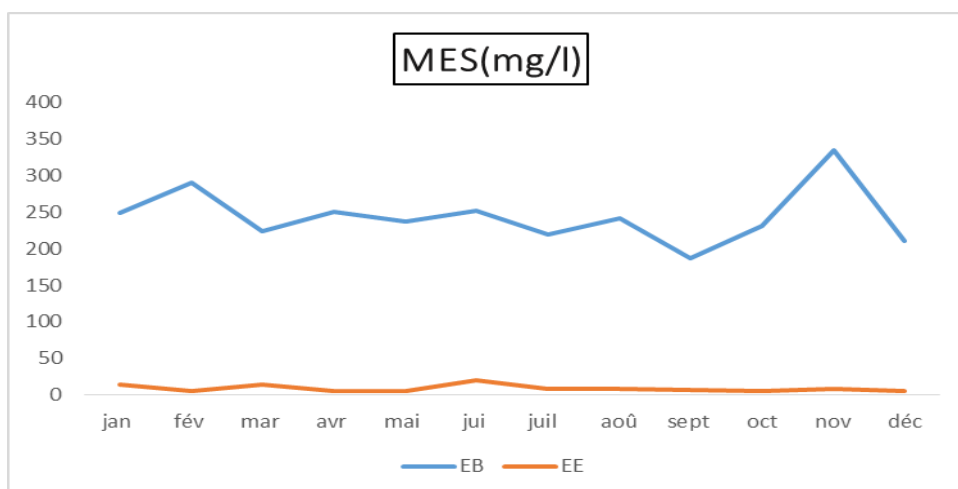
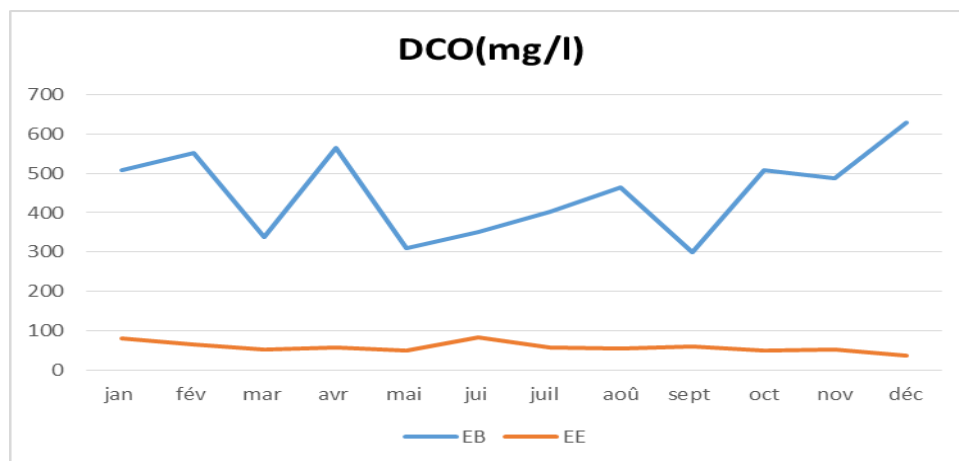


Figure. IV.12 : Variation des matières en suspension

### IV.2.6.DCO :

Selon les résultats obtenus dans cette étude, les concentrations de DCO à l'entrée de la station d'épuration varient entre 300.1 mg/l et 629 mg/l, avec une moyenne de 451 mg/l. Après le traitement des eaux, les valeurs de DCO diminuent considérablement, avec une valeur minimale de 36.9 mg/l et une valeur maximale de 82.1 mg/l, et une moyenne de 58 mg/l.

L'objectif fixé par la station d'épuration (STEP) est atteint car les valeurs de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) sont conformes aux normes établies par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) et par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qui sont inférieures à 90 mg/l. Cependant, il est important de noter que les valeurs de DCO demeurent supérieures aux normes établies pour les eaux destinées à l'irrigation, qui sont fixées à 40 mg/l.



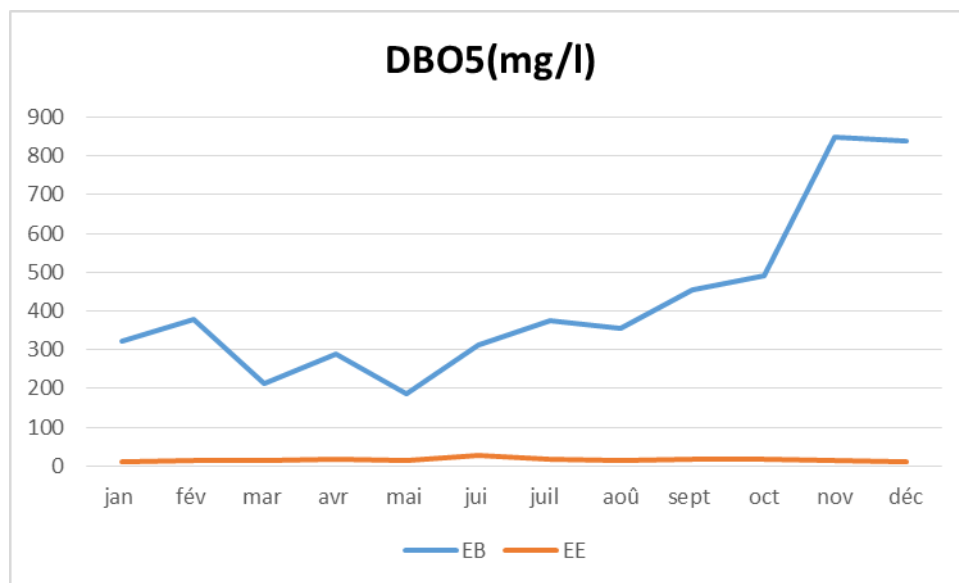
**Figure.IV.13** : Variation de la demande chimique en oxygène

### IV.2.7.DBO5 :

Les résultats obtenus lors de l'étude montrent que les valeurs de la DBO5 à l'entrée de la station d'épuration (STEP) varient entre 187 mg/l et 850 mg/l, avec une moyenne de 422 mg/l. Ces valeurs élevées indiquent une présence significative de matières organiques biodégradables dans les eaux brutes.

Cependant, après le traitement dans la STEP, les valeurs de la DBO5 à la sortie varient entre 9.25 mg/l et 27.2 mg/l, avec une valeur moyenne de 15.1 mg/l. Ces valeurs témoignent d'une réduction considérable de la charge organique dans les eaux épurées, grâce aux processus biologiques de décomposition des matières organiques par les micro-organismes présents dans la station d'épuration.

Il est essentiel de noter que les valeurs de la DBO5 à la sortie de la STEP respectent les normes fixées par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les normes spécifiques à l'irrigation, qui sont toutes inférieures à 30 mg/l.



**Figure.IV.14** : Variation de la demande biologique en oxygène

### IV.2.8.Rapport DCO/DBO5 :

Le coefficient de biodégradabilité K est utilisé pour déterminer le mode de traitement approprié à adopter pour chaque type d'effluent et pour évaluer la qualité de l'effluent après traitement.

Selon Rodier et al. (2009) :

- $DCO/DBO5 < 3$  effluent facilement biodégradable.
- $3 < DCO/DBO5 < 5$  effluent moyennement biodégradable.
- $DCO/DBO5 > 5$  effluent difficilement biodégradable ; Tell que :  $DCO/DBO5=k$

D'après les résultats moyens des DCO et DBO5 on trouve :

Pour les eaux brutes le rapport est de l'ordre de  $1.07 < 3$ , indique que l'effluent contient principalement des matières organiques facilement biodégradables. Cela suggère que les eaux usées traitées au niveau de la station d'épuration proviennent principalement d'une source domestique.

### IV.2.9.Azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ), Nitrites ( $NO_2^-$ ) et Nitrate ( $NO_3^-$ ) :

Les résultats moyens indiquent que les eaux brutes présentent des faibles teneurs en nitrates ( $NO_3^-$ ) et en nitrites ( $NO_2^-$ ), avec des valeurs respectives de 0.19 mg/l et 0.06 mg/l. Cependant, après traitement dans la station d'épuration, le taux de nitrates a augmenté considérablement pour atteindre 2.04 mg/l dans les eaux épurées. Bien que cette augmentation soit significative, la concentration reste inférieure aux normes de rejets fixées à 50 mg/l, ce qui signifie que les eaux épurées sont encore conformes aux réglementations concernant les nitrates.

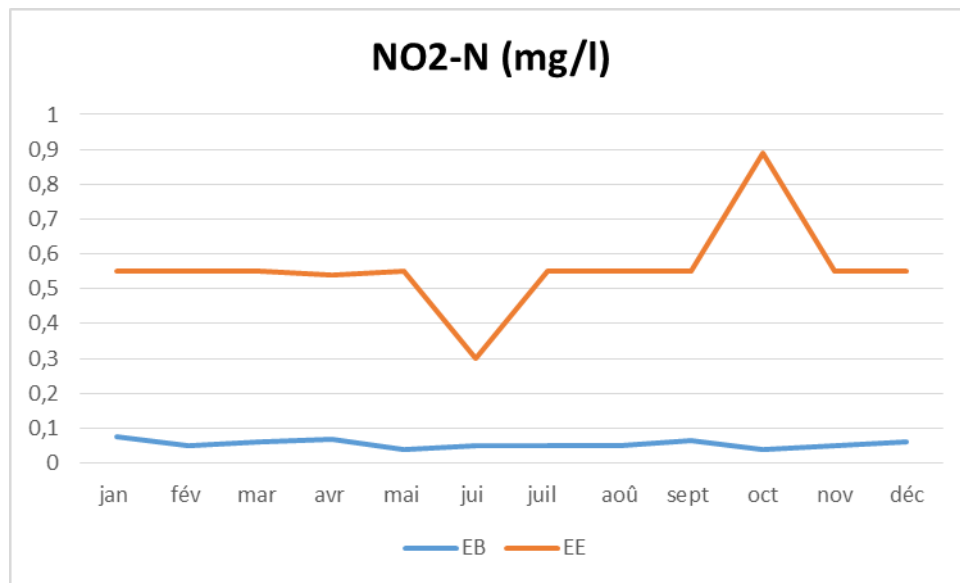


Figure.IV.15 : Variation du Nitrites

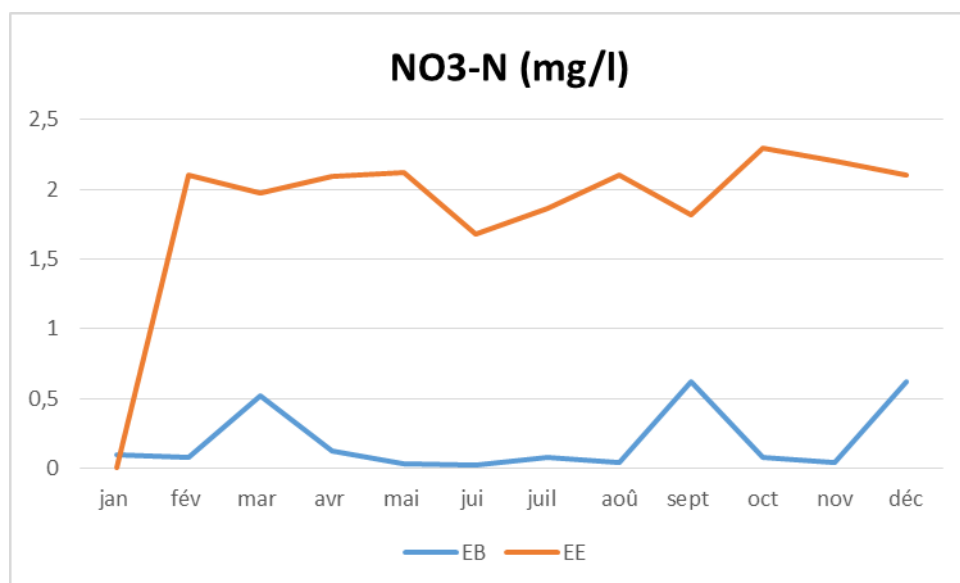


Figure.IV.16 : Variation du Nitrate

Quant à l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), les eaux brutes présentent une concentration de 36.8 mg/l, qui diminue à 20.2 mg/l après le traitement dans la station d'épuration. Cette diminution de l'azote ammoniacal est due au processus de nitrification qui se produit dans la station d'épuration. L'azote ammoniacal est d'abord oxydé en nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) par des bactéries nitrifiantes, puis le nitrite est à son tour rapidement oxydé en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ce processus de nitrification est facilité par la présence d'oxygène dans le bassin d'aération de la station d'épuration, où les bactéries effectuent ces réactions d'oxydation.



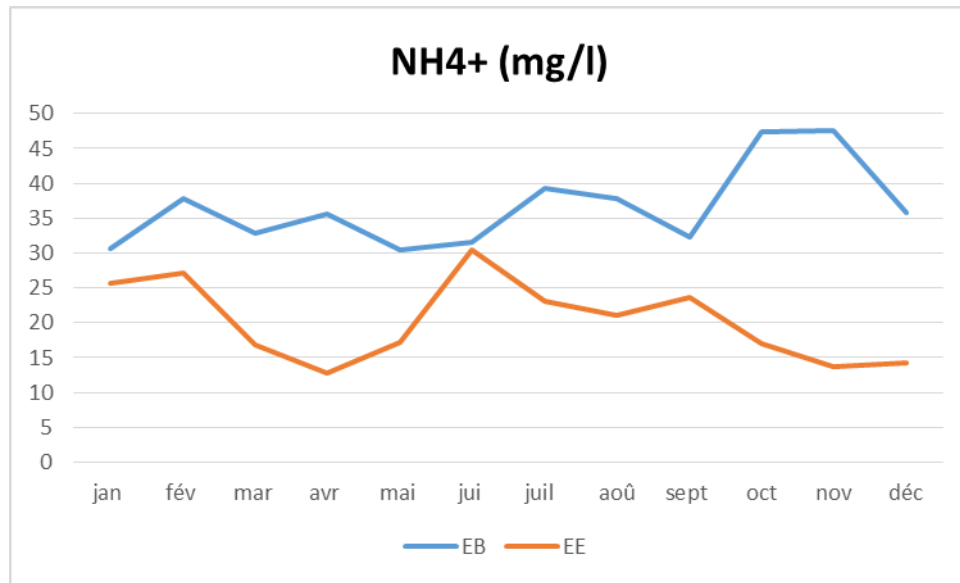


Figure.IV.17 : Variation de l'azote ammoniacal

#### IV.2.10. Les ortho phosphates :

Les résultats indiquent que les teneurs en ortho phosphates sont faibles dans les eaux brutes, avec une moyenne de 3,75 mg/l, et dans les eaux épurées, avec une moyenne de 1,80 mg/l. Ces valeurs témoignent du bon fonctionnement de la station d'épuration, car elles restent conformes aux normes de préservation des eaux naturelles, qui fixent une limite de 2 mg/l pour les ortho phosphates.

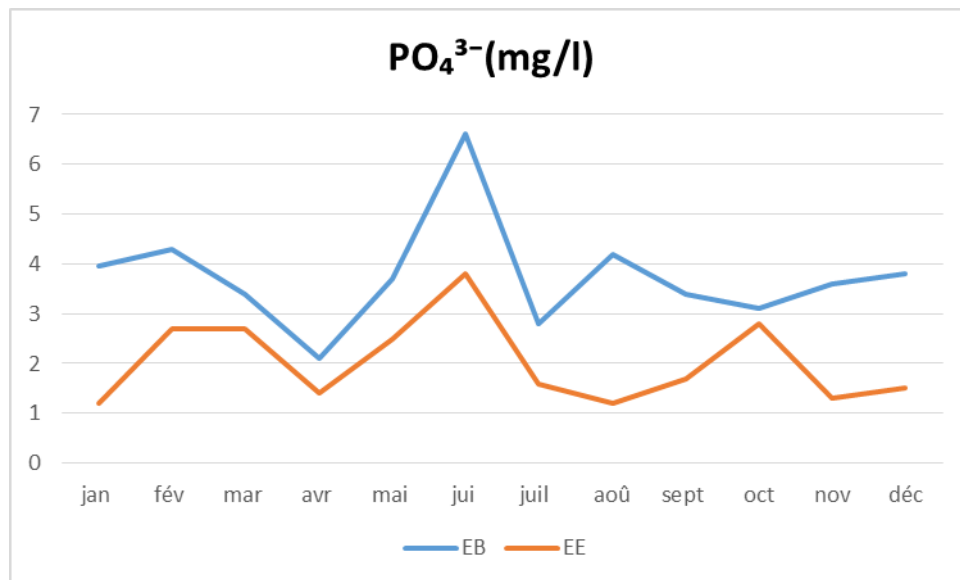


Figure.IV.18 : Variation des ortho phosphates

### IV.2.11. Résultats des analyses bactériologiques :

Les analyses microbiologiques visent à détecter la présence de bactéries indicatrices de pollution dans les échantillons d'eau.

Les microorganismes recherchés dans cette étude sont les coliformes totaux,

Les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

**Tableau IV.2** : Résultats d'analyses bactériologiques

Paramètre	Unité	Eau avant désinfection	Eau après désinfection
Coliformes totaux	g/100ml	≥2400	2400
Coliformes thermo tolérants	g/100ml	28	14
Streptocoque totaux	g/100ml	240	75
Streptocoque fécaux	g/100ml	28	20

(ONA MOSTAGANEM)

#### ➤ Discussion des résultats bactériologiques :

Les résultats bactériologiques que vous mentionnez indiquent une contamination significative de l'eau brute par les coliformes totaux et thermotolérants. Cependant, après le processus de désinfection, le nombre de coliformes thermotolérants diminue considérablement, ce qui est une indication que la désinfection a été efficace pour éliminer une partie de la contamination bactérienne.

Il est également encourageant de noter une bonne élimination des streptocoques totaux après traitement, passant de 240 germes/100 ml à 75 germes/100 ml dans les eaux désinfectées.

Cependant, la présence de streptocoques fécaux dans l'eau épurée (20 germes/100 ml) est préoccupante, car ces bactéries sont pathogènes pour l'homme et indiquent une contamination fécale persistante malgré la désinfection.

Malgré le fait que les résultats n'aient pas dépassé les normes de rejet, l'eau reste polluée en raison de la présence continue de bactéries pathogènes. Cela souligne l'importance de procéder à un traitement tertiaire pour éliminer ces contaminants afin de rendre l'eau sûre pour l'irrigation agricole.

### IV.3. Aptitude des eaux à l'irrigation :

#### ➤ Résultats d'analyse d'ions inorganiques majeurs :

Tableau IV.3 : Bilan d'analyse d'ions inorganiques majeurs

Paramètre	Paramètre	Valeur
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	50.52
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	14.65
Na <sup>+</sup>	mg/l	81.23
K	mg/l	12.46
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	72.44
Cl <sup>-</sup>	mg/l	231.84

#### IV.3.1. Ratio d'absorption de sodium (SAR) :

Le Ratio d'adsorption du sodium (SAR) est une valeur qui représente la quantité relative d'ions sodium (Na<sup>+</sup>) par rapport à la somme des quantités d'ions calcium (Ca<sup>2+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>) présents dans l'eau. Il est utilisé pour évaluer le potentiel de salinisation ou d'alcalinisation des sols et des eaux. [30]

La formule chimique pour calculer le taux d'adsorption du sodium est la suivante :

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{1/2([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] )}} ;$$

**SAR=14.23 mg/l**

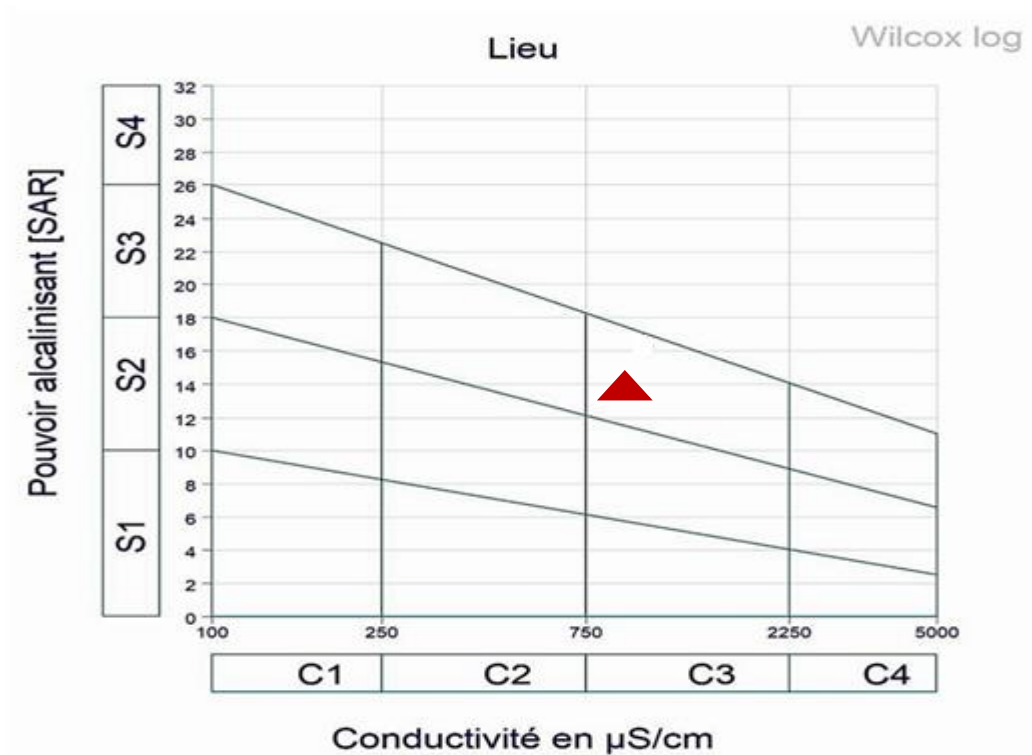


Figure.IV.19 : Diagramme de Wilcox pour la classification des eaux à l'irrigation

Selon les résultats obtenus pour la STEP de SALAMANDRE, les eaux épurées appartiennent à la classe C3S2 selon cette classification.

Voici ce que cela signifie :

Classe C3 : Les eaux appartiennent à la classe C3, ce qui indique une forte salinité. Les valeurs moyennes de conductivité électrique (CE) des eaux épurées sont de

1469  $\mu\text{S/cm}$  ce qui correspond à cette classe. Ces eaux sont problématiques comme étant à risque de salinité élevée.

Classe S2 : Les eaux appartiennent à la classe S2, Sodium Adsorption Ratio (SAR) doit être compris entre 10 et 18. Cela indique un potentiel modéré d'alcalinisation des sols.

Les eaux épurées de la STEP de SALAMANDRE sont classées comme C3S2, ce qui signifie qu'elles présentent un risque élevé de salinité, et un potentiel modéré d'alcalinisation des sols.

#### IV.3.2. Pourcentage de sodium soluble (SSP) :

Le SSP exprime le risque de salinité du sol en fonction de la concentration de sodium soluble dans l'eau d'irrigation. Une concentration élevée de sodium soluble peut entraîner une accumulation de sodium dans le sol, ce qui peut provoquer une salinité excessive et nuire à la croissance des cultures.

## Chapitre IV : Etude de performance épuratoire de la STEP de SALAMANDRE

En utilisant le diagramme de RICHARD, on peut positionner les données de CE et de SSP pour déterminer la qualité de l'eau pour l'irrigation. Les zones du diagramme indiquent différents niveaux de risque de salinité et d'alcalinisation des sols, permettant ainsi de classer l'eau en différentes catégories en fonction de sa pertinence pour l'irrigation

La formule chimique de SSP est :

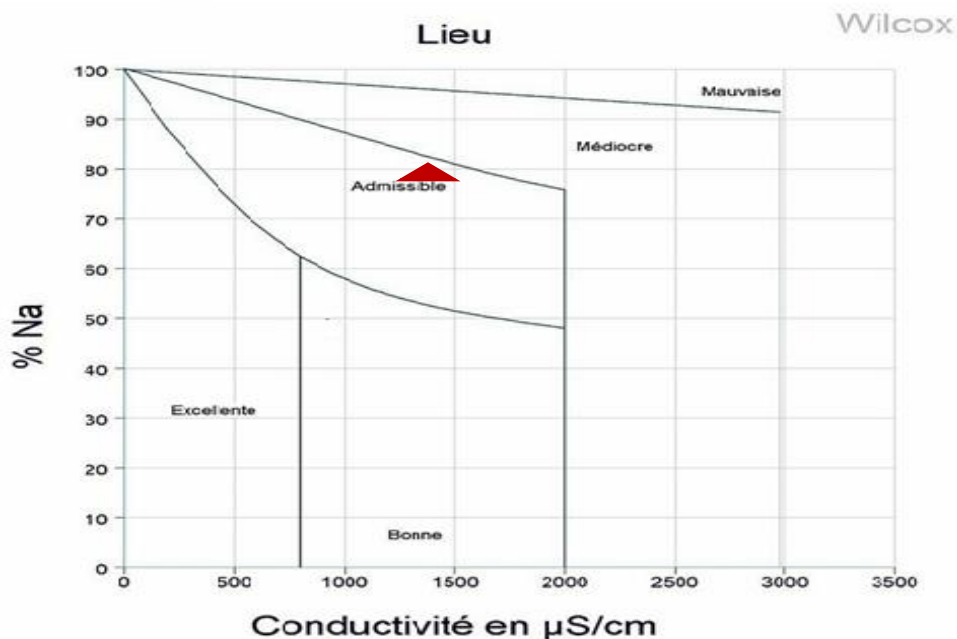
$$SSP = \left( \frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} \right)$$

**Tableau IV.3** : Classification de l'eau pour SSP

Classe d'eau	Valeur de SSP	Qualité de L'eau
1	<20	Excellent
2	10-18	Bien
3	16-26	Just
4	> 26	Pauvre

Bouarfa, S., A. Hammani, et al. (2002)

SSP=58.98mg/l



**Figure IV.20** : Diagramme de Richard pour la classification de l'eau à l'irrigation

Selon les résultats obtenus, les eaux épurées ont un SSP (Pourcentage de sodium soluble) supérieur à 26% et une CE (conductivité électrique) supérieure à 0,7 dS/m. Dans cette

catégorie la qualité d'eau est admissible à l'irrigation. Mais il y a risque de salinité et d'alcalinisation, ce qui les rend inappropriées pour l'irrigation.

### IV.3.3. Indice de Stuyfzand :

Selon l'indice de Stuyfzand obtenu (résultat de chlorure) : **231.84 mg/l**, l'eau est caractérisée dans la classe d'eau "saumâtre salée". Cette classification indique que l'eau a une concentration élevée en sels dissous, ce qui la rend inappropriée pour une utilisation en irrigation agricole. Les eaux saumâtres contiennent des niveaux élevés de sels, tels que le sodium, le chlorure et autres ions, qui peuvent être dommageables pour les cultures si elles sont utilisées pour l'irrigation.

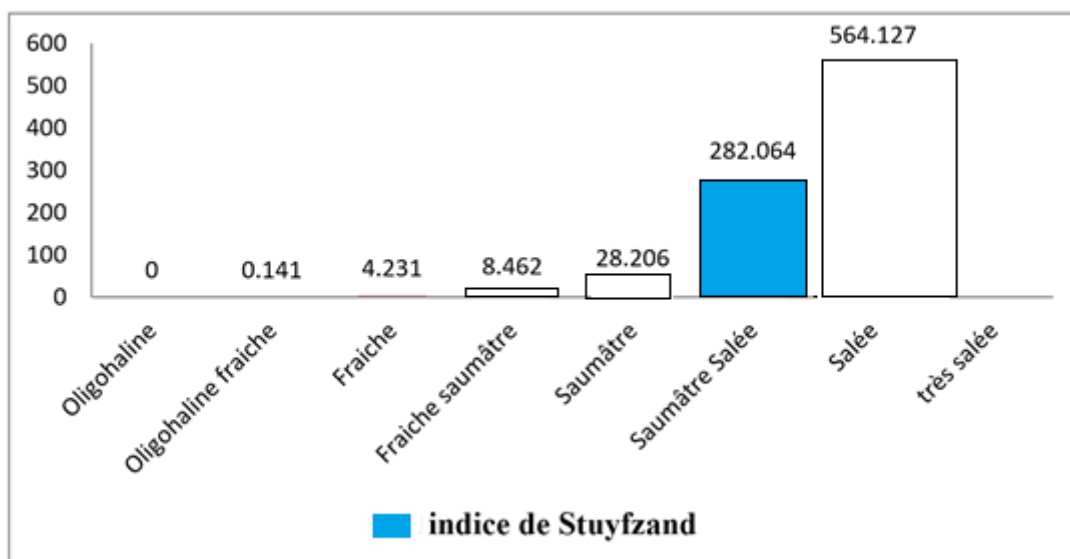


Figure IV.21 : Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.

### IV.4. Conclusion :

D'après les résultats des analyses effectuées sur les eaux brutes et les eaux traitées entre janvier ET décembre 2022, nous concluons :

Les matières organiques sont réduites et les polluants sont décomposés, ce qui entraîne une augmentation de la concentration en oxygène dissous dans les eaux épurées

La réduction significative des MES est principalement due au processus de décantation des matières décantables au sein de la station

Les eaux brutes contiennent principalement des matières organiques facilement biodégradables. Cela suggère que les eaux usées traitées au niveau de la station d'épuration proviennent principalement d'une source domestique.

Les eaux épurées sont conformes aux réglementations concernant les nitrates, cela indique que le processus de traitement est efficace pour l'élimination de l'azote.

Les teneurs en ortho phosphates sont encore conformes aux normes de OMS et JORA.

La conductivité des eaux épurées est considérablement augmentée, dépassant la limite habituelle pour les eaux naturelles qui est généralement autour de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette augmentation peut être probablement attribuée à la présence de contaminants polluants.

Malgré le fait que les résultats bactériologiques n'aient pas dépassé les normes de rejet, l'eau reste polluée en raison de la présence continue de bactéries pathogènes. Lors de l'évaluation de la qualité des eaux épurées en vue de leur utilisation en irrigation, plusieurs méthodes d'indice, notamment SSP, SAR, ont été employées. Les résultats obtenus au moyen de ces différentes méthodes ont révélé une similitude significative. Cette concordance suggère que l'échantillon d'eau ne répond pas aux critères requis pour être utilisé dans le contexte de l'irrigation agricole. En conséquence, la qualité des eaux épurées est généralement inadéquate pour une utilisation en irrigation.

Lorsque la qualité de l'eau est considérée comme inadéquate pour l'irrigation, il peut être impératif d'explorer des sources d'eau alternatives ou de mettre en place des procédés de traitement de l'eau pour améliorer sa qualité avant de l'utiliser à des fins agricoles.

C'est pourquoi la STEP de Salamandre nécessite un traitement poussé pour atteindre les normes requises permettant une réutilisation agricole sans aucune restriction.

# **Chapitre V :**

# **Besoin en eau**

# **D'irrigation**



### V.1.Introduction :

La combinaison des besoins en eau des cultures avec les apports en eau naturelle crée souvent un déséquilibre, entraîne un déficit hydrique dans de nombreuses régions. Pour répondre à ce défi, il est impératif de comprendre les besoins en eau spécifiques de chaque culture et d'adopter des approches d'irrigation précises. Cela nécessite une analyse des données hydrologiques, climatiques et Pédagogiques afin de déterminer les quantités d'eau nécessaires pour chaque étape du cycle de croissance des cultures.

### V.2.Etude hydrologique :

Avant d'exploiter les données hydrologiques, il est crucial de s'assurer de leur homogénéité. Les interruptions ou les changements dans les relevés des stations pluviométriques peuvent fausser les analyses et les interprétations. Le test de **Mood**, également appelé test de Mann-Whitney-Mood, est une méthode statistique utilisée pour évaluer l'homogénéité de séries de données pluviométriques ou d'autres types de données.

#### V.2.1.Teste de Mood :( Paul Meylan, 2008)

Le test de Mood permet de savoir si la série de données pluviométrique est homogène ou non, cette méthode repose sur le procédé suivant :

Soit un échantillon  $x_1, x_2, \dots, x_n$  . Déterminons sa médiane M après avoir classé l'échantillon par ordre croissant.

La médiane M Est une constante de telle sorte que 50% de  $x_i$  soient inférieures et 50% des  $x_i$  lui soient supérieures.

Remplaçons donc la série des valeurs non classées par une suite de signe

+ Pour le  $x_i > M$

- Pour le  $x_i < M$

Calculons les quantités  $N_s$  et  $T_s$  avec :

$N_s$  : nombre totale de séries de + ou de - .

$T_s$  : taille de la plus grande série de + ou de - [36]

Les conditions du test sont les suivantes ;

$$\frac{1}{2}(N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < N_s < \frac{1}{2}(N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1})$$
$$T_s < 3.3(\log_{10}N + 1)$$

Dans le cas de notre série :

Tableau VI.1 : Résultat du test Mood

<b>P moy</b>	301	311	285	295	243	301	385	396
	-	-	-	-	-	-	+	+
<b>P moy</b>	169	359	232	390	248	401	348	285
	-	+	-	+	+	+	+	-
<b>P moy</b>	390	427	401	338	422	454	427	522
	+	+	+	-	+	+	+	+
<b>P moy</b>	327	253	369	301	527	274	190	
	-	-	+	-	+	-	-	

On a :

$$\frac{1}{2}(N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < Ns < \frac{1}{2}(N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1})$$

$$Ts < 3.3(\log_{10}N + 1)$$

$$=10.63 \text{ et } 10.63 < \mathbf{Ns=16} < 21.38$$

Et d'autre part :

$$3(\log_{10}N + 1) = 2 \text{ et } \mathbf{Ts=7} \text{ et } 7 < 8.22$$

✓ **Conclusion :**

Les deux conditions sont vérifiées, donc la série est homogène.

**V.2.2.Ajustement des pluies :**

L'ajustement des données de pluies annuelles aux lois statistiques est une approche courante pour mieux comprendre la distribution des précipitations et pour modéliser leur comportement. Dans le cas des pluies annuelles, différentes lois d'ajustement peuvent être utilisées en fonction des caractéristiques des données et des objectifs de l'analyse. Voici un aperçu des lois d'ajustement statistique les plus couramment employées pour les données de pluies annuelles :

- Loi de Galton ou loi log–normale.

## Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation

---

**Station :** MOSTAGANEM

### VI.2.2.2. Ajustement à la loi log Normale :

**Station :** MOSTAGANEM

Résultat de l'ajustement à la loi normale

**Nombre d'observation :** 78

**Mu :** 188,639744

**Sigma :** 47,663039

**Quantiles :**

$q = F(x)$  (probabilité au non dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$

**Tableau VI.2 :** Ajustement à la loi log normale

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
50	0,98	306	15,4	276 - 336
20	0,95	276	12,1	253 - 300
10	0,9	252	9,69	233 - 271
5	0,8	226	7,47	211 - 241
3	0,6667	204	6,05	192 - 216
2	0,5	183	5,19	173 - 193
1,4286	0,3	160	4,86	151 - 170
1,25	0,2	148	4,9	139 - 158
1,1111	0,1	133	5,1	123 - 143

(HYFRAN)

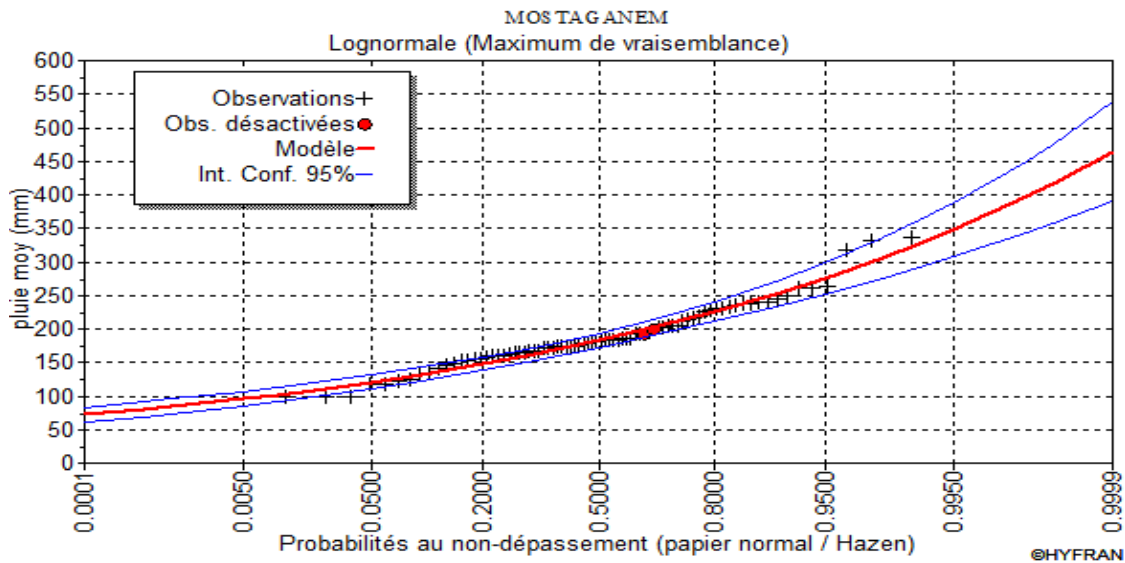


Figure VI.1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log normale

**V.2.2.3. Test de validité d'un ajustement :**

Une étape essentielle après avoir ajusté les données à une loi statistique est d'évaluer à quel point cette loi correspond aux données lumineuses. Cela permet de déterminer si l'ajustement choisi est approprié et si la loi statistique sélectionnée décrit fidèlement la distribution des données de pluies annuelles. t. Dans notre cas, nous avons a utilisé le teste de Khi carrée  $\chi^2$ . La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0.05$  si et seulement si :

$\gamma^2_{calculé} < \gamma^2_{théorique}$

Avec :  $\gamma^2_{théorique}$  est déterminer à partir de tableau de  $\gamma^2_{théorique} = f(\alpha, \gamma)$  Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

**Tableau VI.3 :** Test de validité des deux ajustements

Loi normale	Loi log-normale
$\gamma^2_{calculé} = 1.7$	$\gamma^2_{calculé} = 1.6$
Degrés de liberté = 3	
$\gamma^2_{théorique} = 7.815$	

(HYFRAN)

**V.2.1. Détermination de l'année de calcul :**

Puisque la loi Log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 %.

## Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation

**Pmoy 80% de chaque mois =**

**Pmoy de chaque mois \* Pthéorique (80%) annuelle /Pthéorique (50%) annuelle**

**Pthéorique (80%) annuelle =148 et Pthéorique (50%) annuelle=183**

**Pmoy 80%=(148/1833)×Pmoy de chaque mois=0.81×Pmoy de chaque mois**

**Tableau VI.4 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche ( $f_{req}= 80\%$ ).**

Mois	sep	oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
<b>Pmoy (mm/mois)</b>	17,6	33,2	60,1	39,2	46,6	36,4	40,7	42,3	26	8,6	3,2	4,6
<b>Pmoy80% (mm/mois)</b>	14.3	26.9	48.7	31.7	37.7	29.5	33	34.2	21.1	7	2.6	3.7

### V.3.Le choix des cultures :

Le choix des cultures pour l'irrigation avec des eaux usées implique des considérations spécifiques en raison des risques potentiels pour la santé humaine et l'environnement liés à l'utilisation de ces eaux pour l'agriculture :

- ✓ Sécurité sanitaire
- ✓ Cycle de vie des cultures
- ✓ Analyse des sols et des cultures
- ✓ Gestion des nutriments
- ✓ Surveillance régulière

Le choix des cultures pour l'irrigation dépend de nombreux autres facteurs importants :

- ✓ Type de sol et drainage
- ✓ Climat
- ✓ Pratiques agronomiques
- ✓ Méthodes d'irrigation
- ✓ les rotations culturales
- ✓ Rendement et profitabilité

## Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation

### V.4.Types de cultures irriguées :

Les données collectées au niveau des services agricoles de la wilaya de Mostaganem

Indiquent que l'occupation du sol des terres agricoles du commun est

Diversifiée, ce pendant elle est dominée par les grandes cultures, en effet elle comprend des

Superficiés importantes de cultures céréalières associées parfois à l'élevage.

Les terres utilisées par l'agriculture sont de l'ordre de 4 092 Ha soit 83,87 % de la superficie

Totale de la commune et elles comprennent la SAU (3 350 ha, soit 81,86 % de la surface Agricole totale S.A.T et 60,90 % de la surface totale de la commune) et les autres terres qui Totalisent 1 500 ha qui représentent les pacages et les parcours, les terres incultes, les terrains improductifs, les forêts et les maquis). La catégorie «Forêts et maquis » représente 714 ha, soit 48 % des restes des autres terres. [37]

L'irrigation est pratiquée sur une superficie de 1 268 ha ce qui correspond environ à 38 % De la surface agricole utile.[37]

Sur les 1 268 ha irrigués, 1 165 ha concernent les cultures maraichères,

Et donc plus de 91% de la surface irriguée sont occupés par le maraichage et environ

Les 9 % qui restent Sont occupés par l'arboriculture.[37]

**Tableau VI.5 :** Surfaces et types de cultures irriguées

Type de culture irriguée	Type de culture irriguée Surface en Ha
Maraichage	1165
Arboriculture	102
Fourrages	1
<b>Surface totale irriguée</b>	<b>1268</b>

(Source : DRE, Mostaganem)

Les types d'irrigation ainsi que les superficies irriguées sont illustrés dans le tableau ci-après :

**Tableau VI.6 :** Types d'irrigation

Type d'irrigation	Surface en Ha
Goute à goutte	375
Gravitaire	613
Aspersion	280
<b>Surface totale irriguée</b>	<b>1268</b>

(Source : DRE, Mostaganem)

- Dans notre étude, en fonction des résultats présentés nous avons décidé, de choisir Trois cultures :

- **Haricots**
- **Courgette**
- **Olivier**

### V.5. Besoin en eau du périmètre :

Les besoins en eau des cultures, en particulier pour l'irrigation, sont définis comme la quantité d'eau supplémentaire nécessaire pour compléter ce que la pluviométrie naturelle fournit. Cela dépend du climat, des caractéristiques du sol et des exigences spécifiques des cultures.

#### V.5.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation :

Le calcul des besoins en d'irrigation à apporter pour la culture est réalisé en effectuant le bilan hydrique suivant :

$$Bi = ETM - (Pe_{eff} + RU).$$

Où :

- **ETM** : est l'évapotranspiration maximale  
( $ETM = ET_0 * K_c$ )
- **K<sub>c</sub>** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **Pe<sub>eff</sub>** : est la pluie efficace.
- **RU** : La réserve utile.

#### V.5.2. Calcul de l'évapotranspiration référence (ET<sub>0</sub>) :

Eévapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) est un concept important en hydrologie et en agronomie. Il représente la quantité d'eau qui s'évapore de la surface du sol et qui est transpirée par une culture de référence, généralement une culture herbeuse bien entretenue, dans des conditions idéales et sans limitation d'eau. L'ET<sub>0</sub> est utilisée comme base pour estimer les besoins en eau d'irrigation des cultures dans une région donnée.

L'ET<sub>0</sub> est généralement exprimée en millimètres par jour (mm/jour) ou en millimètres par mois (mm/mois). Elle est influencée par plusieurs facteurs climatiques tels que la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et le rayonnement solaire.

- **Les méthodes directes**
  - La cuve lysimétrique.
  - Le bac évaporant.

- **Les méthodes indirectes**

Ces méthodes permettent de calcul l'ET<sub>0</sub> à partir de formules basées sur des paramètres

Climatiques qu'on appelle des formules empiriques dont les principales sont :

## Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation

---

- Prinstley- Taylor
- Makkink - Turc
- Hargreaves
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman et Monteith modifiée.

Dans notre cas, nous l'avons évaluée par la méthode la plus utilisée, la méthode de Penman\_Monteith Modifiée.

### -Formule Modifiée de Penman\_Monteith

La formule modifiée de Penman-Monteith est une équation complexe utilisée pour estimer l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) en fonction de divers paramètres climatiques tels que la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et le rayonnement solaire. Cette équation est considérée comme l'une des méthodes les plus précises pour calculer l'ET<sub>0</sub>. Voici la formule modifiée de Penman-Monteith :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Avec :

**ET<sub>0</sub>** : évapotranspiration de référence [mm jour<sup>-1</sup>],

**R<sub>n</sub>** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>],

**G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>],

**T** : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]

**u<sub>2</sub>** : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s<sup>-1</sup>],

**e<sub>s</sub>** : pression de vapeur saturante [kPa],

**e<sub>a</sub>** : pression de vapeur réelle [kPa],

**e<sub>s</sub>-e<sub>a</sub>** : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

**D** : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C<sup>-1</sup>],

**g** : constante psychrométrique [kPa °C<sup>-1</sup>].

Les résultats de l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>), obtenus en utilisant le logiciel CROPWAT 8.0 et calculés selon la méthode de Penman-Monteith modifiée, sont résumés dans le tableau ci-dessous :



**Tableau VI.7:** Evapotranspiration de référence ET<sub>0</sub> calculée par le logiciel CROPWAT

Mois	Température Minimum	Température Maximum	Humidité	Vitesse du vent	Insolation	Rayonnement	ET <sub>0</sub>
	C°	C°	%	m/s	Heure	MJ /m <sup>2</sup> /jour	Mm/mois
<b>Janvier</b>	6,4	15,6	78,7	1,7	6.26	10.1	26.35
<b>Février</b>	7,2	16,3	77,8	1,8	7.17	13.3	39.15
<b>Mars</b>	8,5	18,6	74,7	1,8	8.10	17.4	66.96
<b>Avril</b>	10,5	20,3	73,4	2,3	8.7	23.5	88.8
<b>Mai</b>	14	23,4	72,9	2,2	9.38	23.6	115.32
<b>Juin</b>	17,5	27,6	70,6	2,1	10.57	25.6	133.5
<b>Juillet</b>	20	30,6	70,3	1,8	10.61	25.4	146.01
<b>Aout</b>	21	31	70,8	1,7	8.48	21.1	125.86
<b>Septembre</b>	18	27,5	72,6	1,7	8.76	19.1	99
<b>Octobre</b>	14,9	24,5	74,7	1,8	7.32	14.2	66.34
<b>Novembre</b>	10,2	19,2	76,6	1,7	6.23	10.5	35.4
<b>Décembre</b>	8	16,4	77,4	2	5.74	8.9	23.56
<b>Moyenne</b>	13	22,6	74,1	1.9	6.26	17.5	80.52

### V.5.3. Calcul de la pluie efficace :

Le calcul de la pluie efficace consiste à déterminer la quantité réelle de précipitations qui contribue à l'apport en eau disponible pour la culture. Cette valeur dépend de divers facteurs tels que la région géographique, le type de sol et la nature des précipitations. L'une des méthodes couramment utilisées pour estimer la pluie efficace est la méthode du coefficient d'efficacité, qui prend en compte une fraction des précipitations totales.

La formule pour le calcul de la pluie efficace en utilisant cette méthode est la suivante :

**Pluie efficace (mm) = Coefficient d'efficacité (A) x Pluies moyennes mensuelles (80%) (mm/mois)**

Où :

- Coefficient d'efficacité (A) est généralement un nombre compris entre 0 et 1, représentant la proportion des précipitations qui est réellement disponible pour la culture. **(0.8)**

**Tableau VI.8:** Calcul des pluies efficaces

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
<b>Pmoy 80% (mm)</b>	14.3	26.9	48.7	31.7	37.7	29.5	33	34.2	21.1	7	2.6	3.7
<b>Peff</b>	11.44	21.52	38.96	25.36	30.16	23.6	26.4	27.38	16.88	5.6	2.08	2.96

### V.5.4. Calcul de la réserve en eau du sol :

La réserve facilement utilisable (RFU) représente la quantité d'eau contenue dans la portion du sol explorée par les racines des plantes, située entre le niveau de saturation maximale et le point où le sol commence à se dessécher excessivement. Cette réserve est importante car les plantes rencontrent des difficultés croissantes pour extraire l'eau du sol à mesure que l'humidité se rapproche du point de flétrissement.

Le calcul de la réserve facilement utilisable (RFU) se réalise à l'aide de la formule suivante :

$$\text{RFU} = (\text{hcc} - \text{hpf}) \times Y \times \text{Da} \times Z$$

Où :

- **hcc** : représente l'humidité du sol à sa capacité au champ, c'est-à-dire lorsque le sol est complètement saturé d'eau. On prend (**28%**)
- **hpf** : désigne l'humidité du sol au point de flétrissement, où les plantes commencent à montrer des signes de stress hydrique. On prend (**17%**)
- **Z** : correspond à la profondeur du sol explorée par les racines des plantes.
- **Y** : est un coefficient qui dépend de la nature du sol et qui est généralement pris égal à **2/3**.
- **Da** : représente la densité apparente du sol, une mesure de sa compacité (**1.35**)

**K** est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3

$$\text{RU} = \text{RFU} \times \text{K}$$

**RU** : La réserve utile (RFU\_REEL)

**L'irrigation est faite lorsque Bi (bilan hydrique) > 0**

### V.5.5. Estimation des coefficients culturaux (Kc) :

Les coefficients culturaux (Kc) sont utilisés dans l'agriculture pour estimer les besoins en eau des cultures à différentes étapes de leur développement. Ces coefficients prennent en compte plusieurs facteurs tels que le type de culture, le stade de croissance de la plante et les conditions environnementales locales. Ils permettent de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire les besoins évapotranspiratoires des cultures.



## Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation

<b>Juin</b>	7	5.6	133.5						
<b>Juill</b>	2.6	2.08	146.01						
<b>Aout</b>	3.7	2.96	125.86						

**Tableau VI.12:** Calcul des besoins en eau pour le haricot.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z(m)	RFU_THEO (mm)	RFU_REEL (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
<b>Sep</b>	14.3	11.44	99	0.70	69.3	0.00	0.85	84.15	<b>72.71</b>
<b>Oct</b>	26.9	21.52	66.34						
<b>Nov</b>	48.7	38.96	35.4						
<b>Dec</b>	31.7	25.36	23.56						
<b>Jan</b>	37.7	30.16	26.35						
<b>Fev</b>	29.5	23.6	39.15						
<b>Mars</b>	33	26.4	66.96						
<b>Avr</b>	34.2	27.38	88.8						
<b>Mai</b>	21.1	16.88	115.32						
<b>Juin</b>	7	5.6	133.5	0.50	49.5	0.00	0.50	66.75	<b>61.15</b>
<b>Juill</b>	2.6	2.08	146.01	0.50	49.5	0.00	0.65	94.91	<b>92.83</b>
<b>Aout</b>	3.7	2.96	125.86	0.70	69.3	0.00	1.1	138.45	<b>135.49</b>

**Tableau VI.13:** Calcul des besoins en eau pour l'olivier

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z(m)	RFU_THEO (mm)	RFU_REEL (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
<b>Sep</b>	14.3	11.44	99	1.50	148.5	0.00	0.75	74.25	<b>62.81</b>
<b>Oct</b>	26.9	21.52	66.34	1.50	148.5	0.00	0.75	49.75	<b>28.23</b>
<b>Nov</b>	48.7	38.96	35.4	1.50	148.5	49.5	0.75	26.55	<b>0.00</b>
<b>Dec</b>	31.7	25.36	23.56	1.50	148.5	49.5	0.65	15.31	<b>0.00</b>
<b>Jan</b>	37.7	30.16	26.35	1.50	148.5	49.5	0.65	17.13	<b>0.00</b>
<b>Fev</b>	29.5	23.6	39.15	1.50	148.5	49.5	0.65	34.62	<b>0.00</b>
<b>Mars</b>	33	26.4	66.96	1.50	148.5	49.5	0.65	43.52	<b>0.00</b>

## Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation

<b>Avr</b>	34.2	27.38	88.8	1.50	148.5	0.00	0.65	57.72	<b>30.34</b>
<b>Mai</b>	21.1	16.88	115.32	1.50	148.5	0.00	0.75	86.49	<b>69.61</b>
<b>Juin</b>	7	5.6	133.5	1.50	148.5	0.00	0.85	113.47	<b>107.87</b>
<b>Juill</b>	2.6	2.08	146.01	1.50	148.5	0.00	0.85	124.11	<b>122.03</b>
<b>Aout</b>	3.7	2.96	125.86	1.50	148.5	0.00	0.85	106.98	<b>104.02</b>

**Tableau VI.14 :** Récapitule les besoins en eau (mm) des cultures :

Mois/ culture	la courgette	L'haricot	Olivier	Total
<b>Septembre</b>	28.2	72.71	62.81	163.72
<b>Octobre</b>	11.65		28.23	38.88
<b>Novembre</b>	0.00		0.00	0
<b>Décembre</b>	0.00		0.00	0
<b>Janvier</b>	0.00		0.00	0
<b>Février</b>			0.00	0
<b>Mars</b>			0.00	0
<b>Avril</b>			30.34	30.34
<b>Mai</b>			69.61	69.61
<b>Juin</b>		61.15	107.87	169.02
<b>Juillet</b>		92.83	122.03	214.86
<b>Août</b>		135.49	104.02	239.51

### V.5.8. Calcul des débits spécifiques :

Les débits spécifiques sont calculés en fonction des besoins en eau propres à chaque culture, qui ont été préalablement évalués en tenant compte de la répartition des cultures. Le débit d'irrigation requis pour répondre aux besoins maximaux en eau est fourni de manière continue, 22 heures sur 24, afin de couvrir les besoins en eau mensuels. Les débits spécifiques sont déterminés à l'aide de la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_m \times 10 \times 1000}{T \times t \times K \times 24}$$

Où :

- **B<sub>m</sub>** : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m<sup>3</sup>/ha

## Chapitre V : Besoin en eau d'irrigation

- **t** : Durée d'irrigation par jour. (1 heure = 3600 secondes)
- **T** : Nombre de jours d'irrigation dans le mois, généralement fixé à 30 jours.
- **K** : Coefficient d'efficacité global du système d'irrigation, généralement d'environ 0.75

Les besoins de pointe correspondent au mois d'Aout:

**Bnet= 239.51 mm/mois.**

**qs =1.23 l/s/ha < 1.5l/s/ha**

Par conséquent, le débit spécifique pris en compte pour Notre périmètre est de : **qs= 1.23 (l/s/ha)**

### V.5.9.Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de Desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle.

**Qcar=qs× S**

**qs**=Le débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

**S**=c'est la superficie nette à irriguer =**123ha**

**Donc: Qcar= qs×S =1.23×123=151.29 l/s**

### V.5.10.Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

«Volume des besoins en eau = Besoins bruts de la culture (m<sup>3</sup>) ×Surface (m<sup>2</sup>)»

Les besoins en eau sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau VI.15 : Besoins en eau totaux:**

Type de culture	Surface (ha)	Besoins Nets (mm)	Besoins Bruts (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins Totaux (m <sup>3</sup> )
<b>Courgette</b>	25	40	533.33	13333
<b>Haricot</b>	33	362.18	4829.07	159359
<b>P'olivier</b>	65	524.91	6998.8	454922
	<b>123 ha</b>		<b>Total</b>	<b>627614</b>

Donc le volume nécessaire est de **627614m3**.

### **VI.12. Conclusion :**

Afin de compenser ce manque en eau et de garantir une croissance optimale des cultures, nous avons entrepris une démarche visant à déterminer avec précision les besoins en eau de chaque culture Sélectionnée.

On remarque que le mois de pointe est le mois d'Aout, ce qui a Autorisé de calculer le débit spécifique ( $qs = 151.29 \text{ l/s/ha}$ ), avec le volume total des besoins en eau de ce Périmètre est de **627614m<sup>3</sup>**.

# **Chapitre VII :**

## **Enjeux et**

### **Paramètres**

#### **Dimensionnelles du**

##### **Traitement tertiaire**



### VII.1.Introduction :

Les méthodes conventionnelles, telles que celles utilisées dans notre station d'épuration

Basée sur les boues activées, sont efficaces pour éliminer divers types de polluants,

Notamment les matières en suspension, les composés organiques, ainsi que les nutriments tels que l'azote et le phosphore, Cependant, elles ne garantissent pas une protection complète contre les risques sanitaires ni une qualité optimale pour la réutilisation agricole.

C'est pourquoi la mise en place d'un traitement tertiaire a été proposée.

Cette étape de traitement est dimensionnée pour traiter la totalité du débit moyen horaire qui est de 2 334 m<sup>3</sup>/h.

En sortie de clarification, un relevage des eaux clarifiées est prévu vers les ouvrages de Traitement tertiaire afin d'assurer un écoulement gravitaire tout le long de la filière du Traitement tertiaire.

### VII.2.Procède du Traitement Tertiaire :

Le processus comprend :

- **Refoulement des eaux clarifiées**
- **Filtre à sable**
- **Désinfection par rayonnement ultraviolette**

### VII.3.Refoulement des eaux clarifiées:

#### VII.3.1.La conduite de refoulement :

Lors de la conception de la conduite de refoulement, le facteur déterminant est principalement la vitesse d'écoulement. Il est essentiel que la vitesse de refoulement reste inférieure à 2 m/s, car au-delà de cette valeur, les pertes de charge deviennent excessives. Cependant, une vitesse de refoulement inférieure à 0,6 m/s présente le risque de sédimentation et d'obstruction de la canalisation. Cela peut entraîner des rétrécissements de section, perturber l'écoulement et augmenter les pertes de charge.

Le diamètre de la conduite de refoulement est calculé de manière à obtenir une vitesse de circulation proche de 1 m/s lors de l'opération de pompage.... (1).

Cette relation est exprimée par l'équation :

$$Q = v \times S$$

Avec :

-  $Q$  : Débit circulé dans la conduite (m<sup>3</sup>/s)

## Chapitre VII : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

---

- $v$  : Vitesse (m/s)
- $S$  : Surface  $m^2$
- $D$  : Diamètre de la conduite (m).

Le débit à relever par la pompe est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{pompe}} = Qh \times \frac{24}{16}$$

(Ce débit nous permet de pomper un volume de  $3501 m^3/h$  pendant 16h).

$$Q_{\text{pompe}} = 3501 m^3/h$$

On va installer 2 pompes en parallèle soit  $Q_1 = Q_2 = 1750.5 m^3/h = 0,49 m^3/s$

Le diamètre de la conduite de refoulement :

(On calcule le diamètre à travers les deux formules suivantes pour choisir le diamètre le plus économique suivant la relation de BRESSE en USI).

$$\hat{O} = \sqrt{Q} = 0,7m$$

$$\hat{O} = 1,5 \cdot \sqrt{Q_i} = 1,05 m$$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_{int}^2}$$

Pour :  $\hat{O} = 0,67m$  ;  $V = 1.39 m/s$

$\hat{O} = 1,05 m$  ;  $V = 0.57 m/s$

La vitesse du liquide dans la conduite doit être comprise entre 1,39 et 0,57 m/s,

D'après (1) :

$$Q = v \times S$$

En utilisant la vitesse  $v = 1 m/s$ , l'équation devient :

$$Q = S = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Ce qui permet de calculer le diamètre de la conduite :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi}}$$

Donc :

$$D = 0.79 m$$

- Le diamètre normalisé : DN = 800 mm
- Le type PEHD PN 10 bars

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_{int}^2}$$

$$v=0.98\text{m/s}$$

### VII.3.2. Hauteur manométrique totale (HMT) :

Dans le cas d'une station de relevage qui n'a qu'une opération de refoulement sans aspiration, la Hauteur Manométrique Totale (HMT) peut être simplifiée. Dans ce scénario, vous n'avez pas besoin de considérer la hauteur d'aspiration (HA) car il n'y a pas de pompage depuis un niveau d'aspiration inférieur, comme dans le cas d'un puits ou d'un réservoir.

La formule pour calculer la HMT devient donc la somme de la hauteur de refoulement (HR) et de la hauteur de pression (HP) nécessaire pour surmonter les pertes de charge dans la conduite. Cela peut être exprimé comme suit :

$$HMT=HR+HP+P_{exh}$$

$P_{exh}$  : La pression à l'exhaure, c'est-à-dire la pression générée par la pompe à la sortie (point de refoulement), tel que  $P_{exh}$  (1:1,5) m, en prend  **$P_{exh}= 1\text{m}$** .

$$HR=4 \text{ m}$$

$$HP=\Sigma hp_{lin}+\Sigma hp_{sin} :$$

- $\Sigma hp_{lin}$  : Pertes de charge linéaires, qui sont principalement dues à la friction du fluide avec les parois de la conduite. Elles dépendent de la longueur de la conduite, du débit, du diamètre, de la rugosité, et d'autres facteurs.
- $\Sigma hp_{sin}$  : Pertes de charge singulières, qui sont causées par des éléments perturbateurs tels que les coudes, les vannes, les réductions, etc. Ces pertes de charge dépendent du type et du nombre d'éléments perturbateurs présents dans la conduite.

$$\Sigma hp_{sin} = 10\% \Sigma hp_{lin}$$

$$\Delta H_{lin} = \frac{K \times L \times Q_{en}^{\beta}}{D^m}$$

**K** : Coefficient de perte de charge.

**Q<sub>en</sub>**: Débit entrant, =  $0,49\text{m}^3/\text{s}$

**L** : Longueur de la conduite, L=100 m

## Chapitre VII : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

$\beta$  : Coefficient dépendant du régime d'écoulement.

$m$ : Coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

**Tableau.VII.1** : Les valeurs de K, m et  $\beta$

Matériau	K	m	$\beta$
Acier	0.00179 à 0.001735	5.1 à5.3	1.9 à 2
Fonte	0.00179 à 0.001735	5.1 à5.3	1.9 à 2
Amiante-ciment	0.00118	4.89	1.85
Plastique	0.001052	4.774	1.77

Le choix du PEHD (Polyéthylène à haute densité) comme matériau pour notre conduite s'explique par plusieurs avantages essentiels :

1. **Résistance à la corrosion** : Le PEHD est intrinsèquement résistant à la corrosion, ce qui en fait un choix idéal pour le transport d'eaux usées potentiellement corrosives.
2. **Étanchéité** : Le PEHD présente une excellente étanchéité, minimisant les fuites et les infiltrations d'eau extérieure, ce qui est essentiel pour maintenir l'intégrité du Système.
3. **Durabilité** : Il est reconnu pour sa durabilité, capable de résister à l'usure et aux contraintes mécaniques, ce qui assure une longue durée de vie opérationnelle.
4. **Faible rugosité** : La surface interne lisse du PEHD réduit la résistance au flux, Limitant ainsi les pertes de charge et améliorant l'efficacité hydraulique.
5. **Légèreté** : Sa légèreté facilite la manutention, le transport et l'installation de La conduite.
6. **Résistance chimique** : Il est compatible avec un large éventail de produits Chimiques, ce qui est particulièrement important pour les eaux usées susceptibles de contenir diverses substances.
7. **Faible entretien** : Le PEHD nécessite généralement peu d'entretien, ce qui peut Réduire les coûts à long terme.

8. **Facilité d'assemblage** : Il est compatible avec diverses méthodes de soudage, simplifiant ainsi l'assemblage de la conduite.

Avec :

$$K= 0,001052m = 4,774\beta = 1,7 L= 100 \text{ m}$$

$$\Sigma hp \text{ lin} = 0.90m$$

$$\Sigma hp \text{ sin} = 0.09m$$

D'où :

$$HMT = 0.9 + 0.09 + 4 + 1 = 6m$$

### VII.3.3.Choix d'un type de pompe :

Il est essentiel de sélectionner la pompe qui convient le mieux à vos besoins en termes de débit, de pression, de type de fluide et d'autres paramètres.

Le catalogue **Caprari**, ainsi que le logiciel associé, est un outil précieux pour effectuer cette sélection de manière efficace et précise.

On choisit la pompe de type pour notre système est basé sur les caractéristiques spécifiques de cette pompe, qui sont détaillées dans la fiche technique (**annexe**).

L'installation de deux pompes en parallèle avec une troisième en secours est une configuration courante dans de nombreux systèmes de refoulement, notamment dans les systèmes de Traitement des eaux usées. Cette configuration offre plusieurs avantages importants :

1. **Redondance** : En ayant une pompe en secours, vous assurez la redondance du système. En cas de défaillance d'une des pompes principales, la pompe de secours peut prendre le relais, garantissant ainsi la continuité du fonctionnement du système.
2. **Fiabilité** : Deux pompes en parallèle augmentent la fiabilité globale du système. Si une pompe tombe en panne pour une raison quelconque, l'autre peut continuer à fonctionner, réduisant ainsi les risques d'interruption du service.
3. **Flexibilité** : Cette configuration permet d'ajuster la capacité de pompage en fonction des besoins. Les deux pompes principales peuvent être utilisées conjointement pour les débits élevés, tandis qu'une seule peut être activée pour les débits plus faibles.

### VII.4.Diviseur de débit :

Le processus de répartition du débit est réalisé au moyen d'une structure de génie civil spécialement conçue, avec une hauteur suffisante pour permettre l'écoulement gravitaire de l'eau vers l'unité de traitement suivante.

Pour surveiller et enregistrer précisément cette répartition du débit, un débitmètre à ultrasons doit être installé dans le collecteur de sortie de chaque diviseur.

### VII.5. Filtration sur sable :

Les eaux qui ont été traitées biologiquement et clarifiées sont ensuite dirigées vers des filtres à sable pour une élimination supplémentaire des matières en suspension. Cette étape de filtration sur sable permet d'atteindre des taux d'élimination des matières en suspension approchant les 80 %, réduisant ainsi la pollution organique carbonée de 60 à 75 %.

#### **IMPORTANT :**

**La filtration sur sable est efficace pour réduire la conductivité, contribuant ainsi à améliorer la qualité de l'eau traitée en la rendant moins salée**

Tableau.VII.2 : Dimensionnement d'un filtre à sable

<b>Filtre à Sable</b>			
	Unité	Résultat	formule
<b>Caractéristique principales</b>			
Débit de dimensionnement	m <sup>3</sup> /h	2344	Qd
Nombre des canaux uv	Unités	2	N
<b>Dimensionnement des filtres</b>			
La vitesse de filtration	m/h	10	v
Surface de filtration	m <sup>2</sup>	234.4	S=Qd/v
Surface filtrante par filtre	m <sup>2</sup>	117.2	Sn=S/N = 2l <sup>2</sup>
Largeur	m	7.65	l
Longueur	m	15.3	L=2l
Hauteur	m	1	H
Volume totale des filtres	m <sup>3</sup>	468.8	VTu= Vu×N
Volume de filtre	m <sup>3</sup>	234.4	Vu= l×L×P
<b>Dimensionnement du rétro-lavage</b>			
La vitesse de sédimentation de l'eau du média filtrant	m/s	1.3 × 10 <sup>-9</sup>	Ute = Ut* × [ρf <sup>2</sup> / (μf * (ρp - ρf)*g)] <sup>-1/3</sup>
La vitesse de sédimentation de l'aire du média filtrant	m/s	3.14 × 10 <sup>-9</sup>	Uta = Ut* × [ρf <sup>2</sup> / (μf * (ρp - ρf)*g)] <sup>-1/3</sup>
Vitesse terminal sans dimension de particule	m/s	5,55 × 10 <sup>-8</sup>	Ut* = [(18/ dp <sup>2</sup> ) + ((2,355 - 1,744 * φ) / dp <sup>0.5</sup> )] <sup>-1</sup>
Débit d'eau de lavage	m <sup>3</sup> /s	3.05 × 10 <sup>-8</sup>	Qeau = 0,1× Ute× S
Débit d'aire de lavage	m <sup>3</sup> /s	7.36× 10 <sup>-8</sup>	Qair = 0,1× Uta× S
La perte de charge de l'eau du média filtrant	m	9.47	ΔP = H* g *(1 - εlit) * (ρp - ρf)
La perte de charge d'aire du média filtrant	m	15.35	ΔP = H×g × (1 - εlit) × (ρp - ρf)
Le volume d'eau à la phase de rétro-lavage	m <sup>3</sup>	1.1× 10 <sup>-5</sup>	Vi = Qeau × trétro-lavage
Temp de rétro-lavage (eau)	min	6	trétro-lavage
Le volume d'aire à la phase de rétro-lavage	m <sup>3</sup>	1.8× 10 <sup>-5</sup>	Vi = Qair × trétro-lavage
Temp de rétro-lavage (air)	min	4	trétro-lavage

### VII.6. Désinfection par rayonnement Ultraviolette :

L'eau filtrée est désinfectée par rayonnement ultraviolet à l'intérieur de deux modules de lampes installés parallèlement aux deux canaux. Chaque module est isolé à l'aide de vannes murales. Le nettoyage des modules est automatique et se fait par voie mécanique et Chimique. Le réglage de la dose de rayonnement UV est automatiquement réalisé en Fonction du débit.

Le degré de désinfection garanti de l'eau après traitement tertiaire sera de 100 UFC par 100 ml

L'étape de désinfection est alimentée gravitaire en sortie des tamis de filtration. Un déversoir est prévu pour permettre le by-pass de la désinfection UV.

La qualité de l'eau traitée annoncée dans cette offre ne peut être garantie si l'étape de Désinfection UV est by-passée.

La désinfection aux Ultraviolets consiste à détruire les micro-organismes bactériens en Utilisant les propriétés que possèdent les rayons UV pour déformer l'ADN bactérien (Acide Désoxyribose Nucléique) et empêcher ainsi les micro-organismes de se reproduire.

Alors que le spectre des UV s'étale entre 100 et 400 nm, on a observé que l'action germicide des UV a une efficacité maximale entre 250 et 260 nm qui se traduisent par un blocage de

La reproduction du matériel génétique cellulaire. Ainsi, les lampes UV que nous avons choisi émettent à 254 nm.

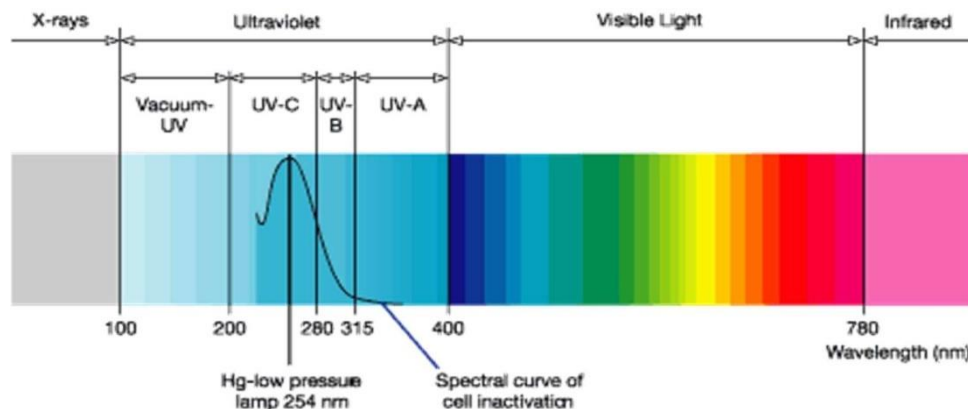
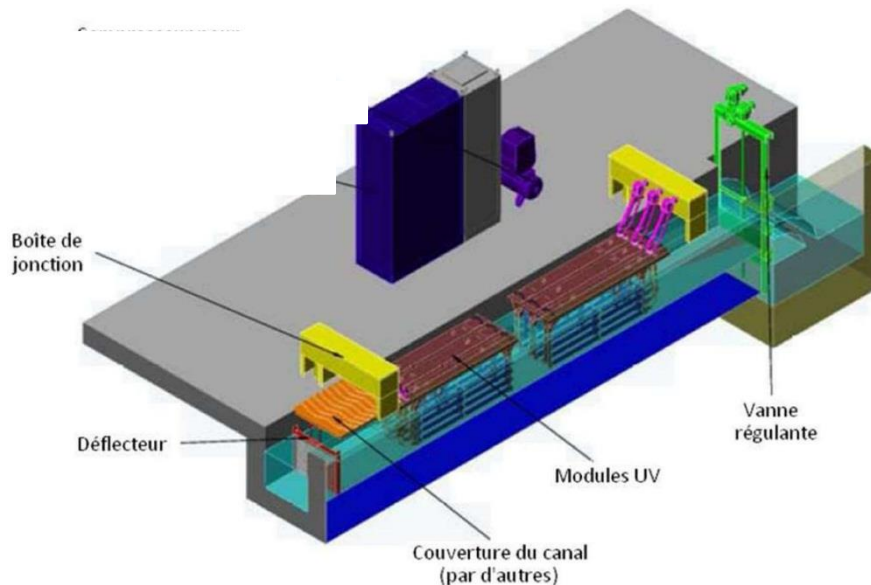


Figure VII.1 : Répartition des longueurs d'onde en UV

#### ➤ Descriptif du fonctionnement :

Les émetteurs UV utilisés pour la désinfection sont des lampes à vapeur de mercure. Ce qui s'explique par le fait que lors de leur excitation par décharge Électrique, les atomes de mercure présentent une raie de résonance qui a son maximum à 253,7 nm et qui correspond justement à la longueur d'onde de destruction de l'ADN.





**Figure VII.2** : Installation de lampes UV en canal ouvert

Le développement de la technologie et des lampes à vapeur de mercure en particulier, Permet de disposer actuellement d'une large gamme d'émetteurs U.V. à puissance variable. Nous avons prévu la mise en œuvre de canaux chacun équipé de lampes de type basse pression et haute intensité.

Le débit instantané traité peut atteindre 1167 m<sup>3</sup>/h. Les lampes sont regroupées pour former une série de 2 bancs. Ces bancs sont installés dans un canal ouvert et équipée de 24 lampes chacun.

Afin d'assurer une irradiation optimale, un dispositif de maintien de plan d'eau est placé en aval de chaque canal de désinfection. En effet, pour que l'action des rayons UV ne soit pas altérée, la lame d'eau au-dessus des lampes ne doit pas dépasser 5 cm. Pour cela,

Un capteur de niveau est placé à l'aval des bancs pour réguler la vanne pelle motorisée en sortie de canal.

Les lampes sont utilisées et éprouvées depuis de nombreuses années dans le domaine Industriel. Pour augmenter leur durée de vie, des gaines de protection en quartz ont été créées.

Pour faciliter l'exploitation de l'unité de désinfection, chaque module est équipé D'un dispositif de nettoyage automatique (mécanique et chimique) des lampes.

Ce nettoyage consiste en un raclage mécanique le long des gaines de quartz, le balayage s'effectuant toutes les 20 minutes environ.

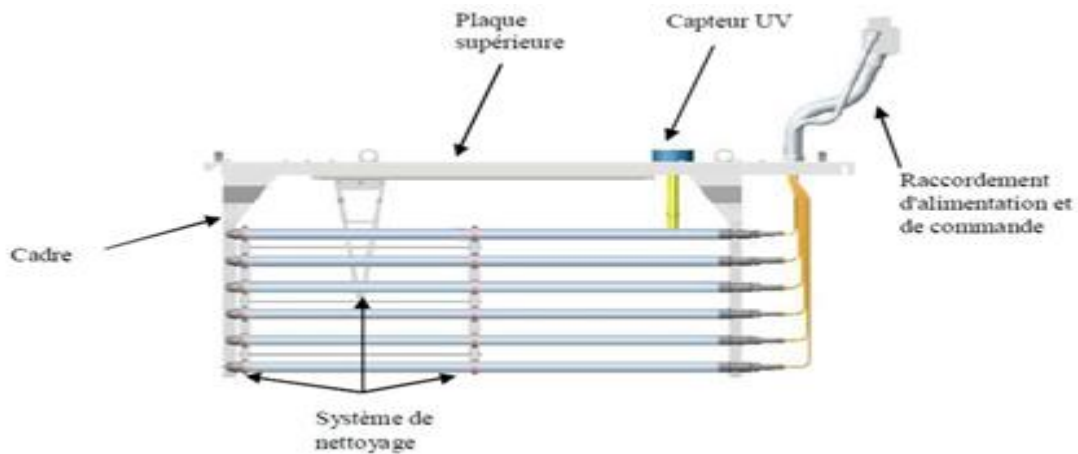


Figure VII.3 : Les bancs UV

Tableau.VII.3 : Dimensionnement du Canal UV

Canal UV			
	Unité	Résultat	formule
<b>Caractéristique principales</b>			
Débit de dimensionnement	m <sup>3</sup> /h	2344	Qd
Nombre des canaux uv	Unités	2	N
<b>Géométrie du canal</b>			
Volume totale des canaux	m <sup>3</sup>	6.6	VTu=Vu×N
Volume de la fosse	m <sup>3</sup>	3.3	Vu= l×L×P
largeur	m	0.46	l
Longueur	m	6	L
Profondeur	m	1.2	P
<b>Dimensionnement des équipements</b>			
Débit par ouvrage	m <sup>3</sup> /h	1167	Qu = Qd / N
Nombre de banc par canal	u	2	nbb
Nombre de module par banc	u	2	nbm
Nombre de lampe par banc	u	14	nbl
Nombre totale de lampe par canal	u	56	nbt = nbb × nbm × nbl
Puissance unitaire de lampe	W	300	Pu
Puissance totale installée	kW	33.6	Put = Pu × nbt × N / 1000

## Chapitre VII : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

Vitesse hydraulique par lampe	$\frac{m^3}{h/u}$	20.84	$v_l = Q_u / nbt$
Dose UV minimale	$\frac{mJ}{cm}$	86.3	do
Transmittance UV minimale à 254nm et sur 10 mm	%	50	Tm

### VII.7. Réservoir d'eau traitée :

A la sortie du canal venturi il est prévu un réservoir de stockage des eaux traitées, afin de les pomper vers le périmètre d'irrigation projeté, ce réservoir sera asservi comme

Une bêche de pompage pour la future station de qui alimentera le périmètre d'irrigation.

Selon une étude de bureau, pour des raisons économiques, le volume du réservoir

Ne dépasse pas 1000 m<sup>3</sup> avec un temps de rétention minimale de 20 min.

On a un débit de 2234m<sup>3</sup>/h

On prend V=1000 m<sup>3</sup>

Le Réservoir carré en béton armé de largeur **l=18m** Et profondeur **H= 3.10m**

### VII.8. Conclusion :

L'objectif principal de l'éventuelle réutilisation des eaux usées épurées de la STEP de

SALAMANDRE est de préserver à la fois l'environnement et la santé humaine, d'autant plus que cette zone est une destination touristique prise pour la baignade.

Nous avons choisi la méthode de traitement la plus adaptée, qui comprend les procédés suivantes :

#### **Filtration sur Sable + Désinfection aux ultraviolets (UV)**

Le degré de désinfection garanti de l'eau après traitement tertiaire sera  $\leq 100$  CFU/100 mL.

L'installation d'un système de traitement tertiaire recommandée pour le traiter tout ou d'une partie du débit des eaux usées épurées (EUE).

Cette mesure est d'autant plus importante compte tenu du fait que la réutilisation

De l'ensemble des eaux usées épurées pourrait suffire pour répondre aux besoins en eau

D'irrigation de 123 hectares des terres agricoles.

# **CHAPITRE VIII :**

## **Organisation du**

### **Chantier**

### VII.1.Introduction :

L'organisation sur le chantier implique la prévision et la gestion efficace des ressources Humaines, matérielles et matériaux nécessaires. Elle vise à établir un rythme de travail Optimal pour garantir une exécution rapide, de haute qualité et économique des travaux.

### VII.2.Rôles et responsabilités des intervenants sur chantier :

Avant d'aborder en détail le sujet de la construction d'un barrage, il est essentiel de rappeler les responsabilités des divers intervenants impliqués dans ce processus.

#### VII .2.1.Le maître de l'ouvrage :

Le maître de l'ouvrage, qu'il s'agisse d'une personne physique ou morale, est la partie à Laquelle les travaux de construction sont réalisés. C'est essentiellement le client, que ce soit un promoteur, un constructeur, une entreprise, une agence gouvernementale ou une autre entité. Le rôle du maître comprend les responsabilités suivantes :

1. **Établir les besoins de construction** : Le maître de l'ouvrage définit les besoins du projet, y compris les spécifications, les exigences fonctionnelles et esthétiques.
2. **Organiser les opérations d'investissement** : Il planifie et organise les aspects
3. financiers et logistiques du projet, y compris le financement, les ressources Humaines, la gestion des contrats et des délais.
4. **Choisir le maître d'œuvre ou le bureau d'études** : Le maître de l'ouvrage est Responsable de sélectionner l'architecte, l'ingénieur ou le bureau d'études qui sera chargé de concevoir et de superviser le projet.
5. **Financer les travaux réalisés** : Il assure le financement nécessaire pour La réalisation du projet, y compris les paiements aux entrepreneurs, aux Sous-traitants et aux consultants, ainsi que tous les autres coûts associés à la construction.

#### VII.2.2.Le maître d'œuvre :

Le maître d'œuvre, qu'il s'agisse d'une personne physique ou morale, est désigné par le maître de l'ouvrage pour remplir plusieurs fonctions tout au long du projet de construction. Ses responsabilités principales comprennent :

1. **Réception de l'ouvrage** : Le maître d'œuvre est chargé de recevoir l'ouvrage une fois les travaux achevés. Cela implique de vérifier que les travaux ont été réalisés conformément aux spécifications et aux exigences contractuelles.
2. **Établissement du dossier de consultation des entreprises** : Avant le lancement de l'appel d'offres, le maître d'œuvre prépare le dossier de consultation des Entreprises. Ce dossier comprend tous les documents nécessaires pour que Les entreprises puissent soumissionner pour le projet, tels que les plans, les cahiers des charges, et les spécifications techniques.
3. **Assistance au maître d'ouvrage pour l'analyse des offres** : Le maître d'œuvre aide le maître de l'ouvrage à évaluer les offres soumises par les entreprises. Cela implique de comparer les propositions, d'examiner les coûts et les délais, et de Recommander la sélection de l'entrepreneur le plus approprié.

4. **Contrôle de l'exécution des travaux :** Une fois que les travaux ont commencé, Le maître d'œuvre surveille de près l'exécution des travaux pour garantir qu'ils Respectent les spécifications du projet, les normes de qualité et le calendrier Convenu.
5. **Proposition de réception et de règlement des travaux :** Lorsque les travaux sont terminés, le maître d'œuvre propose la réception de l'ouvrage au maître de L'ouvrage. Cela signifie qu'il estime que les travaux ont été correctement exécutés. Il établit également le décompte final des travaux, ce qui permet de déterminer Le montant final à payer à l'entrepreneur.

### VII.2.3.L'entrepreneur :

L'entrepreneur, qu'il s'agisse d'une personne physique ou morale, est chargé de

La réalisation des travaux conformément aux conditions préalablement définies. Son rôle

Englobe les responsabilités suivantes :

1. **Étudier le projet du point de vue des coûts :** L'entrepreneur évalue le projet du point de vue financier, en étudiant les spécifications, les plans et les exigences, afin de déterminer le coût total de la réalisation du projet.
2. **Déterminer les prix unitaires :** Il établit les prix unitaires pour la réalisation de chaque composant ou ouvrage du projet. Ces prix unitaires servent de base pour établir le devis du projet.
3. **Concevoir les plans d'installation de chantier :** L'entrepreneur élabore les plans d'installation de chantier, qui détaillent la manière dont le chantier sera organisé, Y compris l'emplacement des équipements, des matériaux, et des zones de travail.
4. **Réaliser les ouvrages prévus :** Une fois le contrat signé, l'entrepreneur est chargé de mettre en œuvre les travaux conformément aux spécifications du projet et aux délais convenus.

L'entrepreneur utilise généralement du matériel standard couramment utilisé sur les chantiers de travaux publics. Cependant, dans certains cas, l'utilisation de gros engins mécaniques peut être envisagée pour accélérer la réalisation des travaux et

Potentiellement réduire les coûts, en particulier pour les projets de grande envergure.

### VII.3.Le devis des différents travaux de réalisation de Traitement

#### Tertiaire :

Le devis réalisation des différents travaux de traitement tertiaire consiste à répertorier et à estimer les coûts associés à la mise en place de cette phase spécifique du traitement de l'eau. Il inclut les détails des travaux, les quantités de matériaux nécessaires.

### VII.4. La Planification :

#### VII.4.1. Définition :

La planification des travaux est un outil essentiel visant à optimiser l'utilisation de la main-d'œuvre et des ressources disponibles pour assurer l'efficacité des actions à entreprendre. Son objectif est de garantir que les travaux se déroulent de manière appropriée, en respectant les délais et en minimisant les coûts. Elle englobe les étapes suivantes [38]

- **L'installation des postes de travail** : Cela implique la mise en place des zones de travail et des équipements nécessaires pour exécuter les tâches du projet.
- **L'observation instantanée** : Il s'agit d'examiner attentivement les opérations en cours pour identifier d'éventuelles améliorations ou inefficacités.
- **L'analyse des tâches** : Cette étape consiste à décomposer les tâches du projet en éléments plus petits et plus gérables, ce qui facilite leur planification et leur exécution.
- **Le chronométrage** : Cela implique la mesure précise du temps nécessaire à l'accomplissement de chaque tâche, ce qui permet d'établir un calendrier réaliste pour le projet.

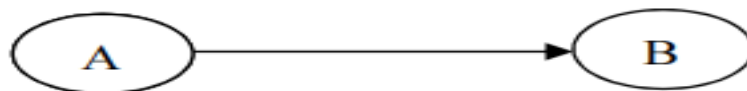
#### VII.4.2. Techniques de la planification :

La planification utilise principalement deux méthodes distinctes :

##### VII.4.2.1. Méthodes basées sur le réseau :

Méthodes basées sur le réseau : Cette approche repose sur la représentation graphique d'un projet pour illustrer les relations entre différentes opérations, qu'elles soient successives, simultanées ou convergentes, ainsi que pour définir la durée de réalisation. Deux types de réseaux sont couramment utilisés :

- **Réseau à flèches** : Chaque opération est représentée par une flèche, et la séquence des opérations est indiquée par des nœuds.



- **Réseau à nœuds** : Chaque opération est symbolisée par un nœud, et la succession des opérations est représentée par des flèches.



##### VII.4.2.2. Construction du réseau :

La construction d'un réseau de planification implique six étapes essentielles :

1. **Établissement d'une liste des tâches** : Cette première étape consiste à créer un inventaire exhaustif et détaillé de toutes les opérations nécessaires à

La réalisation du projet. Cela implique de recenser toutes les tâches qui doivent être accomplies pour atteindre les objectifs du projet.

- 2. Détermination des tâches antérieures :** Une fois la liste des tâches établie, il est parfois difficile de décider si certaines tâches doivent être exécutées

Successivement (l'une après l'autre) ou convergentes (en parallèle). Cette étape consiste à identifier les relations de dépendance entre les tâches, c'est-à-dire quelles tâches doivent être terminées avant que d'autres puissent commencer. Cette information est essentielle pour construire un réseau de planification

Cohérent

- 3. Construction des graphes partiels :** Cette phase consiste à créer des sous-graphiques qui représentent des groupes de tâches liées entre elles.
- 4. Regroupement des graphes partiels :** Les sous-graphiques construits précédemment sont regroupés pour former un réseau de planification global.
- 5. Détermination des tâches de début et de fin :** Il est nécessaire d'identifier quelles tâches marquent le début et la fin du projet.
- 6. Construction du réseau :** Enfin, le réseau global est construit en reliant les tâches de manière à représenter la séquence et les dépendances entre elles.

### VII.4.3. Différentes méthodes basées sur le réseau (Benlouakli, 2004) :

#### VII.4.3.1. Méthode C.P.M (Méthode française) :

Il existe différentes méthodes de planification basées sur le réseau, parmi lesquelles la méthode C.P.M (Critical Path Method ou Méthode du Chemin Critique), souvent associée à la méthode française. Cette méthode vise à réduire les délais de réalisation d'un projet en prenant en compte trois phases importantes :

- 1. Première phase :** Cette phase consiste à déterminer l'effectif nécessaire pour exécuter le travail considéré. Il s'agit de définir les ressources humaines et matérielles requises pour chaque tâche du projet.
- 2. Deuxième phase :** Dans cette étape, on analyse systématiquement le réseau, en prenant en compte l'unité de temps choisie (heure par heure, jour par jour, etc.). Cela permet de suivre précisément la progression du projet et d'identifier les tâches critiques, c'est-à-dire celles qui ont un impact direct sur la durée totale du projet.
- 3. Troisième phase :** Cette dernière phase implique l'adaptation du réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise. Cela peut inclure des ajustements pour tenir compte des ressources disponibles, des contraintes budgétaires ou d'autres facteurs influençant la réalisation du projet. [38]

#### VII.4.3.2. Méthode P.E.R.T (Program Evaluation and Review Technical) :

La méthode PERT (Program Evaluation and Review Technique) est une technique

D'ordonnement des tâches et de contrôle des programmes. Elle consiste à organiser sous forme de réseau plusieurs tâches en fonction de leur chronologie et de leurs dépendances, le tout dans le but de contribuer à l'obtention d'un produit fini. Cette méthode est

Particulièrement efficace pour la planification et la gestion de projets complexes.



### VII.4.3.3.Méthodes basées sur le graphique :

Les méthodes basées sur le graphique sont une autre approche de la planification de projet. Deux de ces méthodes sont notamment utilisées :

- **Méthode linéaire (ligne of balance technique) :** Cette méthode est adaptée à la planification de projets de construction où les travaux sont répétitifs. Elle consiste à organiser les tâches de manière linéaire, en fonction de la séquence de réalisation et de la répétition des opérations. Elle est particulièrement utile pour les projets où des activités similaires se répètent de manière prévisible.
- **Méthode à barres :** Cette technique implique la création de deux réseaux et d'un diagramme à barres, également appelé plan de travail. Les deux réseaux Représentent généralement les activités de préparation et d'exécution.  
  
Le diagramme à barres affiche visuellement la progression des travaux, chaque barre représentant une tâche ou une activité. Cette méthode est efficace pour suivre l'avancement des tâches de manière intuitive.

### VII.4.4.Les étapes de la planification :

Le processus de planification comporte plusieurs étapes cruciales pour assurer le succès d'un projet. Voici un résumé de ces étapes :

- **Collecte des informations :** Cette phase consiste à recueillir toutes Les informations pertinentes sur le projet. Cela peut inclure des données sur les ressources disponibles, les contraintes, les délais, les coûts, etc. L'objectif est d'avoir une compréhension complète du projet.
- **Décomposition du projet :** Dans cette étape, le projet est décomposé en tâches plus petites et gérables. Chaque tâche est identifiée, définie et attribuée à Un responsable. Cela permet une meilleure gestion et une répartition claire des Responsabilités.
- **Relations entre les tâches :** Il existe deux types de relations entre les tâches :
  - **Enchaînement logique :** Certaines tâches doivent être effectuées dans un ordre spécifique, où la fin d'une tâche déclenche le début de la suivante. Par exemple, il est logique de construire les fondations avant d'ériger Les murs.
  - **Enchaînement préférentiel :** Certaines tâches peuvent être effectuées en parallèle ou dans un ordre différent en fonction des ressources disponibles ou d'autres facteurs. Par exemple, la peinture intérieure peut commencer avant que tous les travaux de plomberie ne soient terminés.
- **Choix de la méthode de calcul (Benlouakli, 2004) :**  
Le choix de la méthode de calcul pour la planification dépend en grande partie du type d'ouvrage à construire. Dans le cas où les opérations doivent être effectuées de manière séquentielle, la méthode C.P.M. (Critical Path Method ou Méthode du Chemin Critique) est généralement préférable. Cette méthode est particulièrement adaptée pour gérer des projets où les délais sont critiques et où il est essentiel de Déterminer les tâches qui peuvent entraîner des retards dans l'ensemble du projet.

La méthode C.P.M. identifie le chemin critique du projet, c'est-à-dire la séquence d'activités qui détermine la durée minimale nécessaire pour terminer le projet. Cela permet de prioriser les tâches et de concentrer les ressources sur celles qui ont le plus grand impact sur le calendrier global.

### VII.4.5. Les paramètres de calcul dans la méthode C.P.M :

Dans la méthode du Chemin Critique (C.P.M.), plusieurs paramètres sont utilisés pour Planifier et gérer efficacement un projet. Voici une explication des principaux paramètres :

- 1. DCP (Date de Commencement au Plus Tôt) :** Il s'agit de la date la plus tôt à laquelle une tâche peut commencer en respectant les contraintes du projet, telles que les dépendances entre les tâches et les ressources disponibles.
- 2. tr (Temps de Réalisation) :** C'est la durée estimée nécessaire pour accomplir une tâche spécifique. Le temps de réalisation peut varier en fonction de divers facteurs, tels que les ressources affectées à la tâche.
- 3. DFP (Date de Fin au Plus Tôt) :** Cette date représente la date la plus tôt à laquelle une tâche peut être terminée en respectant les contraintes du projet. Elle est calculée en ajoutant le temps de réalisation ( $tr$ ) à la date de commencement au plus tôt (DCP).
- 4. DCPP (Date de Commencement au Plus Tard) :** C'est la date la plus tardive à laquelle une tâche peut commencer sans retarder le calendrier global du projet. Elle est déterminée en fonction de la date de fin au plus tôt (DFP) des tâches suivantes.
- 5. DFPP (Date de Fin au Plus Tard) :** Il s'agit de la date la plus tardive à laquelle une tâche peut être terminée sans retarder le projet dans son ensemble. Elle est calculée en soustrayant le temps de réalisation ( $tr$ ) à la date de fin au plus tard (DCPP).
- 6. MT (Marge Totale) :** La marge totale représente l'intervalle de temps disponible pour effectuer une tâche sans retarder le projet. Elle est calculée en soustrayant la date de commencement au plus tôt (DCP) de la date de commencement au plus tard (DCPP) ou en soustrayant la date de fin au plus tôt (DFP) de la date de fin au plus tard (DFPP).

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

$$DFP = DCP + tr$$

$$DCPP = DFPP - tr$$

Ces paramètres sont essentiels pour déterminer le chemin critique du projet.

### VII.4.5.1. Chemin critique (C.C) :

Il représente la séquence d'activités ou de tâches qui détermine la durée totale du projet.

Pour identifier le chemin critique, vous examinez chaque chemin dans le réseau d'activités du projet et calculez les marges totales pour chaque chemin. Le ou les chemins avec

Une marge totale de 0 constituant le chemin critique.

Il suffit de vérifier la double condition suivante :  $MT = 0$  et  $\Sigma trcc = DTP$

### VII.4.5.2. Diagramme de Gantt :

Le diagramme de Gantt, largement utilisé en gestion de projet, est un outil extrêmement efficace pour présenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités ou tâches qui composent un projet. Il est composé de deux éléments principaux :

- 1. Liste des tâches :** À gauche du diagramme, vous trouverez une liste de toutes Les tâches à accomplir dans le projet. Chaque tâche est répertoriée individuellement.
- 2. Échelle de temps :** En haut du diagramme, il y a une ligne de temps qui est étiquetée avec les unités de temps appropriées pour le projet, telles que les jours, les semaines ou les mois.

Pour chaque tâche, une barre horizontale est affichée sur le graphique. Cette barre représente graphiquement la tâche en question et comprend plusieurs informations importantes :

- **Positionnement horizontal :** La position de la barre horizontale le long de l'axe temporel indique quand la tâche commence et se termine. Le début de la barre Correspond à la date de début de la tâche, tandis que la fin de la barre correspond à la date de fin prévue.
- **Longueur de la barre :** La longueur de la barre représente la durée estimée de La tâche. Plus la barre est longue, plus la tâche prend de temps à accomplir.
- **Chevauchement des barres :** Dans certains cas, les barres horizontales des tâches peuvent se chevaucher. Cela indique que deux ou plusieurs tâches peuvent être Effectuées simultanément.

**Dates de début et de fin :** Les dates de début et de fin de chaque tâche sont Clairement indiquées sur la barre correspondante, ce qui permet de voir rapidement quand chaque tâche doit être accomplie.

**Tableau. VII.1 :** Liste des opérations avec leurs durées pour la réalisation des variantes de Traitement Proposée

Désignation d'opération	code	Durée (jours)
Installation du chantier	A	30
Travaux de terrassement	B	45

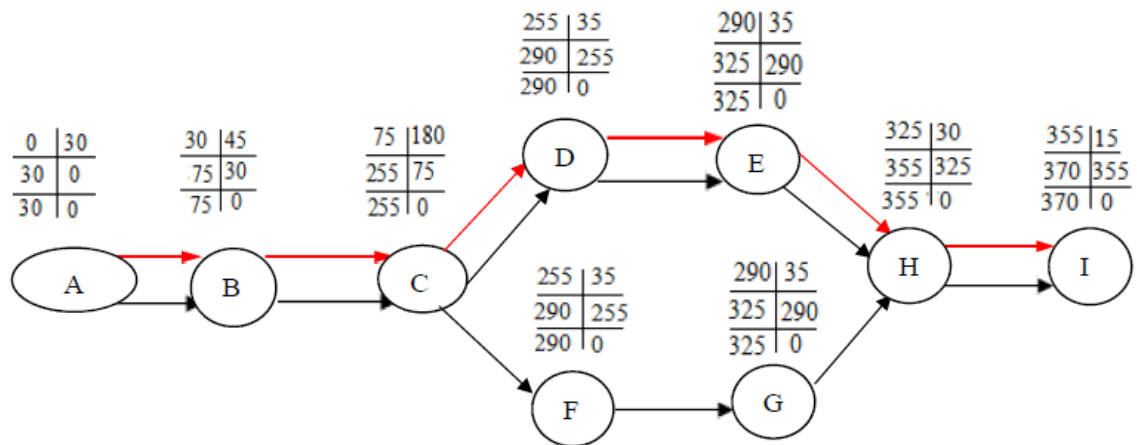
## Chapitre VII : Organisations du Chantier

<b>Travaux en béton</b>	C	180
<b>Installation du relevage des eaux clarifiées</b>	D	35
<b>Installation du diviseur des débits</b>	E	35
<b>Installation des Filtres à Sable</b>	F	35
<b>Installation des filtres UV</b>	G	35
<b>Tests et Mise en Service</b>	H	30
<b>Déménagement du chantier</b>	I	15

**Tableau. VII.2 :** Succession des tâches de la réalisation de la variante de traitement proposé

<b>Opérations</b>	<b>Succède</b>	<b>Précède</b>	<b>Durée (jours)</b>
A	B	-	30
B	C	A	45
C	D, F	B	180
D	E	C	45
E	H	D	35
F	G	C	35
G	H	F	35
H	I	E, G	30
I	-	G	30

Le réseau de planification des tâches utilisant la méthode CPM pour la variante de traitement est représentée comme suit:



**Figure.VIII.1** : Réseau de planification des taches avec la méthode

### VII.5.Conclusion :

La gestion efficace du temps lors de l'exécution de travaux nécessite une coordination Harmonieuse des ressources humaines, techniques et matérielles. L'objectif ultime est de garantir que le projet soit achevé dans les délais prévus, tout en respectant le budget Initial.

# Conclusion Générale

## Conclusion Générale

La réutilisation des eaux épurées est une pratique prometteuse pour répondre aux besoins en eau dans divers secteurs. Cependant, elle doit être mise en œuvre avec précaution et en conformité avec les normes et réglementations applicables pour garantir la préservation de l'environnement et la protection de la santé publique. Par ailleurs, notre étude ambitionne d'explorer la possibilité de réutiliser les eaux usées épurées par la station d'épuration de Mostaganem à des fins agricoles. Cette démarche revêt une importance particulière compte tenu du caractère agricole prédominant de la région de Mostaganem et de la demande croissante en eau d'irrigation pour soutenir le secteur agricole.

Cette approche globale vise avant tout à préserver l'environnement et à réduire les risques sanitaires, ce qui revêt une importance particulière dans une région très prisée des touristes, notamment pour la baignade.

La station d'épuration (STEP) se trouve à Salamandre, de la commune de Mazagran, située au nord de la wilaya de Mostaganem. Cette station s'étend sur une superficie de 98 000 mètres carrés et a une capacité de traitement de 350 000 équivalents habitants (EH). Elle traite un volume d'eau usée de 56 000 mètres cubes par jour. Le procédé de traitement utilisé dans cette station est le procédé à boues activées aérobies à moyenne charge.

L'objectif de cette étude était de surveiller la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes et traitées à la station d'épuration de Salamandre, dans le but de détecter d'éventuelles anomalies dans le processus de traitement, en vue de permettre une réutilisation des eaux épurées à des fins d'irrigation. Lors de cette évaluation de la qualité des eaux épurées en vue de leur utilisation en irrigation, nous avons utilisé plusieurs indices, notamment le SSP, et le SAR.

Les eaux brutes contiennent principalement des matières organiques facilement biodégradables. Cela suggère que les eaux usées traitées au niveau de la station d'épuration proviennent principalement d'une source domestique.

Les eaux épurées à la STEP de Salamandre sont conformes aux normes de rejets en ce qui concerne les MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, l'azote et les orthophosphates. Cela indique que

Le processus de traitement à la STEP de Salamandre est efficace pour éliminer ces polluants. Cependant, la conductivité des eaux épurées est considérablement augmentée, dépassant la limite habituelle pour les eaux naturelles, généralement autour de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette augmentation peut probablement être attribuée à la présence de salinité dans l'eau traitée. Malgré le fait que les résultats bactériologiques n'aient pas dépassé les normes de rejet, l'eau reste polluée en raison de la présence continue de bactéries pathogènes.

Lors de l'évaluation de la qualité des eaux épurées en vue de leur utilisation en irrigation, les résultats obtenus au moyen de ces différentes méthodes d'indice suggèrent que l'échantillon d'eau ne répond pas aux critères requis pour une utilisation en irrigation agricole. En conséquence, la qualité des eaux épurées est généralement inadéquate pour une utilisation en irrigation.

Afin d'améliorer la qualité de l'eau en vue de son utilisation en irrigation, nous avons choisi la méthode de traitement la plus appropriée, comprenant les processus de

Filtration sur Sable et désinfection aux ultraviolets (UV).

---

# Références Bibliographiques



## Références Bibliographiques

- [1] Glanic, R., Benneton, J.-P. (1989). Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement autonome. TSM- l'eau, 84 année, N 11, 573-584.
- [2] Emiliam Koller. (2005). Traitement des pollutions industrielles. Édition Dunod.
- [3] M.S. Metafhri. (2012). Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, spécialité : Agronomie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p21-23.
- [4] Anonyme1. (2008). Disponible sur <http://www.cieau.com/toutpubl/sommaire/texte/8/f81.htm>
- [5] Régis Bourrier, M.S., B.S. (2010). Guide technique de l'assainissement, 4e édition. Le Moniteur.
- [6] Journal Officiel de la République Algérienne, N°26, 23 avril 2006.
- [7] J. Rodier & coll. (2005). L'analyse de l'eau, 8e édition. Paris, Dunod, 1343 p. Environnement et Sécurité.
- [8] A. Hamlat. (2014). Contribution à la gestion des ressources en eau des bassins versants de l'ouest algérien à l'aide d'un système informatisé. Thèse de doctorat, hydraulique, Oran, Faculté d'Architecture et de Génie Civil, 243 p.
- [9] Vibouroux, D. (1981). Épuration des eaux usées résiduares. 569 p.
- [10] Mémento technique de l'eau, deuxième édition, tome 1, édition Degrément, 2005.
- [11] J.P Bechack, P. Boutin, B. Mercier. (1984). Traitement des eaux usées. Édition Eyrolles.
- [12] Degrément. (1989). Mémento technique de l'eau. Tome I et II. Édition Cinquanteaire. 9e édition française. Paris.
- [13] Degrément. (2005). Mémento technique de l'eau, deuxième édition, tome 2. Édition Degrément.
- [14] Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Édition Centre Régional de Documentation Pédagogique d'Aquitaine. Paris.
- [15] Berland, J. M., Boutin, Molle, & Cooper. (2008). Les procédés extensifs d'épuration des eaux usées. Office des Publications des Communautés Européennes. Luxembourg.
- [16] Dugniolle, H. (1980). L'assainissement des eaux résiduares domestiques. CSTC-revue, n°3-septembre, pp. 44-52.
- [17] Administration de la gestion de l'eau /Luxembourg. (2020). [www.eau.public.lu](http://www.eau.public.lu). Consulté le 28/03/2020.
- [18] Rodier, J. (2009). L'analyse de l'eau. Édition Dunod. Paris.
- [19] Guide techniques de l'assainissement, 2e édition.

- [20] Baumont, S, et al. (2004). Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- [21] Faby, & Brissaud. (1997). L'utilisation des eaux usées en irrigation. Office international de l'eau.
- [22] UNEP et Global Environment Centre Foundation. (2005).
- [23]. Devaux, I. (1999). Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse "Sciences de la Vie et de la Santé", université Joseph Fourier, Grenoble.
- [24] N. Abibsi. (2011). Réutilisation des eaux épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts : application à un quartier de la ville de Biskra. Mémoire de Magister, spécialité : Hydraulique Urbaine et Ouvrages Hydrotechniques. Université Mohamed Khider – Biskra – Faculté des Sciences et de la Technologie.
- [25] Journal Officiel de la République Algérienne. (2012).
- [26] [www.eau-tensift.net](http://www.eau-tensift.net). (2012).
- [27] [www.revue-ein.com](http://www.revue-ein.com).
- [28] ONAMOSTAGANEM (Office national de l'assainissement de Mostaganem).
- [29] <http://www.asef-asso.fr/production/les-metaux-lourds-la-synthese-delasef/>.
- [30] <https://gisposidonie.osupytheas.fr/?p=352>.
- [31] Védry. (1975). L'analyse écologique des boues activées. SGETEC.
- [32] <http://qsr2010.ospar.org/fr/index.html>.
- [33] Lamond, R., & Whitney, D. A. (1992). Management of saline and sodic soils. Kansas State University, Department of Agronomy MF-1022.
- [34] Bouarfa, S., A. Hammani, et al. (2002). "Drainage design in the Gharb plain in Morocco." *Irrigation and drainage systems*, 16(2), 89-110.
- [35] Liagre, F. (2011). Key policy changes that made agroforestry adoption possible in France. In S.F. Ashton, S.W. Workman, W.G. Hubbard, & D.J. Moorhead (Eds.), *Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference*, p. 135, Athènes, 4-9 juin 2011.
- [36] Paul Meylan, Anne-Catherine Favre, André Musy. (2008). *Hydrologie fréquentielle, une science prédictive*. Presses universitaires et romandes, EPFL, Lausanne, Suisse.
- [37] DRE MOSTAGANEM (Direction des ressources en eaux)
- [38] Cours de M. Belaoukli. (2004). *Management de projet*.
- [39] ONA (Office national de l'assainissement).

# Annexe

## Profile Hydraulique

Désignations	Côtes du Terrain (m)	Côtes du radier (m)	Plan d'eau(m)	Côtes piézométrique (m)	Distance cumulées (m)
Dégrilleur	23	20.80	1.2	22.0	0
Dessableur-déshuileur	22.5	17.7	4.22	21.92	60
Décanteur Primaire	22	18.60	2.55	21.15	137
Bassin D'aération	21.5	15.5	3.75	19.25	230
Clarificateur	21	15.15	3.65	18.80	325
Bassin de désinfection	19	15.50	2	17.50	400

**KCD300Z 18582RB-E**

**Caractéristiques requises**

Débit	490 l/s
Hauteur de refoulement	6 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2

**Caractéristiques de la pompe**

Débit	253 l/s
Hauteur de refoulement	6,13 m
Puissance absorbée	19,9 kW
Rendement	76,1%
Hauteur manométrique H(Q=0)	10,5 m
Orif. de refoulement	300 mm

Installation	Installation horizontale en fosse sèche
Roue	2-channel
Passage libre	143 mm

**Caractéristiques moteur**

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	730 1/min
Nombre de pôles	8
Puissance nominale P2	21 kW
Courant nominal	44 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68

**Limites opérationnelles**

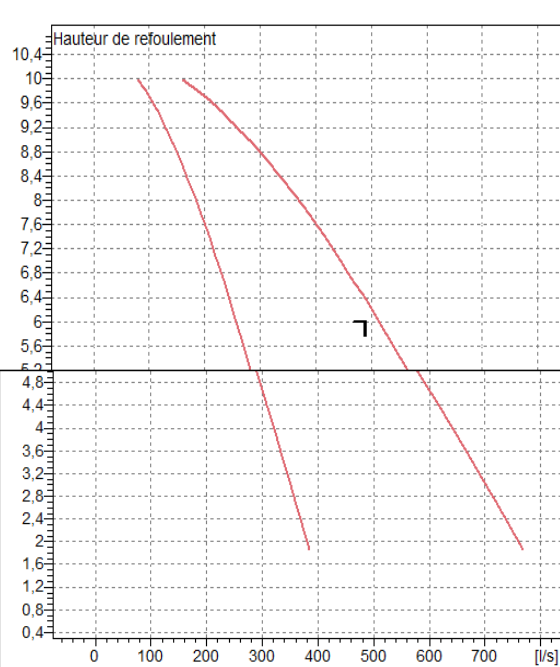
Démarrages / h max.	10
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

**Caractéristiques générales**

Poids	796 kg
-------	--------

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Acier-caoutchouc
Arbre	Acier inox
Garniture méc. côté pompe	Carb. silicium/Carb. Silicium
Chambre à huile	Fonte
Enveloppe du moteur	Fonte
Chemise (version R)	Fonte grise
Sondes thermiques	Oui
Sonde de conductivité	Oui
Garniture méc. coté moteur	Graphite/Acier inox
Vis et écrous	Acier inox
Câble d'alimentation	10m



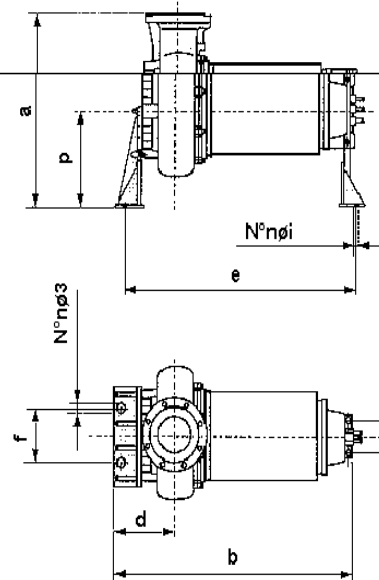
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions**

- a = 1150
- b = 1607
- d = 390
- e = 1507
- f = 500
- g = 270
- i = 22
- n = 2
- p = 530



### Propriétés du lit de filtration

<b>d (mm)</b>	<b><math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\mu</math> (Pa.s)</b>	<b><math>\square</math></b>	<b>H(m)</b>
1	2610	$10^{-3}$	0.4	1

### Caractéristiques des fluides du rétro-lavage

	<b>Masse volumique à 20 °C (<math>\rho_f</math>) (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Viscosité dynamique (Pa.s) à 20°C</b>
<b>L'eau</b>	1000	$10^{-3}$
<b>L'air sec</b>	1.204	$1,85 \times 10^{-5}$