

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

*Irrigation du périmètre Allelik à partir des eaux épurées de la STEP  
d'El Bouni (W. Annaba)*

**PRESENTE PAR :**

**M<sup>r</sup> kherbache mounir**

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup>A.RASSOUL</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup>W.AZIEZ</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>r</sup>S.YAHIAOUI</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>r</sup>R.KERID</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>me</sup> S.HARKAT</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**JUIN - 2014**

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

*Irrigation du périmètre Allelik à partir des eaux épurées de la STEP  
d'El Bouni (W. Annaba)*

**PRESENTE PAR :**

**M<sup>r</sup> kherbache mounir**

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup>A.RASSOUL</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup>W.AZIEZ</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>r</sup>S.YAHIAOUI</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>r</sup>R.KERID</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinateur</b>
<b>M<sup>me</sup> S.HARKAT</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**JUIN - 2014**

# Remerciements

Avant de présenter mon projet de fin d'étude, je tiens à remercier ALLAH qui m'a donné la force, la volonté et le courage pour arriver jusque-là.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à M<sup>me</sup> HARKAT Samra, pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils fructueux qu'il m'a prodigués le long de mon projet.

A tous ceux qui ont contribué à ma formation de primaire jusqu'à l'université.

A tous les personnes de DRE et ADE d'AIN DEFLA.

Aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.

Et en fin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

*KHERBACHE MOUNIR*

# Dédicace



*A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidé sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimé sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur.*



*Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect.*

- *A mes parents pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard*
- *A mes frères : Abd jalil , Yacine, Farouk, Fouzia, Sassia, Manal, Akram, Fares, Zine dine*
- *A mes amis mourd , Yacine, Bilal , Youcef, chawki , Mousaab, Zaki, Bilal, Aicha*
- *A toute ma famille*
- *A tous mes enseignant de l'ENSH*



## الملخص :

ادى تطور الصناعة الكبرى ونمو السكان في سهل عنابة الى زيادة النبعات مياه الصرف ,التي تؤدي الى تدهور البيئة والمياه السطحية , من اجل هذا قمنا بدراسة تتمحور حول امكانية و قدرة استعمال هذه المياه المعالجة بمحطة البوني وذلك في المجال الزراعي .  
الشيء الذي يتطلب منا البحث عن مختلف خصائص المنطقة من حيث المناخ و كذلك خصائص المياه المستعملة مع وصف شامل لمحطة تصفية المياه للبوني ولاية عنابة .

## Résumé :

Le développement industriel et la population dans la plaine d'Annaba, sont les principales causes d'une augmentation des rejets induisant à une dégradation de l'environnement, de la qualité de surface et des eaux souterraines. Pour y remédier, nous comptons étudier la possibilité de réutiliser cette eau épurée dans la station d'el Bouni dans le domaine agricole

Pour ce faire, il était indispensable d'avoir les caractéristiques de la région, de l'eau usagée ainsi qu'une description complète de l'usine de purification au niveau d'Annaba.

## **Abstract :**

The major industrial development and population in the plain of Annaba has resulted in an increase in emissions leading to a degradation of the environment and the quality of surface and groundwater ,for this our study focussed on the possibility and the ability to use the water treatment station of Bouni in the agricultural field.

This requires us to search for various characteristics of the region in terms of climate, as well as the characteristics of wastewater with a comprehensive description of water purification plant for Bonnie in of Annaba.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION GENERALE

### Chapitre I

INTRODUCTION : .....	1
I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE : .....	1
I.1.1. Localisation géographique de la wilaya d'Annaba : .....	1
I.1.2. Localisation géographique de la commune d'el boni : .....	2
I.1.3. La position de la zone d'étude (périmètre d'allélik) [2]: .....	2
I.2 LA SITUATION ADMINISTRATIVE : .....	3
I.3 RELIEF : .....	4
I.4 LA GEOLOGIE : .....	5
I.4.1 Formations sédimentaires : .....	5
I.4.1.1 Le Quaternaire : .....	5
I.4.1.2 Le Tertiaire : .....	5
I.4.1.3 Le Secondaire : .....	6
I.4.2 Formations métamorphiques : .....	6
I.4.2.1 L'unité supérieure : .....	6
I.4.2.2 L'unité intermédiaire : .....	7
I.4.2.3 L'unité inférieure (ou de base) : .....	7
I.5 HYDROGEOLOGIE [1]: .....	7
I.5.1 La nappe des graviers : .....	8
I.5.2 La nappe phréatique .....	8
I.6 PEDOLOGIE : .....	9
I.7 RESEAU HYDROGRAPHIQUE [7] : .....	9
I.7.1 Le bassin versant nord de l'Oued Seybouse : .....	9
I.7.2 Le bassin versant de l'Oued Boudjemaâ : .....	10
I.8 RESSOURCE EN SOL : .....	11
I.8.1 Les propriétés physiques du sol : .....	11
I.8.1.1 La densité apparente : Da .....	11
I.8.1.2 la densité réelle : dr .....	11

I.8.1.3 La porosité totale : P .....	12
I.8.1.4 L'humidité équivalente : .....	12
I.8.1.5 La perméabilité du sol : .....	12
I.8.2 Propriétés physico-chimiques du sol : .....	13
I.8.2.1 Le PH du sol : .....	13
I.8.2.2 La conductivité électrique : .....	13
I.8.3 Classification du sol [7]: .....	13
I.9 RESSOURCE EN EAU [6] : .....	14
I.9.1 Les eaux superficielles : .....	14
I.9.2 Les eaux souterraines : .....	14
I.10 DEMOGRAPHIE [5]: .....	15

## Chapitre II

II.1. INTRODUCTION : .....	16
II.2. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES : .....	16
II.3. TEMPERATURE DE L' AIR : .....	17
II.4. L' HUMIDITE RELATIVE : .....	18
II.5. LES VENTS : .....	19
II.6. SIROCO : .....	20
II.7. EVAPORATION : .....	20
II.8. L'EVAPOTRANSPIRATION : .....	21
II.9. INSOLATION : .....	22
II.10. PLUVIOMETRIE : .....	23
II.11. LES INDICES CLIMATIQUES: .....	24
II.11.1. L'indice d'aridité de MARTON : [8].....	24
II.11.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER : .....	24
II.11.3. Diagramme ombrothermique de « BAGNOULS ET GAUSSEN » : .....	24
II.12. CONCLUSION : .....	25

## Chapitre III

III.1. CONCEPTION GENERALE : .....	29
III.2. LIGNE DE TRAITEMENT DES EAUX : .....	30

III.2.1.Prétraitement :.....	31
III.2.1.1.Dégrillage [12] :.....	31
III.2.1.2. Dessablage-déshuilage aéré [13]:.....	32
III.2.2. Traitement Primaire :.....	33
III.2.2.1. Décantation primaire [14] :.....	33
III.2.3. Traitement biologique : .....	34
III.2.3.1. Bassin d'aération : .....	34
III.2.3.2. Décantation secondaire (Clarificateur):.....	35
III.2.3.3. Recirculation des boues décantées (station de pompage) :.....	36
III.2.4. Désinfection des eaux :.....	36
III.3. LIGNE DE TRAITEMENT DES BOUES :.....	36
III.3.1. Épaississeur : .....	37
III.3.2. Lits de séchage : .....	37
III.4. QUALITE DES EAUX EPUREES [1] :.....	38
III.5.CONCLUSION :.....	39

## Chapitre IV

IV.1.INTRODUCTION : .....	40
IV.2. NATURE ET ORIGINE DES EAUX USEES :.....	41
IV.2 .1. Origine des eaux usées urbaines: [13].....	41
IV.2.1.1. Les eaux domestiques : [13] .....	41
IV.2.1.2. Les eaux industrielles [13] :.....	42
IV.2.1.3 Les eaux de ruissellement [13] .....	42
IV.2.1.4. Les matières de vidange [14] :.....	43
IV.2 .2 . Nature de la pollution [14] : .....	43
IV.3. IMPORTANCE DE REJETS : .....	44
IV. 3 .1. Conditions de rejet d'effluents:.....	44
IV. 3 .1.1. Les normes internationales : .....	44
IV. 3 .1.2. Les normes algériennes: .....	45
IV.3 .2.Le type de réseau : .....	47
IV.3 .3.Le raccordement des industries : .....	47
IV.3 .4. La taille de l'agglomération: .....	47
IV.4. CARACTERISATION DES EAUX USEES : .....	48



IV.4.1. Caractéristiques physiques :	48
IV.4.1.1. Température :	48
IV.4.1.2. La conductivité électrique :	48
IV.4.1.3. La turbidité :	48
IV.4.1.4. Couleur et Odeur :	49
IV.4.1.5. Les matières en suspension (m.e.s) :	49
IV.4.1.6. Matières volatiles sèches (MVS) :	49
IV.4.2. Caractéristiques chimiques :	49
IV.4.2.1. Le pH (potentiel hydrogène) :	49
IV.4.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) [9] :	50
IV.4.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO) [9] :	50
IV.4.2.4. Le carbone organique total (toc) :	50
IV.4.2.5. Relation entre DCO et DBO <sub>5</sub> [11] :	51
IV.4.3. Caractéristiques Complémentaires :	51
IV.4.3.1. les azotes et phosphore :	51
IV.4.3.1.1. Azote :	51
IV.4.3.1.2. Le phosphore :	52
IV.4.3.2. Les métaux lourds :	53
IV.4.4. Caractéristiques microbiologiques [11] :	53
IV.4.4.1. Les virus :	53
IV.4.4.2. Les bactéries :	53
IV.4.4.3. Les protozoaires :	53
IV.4.4.4. Les helminthes :	53

## Chapitre V

V.1. INTRODUCTION :	55
V.2. HOMOGENEITE DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE :	55
V.3. ETUDE STATISTIQUE DES PRECIPITATIONS :	56
V.3.1. Ajustement de la série pluviométrique :	56
V.3.1.1 Ajustement à la loi de gauss (loi normale):	57
V.3.1.2 Ajustement à la loi de galton (loi log-normale) :	58
V.4. TEST DE VALIDITE D'UN AJUSTEMENT :	59
V.5. DETERMINATION DE L'ANNEE DE CALCUL :	59

V.6. CONCLUSION :	60
Chapitre VI	
VI.INTRODUCTION :	61
VI.1. LES BESOINS EN EAU DU PERIMETRE : [10]	61
VI.2. L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE OU DE REFERENCE :	62
VI.2.1 Détermination de pluie efficace:	63
VI.2.2 L'évapotranspiration réelle ou culture (etr, etc) [16]	63
VI.2.3 Calcul du volume annuel total :	63
VI.3 CONCLUSION :	65
Chapitre VII	
VII.1. INTRODUCTION :	66
VII.2. CALCUL DU DEBIT FICTIF CONTINU :	66
VII.2.1. En mois de pointe (juillet) :	68
VII.2.2. De la culture la plus exigeante :	68
VII.3. CALCUL DE LA SUPERFICIE A IRRIGUER :	69
VII.4. CALCUL DU DEBIT MAXIMUM JOURNALIER :	69
VII.5. LES DIFFERENTS SYSTEMES D'IRRIGATION	70
VII.5.1. L'irrigation gravitaire	71
VII.5.1.1. Avantages de l'irrigation par gravité	72
VII.5.1.2. Inconvénients de l'irrigation par gravité	72
VII.5.2. L'IRRIGATION LOCALISEE : [15]	72
VII .5.2.1. Avantage de l'irrigation par goutte a goutte :	72
VII .5.2.2. Inconvénients de l'irrigation par goutte a goutte :	72
VII.5.3. L'irrigation par aspersion	73
V.5.3.1. Avantages de l'irrigation par aspersion	74
V.5.3.2. Inconvénients de l'irrigation par aspersion	74
VII.6. CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION : [15]	75
VII.7. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION EN GOUTTE AGOUTTE : [17]	76
VII.7.1. Pour les agrumes :	76
VII.8. DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE PRINCIPALE :	80
VII.9. DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE :	80

VII.10. CALCUL DU VOLUME DU RESERVOIR : .....	81
VII.11. DEPENSES DE CONSTRUCTIONS : .....	81
VII .11.1. Dépense des travaux.....	82

## CONCLUSION GENERALE

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Classe de risque salin .....	13
Tableau I.2 : Evolution de la population des 4 communes selon l'étude PDAU et comparaison avec les résultats du BG-URBAN intercommunal 2004.....	13
.....	
Tableau I.1 : Classe de risque salin .....	13
Tableau II.2 : Les variations moyennes mensuelles et annuelles de la température en °C.....	17
Tableau II.3: Moyennes mensuelles et annuelle de l'Humidités relative en (%).....	18
Tableau II.4 : moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents.....	19
Tableau II.6 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'Evaporation en mm .....	20
Tableau II.7: Moyenne mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration en mm.....	21
Tableau II.8 insolation moyenne journalière et annuelle dans la station des salines .....	22
Tableau II.9 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations en mm .....	23
Tableau II.11 : Limite des climats d'après l'indice climatique de MARTON .....	25
.....	
Tableau III.01.: garanties de qualité de l'effluent épuré (marché STEP).....	38
.....	
Tableau IV.1 : normes de rejets internationales .....	45
Tableau IV.2 : Les valeurs limite des paramètres de rejet dans un milieu récepteur .....	46
Tableau V. 3 : les 3cas du rapport (DCO/DBO5). .....	51
.....	
Tableau V.1 : Pluies moyennes mensuelles observées à la station des salines .....	56
Tableau V.2 : détaille du procédé de Test d'homogénéité pour la station des salines code (60360) .....	57
Tableau V.3 : Ajustement à une loi de Gauss .....	61
Tableau.V.4: Ajustement à la loi de Galton (loi Log-normale) .....	62
Tableau V.5 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm .....	64
Tableau V.6 :L'Année de calcul. ....	65
.....	
Tableau VI.1 : Évapotranspiration en mm / jour.....	66
Tableau VI.2 : Précipitation efficace dans la zone d'étude .....	66
Tableau VI.3 : Le calendrier cultural .....	67
Tableau VI.4 : Les Agrumes .....	68

Tableau VI.6: Abricotier .....	69
Tableau VI.7 : Les besoins en eaux des cultures.....	70
Tableau VI.8 : Récapitulatif des besoins totaux en eaux .....	71
Tableau VI.9 : Besoins en eau du moins de pointe net .....	71
.....	
Tableau VII.1: Calcul le $\varnothing(\text{cal})$ de la rampe pour les agrumes.....	80
Tableau VII.2: Calcul le $\varnothing(\text{cal})$ de la porte rampe pour les agrumes.....	80
Tableau VII.3 : Calcul des paramètres pour l'abricotier .....	81
Tableau VII.4 : Calcul le $\varnothing(\text{cal})$ de la rampe pour l'abricotier .....	81
Tableau VII.5 : Calcul le $\varnothing(\text{cal})$ de la porte rampe pour l'abricotier.....	81
Tableau VII.6 : Dimensionnement de la pompe .....	82
Tableau VII.7 : Dépenses de constructions de conduit d'adduction .....	83
Tableau VII.8 : Dépenses de constructions des conduits de distribution.....	84

## LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : localisation géographique de la wilaya d'Annaba .....	1
Figure. I.2. Localisation géographique de la commune d'El boni .....	2
Figure I.3 : Localisation du périmètre d'allélik.....	3
Figure I. 3 : Découpage administratif de la Wilaya Annaba.....	4
.....	
Figure II.1 : La variation moyenne mensuelle de la température.....	18
Figure II.2 : moyennes mensuelles de l'humidité relative .....	19
Figure II.3 : moyennes mensuelles de la vitesse des vents.....	20
Figure II.4 : Moyennes mensuelles et de l'Evaporation.....	21
Figure II.5 : Moyenne mensuelles de l'évapotranspiration .....	22
Figure II.6 : moyenne mensuelles de l'insolation .....	23
Figure II.7 : Moyennes mensuelles des précipitations .....	24
Figure II.8 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	27
Figure II.9: Diagramme Ombrothermique .....	28
.....	
Figure III-01- : Types de grille .....	32
Figure III-02- : Poste dessablage-déshuilage .....	33
Figure III-03- : Racleur des graisses .....	33
Figure III-04- : Poste de décanteur primaire .....	34
Figure III-05- : bassin d'aération.....	35
Figure III-06- : décanteur secondaire (clarificateur).....	36
Figure III-06- Bassin de désinfection.....	37
Figure III-06- : épaisseur des boues.....	38
Figure III-07- : Poste de déshydratation naturelle (lit de séchage).....	38
.....	
Figure: IV.1 : la réutilisation des eaux usées épurées sans le cycle d'assainissement .....	40
Figure IV.2: schéma explicatif de la nature de pollution.....	44
.....	
Figure V.1 : Ajustement à une loi Normale .....	61
Figure V.2 : Ajustement à une loi Log Normale.....	63

Figure VII.1 : Schéma explicatif du réseau d'irrigation goutte à goutte (l'ilot d'agrumes).....	76
Figure VII.4 : Coupe transversale de la Pose de Conduite.....	85

# Liste des Planches

## **Planche N°01 :**

Plan de situation d'el bouni w .Annaba

## **Planche N°02 :**

Plan d'occupation de sol perimetre Allelik w .Annaba

## **Planche N°03 :**

Plan de réseau de d'irrigation du perimetre Allelik w .Annaba

## **Planche N°04 :**

Plan du reseau d'irrigation du perimetre Allelik w .Annaba

## **Planche N°05 :**

Profil en long de la conduite principale du périmètre Allelik w .Annaba



## INTRODUCTION GENERALE :

L'Algérie est caractérisée ,dans la plupart de ses régions ,par un climat semi-aride et aride .le pays souffre autant de l'insuffisance des pluies que de leur mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace ,les contraintes du climat, la croissance démographique et les transformation économique et sociales sont à l'irrigation d'une demande en eau sans cesse croissante .parallèlement, le recoure à l'irrigation est devenu une nécessité ,étant donné l'importance du déficit hydrique climatique et l'intensification . Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, l'utilisation des eaux de qualité marginale en agriculture. Dans ce contexte, l'utilisation des eaux usées traitées est devenue une nécessité et fait partie intégrante de la stratégie actuelle de mobilisation de toutes les ressource disponibles.il a donc paru nécessaire de mettre en place des programmes de recherche relatifs à la fixation des modalités d'utilisation des eaux usées en irrigation dans les condition agro-climatique algérienne .

L'objectif général de ce travail est présenté une solution technique faible et adaptée pour l'irrigation du périmètre Allelik à partir des eaux épurées de la STEP d'el Bouni

Pour atteindre cet objectif, ce travail se compose de deux volets

Le premier volet est la partie théorique avec quatre chapitre, consiste à :

- ✓ Présenté la zone d'étude en vue général avec une analyse des ressources en eau et en sol
- ✓ Etude basée sur l'analyse des principaux paramètres climatiques
- ✓ Présentation quelque modes d'épuration ou de traitement des eaux usées avec description des ouvrages de la STEP d'EL Bouni
- ✓ Caractérisation des eaux usées et leur composition physico-chimique à l'entrée de la STEP

Le deuxième volet c'est la partie de calculs avec trois chapitres comporte :

- ✓ Une étude hydrologique qui a pour but de déterminer de l'année de calcul
- ✓ Une étude des besoins en eaux des cultures à projetées dans le périmètre

On fin par le dimensionnement du réseau de distribution des eaux épurées qui va du bassin de stockage jusqu'aux différentes parcelles des périmètres, ce dimensionnement se fera de tel sorte que le réseau puisse satisfaire les demande en eau en termes de pression et de débit.

**CHAPITRE I :**  
**PRESENTATION**  
**GENERALE DE LA ZONE**  
**D'ETUDE**

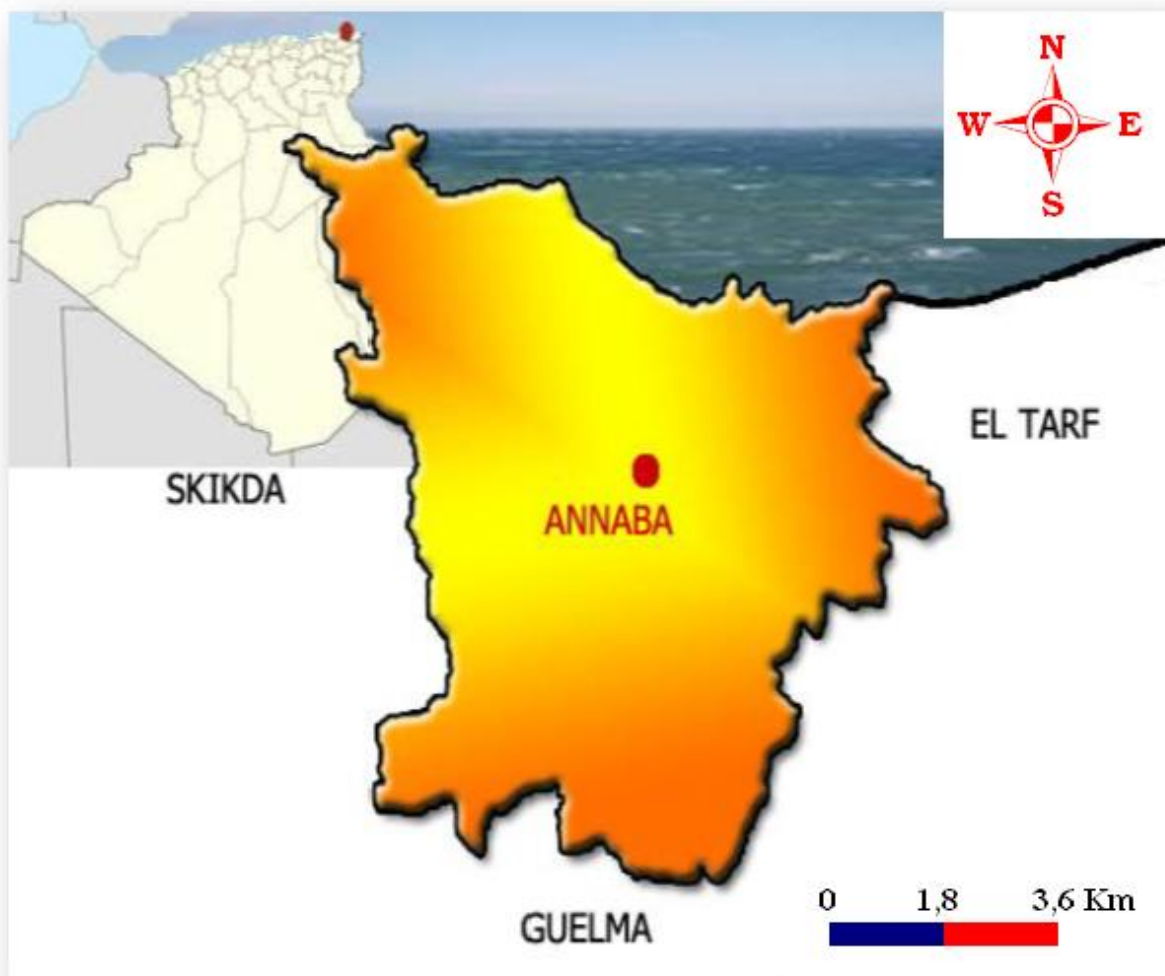
**INTRODUCTION :**

Le périmètre d'étude est situé à la commune d'el-boni (wilaya d'Annaba).

**I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :****I.1.1. Localisation géographique de la wilaya d'Annaba :**

La wilaya de Annaba est située à 600 km de la capitale Alger à l'extrême Nord- Est du pays, ouverture sur le littoral méditerranéen sur 80 km, elle s'étend sur une superficie de 1420 km<sup>2</sup>, elle est limitée :

- ✓ au nord, par la mer méditerranée.
- ✓ au sud, par la wilaya de Guelma.
- ✓ à l'est, par la wilaya d'el taraf.
- ✓ à l'ouest la wilaya de Skikda



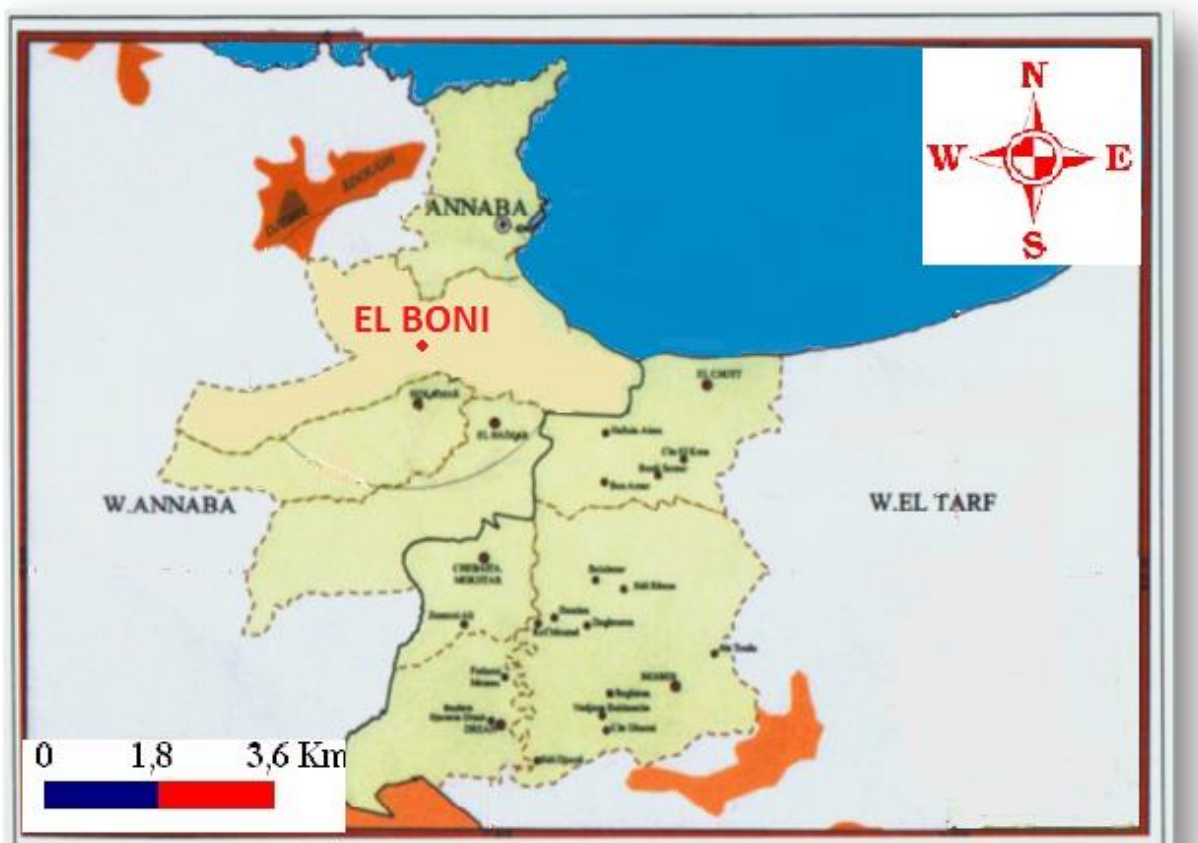
**Figure I-1 :** localisation géographique de la wilaya d'Annaba

(Source : Annaba – Wikipédia)

### I.1.2. Localisation géographique de la commune d'el boni :

La commune d'el boni se trouve 10 km au sud de la ville d'Annaba, elle est limitée au Nord par Annaba et séraïdi au Sud par Sidi Amar, El hadjar al 'Est par barrahel, oued el aneb.

Cette commune compte 6 agglomérations secondaires : sidi Salem, haï es sarouel, cité 1<sup>er</sup> mai 1956, oued Ennis et Ain djebarra.

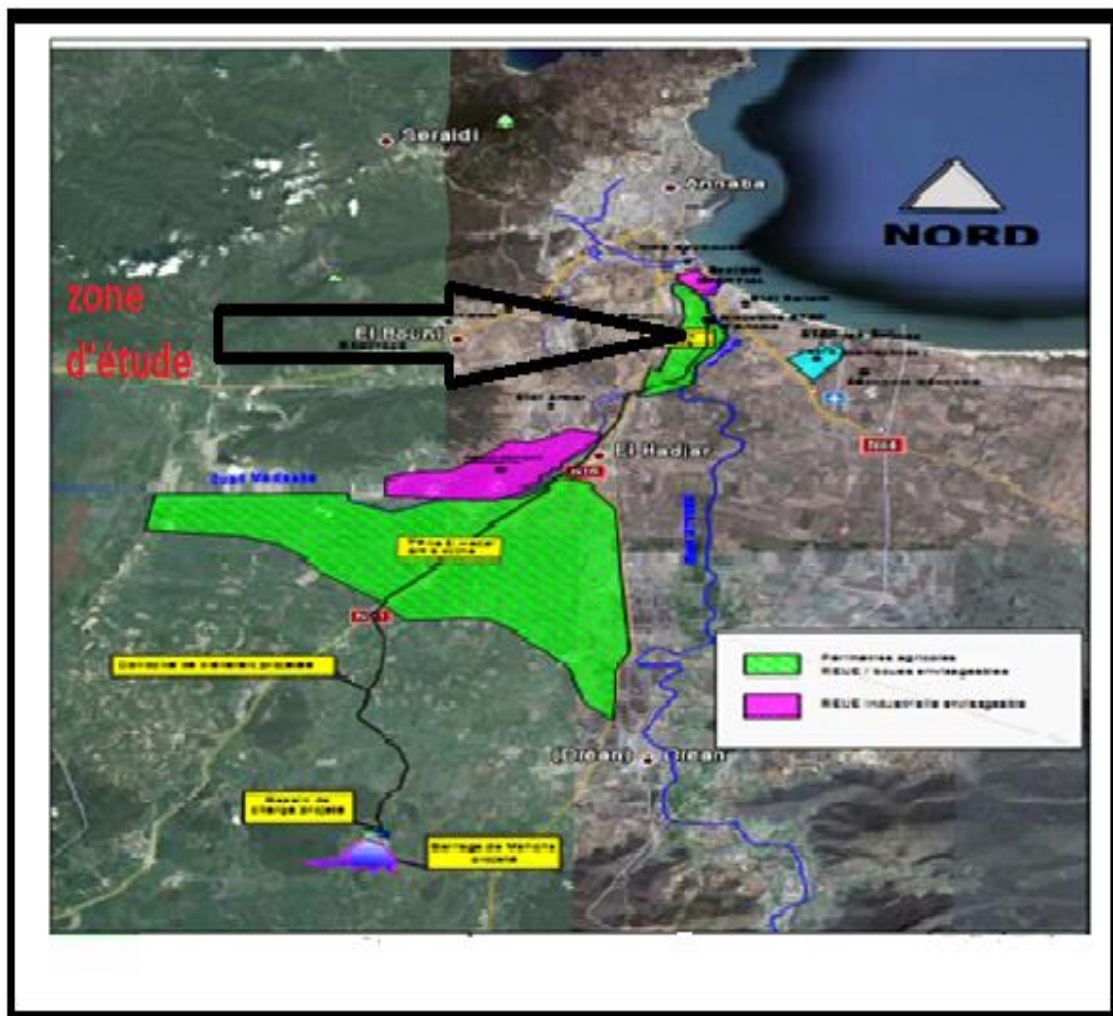


**Figure. I.2.** Localisation géographique de la commune d'El boni

(Source : DRE Annaba)

### I.1.3. La position de la zone d'étude (périmètre d'allélik) [2]:

Le périmètre d'allélik se trouve dans la Sud de la commune d'el boni, la superficie de ce périmètre est limité à l'Est par la rive gauche de la Seybouse est Ouest par les hauteurs du bouhamra, et elle est 1000 ha.

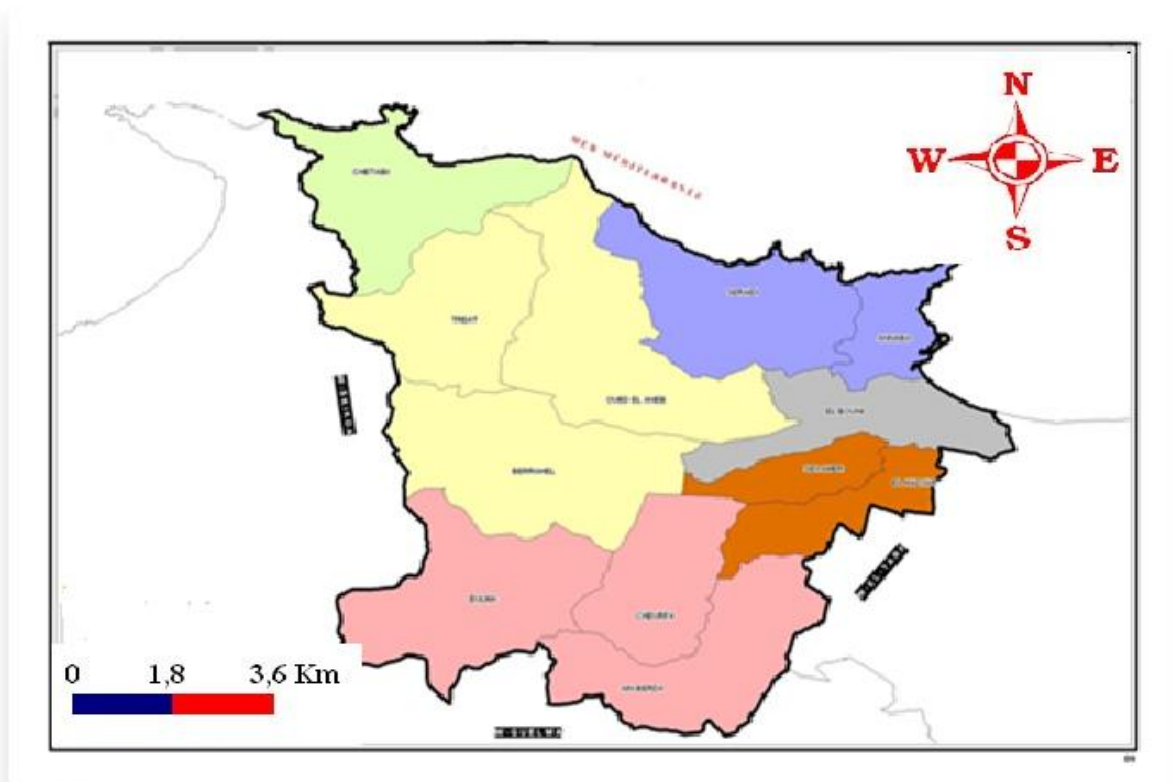


**Figure I.3 :** Localisation du périmètre d'allélik

(Source : GOOHL)

## I.2 LA SITUATION ADMINISTRATIVE :

La wilaya d'Annaba, est issue du découpage administratif de 1970 et s'étend sur une superficie de 1420 km<sup>2</sup>, où se concentrent quelques 609500 habitants, actuellement elle comprend 6 daïras regroupant 12 communes. [1]



**Figure I. 4:** Découpage administratif de la Wilaya Annaba.

*(Source DRE Annaba)*

### I.3 RELIEF :

Annaba se caractérise par un relief constitué de montagnes, de collines et de plaines.

✓ Les montagnes représentent 52,16 % du territoire de la Wilaya soit, une superficie de 736km<sup>2</sup>. Elles se distinguent par le massif de l'Edough dont le point dominant se situe au " Bouzizi " avec 1.100 m d'altitude.

✓ Les collines et les piémonts, occupent 25,82 % de la superficie totale, soit 365 km<sup>2</sup>. - Les plaines représentent 18,08 % du territoire soit 255 km<sup>2</sup>, et sont constituées essentiellement par la plaine de Kherraza, plaine d'Annaba et plaine d'el hadjar

✓ Le reste du relief est constitué de plateaux, et autres, représentant 3,94 % de la superficie, soit 56 km<sup>2</sup>.

## **I.4 LA GEOLOGIE :**

L'objectif recherché, par l'étude géologique et géotechnique, est d'identifier la nature des faciès affleurant et leur impact sur le comportement des ouvrages et du système d'assainissement vis-à-vis de leur stabilité.

Ces études ont montré deux types de terrains :

### **I.4.1 Formations sédimentaires :**

En commençant par les terrains les plus récents jusqu'aux plus anciens, on distingue :

#### **I.4.1.1 Le Quaternaire :**

Il est généralement développé sous forme de formations soient fluviales (les terrasses), soient Éoliennes (les dunes) dans la partie côtière de la plaine étudiée (L. JALEAUD, 1936) [2].

Il est subdivisé en quatre niveaux stratigraphiques :

✓ **Le Quaternaire actuel :**

Formé par des dépôts du lit actuel de l'oued Seybouse, il s'agit de matériaux argileux, sableux et caillouteux résultant de l'érosion des formations traversées par l'oued.

✓ **Le Quaternaire récent :**

Il correspond à la basse et moyenne terrasse représentée par des dépôts alluvionnaires et limoneux de part et d'autre de la Seybouse.

✓ **Le Quaternaire moyen :**

Correspondant à la basse terrasse de 20 à 50m, constitué par des argiles et des sables. Elle se développe sur toute la région surtout au niveau de la vallée de l'oued Seybouse.

✓ **Le Quaternaire ancien:**

Disposé sous forme de terrasses de 100 à 150m d'altitude au-dessous de la Seybouse et formé essentiellement par des formations alluviales (argiles, limons, sables, graviers et galets).

#### **I.4.1.2 Le Tertiaire :**

Présente une épaisseur importante dans la zone d'étude avec trois systèmes :

✓ **Le Mio-Pliocène :**

Constitue le remplissage graveleux et sablo-argileux du bassin de la plaine d'Annaba. Ces formations sont d'origine continentale, elles incluent des horizons graveleux et des niveaux de travertins qui constituent le réservoir de la nappe profonde.



**✓ L'Oligocène :**

Comporte des niveaux argilo-gréseux numidiens qui forment le relief des montagnes du Sud de la plaine d'Annaba, d'une épaisseur de 150 m.

**✓ L'Eocène inférieur :**

Série transgressive formée de calcaires massifs à faciès épi néritique.

**I.4.1.3 Le Secondaire :**

Ce sont des terrains allochtones composés des calcaires à Silex du Jurassique et des flysch du Crétacé.

**✓ La chaîne de Calcaires :**

J. M. VILLA (1970) [3]. a signalé sur le banc Nord d'El-Mellaha, comme sur le flanc Sud de Bellielita du massif de l'Edough ; l'existence de terrains probablement transgressifs ayant une couverture sédimentaire de type près- Kabyle, comportant de bas en haut des calcaires à Silex représentant le Lias.

**✓ Domaine des flysch :**

Il s'agit essentiellement d'une alternance de micro brèches, de marnes et de marno-calcaires dont l'âge va du Barrémien jusqu'au Sénonien ; subdivisé selon J. M. VILLA, 1970 en deux types :

- Flysch Massy lien : Occupent la position externe dans le domaine des flysch.
- Flysch Mauritaniens : Occupent la position interne dans le domaine des flysch.

Ces formations flyschoïdes sont développées surtout dans la région d'Aïn-Berda, Chétaïbi et Aïn-Barbar (J. M. VILLA, 1970).

**I.4.2 Formations métamorphiques :**

Il s'agit d'un massif cristallin qui occupe la partie Ouest de la wilaya d'Annaba (l'Edough, Cap de fer et Bellielita), elles sont datées du Primaire et caractérisées par la superposition de trois unités

**I.4.2.1 L'unité supérieure :**

Elle est datée de l'Ordovicien-Dévonien et caractérisée par trois séries cristallophylliennes :

- ✓ Une série des gneiss ocellés, claires et sombres.
- ✓ Une série de micaschistes, Grenats et cipolins.
- ✓ Une série des amphiboles.



Ces trois unités présentent peu d'importance hydrogéologique à l'exception des gneiss altérés ou les cipolins fissurés qui peuvent constituer le siège d'une nappe aquifère.

#### **I.4.2.2 L'unité intermédiaire :**

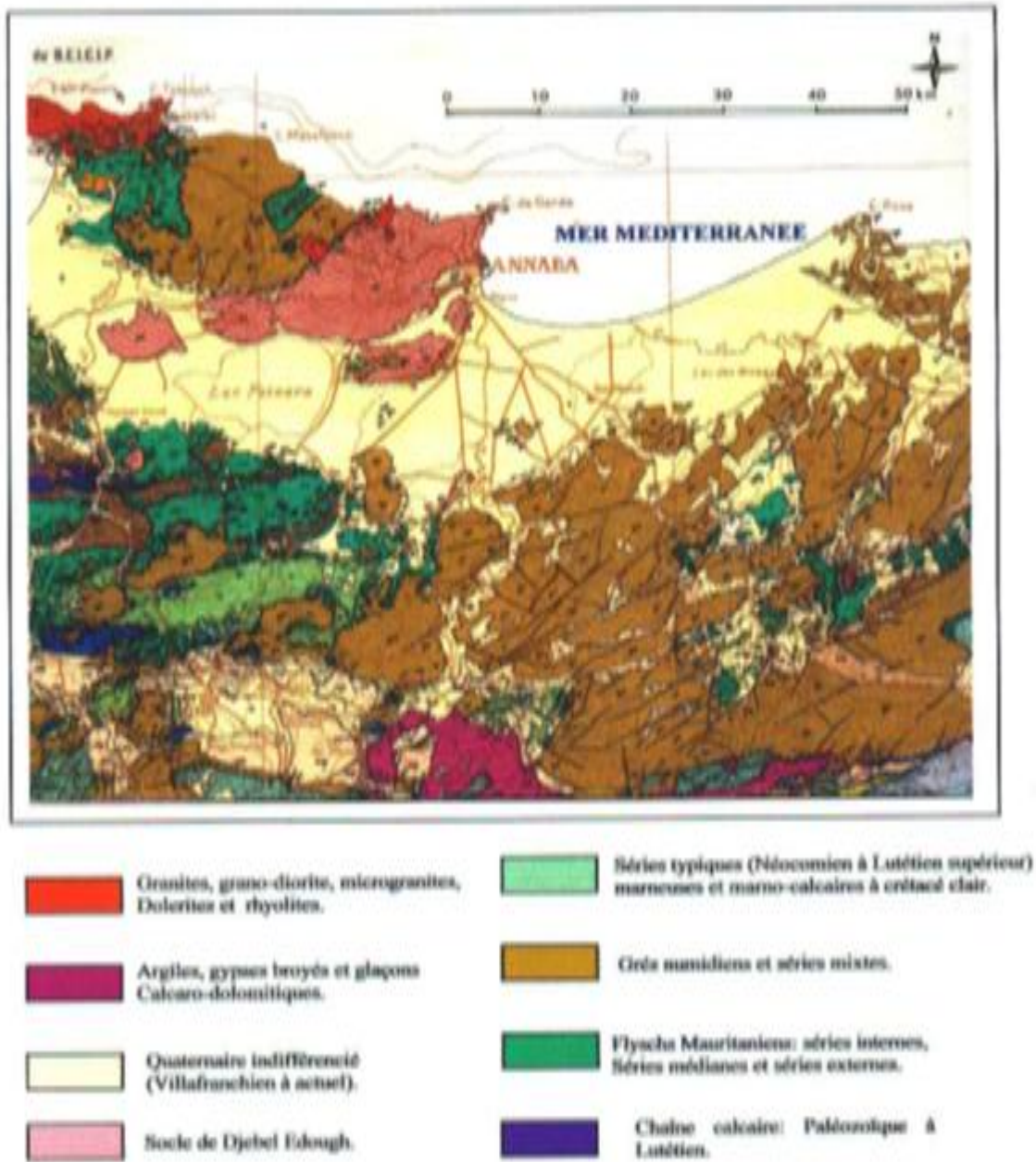
Affleure dans la zone périphérique de l'Edough, elle est constituée par des schistes, des micaschistes riches en Biotite et Muscovite et de Grenats, parfois avec des Feldspaths souvent visibles à l'œil nu.

Cette série contient des marbres qui s'intercalent dans les formations des micaschistes sous forme de skarns marquant le tracé de l'horizon carbonaté initial.

#### **I.4.2.3 L'unité inférieure (ou de base) :**

Elle est datée du Précambrien (G. GLEIZE) [4]. Et constituée par des gneiss quartzo-feldspathiques et micacés (riches en Biotite) formant le cœur de la structure anticlinale du massif de l'Edough.

Cette description géologique a montré que dans la région d'étude, seules les formations du Mio-Pliocène et du Quaternaire peuvent constituer des réservoirs d'eau importants



**Figure 1.4** : Extrait de la carte géologique de la wilaya d'Annaba

## I.5 HYDROGEOLOGIE [1]:

Les formations aquifères de la plaine d'Annaba sont les sédiments du Mio-Pliocène et les dépôts quaternaires des deux fosses décrites précédemment. Gaud (1976) [4], distingue dans cet ensemble plusieurs aquifères d'importance inégale :

- ✓ La nappe phréatique ;
- ✓ La nappe des graviers ;
- ✓ La nappe des alluvions de haut niveau ;
- ✓ La nappe des cipolins ;
- ✓ La nappe des travertins ;

Toutes ces nappes sont en étroites relation hydraulique et constituent un seul système aquifère multicouche dont le drain principal serait les zones à graviers localisées vers 100 m de profondeur. Nous décrivons dans ce qui suit, les deux nappes les plus importantes.

### I.5.1 La nappe des graviers :

Elle se trouve au-dessous de l'aquifère superficiel s'étendant sur toute la superficie de la plaine ; captive dans sa presque totalité et devient libre en bordure Sud Sud-ouest quand les graviers affleurent en surface. Elle est contenue au sein des graviers, des sables et des galets polio-quaternaires. Son épaisseur ne dépasse pas les 70 mètres. La perméabilité de cette nappe varie de  $10^{-5}$  à  $10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ , la transmissivité est de  $3,5 \cdot 10^{-3}$  à  $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  dans la région de Driant, elle est de  $4,6 \cdot 10^{-3}$  à  $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  dans la partie nord. Le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de  $10^{-4}$  dans la partie captive et atteint  $10^{-2}$  dans la partie libre [5].

Cette nappe est fortement exploitée par des forages, 16 forages sont choisis pour le suivi Mensuel de 1999, 13 au niveau de l'oued Seybouse et 3 au niveau de l'oued Meboudja

### I.5.2 La nappe phréatique

Elle couvre la majorité de la plaine de kherraza. Elle s'étend sur tout le système alluvionnaire de l'oued Boujemaâ. Elle est contenue dans les alluvions récentes et actuelles à formation sableuse, son épaisseur est de 10 m environ ; la surface de l'eau de cette nappe varie en fonction des précipitations, des pompages et du retour d'irrigation avec alternance d'une saison sèche et chaude (Mai - septembre) et d'une saison humide (octobre-avril), elle subit pratiquement les mêmes variations saisonnières que la zone côtière [6].

## **I.6 PEDOLOGIE :**

Les sols de la plaine d'Annaba sont des sols alluviaux peu évolués, variant de vert sols dans la plaine côtière, terres franches autour de l'oued Seybouse et sols calcin-magnésiens dans la plaine d'Al Hadjar.

Ce sont des sols calcaires (pH entre 7,5 et 8), faiblement pourvus en matière organique. L'apport de chaux n'est pas opportun alors que l'utilisation d'engrais acidifiant ou de compost est recommandée. Il n'existe toutefois pas de pratique traditionnelle d'utilisation d'amendement organique (ou de compost).

La texture des sols est plutôt lourdes, avec des taux d'argile autour de 35% ; les terres autour de l'oued Seybouse ont une texture plus limoneuse et conviennent parfaitement à la culture des agrumes.

Ces sols sont en général riches en potasse et pauvre en phosphates, ce qui est un point favorable pour le recyclage des boues, celles-ci étant au contraire pauvres en potasse et riches en phosphates.

## **I.7 RESEAU HYDROGRAPHIQUE [7] :**

La partie montagneuse à versants raides constitués généralement de roches dures est sillonnée par un important réseau hydrographique dense et ramifié (chaâbets) à écoulement torrentiel temporaire.

Ces chaâbets convergent en aval pour former des oueds dont l'écoulement trouve des difficultés à atteindre la mer à l'est et au nord-ouest après de nombreux méandres de leurs cours en raison de la faible pente de la plaine de la barrière dunaire littorale. C'est à ce niveau que les débordements sont les plus fréquents et où subsistent de grandes étendues marécageuses.

Les principaux canaux de dessèchement ouverts pour les drainages du lac Fetzara au sud-ouest, des marais de la plaine de Ben Azouz à l'ouest et des marais de la Mekrada et de Boukhemira à l'est restent insuffisants pour résoudre la stagnation des eaux pluviales.

### **I.7.1 Le bassin versant nord de l'Oued Seybouse :**

Les parties sud et sud-ouest du périmètre d'étude d'Annaba appartiennent au grand bassin versant de l'Oued Seybouse qui remonte au sud jusqu'aux hautes plaines d'Ain Berda.

La grande plaine de Annaba qui s'étend à l'est de l'Oued Seybouse était originellement presque entièrement remplie de "garaâs" et se trouve actuellement incomplètement drainée par

les deux Oueds qui la traversent; La Seybouse et la Mafragh. Sa partie ouest dont le centre est encore occupé par les marais du (Boukhemira) a été partout ailleurs desséchée grâce à un réseau de canaux. Son drainage bien qu'insuffisant était assuré initialement par le Khelidj du (Boukhemira) sorte de canal naturel sans pente décrivant de grandes boucles au milieu des limons argileux. Ce bras mort ne possède pas d'issue superficielle constante vers la mer. Les eaux sont actuellement déviées dans la Seybouse à la hauteur de l'Allelick par un canal artificiel.

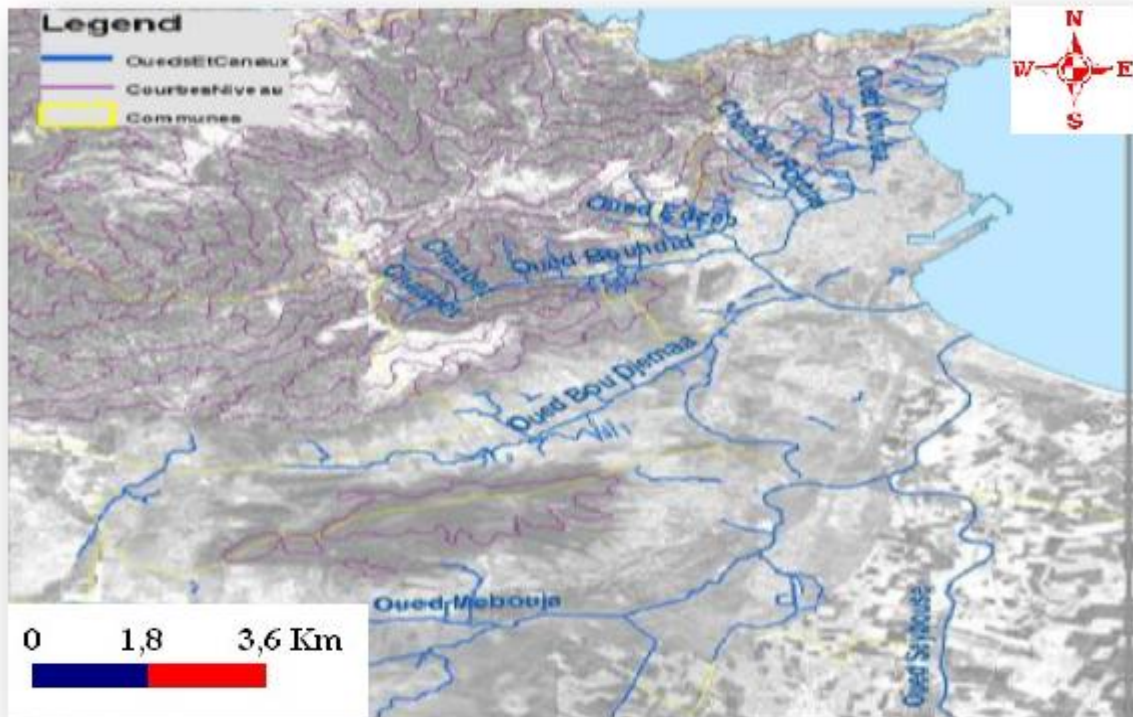
L'ensemble de ces plaines d'une topographie basse et assez plate est vulnérable aux débordements des Oueds qui inondent à chaque crue d'importantes superficies.

### **I.7.2 Le bassin versant de l'Oued Boudjemaâ :**

Ce bassin forme la terminaison est du massif de l'Eddough, il est limité par la ligne des crêtes de Bouzizi, Séraïdi, Col des chacals au nord et au nord- ouest de Bellileita au sud et au sud-ouest et de Bouhamra et des Caroubiers à l'est.

Il forme actuellement un réseau hydrographique indépendant après la déviation de l'embouchure de l'Oued Seybouse en 1970 dont il participait à son alimentation.

Le collecteur principal de ce bassin connu sous le nom d'Oued Boudjemaâ reçoit à la hauteur de l'agglomération de Bouhamra les eaux du canal de Kef N'sour avant de déboucher dans la mer en passant entre la cité Seybouse et le complexe industriel "FERTIAL".



*Figure 2* : Réseau hydrographique de la région d'Annaba

## I.8 RESSOURCE EN SOL :

### I.8.1 Les propriétés physiques du sol :

Un sol se caractérise par un certain nombre de paramètres physiques mesurables dont nous rappellerons ci-dessus les définitions.

#### I.8.1.1 La densité apparente : $D_a$

La densité apparente est le poids des grains par rapport au volume de terre en place

$$D_a = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume de terre en place}} \dots\dots\dots (I.1)$$

On mesure la densité apparente d'un sol par enfoncement d'un cylindre de volume connu dans le terrain, et par détermination du poids sec de cet échantillon.

Pour notre cas  $D_a = 1.16$

#### I.8.1.2 la densité réelle : $d_r$

La densité réelle ou le poids spécifique d'un sol est le poids sec par unité de volume des grains solides. Les vides n'entrent pas en ligne de compte.



$$D_r = \frac{\text{poids de terre}}{\text{volume des grains}} \dots\dots\dots (I.2)$$

On mesure cette densité par détermination du poids sec et du poids du volume d'eau déplacée par les particules solides correspondants au volume des particules solides.

Pour notre cas  $D_r=2.64$

### I.8.1.3 La porosité totale : P

Dans un sol en place la matière solide n'occupe pas en effet qu'une partie du volume total, les vides étant occupés soit par de l'eau soit par des gaz.

Il faut entendre par porosité, la fraction de l'unité de volume du sol en place qui n'est pas occupée par la matière solide.

E d'autre termes, la proportion du volume total du sol qui est accordée aux gaz et à l'eau.

Si l'on veut exprimer la porosité totale en % du volume de terre en place l'expression de la porosité est :

$$P = \frac{D_r - D_a}{D_r} * 100 \dots\dots\dots (I.3) \text{ Pour notre cas } P=56\%$$

### I.8.1.4 L'humidité équivalente :

L'humidité équivalente est le taux d'humidité atteint par un échantillon de sol dans les conditions expérimentales bien définies.

Ces conditions sont les suivants :

- ✓ L'échantillon est soumis à la force de l'action centrifuge dans une machine du type écrémeuse.
- ✓ He est obtenue dans un champs de 1000g (g : accélération de la pesanteur). Pour notre cas He=26.8%

### I.8.1.5 La perméabilité du sol :

La perméabilité ou la vitesse d'infiltration est défini par la vitesse apparents de l'eau s'écoulant à travers un sol saturé, sous une pente motrice égale à l'unité. C'est le coefficient K de la loi de Darcy. Elle dépend tout d'abord de de la porosité, mais surtout de la configuration des pores et de la stabilité des agrégats dans notre sol  $K=7 \text{ mm /h}$ .

## I.8.2 Propriétés physico-chimiques du sol :

### I.8.2.1 Le PH du sol :

Le PH d'un sol est la mesure de la quantité d'ions H<sup>+</sup> libres dans sa solution.

Cette quantité d'ions H<sup>+</sup> a été effectuée grâce à un PH mètre résultat de la mesure :  
PH=7.5

Valeur acceptable, car on sait que la plupart des plantes cultivée présente leur développement optimum au voisinage de la neutralisation ou un peu en dessous.

### I.8.2.2 La conductivité électrique :

C'est une caractéristique très importante. Elle est l'expression de la quantité globale d'ions existant dans la solution du sol. et mesurer par conductivité mètre.

Et représente donc la concentration globale en sels solubles.

Pour notre cas ; le résultat de la mesure est de 208.8us /cm.

Tableau I.1 : Classe de risque salin

LLA CONDUCTIVITE	LE RISQUE DE SALINITE
CE<0.25	Faible
0.25<CE<0.75	Moyen
0.75<CE<2.25	Elevé
CE>2.25	très élevé

*Classification américaine*

### I.8.3 Classification du sol [7]:

La synthèse des qualités de sol rencontrées est présentée sous la forme de zones homogènes qui reflètent leur aptitude à l'irrigation.

✓ **Sol de type 1 :**

Sols profonds, de texture moyenne à fine bien structurée, et de faible pente, l'irrigation dans ce type occupe 47% de la superficie totale.

Bons pour toutes les cultures.

✓ **Sol de type 2 :**

Sol en général profonds ou moyennement profonds, de texture moyenne à fine bien structurée jusqu'à moyenne profondeur, mal drainante à moyenne profondeur avec risque de



formation de nappe perchée, après mise en irrigation, de faible pente. Ce type occupe 39% de superficie totale.

Bons pour toutes les cultures avec restriction pour certaines.

✓ **Sol de type 3 :**

Sols peu ou moyennement profonds, de texture moyenne, fine ou très fine avec structure favorable jusqu'à moyenne profondeur, présence de nappe vers 100 cm, pente pouvant aller jusqu'à 5%. Ce type occupe 10% de la surface totale.

Réserver aux cultures en assolement.

✓ **Sols de type 4 :**

Sol de profondeur variable, de texture très fine, structure pouvant être défavorable, présence d'une nappe par fois à faible profondeur, ce type occupe 4% de la superficie totale.

Sols doit l'aptitude culturale en irrigué est réduit à quelque cultures céréalières, fourragères et maraichères, mise en valeur en sec conseillée.

## **I.9 RESSOURCE EN EAU [6] :**

### **I.9.1 Les eaux superficielles :**

✓ **Barrage de chefia :**

Sur l'oued Bounamoussa, situé à environ 50 km au Sud Est de la ville d'Annaba, il contrôle un bassin versant de 579 Km<sup>2</sup>

✓ **Le Barrage de Mexa**

Sur l'Oued Kebir Est à 20 Km au sud de la ville d'ElKala, ce barrage contrôlait initialement un bassin d'une superficie de 560 Km<sup>2</sup>

### **I.9.2 Les eaux souterraines :**

#### **Les forages et les puits :**

Les ouvrages de mobilisation des eaux souterraines de la wilaya sont les forages et les puits, la wilaya compte 34 forages déclarés et 34 puits totalisant un débit de 572 l/s, soit un volume des eaux souterraines mobilisées dans les limites de la wilaya de 18 millions de m<sup>3</sup> par an.

**Retenues collinaires :**

La wilaya d'Annaba compte 85 retenues collinaires réalisées, mobilisant un volume annuel de 7,742 millions de m<sup>3</sup>, destinés à l'irrigation des terres agricoles.

**I. 10 DEMOGRAPHIE [5]:**

Les données démographiques ne concernent que l'aire des deux études de Reconnaissance et Diagnostic d'Assainissement et d'AEP d'Annaba réalisées par BG-URBAN en 2008, cette aire couvre les territoires du PDAU intercommunal, d'une superficie de 25 582 EH. Et s'étend sur 18 agglomérations de tailles variables réparties sur le territoire de 5 communes: Annaba, El Bouni, El Hadjar, Oued El Aneb (en partie) et Sidi Amar.

Des prospectives d'évolution globale de la population, pour chacune des 4 communes de Annaba, El Bouni, El Hadjar et Sidi Amar ont été réalisées dans le Rapport de mission B de l'étude : Reconnaissance, Diagnostic et Etude du Schéma Directeur d'Assainissement d'Annaba.

Les résultats font état d'une population globale de plus de 500 000 habitants en 2005 et de plus de 900000 habitants en 2025 sur les 4 communes concernées

I.2 : Evolution de la Tableau population des 4 communes selon l'étude PDAU et comparaison avec les résultats du BG-URBAN intercommunal 2004.

Eq hap	2005	2015	2025
<b>Annaba</b>	271 533	340 264	379 019
<b>El Bouni</b>	138 471	220 897	292 238
<b>El Hadjar</b>	38 948	43 352	46 736
<b>Sidi Amar</b>	87 742	145 021	207 119
<b>Total</b>	<b>536 694</b>	<b>749 534</b>	<b>925 112</b>
<b>PDAU (pm)</b>	547 768	755 248	937 607
<b>Balance</b>	-11 074	-5 714	-12 495

*Source DPAT: (Direction de planification et aménagement territoire).*

Les populations obtenues aux différents termes sont très proches de celles du PDAU, les écarts étant le non prise en compte des populations éparses non concernées par le SDA

# **CHAPITRE II: CLIMATOLOGIE**

### II.1. INTRODUCTION :

L'étude est basée sur l'analyse des principaux paramètres climatiques tels que : la température, la pluviométrie, l'humidité relative, l'évaporation et les vents.

La connaissance des caractéristiques climatiques conditionne le développement des végétaux, et assure la bonne production.

### II.2. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES :

Les données climatiques nécessaires à l'élaboration de la présente étude sont recueillies à partir de la station hydro-pluviométrique des salines et d'Alger et à partir de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) et l'ONM (Office National de la Météorologie).

Il s'agit de données moyennes sur une période de 34 ans (1979-2012).

La localisation de la station considérée est donnée par le tableau suivant :

**Tableau II.1:** Coordonnées de station météorologiques LES SALINES)

Station	Latitude (N) degrés	Longitude Est (E)	Altitude (m)
SALINE	36°54	07°46 <sup>E</sup>	3

### II.3. TEMPERATURE DE L'AIR :

La température est un facteur du climat très important, dans l'étude de l'évaporation et de l'évapotranspiration. Elle permet d'étudier l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement annuel et saisonnier intervient dans le développement du rythme biologique des végétaux, la température est influencée par la mer qui se traduit par le mois le plus chaud qui est le mois d'août, alors que le mois le plus froid est le mois de janvier.

Les températures de la région d'étude sont présentées dans le tableau suivant:

**Tableau II.2** : Les variations moyennes mensuelles et annuelles de la température en °C

(Période (1984-2012))

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne Annuelle
<b>Tmin</b>	6,9	7,3	7,7	9,8	12,7	16,1	18,8	19,6	18,4	14,5	10,7	7,9	<b>12,5</b>
<b>Tmax</b>	16,2	17	18,2	20,2	23,2	26,8	30,3	30,5	28,7	25,5	20,4	17,5	<b>22,9</b>
<b>Tmoy</b>	<b>11,5</b>	<b>12,1</b>	<b>12,9</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>21,4</b>	<b>24,6</b>	<b>25</b>	<b>23,5</b>	<b>20</b>	<b>15,6</b>	<b>12,7</b>	<b>17,7</b>

*Source* : Station météorologique des salines.

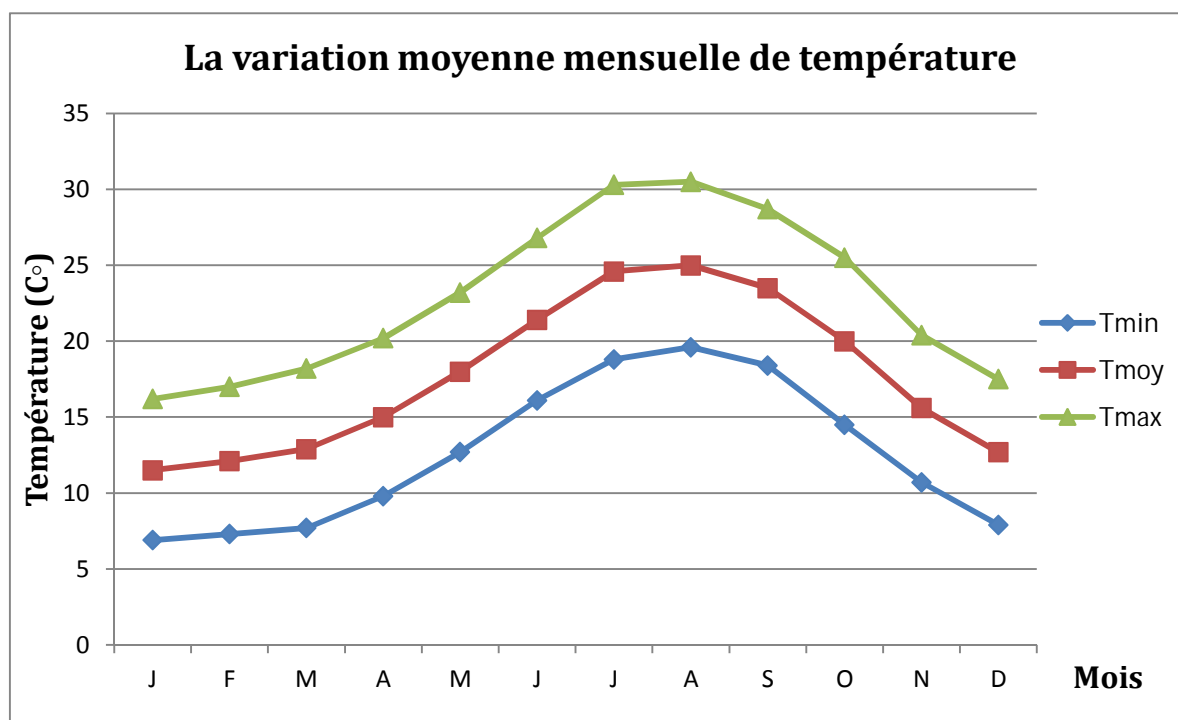
**Avec** : -  $T_{\min}$  : Température moyenne minimal observés pour chaque mois.

-  $T_{\max}$  : Température moyenne maximal observés pour chaque mois.

-  $T_{\text{moy}}$  : moyenne mensuelle.

D'après les résultats portés au tableau précédent ; on trouve que :

- La moyenne du mois le plus froid est de 6.9°C correspondant au mois de janvier.
- La moyenne du mois le plus chaud est de 30.5°C correspondant au mois d'Août.
- La température moyenne annuelle est de 17.7°C.



**Figure II.1 :** La variation moyenne mensuelle de la température.

#### II.4. L'HUMIDITE RELATIVE :

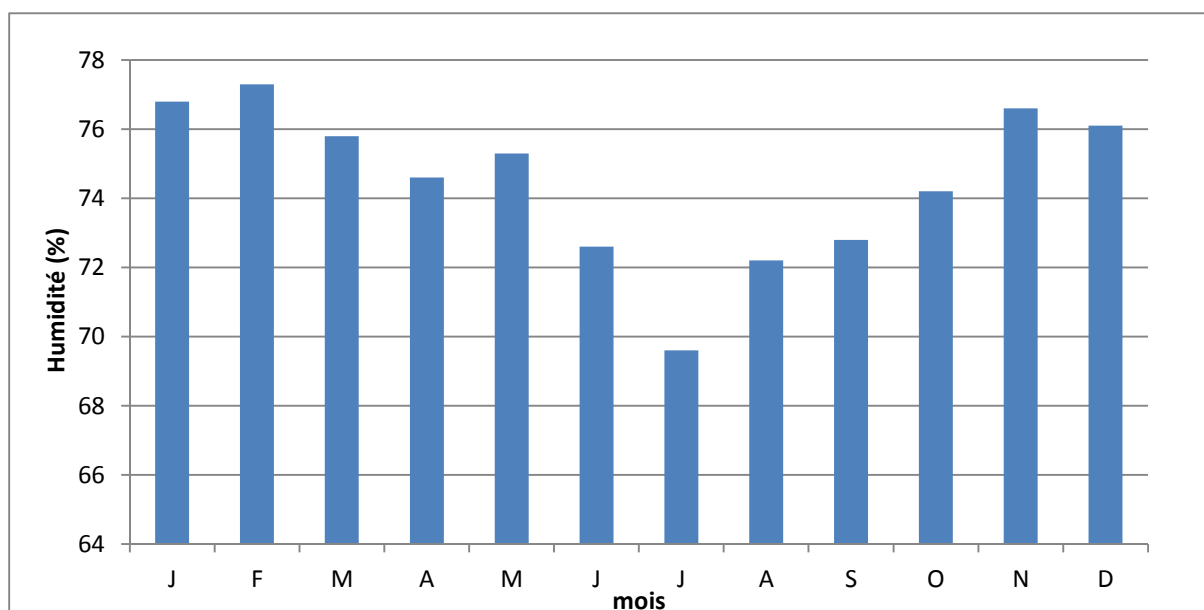
L'humidité relative de l'aire montre l'état de l'atmosphère en expliquant s'il est plus ou moins Proche de la condensation, elle correspond au rapport de la tension de vapeurs réelles observées à la tension de vapeur saturante à la même température.

**Tableau II.3:** Moyennes mensuelles et annuelle de l'Humidités relative en (%)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
<b>HR Moy(%)</b>	<b>76,8</b>	<b>77,3</b>	<b>75,8</b>	<b>74,6</b>	<b>75,3</b>	<b>72,6</b>	<b>69,6</b>	<b>72,2</b>	<b>72,8</b>	<b>74,2</b>	<b>76,6</b>	<b>76,1</b>	<b>74,5</b>

*Source : Station météorologique des Salines*

D'après le tableau ci-dessus, Nous remarquons que l'humidité maximale à la station des Salines est de l'ordre de 80% au mois de Janvier, par contre l'humidité minimale est de l'ordre de 70% au mois d'Août.



**Figure II.2 :** moyennes mensuelles de l'humidité relative

### II.5. LES VENTS :

Il est l'un des éléments les plus déterminants des régimes pluviaux de l'évapotranspiration et par conséquent du climat de la région ;

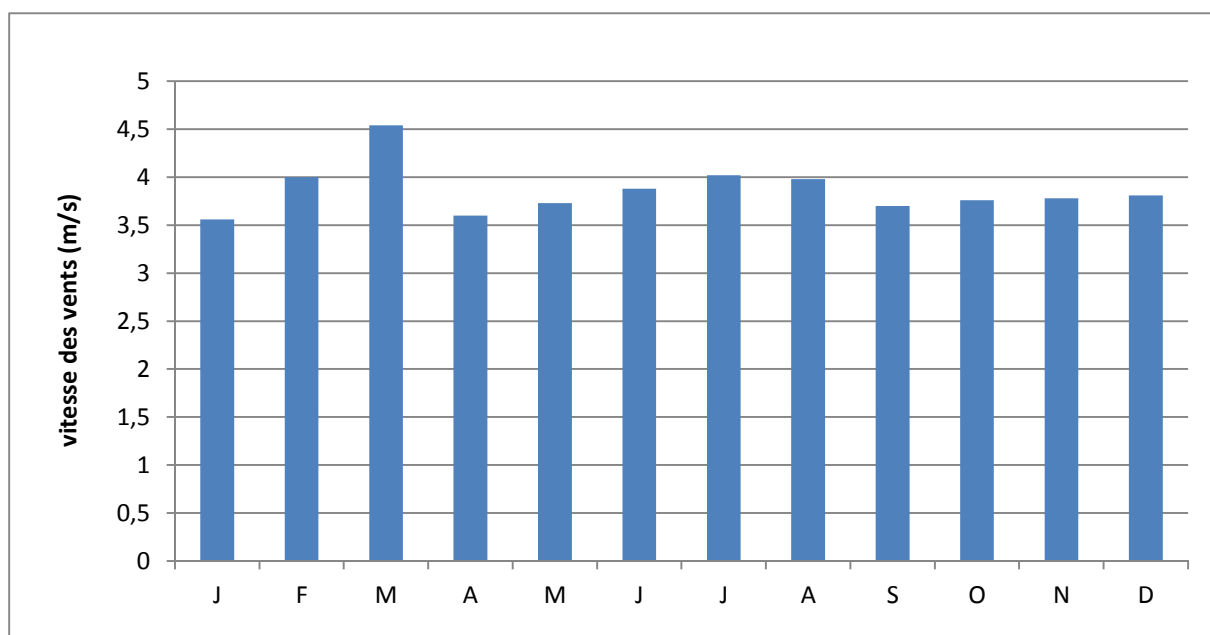
Les moyennes mensuelles des vitesses du vent déterminées à la station des salines sont données par le tableau suivant :

**Tableau II.4 :** moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
V(m/s)	3,56	4,0	4,54	3,6	3,73	3,88	4,02	3,98	3,7	3,76	3,78	3,81	3,86

*Source : Station météorologique des salines*

D'après ce tableau on remarque que la vitesse la plus forte du vent est marquée aux mois de Mars, par contre la plus faible est marquée au mois de janvier



**Figure II.3 :** moyennes mensuelles de la vitesse des vents.

## II.6. SIROCO :

Ce vent poussiéreux, bien qu'il soit faible durant la période hivernale, apparaît tout au long de l'année. Il provoque une augmentation de la température, ce qui peut causer des dégâts quant à la croissance des cultures et les ressources en eaux (Superficielles et souterraines) par l'augmentation de l'évaporation. Le nombre de jours de sirocco est de 14.2 jours/an.

## II.7. EVAPORATION :

L'évaporation est un problème physique qui croît avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau évaporée pendant un temps donné dépend de plusieurs facteurs liés d'une part à l'état de l'atmosphère, d'autre part à la surface évaporant.

**Tableau II.6 :** Moyennes mensuelles et annuelle de l'Evaporation en mm

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année	
E	Mm	78.5	78.7	102.18	108.64	132.53	177.79	231.9	227.47	165.5	140.62	98.84	86.6	1629.27
	%	4.8	4.83	6.3	6.66	8.13	10.9	14.23	14	10.15	8.63	6.06	5.31	100

*Source : Station météorologique des salines*



On remarque que l'évaporation est importante en été, Elle atteint son maximum au mois de juillet avec une valeur de 231.9 mm .Le minimum est enregistré au mois de janvier avec une valeur de 78.5 mm, celle de la moyenne annuelle est de 1629.27mm

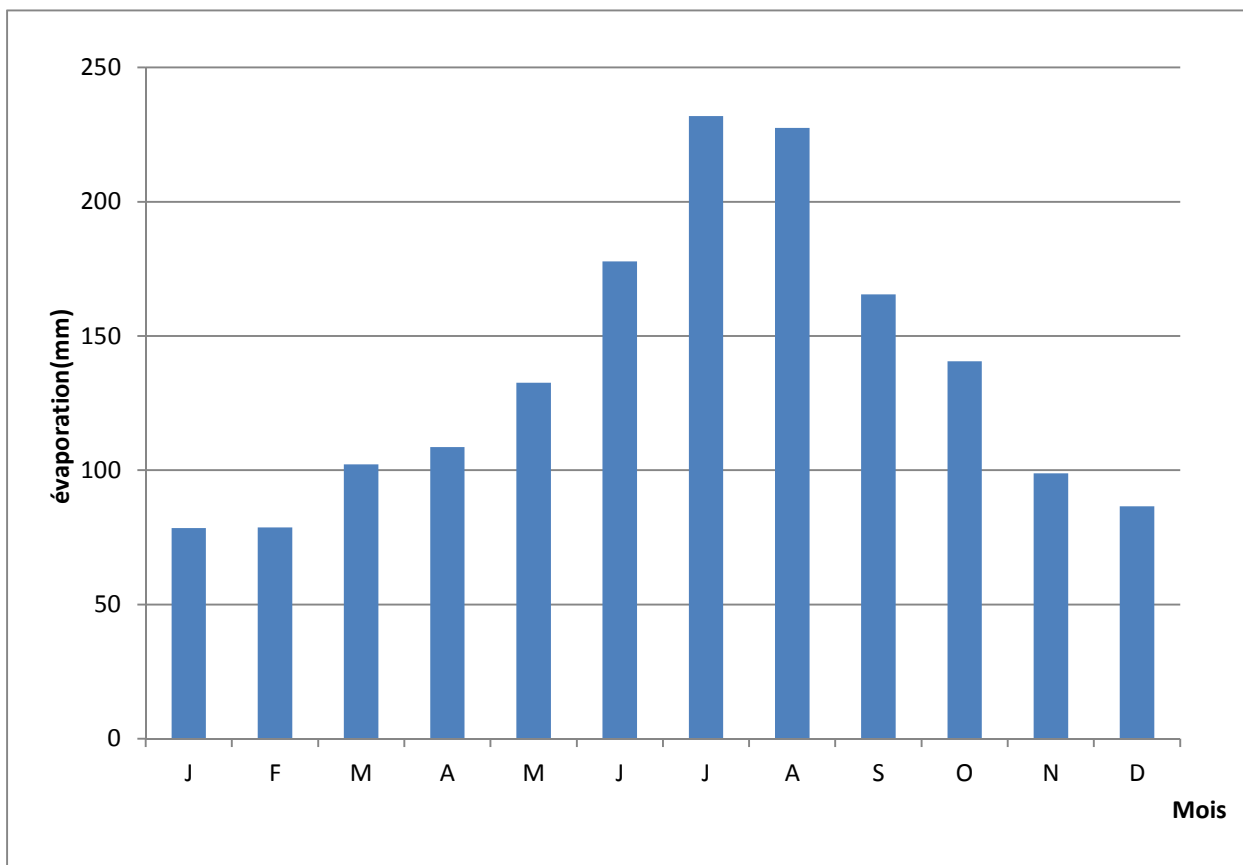


Figure II.4 : Moyennes mensuelles et de l'Evaporation.

### II.8. L'EVAPOTRANSPIRATION :

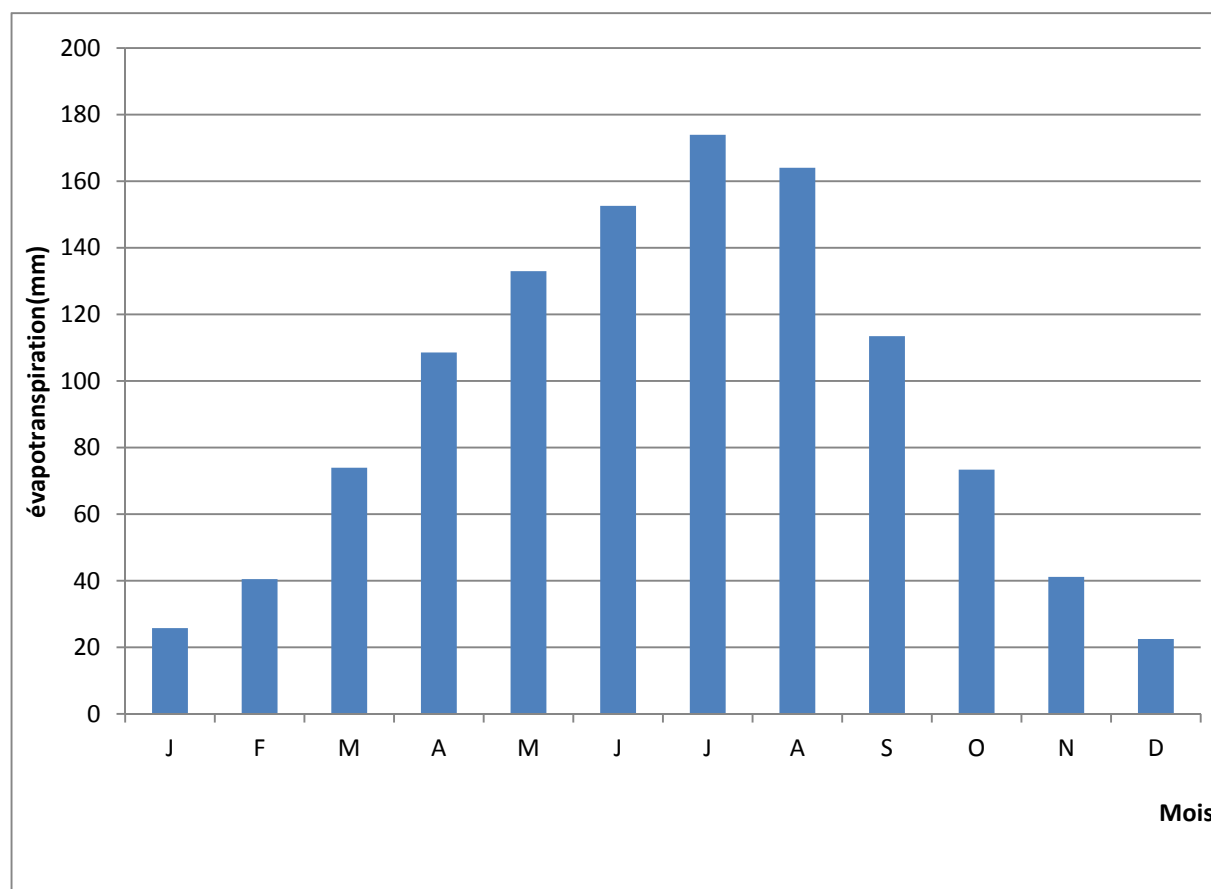
C'est la somme des quantités d'eaux pouvant s'évaporer et être transpirées sur une surface donnée et pendant une période bien, elle est exprimée en **mm**

Tableau II.7: Moyenne mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration en **mm**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
E(mm)	25.8	40.5	74	108.6	133	152.6	173.9	164	113.5	73.4	41.2	22.5	1123

Source : Station météorologique des salines

Sur les années d'observation (34ans), l'évapotranspiration mesurée présente un maximum de **173.9mm** en juillet et un minimum de **22.5mm** enregistré en décembre. Le total annuel, L'évapotranspiration moyenne est de **1123 mm**



**Figure II.5 :** Moyenne mensuelles de l'évapotranspiration

## II.9. INSOLATION :

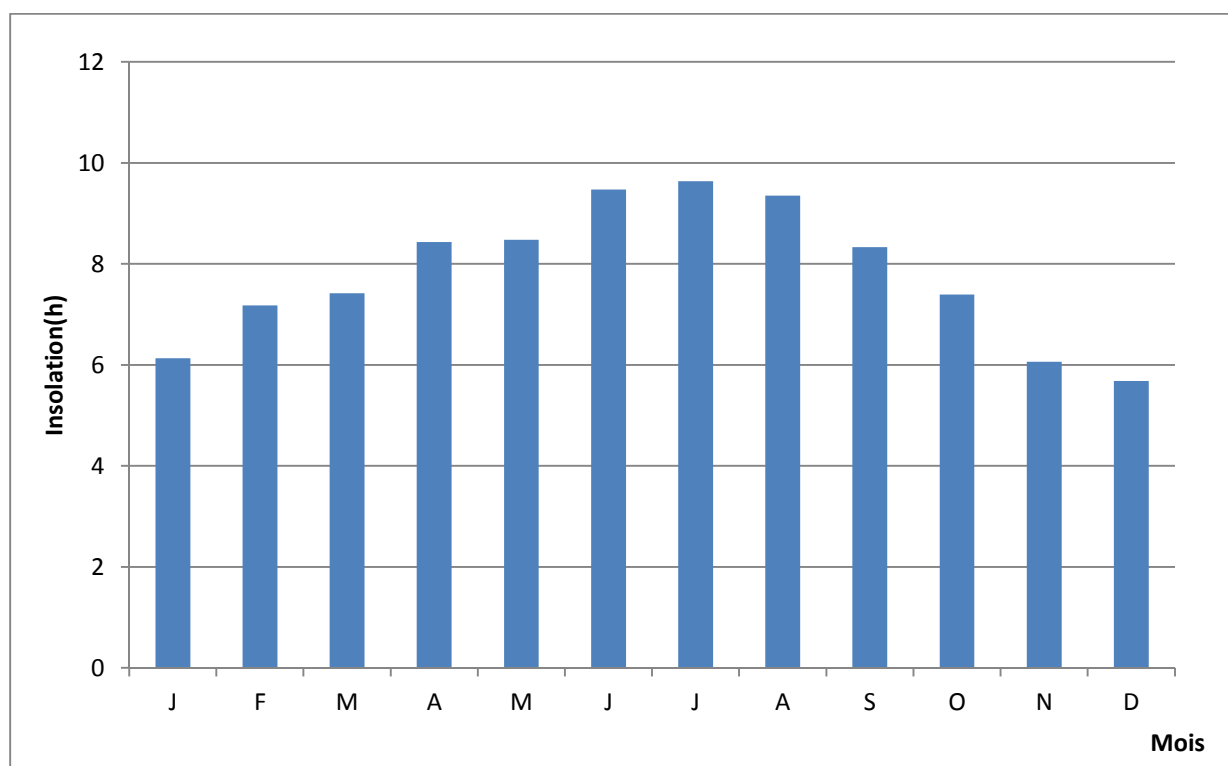
Les données sur l'insolation dans la station des salines sont représentées dans le tableau suivant:

**Tableau II.8** insolation moyenne journalière et annuelle dans la station des salines

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNE
<b>Insolation (h)</b>	6.13	7.18	7.42	8.43	8.48	9.47	9.64	9.35	8.33	7.39	6.06	5.68	7.8

*Source : Station météorologique de salines*

D'après ce tableau on observe que chaque année on enregistre en moyenne 10,8 jours d'insolation nulle avec un maximum de 2,1 jours au mois de décembre et aucune pendant le mois de juillet



**Figure II.6 :** moyenne mensuelles de l'insolation

## II.10. PLUVIOMETRIE :

Elle est caractérisée par un climat méditerranéen, l'irrégularité des précipitations annuelles et inter-saisonnière très importantes.

La répartition mensuelle des pluies est donnée par le tableau suivant :

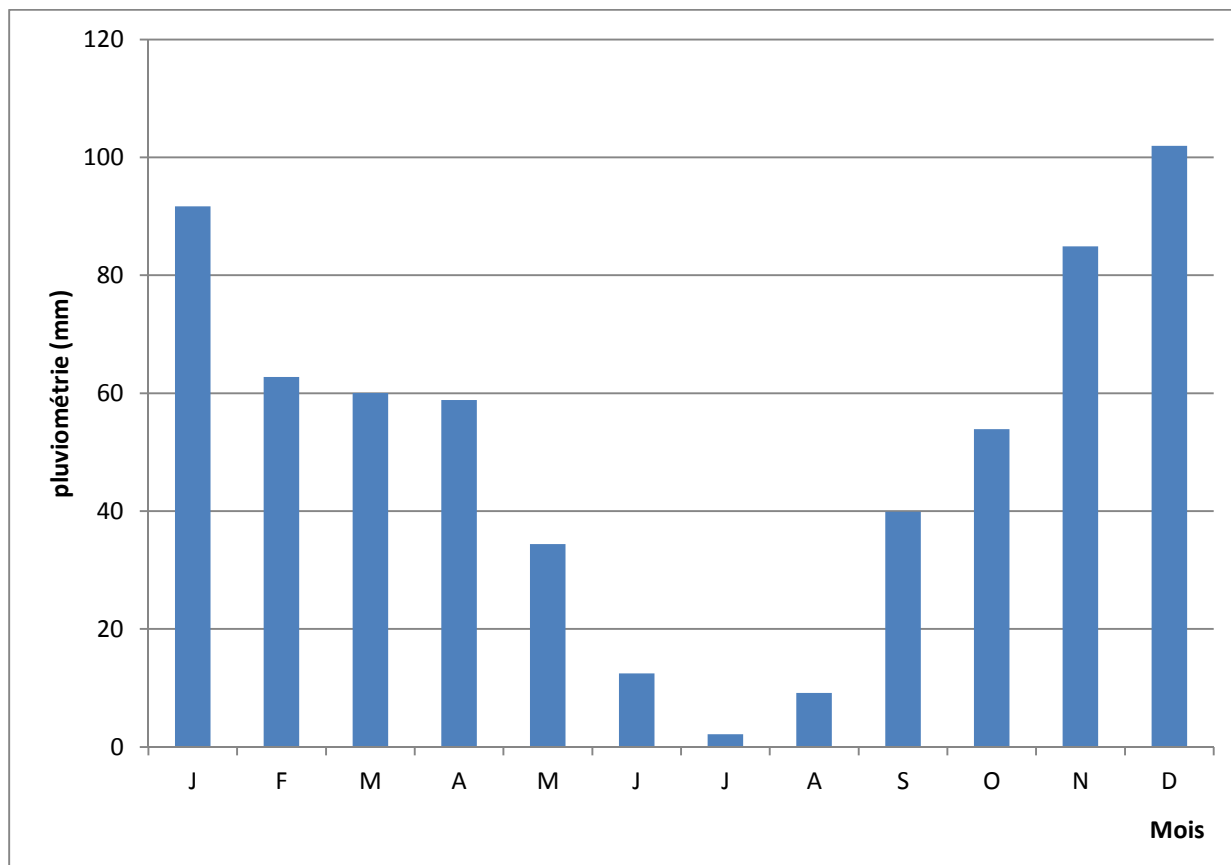
**Tableau II.9 :** Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations en mm

(Période (1979 au 2012))

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY
<b>Pmoy(mm)</b>	91,7	62,77	60,06	58,82	34,42	12,5	2,15	9,15	39,9	53,9	84,9	101,95	612,22

*Source : Station météorologique de salines*

D'après ce tableau, on remarque que la valeur maximale des précipitations est enregistrée Au mois de décembre (101.95mm), tandis que le minimum est atteint au mois de juillet (2.15mm) .La précipitation moyenne annuelle pour cette région est de **612.22mm**



**Figure II.7 :** Moyennes mensuelles des précipitations

**II.11. LES INDICES CLIMATIQUES:**

L'indice est une codification du climat par des formules dans le but de voir l'interférence des différents variables de ce climat et leur action sur les plantes, ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels :

**II.11.1. L'indice d'aridité de MARTON : [8]**

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (II.1)$$

Avec : **P** : précipitation moyenne annuelles en (mm)

**T** : température moyenne annuelle en (°C)

$I_A$  : indice d'aridité

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE sont donnée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II.11** : Limite des climats d'après l'indice climatique de MARTON

VALEUR D'IA	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
$IA \leq 5$	<b>Désertique</b>	<b>Indispensable</b>
$5 < I_A \leq 10$	<b>Très sec</b>	<b>Indispensable</b>
$10 < I_A \leq 20$	<b>Sec</b>	<b>Souvent indispensable</b>
$20 < I_A \leq 30$	<b>Relativement humide</b>	<b>Parfois utile</b>
$IA > 30$	<b>Humide</b>	<b>Inutile</b>

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pour : } P = 612.22 \text{ mm} \\ T = 17.7 \text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right\} I_A = \frac{612.22}{17.7 + 10} = 22.10 \%$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise par un climat relativement humide, et que l'irrigation est parfois utile

### II.11.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Il s'agit selon les principes de trace au (1905) d'exprimer la sécheresse globale d'un climat en comparant la dépense en eau (évaporation et transpiration) au gain (précipitation) par le rapport (P / E) dans la quel l'évaporation est exprimée par une fonction de la température. [8]

Expression définitive du quotient Q :

$$Q = \frac{2000P}{(M + m)(M - m)} \dots\dots\dots \text{(II.2)}$$

Où **Q** : coefficient pluviométrique **d'EMBERGER**

**P** : précipitation moyenne annuelle en (mm)

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud (en °K)

**m** : moyenne des minimas du mois le plus froid (en °K)

$$\text{Pour : } P = 612,22 \text{ mm}$$

$$M = 30,5 + 273 = 303,5 \text{ K}$$

$$m = 6,9 + 273 = 279,9 \text{ K}$$

Aura :

$$Q = \frac{2000 \times 612,22}{(30,5 + 273)^2 - (6,9 + 273)^2} = 88,93 \text{ mm}$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (fig. II-8), la valeur de

**Q = 88,93 mm /°K** pour une température du mois le plus froid, **T = 6,9 °c**, nous donne un étage bioclimatique «Subhumide».

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Subhumide
- Sous étage : Hiver Tempérés.

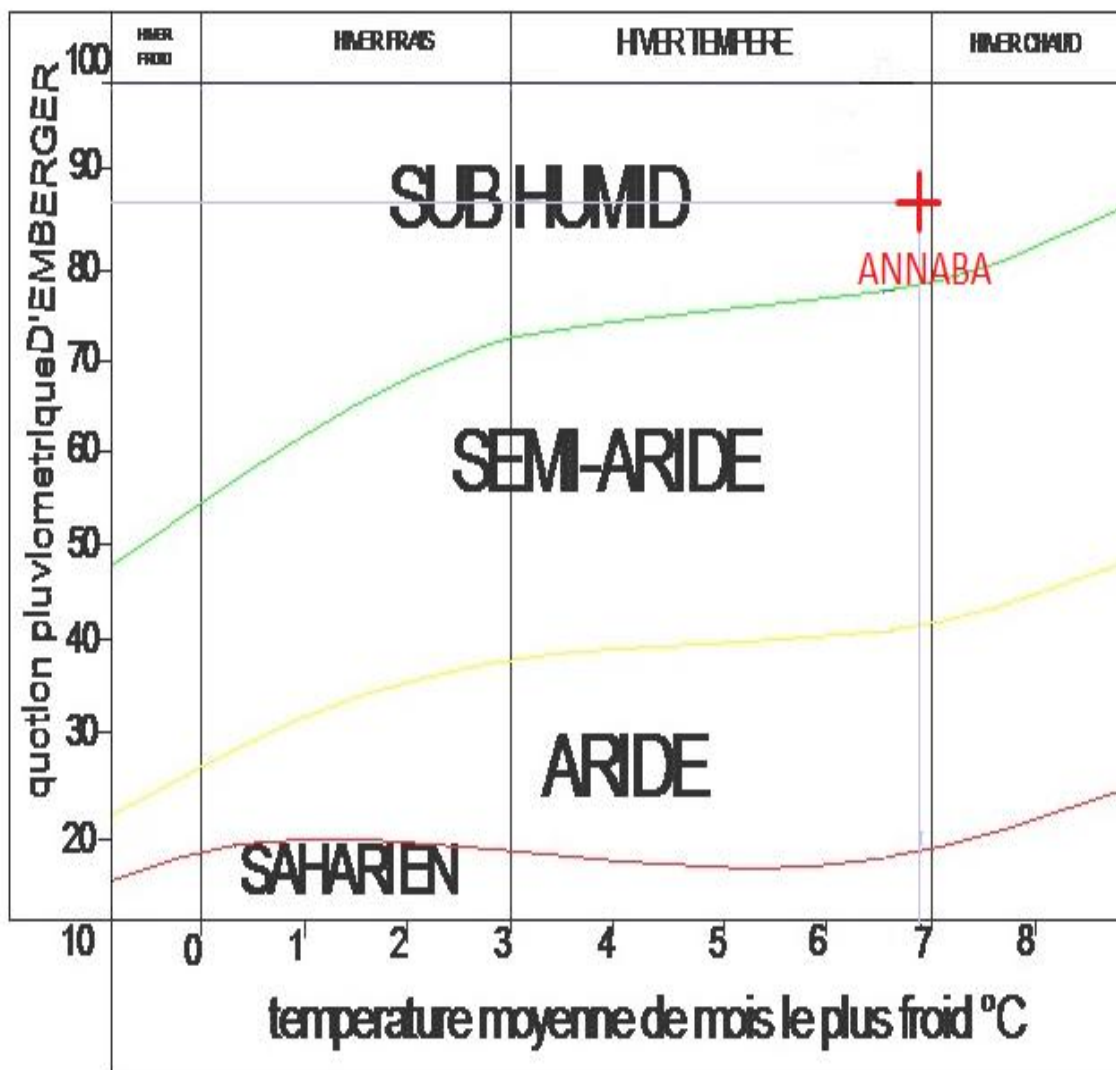


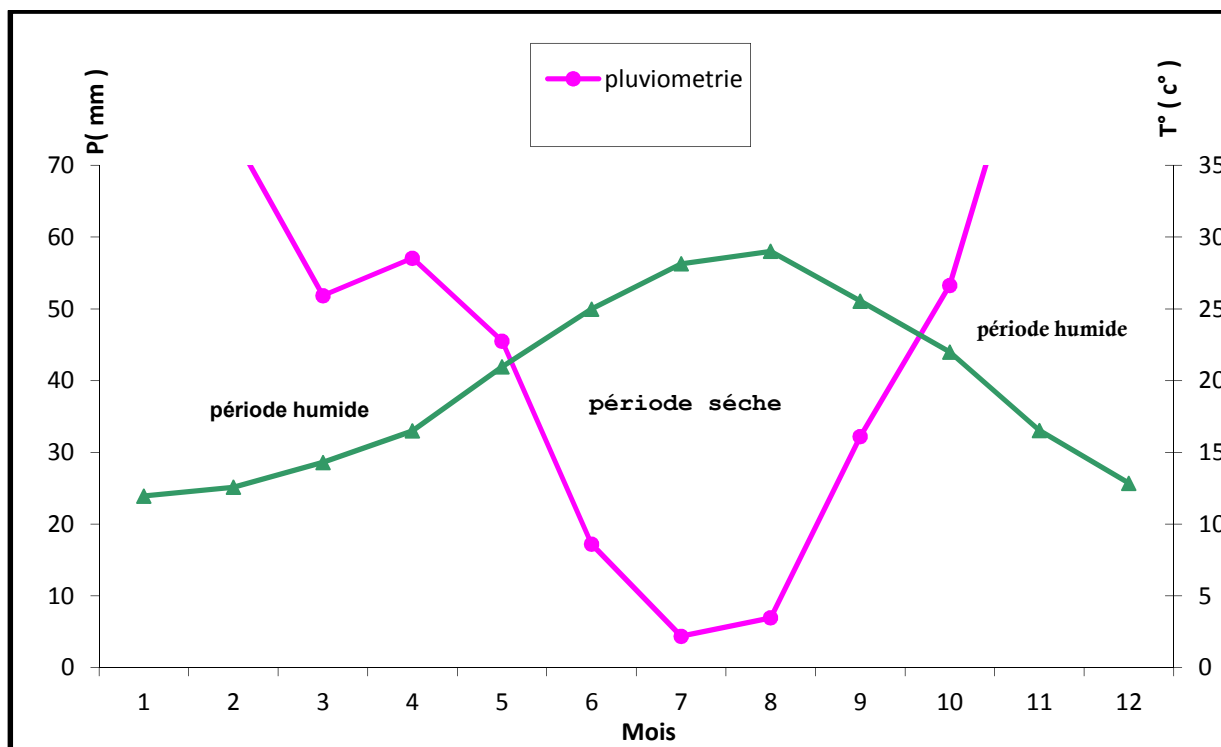
Figure II.8 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

### II.11.3. Diagramme ombrothermique de « BAGNOULS ET GAUSSEN » :

En appliquant la formule  $P = 2T$ , le diagramme permet de déterminer la période sèche, ou le mois sec est celui où le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades.

Quand la courbe de température est au-dessus de celle des précipitations, la zone délimitée représente la zone sèche. [9]

Dans notre cas l'irrigation est indispensable à partir de la fin de Septembre jusqu'à Avril (Figure II .9)



**Figure II.9:** Diagramme Ombrothermique

## II.12. CONCLUSION :

D'après les données climatologiques mesurées à partir de la station des salines, le calcul de l'indice d'aridité et suite à (Interprétation ci-dessus nous avons constatés ce qui suit :

- ✓ Le climat de la zone d'étude est de type SUB-HUMIDE tempérés.

On distingue deux saisons :

- ✓ Une saison douce et humide d'Octobre à Avril avec 86% des précipitations et une température moyenne de 14,3°C.
- ✓ Une saison chaude et sèche de mai à septembre avec 14% des précipitations et une température moyenne de 22,5°C

La vitesse du vent dans la région montre une stabilité tout au long de l'année. En effet, le maximum est atteint au mois de Mars tandis que le minimum est atteint aux mois de

Janvier. La moyenne annuelle étant de **3.86** m/s.

La région reçoit en moyenne des pluies moyennes (658.6mm)



**CHAPITRE III:**  
**CARACTERISATION de la**  
**STEP**

**INTRODUCTION :**

L'épuration des eaux usées consiste généralement en une succession d'opérations de transformation et de combinaison de traitements élémentaires dont les bases peuvent être physiques, chimiques ou biologiques.

**III.1. CONCEPTION GENERALE :**

La STEP d'Annaba est localisée dans la plaine d'Allélik commune d'el boni, en bordure de l'oued Seybouse, au sud-est d'Annaba.

Elle est de type « boues activées faible charge », ce qui permet d'envisager à priori une qualité de rejet compatible avec la REUE.

Sa capacité nominale est de 580 000 EH1 (horizon 2025) ; une extension est prévue à 700 000EH (horizon 2035) [1].

Les effluents sont essentiellement d'origine domestique, ce qui devrait limiter les risques dépollution et permettre le recyclage ultérieur des boues et EUE (sous réserve d'analyses de confirmation).

Dans la mesure où une partie du réseau est de type unitaire, la STEP peut être amené à recevoir des charges hydrauliques variables. Pour garantir un bon fonctionnement des ouvrages épuratoires, les eaux en excès en temps de pluie sont by-passées. Le débit maximum toléré en entrée de STEP par temps de pluie est de 2,45 m<sup>3</sup>/s (tronçons 1, 2, 3). Le volume maximum d'effluent susceptible d'être rejeté est donc d'environ 210000 m<sup>3</sup>/jour.

Le marché a été établi sur la base d'un volume d'effluents en entrée à capacité nominale 2025 de 83 620 m<sup>3</sup>/jour (base : débit moyen journalier par temps sec). Ce débit est porté à 107 840 m<sup>3</sup>/jour à l'horizon 2035.

Conformément au Schéma Directeur approuvé en 2007, la nouvelle STEP, recevra les eaux usées des communes de la zone 1 et 2 qui sont :

Pour la zone 1 :

- ✓ Annaba
- ✓ El Boni
- ✓ Boukhadra
- ✓ Couloir Kherraza
- ✓ Sidi Salem

- ✓ Essarouel

Pour la zone 2 :

- ✓ Sidi Amar
- ✓ El Hadjar.

La première tranche de la STEP recevra les eaux usées des communes de la zone 1.

Les eaux usées de la première tranche seront acheminées vers la STEP via les 3 transferts suivants:

- Tronçon 1 : il acheminera les eaux usées d'Annaba, de Boukhadra, du couloir Kherraza et d'Es sarouel.

· Tronçon 2 : il acheminera les eaux usées de Sidi Salem.

· Tronçon 3 : il acheminera les eaux usées d'El Boni.

Le poste de refoulement "El Boni II" relèvera l'arrivée gravitaire des eaux usées du tronçon 3 qui est unitaire, en tête de STEP.

Les autres tronçons seront des conduites de refoulement qui achemineront les eaux usées directement en tête de STEP.

### **III.2. LIGNE DE TRAITEMENT DES EAUX :**

Les eaux usées ne doivent pas être réutilisées brutes. Un traitement est toujours nécessaire, différent selon le niveau de qualité exigé par le milieu récepteur et les usages de l'eau. Les objectifs principaux sont :

- ✓ Permettre le fonctionnement de l'irrigation, en réduisant les risques de colmatage;
- ✓ Éviter les mauvaises odeurs ;
- ✓ Éliminer les microorganismes pathogènes, chaque fois que la réglementation l'exige ;
- ✓ Réduire la teneur en azote, quand la protection d'une nappe souterraine l'impose.

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologique.

- ✓ La filière eau se décompose de la manière suivante :

- ✓ Prétraitements (dégrillage, dessablage, déshuilage)
- ✓ Traitement primaire
- ✓ 3 files de traitement biologique comprenant bassins d'aération (3) et clarificateurs (3\*2) avec système de recirculation des boues.
- ✓ Traitement tertiaire par microfiltration pour une partie des EUE.

### III.2.1.Prétraitement :

Les prétraitements consistent à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus grossiers (dégrillage), ainsi que des sables et de graisses (dessablage, dégraissage). Ce sont de simples étapes de séparation physique :

#### III.2.1.1.Dégrillage [12] :

Consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille (il en existe plusieurs types) dont les barreaux plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. L'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent.

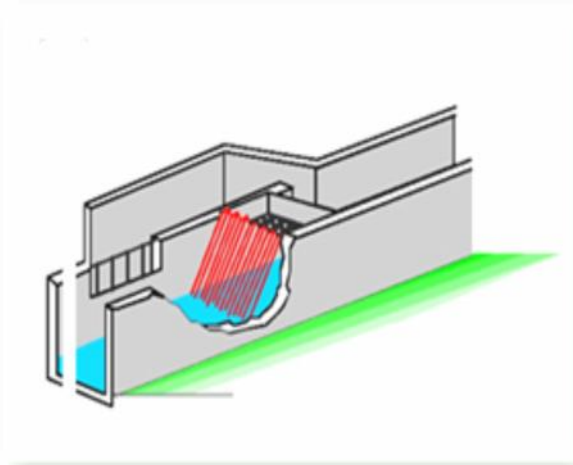
Le dégrillage est classé en trois catégories selon l'écartement entre barreaux de la grille:

- ✓ un pré-dégrillage : espacement de 30à100mm,
- ✓ un dégrillage moyen : espacement de 10à25mm,
- ✓ un dégrillage fin : espacement de 3à10mm,

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants et la nature de l'effluent à traiter .On distingue :

La grille manuelle : Elles sont réservées aux très petites installations, la grille fortement inclinée (angle de 60 à 80° sur l'horizontale) et munie d'un by-pass destiné à éviter le débordement.

La grille mécanique : Dès que la station dépasse les 5000 habitants, on doit doter l'installation de traitement de grille mécanique.

**-Dégrilleur manuel-****-Grille mécanique-****Figure III-01- : Types de grille**

### III.2.1.2. Dessablage-déshuilage aéré [13]:

Le dessablage porte généralement sur des particules de granulométries égales ou supérieures à  $200\mu\text{m}$ . Le dessablage et le déshuilage s'effectue dans un même bassin. L'ouvrage regroupe dans un même ensemble conique :

- ✓ Le dessaleur dans la partie inférieure du tronc conique ;
- ✓ Le déshuileur, aéré dans sa partie centrale est raclé mécaniquement par un écumeur pour extraire les graisses.

Le dispositif de dessablage déshuilage profite astucieusement de la différence de densité entre le sable, les graisses et l'eau.

Les sables décantent, tandis que les graisses sont mises en flottation aidées pour cela par un aérateur immergé diffusant de fines bulles, (notons qu'il faut prévoir une zone de calme pour l'accumulation des écumes), les graisses sont donc évacuées en surface, les sables accumulés dans la partie conique basale sont aspirés par une pompe.



**Figure III-02- : Poste dessablage-déshuilage**



**Figure III-03- : Racleur des graisses**

### **III.2.2. Traitement Primaire :**

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les traitements primaires ne portent que sur les matières décantables (décantation primaire).



La décantation s'effectue dans des ouvrages qui peuvent être rectangulaires, carrés ou circulaires. Les plus courants sont les décanteurs rectangulaires et circulaires (à alimentation centrale).

### III.2.2.1. Décantation primaire [14] :

La décantation, processus essentiel du traitement primaire, a pour but :

- ✓ de retenir une fraction importante de la pollution organique,
- ✓ d'alléger la charge du traitement biologique ultérieur,
- ✓ de réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologique par culture fixée (lits bactériens, disques biologiques,...)
- ✓ d'éliminer 30 à 35% de la DBO<sub>5</sub>, 60% de MES et 90% des matières décantables (pour une eau usée domestique).

La décantation primaire a peu ou pas d'effets sur l'élimination des virus et des bactéries ; les abattements cités sont de l'ordre de 10 à 30%.

Les décanteurs sont de très grands bassins rectangulaires ou circulaires, à fond plats avec système de raclage des boues ou à fond incliné pour que les boues glissent d'elles-mêmes vers le cône de collecte.



**Figure III-04- : Poste de décanteur primaire**

### III.2.3. Traitement biologique :

La station d'épuration d'el boni sera du type système à boues activées travaillant à faible charge. Les bassins d'aération sont équipés d'aérateurs de surface à axe vertical. Après aération,

le mélange eaux - boues activées également appelé liqueur mixte est envoyé dans les bassins de décantation secondaire où s'effectuent l'élimination des boues et récupération des eaux épurées.

### III.2.3.1. Bassin d'aération :

Le bassin d'aération est l'ouvrage le plus important dans une station d'épuration fonctionnant avec un procédé biologique, il est considéré comme les poumons de la station, c'est pour ça il doit être dimensionné avec précision ; ce bassin peut être sous forme circulaire ou sous forme rectangulaire.



Figure III-05- : bassin d'aération

### III.2.3.2. Décantation secondaire (Clarificateur):

Les systèmes à bassins séparés utilisent, pour la séparation de l'eau traitée et des boues des clarificateurs auxquels, on donne aussi le nom de décanteurs secondaires.

Pour que la décantation secondaire en boues activées soit efficace, deux conditions essentielles doivent être vérifiées:

- ✓ La surface de séparation des boues sédimentaires et du surnageant se maintient à une distance stable de la zone de surverse.
- ✓ Cette distance doit être
- ✓ Dans le cas des boues activées, la décantation présente deux variantes:
- ✓ Système à bassins séparés: la décantation et l'aération seront alors dans deux bassins distincts;



✓ Système combiné: les phases de décantation et d'aération ont lieu dans le même ouvrage. La séparation du floc bactérien et de la liqueur interstitielle, ou clarification, est normalement assurée par décantation.



**Figure III-06- : décanteur secondaire (clarificateur)**

#### **III.2.3.3. Recirculation des boues décantées (station de pompage) :**

Les boues recalculées s'écoulent gravitairement des deux décanteurs vers l'ouvrage de recirculation d'où elles seront renvoyées en tête des bassins de boues activées.

L'équipement (armoire de commande) est installé dans le bâtiment d'exploitation.

#### **III.2.4. Désinfection des eaux :**

La mise en place d'un équipement de désinfection est nécessaire pour assurer une qualité microbiologique compatible avec l'irrigation de plantes maraîchères destinées à être consommées crues.

Les différentes techniques disponibles sont les suivantes :

- ✓ Désinfection à l'ozone
- ✓ Désinfection par rayonnement UV
- ✓ Désinfection utilisant le dioxyde de chlore



**Figure III-06-** Bassin de désinfection

### **III.3. LIGNE DE TRAITEMENT DES BOUES :**

La filière boues à la STEP se décompose de la manière suivante :

- ✓ Épaississement (3 épaisseurs statiques)
- ✓ Digestion anaérobie (2 digesteurs)
- ✓ Déshydratation mécanique des boues par filtre presse (avec adjonction de  $\text{FeCl}_3$  +chaux)
- ✓ Stockage des boues en bâtiment clos.

#### **III.3.1. Épaississeur :**

L'épaississement des boues a pour objectif de limiter le volume d'eau à transporter sur les aires de séchage. C'est un ouvrage important car il conditionne l'état des boues à envoyer sur les lits de séchage. [1]

L'épaississeur devra comporter en permanence une tranche d'eau en surface afin d'éviter les odeurs, cette tranche d'eau devra être renouvelée régulièrement, pour cela, l'épaississeur devra être alimenté fréquemment avec les boues qui en s'épaississent vont renouveler l'eau superficiel



**Figure III-06- : épaisseur des boues**

### III.3.2. Lits de séchage :

Les boues évacuées de l'épaississeur sont introduites dans des lits de séchage par une conduite d'alimentation conduisant à l'entrée de chaque lit. Ces derniers sont conçus avec un radier imperméable en béton recouvert d'une couche de graviers et de sable. L'eau filtrant à travers le sable et le gravier s'écoule sur le radier en béton et est collectée par un réseau de drains.



**Figure III-07- : Poste de déshydratation naturelle (lit de séchage).**

### III.4. QUALITE DES EAUX EPUREES [1] :

Les garanties souscrites pour l'effluent épuré et inscrites au marché de la STEP sont les suivantes :

**Tableau III.01.:** garanties de qualité de l'effluent épuré (marché STEP)

(Période (2008au2012))

paramètres	Concentration moyenne sur 24h (mg/l)	Autres Caractéristiques
MES	30	
DCO	90	
DBO5	30	
N global	10	
P total	-	Rendement : 80% juin à sept. 50% oct. à mai
pH	-	6 à 8,5

(Source : DRE Annaba)

Le marché ne prévoit pas de garanties de qualité microbiologique.

La qualité des eaux épurées après traitement tertiaire n'est pas connue. Compte tenu du traitement (microfiltration), on peut estimer que le traitement permettra un abattement en MES et garantira une concentration en MES < 30 mg/l ; un léger abattement en DCO a également déjà été constaté sur d'autres opérations de REUE.

### III.5. CONCLUSION :

Ces différents procédés permettent d'obtenir une eau débarrassée d'une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de l'épuration.

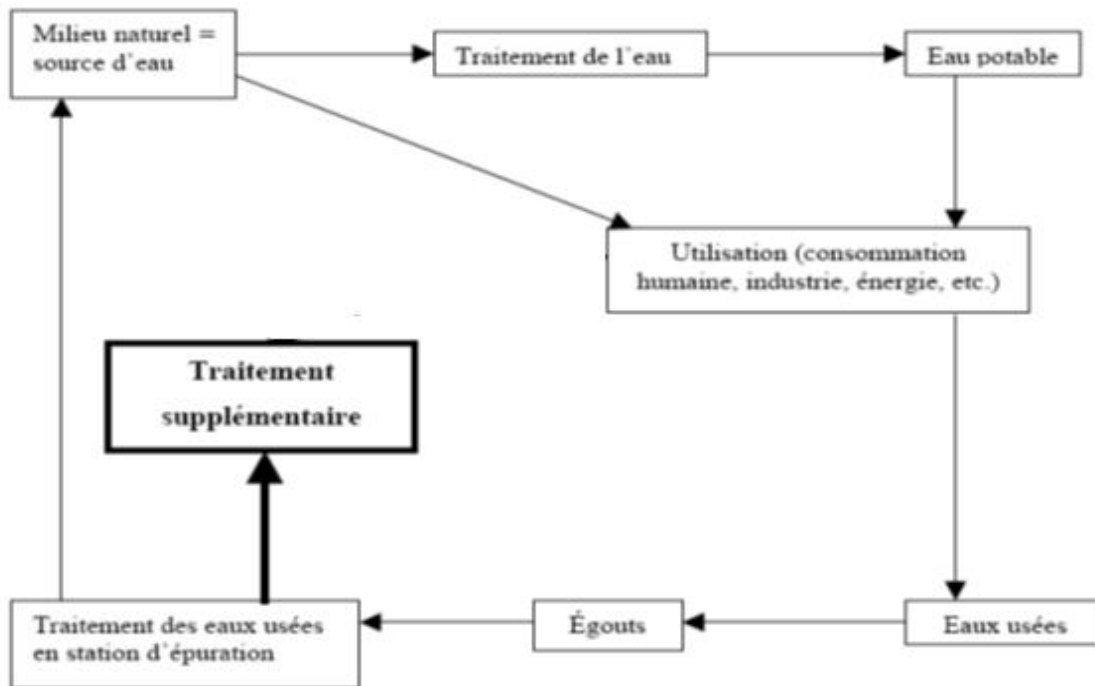
La station d'épuration d'ELBOUNI traite les eaux usées avant de les rejeter dans l'exutoire Final (Oued Seybouse) et seront utilisées en agriculture.

**CHAPITRE IV:**  
**CARACTERISATION DES**  
**EAUX USEES**



### IV.1.INTRODUCTION :

La réutilisation des eaux usées épurées recouvre deux notions complémentaires : le traitement puis la réutilisation proprement dite d'**eaux usées**. Les eaux usées sont les eaux rejetées par les collectivités et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, on les appelle des **eaux usées épurées**. Dans le cycle d'assainissement de l'eau « classique », celles-ci sont rejetées dans le milieu naturel. La REUE propose de récupérer directement ces eaux usées épurées, de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages. On constate (figure IV.1) que la REUE agit à deux niveaux : premièrement elle évite les rejets d'eaux issues de stations d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire



**Figure: IV.1** : la réutilisation des eaux usées épurées sans le cycle d'assainissement

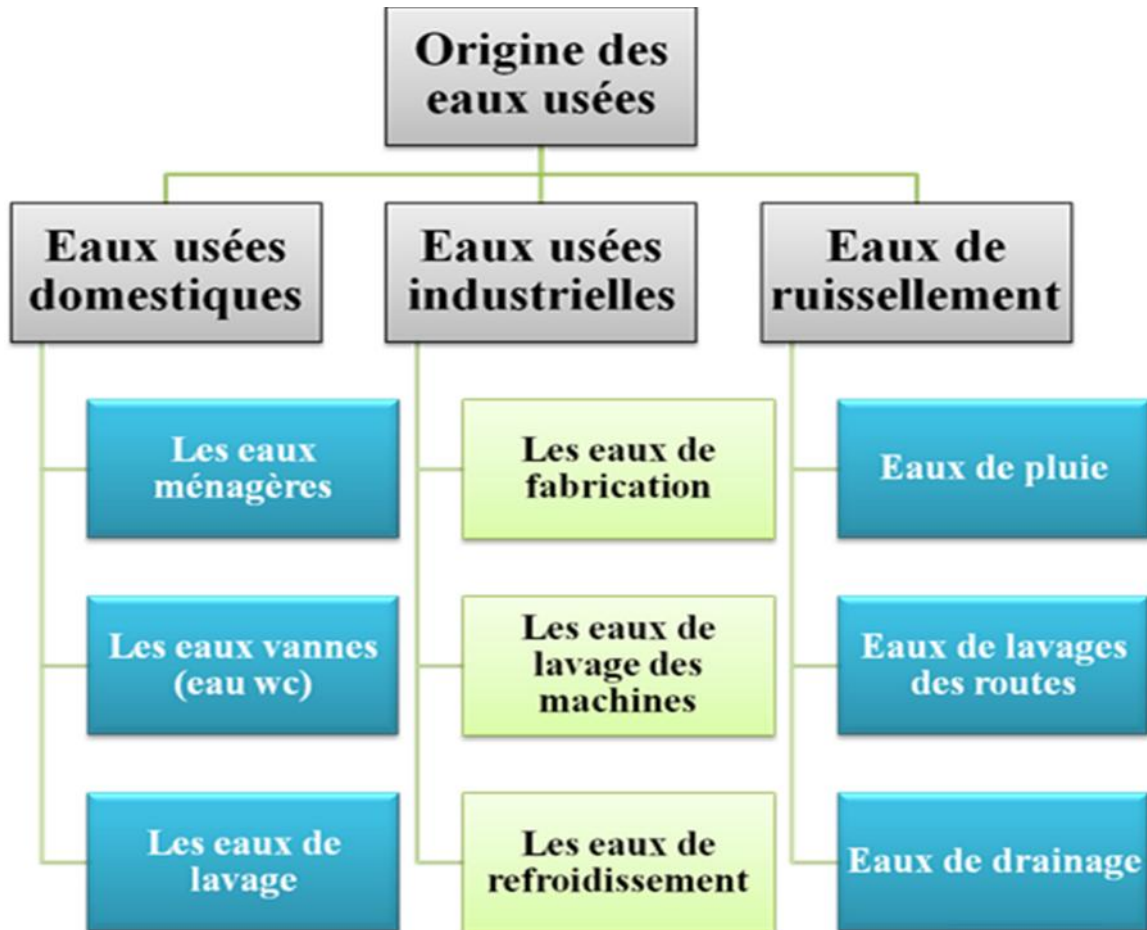
(SOURCE : DRE ANNABA)

### IV.2. NATURE ET ORIGINE DES EAUX USEES :

#### IV.2 .1. Origine des eaux usées urbaines: [13]

Les eaux usées proviennent de diverses activités de par leur origine, ces eaux peuvent être classées en trois catégories principales :

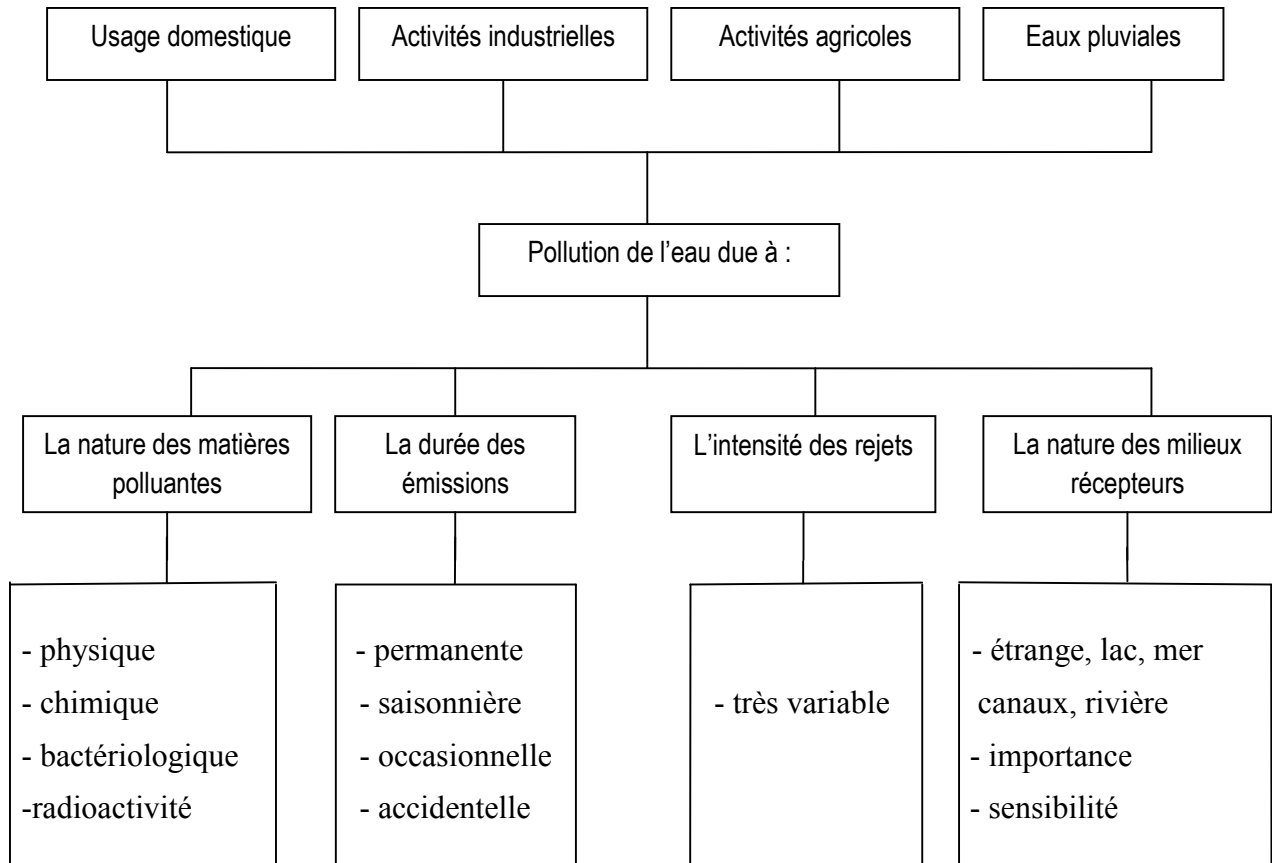
- Eaux domestiques;
- Les eaux industrielles;
- Les eaux de ruissellement



#### IV.2.2 . Nature de la pollution [14] :

La pollution de l'eau est une dégradation de sa qualité naturelle provoquée par l'homme et ses activités.

Cette dégradation peut compromettre l'équilibre du milieu vivant aquatique et rendre plus difficile ou plus coûteuse son utilisation ultérieure



(Source : Direction de l'environnement, 1990)

**Figure IV.2:** schéma explicatif de la nature de pollution.

### IV.3. IMPORTANCE DE REJETS :

L'importance des rejets urbains dépend de certains facteurs notamment :

- Du type de réseau ;
- Des industries raccordées ou non au réseau ;
- La taille de l'agglomération

#### IV. 3 .1. Conditions de rejet d'effluents:

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

Les normes de rejet sont très variables. Les paramètres de pollution sont plus nombreux que pour les eaux résiduaires usées et sont spécifiques des industries.



Les exigences des législations concernant des paramètres spécifiques (hydrocarbures, métaux lourds, F<sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>) dépendent de méthodes de mesure différente et sont de sévérité inégale suivant les pays.

Les effluents peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel ou dans des réseaux d'assainissement urbains aboutissant à des stations biologiques dont ils ne doivent pas le perturber le fonctionnement si l'usage courant implique des limitations de concentrations dans l'effluent.

#### IV. 3 .1.1. Les normes internationales :

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.1** : normes de rejets internationales

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
<b>PH</b>	6,5-8,5
<b>DBO5</b>	<30 mg/l
<b>DCO</b>	<90 mg/l
<b>MES</b>	<20 mg/l
<b>NH+4</b>	<0,5 mg/l
<b>NO2</b>	1 mg/l
<b>NO3</b>	<1 mg/l
<b>P2O5</b>	<2 mg/l
<b>Température T</b>	<30°C
<b>Couleur</b>	Incolore
<b>Odeur</b>	Inodore

### IV. 3. 1.2. Les normes algériennes:

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire.

Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par le décret 06-141 [13] sont présentes dans le tableau suivant :

**Tableau IV.2 :** Les valeurs limite des paramètres de rejet dans un milieu récepteur

N°	Paramètres	Unités	Seuils
1	Température	°C	30
2	Ph	-	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35
4	DBO5	"	35
5	DCO	"	120
6	Nitrogène kjeldahl	"	30
7	Phosphates	"	10
8	Cyanures	"	0,1
9	Aluminium	"	3
10	Substances toxique	"	0,005
11	Cadmium	"	0,2
12	Chrome	"	0,5
13	Etain	"	2
14	Fer	"	3
15	Manganèse	"	1
16	Mercure	"	0,01
17	Nickel	"	0,5

18	Plomb	"	0,5
19	Cuivre	"	0,5
20	Zinc	"	3
21	Huile et graisse	"	20
22	hydrocarbures	"	10
23	Phénols	"	0,3

*Source : Journal Officiel de la République Algérienne, 2006*

#### IV.3.2. Le type de réseau :

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- Le système unitaire qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales.
- Le système séparatif comportant deux réseaux de canalisation différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées ;
- Le système pseudo-séparatif, actuellement peu préconisé dans la conception d'un nouvel équipement, est un système dans lequel, on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties.

#### IV.3.3. Le raccordement des industries :

Le raccordement des industries aux égouts urbains permet d'obtenir le mélange nécessaire d'eau usée urbaine et industrielle, ce qui présente des avantages, aussi bien pour l'usine que pour la municipalité.

Néanmoins, la capacité de réception du réseau d'assainissement, la qualité des eaux résiduaires, imposent certaines limites au raccordement à l'égout.

#### IV.3.4. La taille de l'agglomération :

Le volume d'eaux usées rejeté par habitant par jour va généralement croissant avec la taille de l'agglomération par suite de certaines différences d'habitudes de vie, le niveau de développement et suivant le mode de tarification de la consommation d'eau potable.

### IV.4. CARACTERISATION DES EAUX USEES :

Compositions des eaux usées et variables en fonction par les paramètres suivantes :

- Leur origines des eaux usées (industrielle, domestique, etc.)
- Leur caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives.

#### IV.4.1. Caractéristiques physiques :

- ✓ Température
- ✓ La conductivité électrique
- ✓ La turbidité
- ✓ Couleur et Odeur
- ✓ Les matières en suspension (m.e.s)
- ✓ Matières volatiles sèches (MVS)

#### IV.4.2. Caractéristiques chimiques :

- ✓ Le pH (potentiel hydrogène)
- ✓ Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) [9]
- ✓ La demande chimique en oxygène (DCO) [9]

##### IV.4.2.5. Relation entre DCO et DBO<sub>5</sub> [11]

Le rapport **DCO/DBO<sub>5</sub>** donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées on distingue trois cas cités dans le tableau suivant :

**Tableau V. 3 :** les 3cas du rapport (DCO/DBO<sub>5</sub>).

$\frac{DCO}{DBO_5}$	Caractéristiques de l'eau
$\frac{DCO}{DBO_5} < 2$	Facilement biodégradable donc on peut envisager un traitement biologique
$2 < \frac{DCO}{DBO_5} < 3$	L'effluent biodégradable à condition de mettre en place un traitement adéquat (on ajoute des bactéries)
$\frac{DCO}{DBO_5} > 3$	Non biodégradable un traitement physico-chimique s'impose

#### IV.4.3. Caractéristiques Complémentaires :

- ✓ les azotes et phosphore
- ✓ Les métaux lourds

**IV.4.4. Caractéristiques microbiologiques [11]**

- ✓ Les virus
- ✓ Les bactéries
- ✓ Les protozoaires
- ✓ Les helminthes

**IV.5. QUALITE D'EAU A LA SORTIE DE LA STEP :**

<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Dimensionnement</b>
<b>Volume journalier</b>	<b>m<sup>3</sup>/j</b>	<b>12636</b>
<b>DBO5</b>	<b>kg/j</b>	<b>34842</b>
<b>DCO</b>	<b>kg/j</b>	<b>69684</b>
<b>MES</b>	<b>kg/j</b>	<b>40649</b>
<b>NTK</b>	<b>kg/j</b>	<b>6968</b>

**CONCLUSION:**

Pour déterminer les caractéristiques d'une eau usée et connaître son degré de pollution, il est impératif de déterminer ses différentes composantes et les paramètres qui sont mis en jeu.

Cependant, selon le besoin, nous sommes souvent amenés à déterminer les paramètres essentiels qui entrent directement dans la conception d'un procédé d'épuration.

# **CHAPITRE V:**

# **HYDROLOGIE**

## V.1. INTRODUCTION :

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet pour une série d'observation requise de 34 ans (1979-2012), tels que :

- ✓ Le calcul des besoins des cultures a projetées dans le périmètre.
- ✓ Le dimensionnement du réseau de distribution.

Cette étude porte sur : détermination de l'année de calcul, L'homogénéisation des séries pluviométriques. Et L'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

## V.2. HOMOGENEITE DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE :

La série à laquelle nous faisons allusion cette partie est la série enregistrée au niveau de la station pluviométrique des salines (code : 60360), les valeurs de cette série sont représentées dans le tableau N° V.1.

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

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que :  $N_1$  et  $N_2$

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $N_2 > N_1$

- On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. à ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec :

$$W_{\min} < W_x < W_{\max} \quad \mathbf{W_x} = \left| \text{Rang} \right|_x \quad \mathbf{W_x} : \text{Somme des rangs de sous séries}$$

$$W_{\min} = \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left( \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (\mathbf{V.1})$$

$$W_{\max} = \left[ (N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{\min} \right] \dots \dots \dots (\mathbf{V.2})$$

**Tableau V.1** : Pluies moyennes mensuelles observées à la station des salines

années	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	P an
1979	38,5	52,1	82,2	12,5	89,1	8,7	8,4	163,8	48,7	20,2	0	18,2	542,4
1980	13,4	15,8	92,5	23,8	100,7	73,9	30,5	64,8	35	7,1	0	0	457,5
1981	6	80,7	93,3	21,1	56,8	72	88,7	132,8	10,1	21,9	0,5	5,3	589,2
1982	71	29,9	115	21,7	62,3	22,4	70,8	81,3	45,9	0	0	0	520,3
1983	36	50,3	66,5	141,2	67,1	59,2	49,2	40,9	8,8	0	0	8,9	528,1
1984	12,7	26	36,7	146	94,6	131,7	104,5	70,2	33,3	2,5	0	7,2	665,4
1985	8,4	160,3	150,5	99,6	17,8	4	66,4	3,6	10,7	4,9	0	0	526,2
1986	125,4	60,3	125,1	62,6	193,5	151,6	50,6	37,6	9,5	5,3	0,9	2,2	824,6
1987	31,3	234,3	45,1	232,3	79,4	34,6	155,4	43,7	44,1	0	0	0	900,2
1988	37	19	30,7	50,1	97,8	59,3	81,2	36,1	3,6	16,8	0,4	1,7	433,7
1989	13,1	66,1	99,8	148,4	97,7	117,6	86,9	37	61,2	0,5	6,6	2,5	737,4
1990	22,2	34,5	60,9	10,2	67,9	57,7	36,4	15,8	29,5	30,3	0,7	0	366,1
1991	82,5	2,5	54,8	106,4	28,4	57,1	24,3	78	25,6	10,4	1,7	16,1	487,8
1992	19,1	68,4	61,3	100,5	146,1	1,9	22,7	27,1	25,9	12,5	0	4	489,5
1993	3	28	116,3	175,4	75,5	66,8	109,6	26,5	7	40,7	0	4,8	653,6
1994	44,9	91,8	46,2	20	67,8	101,2	54,1	88,9	79,1	17,1	11,6	0,2	622,9
1995	5,6	25,6	169,5	155,5	57,3	38,6	58,2	58,2	58,2	3,9	0	1,5	632,1
1996	27,9	54,2	11,1	113,8	86	98,8	5,8	64,7	20,5	6	0	0	488,8
1997	26,8	42,8	17,3	114,8	150,2	17,7	80,5	22,2	8,2	29,4	0	21,8	531,7
1998	61,4	14,3	47,7	77,7	74,8	221,2	58,9	87,6	58,1	13,3	2,3	9,5	726,8
1999	24	40,4	45,4	69,5	74,8	23,5	30,3	33,7	6,9	31,9	0	9,1	389,5
2000	47,8	78,8	163	128,8	85,3	55,4	25,6	63,5	56,6	0	0	43,8	748,6
2001	63,5	45,7	194	49,7	136,4	61,5	36,1	41,8	42,5	4,5	9,3	2,3	687,3
2002	13,5	22,3	95,1	119,2	33,2	25	17,8	18,4	112,7	5,6	0	7,7	470,5
2003	24,9	79,4	40,5	108,4	108	68,3	14,3	46,9	23,1	0	3,2	4,4	521,4
2004	42,2	3,8	62,1	70,6	25,4	35,4	27,4	55,2	20	0	14,2	55,2	411,5
2005	18,8	84,8	242,4	141,5	196,5	88,3	32,5	109,3	19,1	0	0	0,4	933,6
2006	49,7	27,3	21,4	165,3	101,4	18,2	65,7	86,8	31,5	35,4	0,6	2,6	597
2007	58,6	15,5	187,4	166	130,6	60,9	51,5	142,2	31,5	11,9	1,9	13,5	871,5
2008	17,2	15,2	55	158,1	127,2	62,1	42,3	10,2	31,5	1,2	2,6	35,2	557,8
2009	23	28,3	39,3	143,9	35,4	72,2	195,9	35,4	12,8	62,3	1,2	2,2	651,9
2010	40,9	119,4	89,5	123,6	15	10,4	127	19	31,9	2,9	7,4	0	587
2011	69,9	43,6	49,2	91,2	228,8	89,6	75,4	120,5	79,5	0	1	21,4	870,1
2012	167,5	61	68,7	85,2	108,1	65,6	54,2	32,4	42,9	20,5	0	1,5	707,6

*Source : ANRH (ALGER)*



**Tableau V.2** : détaille du procédé de Test d'homogénéité pour la station des salines code (60360)

Série origine	Série X	Séries-Y	Rang	TRI	XunionY
542,4	542,4	632,1	1,00	366,1	X
457,5	457,5	488,8	2,00	389,5	X
589,2	589,2	531,7	3,00	411,5	Y
520,3	520,3	726,8	4,00	433,7	X
528,1	528,1	389,5	5,00	457,5	Y
665,4	665,4	748,6	6,00	470,5	Y
526,2	526,2	687,3	7,00	487,8	X
824,6	824,6	470,5	8,00	488,8	Y
900,2	900,2	521,4	9,00	489,5	X
433,7	433,7	411,5	10,00	520,3	X
737,4	737,4	933,6	11,00	521,4	Y
366,1	366,1	597	12,00	526,2	X
487,8	487,8	871,5	13,00	528,1	X
489,5	489,5	557,8	14,00	531,7	Y
653,6	653,6	651,9	15,00	542,4	X
622,9	622,9	587	16,00	557,8	Y
632,1		870,1	17,00	587	Y
488,8		707,6	18,00	589,2	X
531,7			19,00	597	Y
726,8			20,00	622,9	X
389,5			21,00	632,1	Y
748,6			22,00	651,9	Y
687,3			23,00	653,6	X
470,5			24,00	665,4	X
521,4			25,00	687,3	Y
411,5			26,00	707,6	Y
933,6			27,00	726,8	Y
597			28,00	737,4	X
871,5			29,00	748,6	Y
557,8			30,00	824,6	X
651,9			31,00	870,1	Y

587			32,00	871,5	Y
870,1			33,00	900,2	X
707,6			34,00	933,6	Y

$$W_x = 249$$

$$W_{\min} = 222,70$$

$$W_{\max} = 337,3$$

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

$$222,7 < 249 < 337,3$$

La condition de  $M^r$  Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station des salines code (60360) est homogène

### V.3. ETUDE STATISTIQUE DES PRECIPITATIONS :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi Normale
- Loi de Galton ou loi log – Normale
- Loi de Gumbel

#### V.3.1. Ajustement de la série pluviométrique :

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

##### V.3.1.1 Ajustement à la loi de gauss (loi normale):

La méthode de Gauss consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées
- Calculer la fréquence expérimentale par la formule de Hazen.

$$F(x) = (n - 0.5) / N \dots\dots\dots (V.3)$$

Avec :

- ✓  $F(x)$  : représente la fréquence.
- ✓  $n$  : numéro d'ordre.

✓ N : Numéro d'années observées

#### IV.3.1.1.1 Calcul des caractéristiques empiriques de l'échantillon

La moyenne arithmétique :

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i}{n} = \bar{X} \dots\dots\dots (V.4)$$

a) L'écart type :

➤ Si ;  $n < 30$

$$= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots (V.5)$$

➤ Si  $n > 30$

$$= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots (V.6)$$

b) La variable réduite de gauss :

$$U = \frac{x - \bar{X}}{\delta} \dots\dots\dots (V.7)$$

c) L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien

$$X_{p\%} = \bar{X} + \delta * U_{p\%} \dots\dots\dots (V.9)$$

Avec:

$X_{p\%}$  : précipitation de probabilité P%

$U_{p\%}$  : variable réduit de Gauss = 1,28

$\bar{X}$ : Moyenne arithmétique

$\delta$  : Écart type

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique est donnée dans le tableau ci-après.

Pour les calculs, on a utilisé le logiciel HYDROLAB. Les résultats sont représentés dans le tableau V.3 et la figure V.1 :

Tableau V.3 : Ajustement à une loi de Gauss

Ajustement à une loi de Gauss								
	Moyenne= 611,7333333				Taille n= 33		% U Anderson = 0,326	
	Ecart-type= 152,8836091				Nb au départ (34)		I.C. à (en%)= 80	
							U Gauss= 1,282	
Observations Classées	Valeurs 542,4	Ordre de classement	Fréquence Expérimentale	Variable Réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
Obs.11	366,1	1	0,0152	-2,166	366,1	280,5711154	208,1395356	336,1005068
Obs.20	389,5	2	0,0455	-1,691	389,5	353,2649971	292,1551803	401,1828485
Obs.25	411,5	3	0,0758	-1,434	411,5	392,4676368	337,0562148	436,687957
Obs.9	433,7	4	0,1061	-1,248	433,7	420,9722207	369,4591927	462,7489924
Obs.1	457,5	5	0,1364	-1,097	457,5	444,0500463	395,5073327	484,0343728
Obs.23	470,5	6	0,1667	-0,967	470,5	463,8304328	417,6780764	502,4339732
Obs.12	487,8	7	0,1970	-0,852	487,8	481,4008158	437,2342574	518,9153328
Obs.17	488,8	8	0,2273	-0,748	488,8	497,3980123	454,9136144	534,0468498
Obs.13	489,5	9	0,2576	-0,651	489,5	512,230977	471,1883807	548,1950726
Obs.3	520,3	10	0,2879	-0,560	520,3	526,1808469	486,3817942	561,6133861
Obs.24	521,4	11	0,3182	-0,473	521,4	539,4516262	500,727075	574,4869914
Obs.6	526,2	12	0,3485	-0,389	526,2	552,1982701	514,4000639	586,9578662
Obs.4	528,1	13	0,3788	-0,309	528,1	564,543391	527,5385987	599,1396558
Obs.18	531,7	14	0,4091	-0,230	531,7	576,5878198	540,2547171	611,1271306
Obs.29	557,8	15	0,4394	-0,153	557,8	588,4176696	552,6427649	623,0025661
Obs.31	587	16	0,4697	-0,076	587	600,1093444	564,7850801	634,8403319
Obs.2	589,2	17	0,5000	0,000	589,2	611,7333333	576,75622	646,7104467
Obs.27	597	18	0,5303	0,076	597	623,3573223	588,6263348	658,6815865
Obs.15	622,9	19	0,5606	0,153	622,9	635,0489971	600,4641006	670,8239017
Obs.16	632,1	20	0,5909	0,230	632,1	646,8788469	612,3395361	683,2119496
Obs.30	651,9	21	0,6212	0,309	651,9	658,9232757	624,3270108	695,928068
Obs.14	653,6	22	0,6515	0,389	653,6	671,2683966	636,5088005	709,0666028
Obs.5	665,4	23	0,6818	0,473	665,4	684,0150405	648,9796753	722,7395917
Obs.22	687,3	24	0,7121	0,560	687,3	697,2858198	661,8532805	737,0848724
Obs.33	707,6	25	0,7424	0,651	707,6	711,2356896	675,2715941	752,2782859
Obs.19	726,8	26	0,7727	0,748	726,8	726,0686544	689,4198169	768,5530523
Obs.10	737,4	27	0,8030	0,852	737,4	742,0658509	704,5513338	786,2324092
Obs.21	748,6	28	0,8333	0,967	748,6	759,6362338	721,0326935	805,7885903
Obs.7	824,6	29	0,8636	1,097	824,6	779,4166203	739,4322939	827,959334
Obs.32	870,1	30	0,8939	1,248	870,1	802,4944459	760,7176743	854,007474
Obs.28	871,5	31	0,9242	1,434	871,5	830,9990298	786,7787096	886,4104519
Obs.8	900,2	32	0,9545	1,691	900,2	870,2016696	822,2838181	931,3114864
Obs.26	933,6	33	0,9848	2,166	933,6	942,8955513	887,3661599	1015,327131
Obs.34		Lac.						

Fréque	Variable réduite	Valeur théorique	Borne Inférieure	Borne Supérieure
0,2	-0,842	483,0632417	439,0772976	520,4819931
0,5	0,000	611,7333333	576,75622	646,7104467
0,8	0,842	740,403425	702,9846736	784,3893691

Valeur	Fréquence	Période de retour
483,06	0,200	5,0
611,73	0,500	2,0
740,98	0,801	5,0

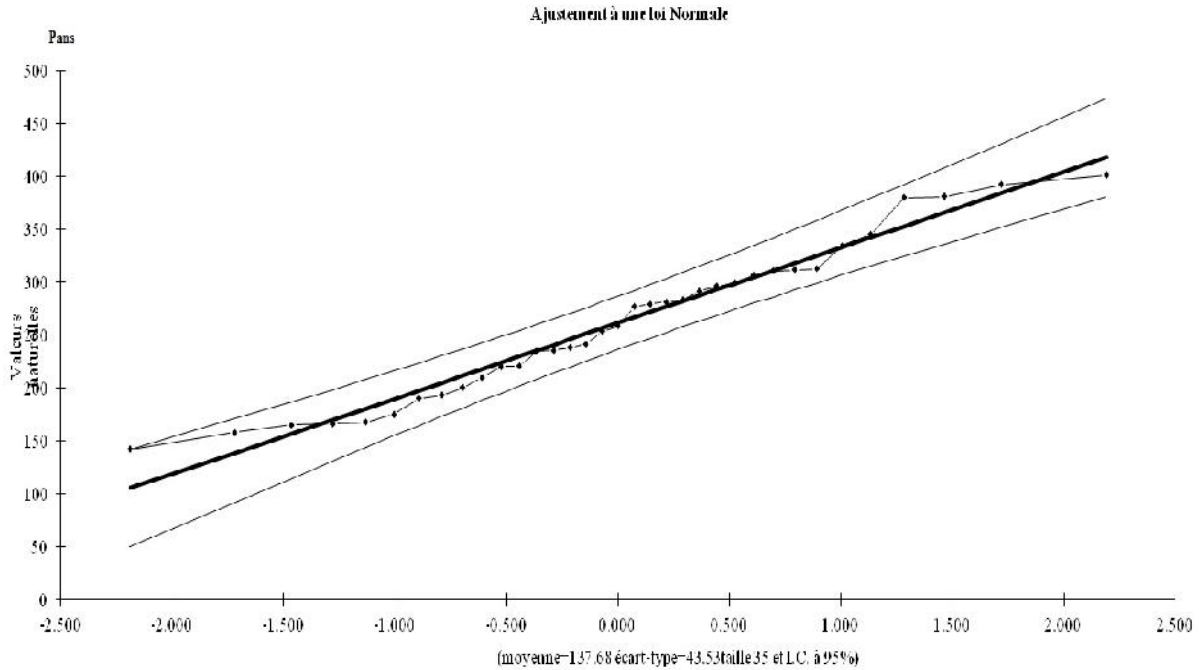


Figure V.1 : Ajustement à une loi Normale

V.3.1.2 Ajustement à la loi de galton (loi log-normale) :

Les résultats de l’ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station des Salines sont regroupés dans le tableau V.4, et la figureV.2.

Tableau.V.4: Ajustement à la loi de Galton (loi Log-normale)

		Ajustement à une loi de Galton					% U Anderson = 0,451	
Moyenne de $\ln(x-x_0)$ = 6,39		Seuil $x_0 = 0$			Taille $n = 33$		I.C. à (en%) = 80	
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,25$					Nb au départ (33)		U Gauss = 1,282	
Observations Classées	Valeurs	Ordre de classement	Fréquence Expérimentale	Variable Réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne Supérieure
Obs.11	366,1	1	0,0152	-2,166	366,1	346,90902	308,4398367	379,620054
Obs.20	389,5	2	0,0455	-1,691	389,5	390,34227	353,4917647	421,905324
Obs.25	411,5	3	0,0758	-1,434	411,5	415,98061	380,2092415	446,92714
Obs.9	433,7	4	0,1061	-1,248	433,7	435,67364	400,7358614	466,232854
Obs.1	457,5	5	0,1364	-1,097	457,5	452,29841	418,0375237	482,617921
Obs.23	470,5	6	0,1667	-0,967	470,5	467,05175	433,3509811	497,24486
Obs.12	487,8	7	0,1970	-0,852	487,8	480,55985	447,3235119	510,722872
Obs.17	488,8	8	0,2273	-0,748	488,8	493,19797	460,3424263	523,418453
Obs.13	489,5	9	0,2576	-0,651	489,5	505,2131	472,6617009	535,574374
Obs.3	520,3	10	0,2879	-0,560	520,3	516,77985	484,4598123	547,363906
Obs.24	521,4	11	0,3182	-0,473	521,4	528,02924	495,8694927	558,918708
Obs.6	526,2	12	0,3485	-0,389	526,2	539,06481	506,9944852	570,34458
Obs.4	528,1	13	0,3788	-0,309	528,1	549,97258	517,9197014	581,731074
Obs.18	531,7	14	0,4091	-0,230	531,7	560,82734	528,7178053	593,157828
Obs.29	557,8	15	0,4394	-0,153	557,8	571,69724	539,4537761	604,699084

Obs.31	587	16	0,4697	-0,076	587	582,64716	550,1883145	616,427221
Obs.2	589,2	17	0,5000	0,000	589,2	593,7416	560,9806139	628,415812
Obs.27	597	18	0,5303	0,076	597	605,04729	571,8908509	640,742595
Obs.15	622,9	19	0,5606	0,153	622,9	616,63598	582,9826722	653,492669
Obs.16	632,1	20	0,5909	0,230	632,1	628,58756	594,3259477	666,762278
Obs.30	651,9	21	0,6212	0,309	651,9	640,99394	606,0000984	680,663599
Obs.14	653,6	22	0,6515	0,389	653,6	653,9642	618,0984272	695,331209
Obs.5	665,4	23	0,6818	0,473	665,4	667,63176	630,7340994	710,931189
Obs.22	687,3	24	0,7121	0,560	687,3	682,16492	644,0488393	727,674575
Obs.33	707,6	25	0,7424	0,651	707,6	697,78295	658,2262052	745,838064
Obs.19	726,8	26	0,7727	0,748	726,8	714,78212	673,5129151	765,797519
Obs.10	737,4	27	0,8030	0,852	737,4	733,57999	690,2551417	788,085309
Obs.21	748,6	28	0,8333	0,967	748,6	754,79663	708,9647709	813,495535
Obs.7	824,6	29	0,8636	1,097	824,6	779,41705	730,451715	843,295322
Obs.32	870,1	30	0,8939	1,248	870,1	809,15863	756,1223641	879,704369
Obs.28	871,5	31	0,9242	1,434	871,5	847,4652	788,784248	927,197579
Obs.8	900,2	32	0,9545	1,691	900,2	903,12815	835,5644452	997,276665
Obs.26	933,6	33	0,9848	2,166	933,6	1016,2004	928,6366301	1142,94279
Obs.34		Lac.						

Fréquence	Variable réduite	Valeur théorique	Borne Inférieure	Borne supérieure
0,2	-0,842	481,857978	448,6633372	512,0229044
0,5	0,000	593,7416	560,9806139	628,4158121
0,8	0,842	731,603718	688,5025749	785,7318816

Valeur	Fréquence	Période de Retour
481,86	0,200	5,0
593,74	0,500	2,0
713,6	0,771	4,4

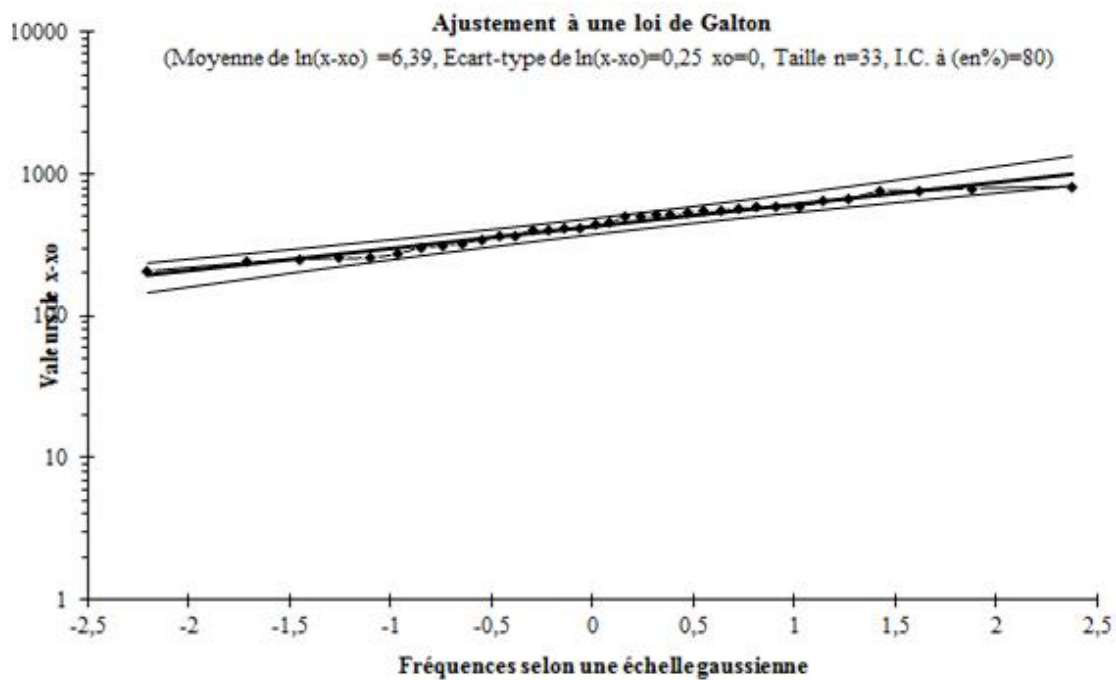


Figure V.2 : Ajustement à une loi Log Normale.

**V.4. TEST DE VALIDITE D'UN AJUSTEMENT :**

D'après les Figure N (III.1) ; (III.2) montrent que la loi de Log-Normale présente une Adéquation meilleure que la loi Normale parce que la majorité des points sont dans l'intervalle de confiance.

**V.5. DETERMINATION DE L'ANNEE DE CALCUL :**

Détermination de l'année de calcul a pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%)

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \cdot \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}} \dots\dots\dots(\text{V.10})$$

D'après le tableau V.4 : Ajustement à la loi de Galton (loi Log-normale) on a trouvé que :

$$P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} = 481,86 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 593,74 \text{ mm}$$

$P_{\text{moy}}$  De chaque mois sont données par le tableau suivant:

**Tableau V.5 :** Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Année
$P_{\text{moy}}$ (mm)	91,70	62,7	66,06	58,82	34,42	12,5	2,15	9,15	39,9	53,9	84,9	101,95	612,22

Nous avons :  $P_{\text{moy mensuelle de } 80\%} = 0,81 P_{\text{moy mensuelle}} \dots\dots\dots(\text{V.11})$

Les résultats de calcul donnés par le tableau suivant :

**Tableau V.6 :** L'Année de calcul.

Mois	Jan	Fe	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct.	Nov	Dec	Année
$P_{\text{moy mens}}$ (mm)	74,37	51	53,57	47,7	27,91	10,14	1,74	7,42	32,35	43,7	68,85	82,68	496,5

**V.6. CONCLUSION :**

Dans cette partie, nous avons dégagé les principales caractéristiques statistiques de la série pluviométrique, retenue comme représentative, de la zone de projet.

Quant à l'ajustement des séries de pluies moyennes annuelles, on a utilisé le test de la loi Log-normale qui a montré un ajustement à considérer .concernant l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles la loi de Gauss a été adoptée.

Les calculs manuels des expressions statistiques vont prendre plus temps, mais avec l'utilisation de l'outil informatique, on aboutit facilement aux résultats escomptés, à l'aide des logiciels tel que l'HYDROLAB, nous a permis l'élaboration des analyses statistiques les plus courantes en hydrologie.



**CHAPITRE VI:**  
**ETUDE DES BESOINS EN**  
**EAUX DES CULTURES**

**VI.1.INTRODUCTION :**

Le présent chapitre, se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols

**VI.1. LES BESOINS EN EAU DU PERIMETRE : [10]**

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique :

$$B=ETP-(P_{eff} + RFU)$$

**Avec :**

**B** : Besoins en eau d'irrigation (mm) ;

**ETP** : évapotranspiration (mm/j) ;

**RFU** : Réserve facilement utilisable ;

$$RFU= (H_{cc}-H_{pf}) Y \cdot da \cdot z ;$$

**Y** : degré de tarissement ;

**da** : densité apparent ;

**Z** : profondeur d'enracinement ;

**Hcc** : humidité à la capacité au champ ;

**Hpf** : humidité au point de flétrissement ;

**Peff** : pluie efficace ;

$$P_{eff}= A \cdot \text{Pluie} ; A = 0,8 \text{ à } 0,9 \text{ (pour notre cas on va prendre } A = 0,8).$$

**VI.2. L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE OU DE REFERENCE :**

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé ; CROPWAT version 8, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de Mr Penman et Monteith. [16]

**VI.2.1 Détermination de pluie efficace:**

Pluie efficace=0,8\*pluie moyenne mensuelle L'entrée des données relatives à chaque culture et la date de semis.

Les résultats sortis ont été transférés (tableaux des besoins en eau et de calendrier d'irrigation) de Cropwat vers Logiciel Excel, pour permettre le calcul du bilan.

**Tableau VI.1 : Évapotranspiration en mm / jour**

Mois	Tempe min	Tempe max	Humidité	Vent	Ensoleillement	Radiation	ET <sub>0</sub>
	c°	c°	%	m/s	heurs	MJ/m <sup>2</sup> /j	mm/j
<b>Jan</b>	6.9	16.2	77	3.56	6.1	9.8	2.04
<b>Fév.</b>	7.3	17.0	77	4.00	7.2	13.1	2.56
<b>Mars</b>	7.7	18.2	76	4.54	7.4	16.4	3.24
<b>Avr</b>	9.8	20.2	75	3.6	8.4	20.4	4.17
<b>Mais</b>	12.7	23.2	75	3.73	8.5	22.1	5.07
<b>Juin</b>	16.1	26.8	73	3.88	9.5	24.0	5.92
<b>Juillet</b>	18.8	30.3	70	4.02	9.6	23.9	6.28
<b>Août</b>	19.6	30.5	72	3.98	9.3	22.2	6.21
<b>Sep</b>	18.4	28.7	73	3.70	8.3	18.4	4.73
<b>Oct</b>	14.5	25.5	74	3.76	7.4	14.1	3.57
<b>Nov</b>	10.7	20.4	77	3.78	6.1	10.2	2.66
<b>Déc.</b>	7.9	17.5	76	3.81	5.7	8.7	2.07
<b>Moy</b>	12.5	22.9	75	3.86	7.8	16.9	4.04

**Tableau VI.2 : Précipitation efficace dans la zone d'étude**

Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	juil.	Août.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total annuel
<b>P (mm)</b>	74,70	51,00	53,60	47,70	27,90	10,10	1,70	7,40	32,40	43,70	68,80	82,70	<b>501,40</b>
<b>P<sub>eff</sub> (mm)</b>	65,5	46,8	49	44,1	26,7	10,00	1,70	7,30	30,70	40,60	61,30	71,70	<b>445,40</b>



Tableau VI.4 : Les Agrumes

Mois	Coef Kc	ETP	ETM	RFU	Peff	Besoin d'irri mm/mois
		mm/mois	mm/mois	mm/mois	mm/mois	
Jan	0,68	52,39	35,63	61,10	65,5	0
Fév	0,7	60,2	42,14	84,46	46,8	0
Mars	0,7	86,49	60,54	70,72	49	0
Avril	0,7	102,9	72,03	47,69	44,1	0
Mai	0,7	127,1	88,97	0,00	26,7	62,27
Juin	0,7	149,7	104,79	0	10	94,79
Juil	0,7	178,25	124,78	0	1,7	123,08
Août	0,69	168,02	115,93	0	7,3	108,63
Sept	0,68	133,5	90,78	0	30,7	60,08
Oct	0,66	104,16	68,75	0	40,6	28
Nov	0,65	65,7	42,71	0	61,3	0
Déc	0,65	55,8	36,27	25,03	71,7	0

Tableau VI.5 : Olivier

Mois	Coef Kc	ETP	ETM	RFU	Peff	Besoin d'irri mm/mois
		mm/mois	mm/mois	mm/mois	mm/mois	
Jan	0,81	52,39	42,44	40,90	65,5	0
Fév	0,73	60,2	43,95	62,46	46,8	0
Mars	0,5	86,49	43,25	66,00	49	0
Avril	0,5	102,9	51,45	63,55	44,1	0
Mai	0,5	127,1	63,55	0,00	26,7	36,85
Juin	0,59	149,7	88,32	0	10	78,32
Juil	0,74	178,25	131,91	0	1,7	130,21
Août	0,89	168,02	149,54	0	7,3	142,24
Sept	0,95	133,5	126,83	0	30,7	96,13
Oct	0,95	104,16	98,95	0	40,6	58,35
Nov	0,95	65,7	62,42	0	61,3	1,12
Déc	0,89	55,8	49,66	11,64	71,7	0

Tableau VI.6: Abricotier

Mois	Coef Kc	ETP	ETM	RFU	Peff	Besoin d'irri mm/mois
		mm/mois	mm/mois	mm/mois	mm/mois	
<b>Jan</b>	0,5	52,39	26,20	86,91	65,5	<b>0</b>
<b>Fév</b>	0,55	60,2	33,11	119,30	46,8	<b>0</b>
<b>Mars</b>	0,55	86,49	47,57	118,53	49	<b>0</b>
<b>Avril</b>	0,7	102,9	72,03	95,50	44,1	<b>0</b>
<b>Mai</b>	0,75	127,1	95,33	0,00	26,7	<b>68,63</b>
<b>Juin</b>	0,8	149,7	119,76	0	10	<b>109,76</b>
<b>Juil</b>	0,82	178,25	146,17	0	1,7	<b>144,47</b>
<b>Août</b>	0,8	168,02	134,42	0	7,3	<b>127,12</b>
<b>Sept</b>	0,7	133,5	93,45	0	30,7	<b>62,75</b>
<b>Oct</b>	0,6	104,16	62,50	0	40,6	<b>21,90</b>
<b>Nov</b>	0,5	65,7	32,85	8	61,3	<b>0</b>
<b>Déc</b>	0,5	55,8	27,90	41,40	71,7	<b>0</b>

Tableau VI.7 : Les besoins en eaux des cultures

désignation	Besoins mensuel (mm/mois)												Année
	Sep	Oct.	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	
Agrume	60,08	28	0	0	0	0	0	0	62,27	94,79	123,08	108,63	476,85
Olivier	96,13	58,35	1,12	0	0	0	0	0	36,85	78,32	130,21	142,24	543,22
Abricotier	62,75	21,90	0	0	0	0	0	0	68,63	109,76	144,47	127,12	534,63
<b>Totale (mm)</b>	218,96	108,25	1,12	0	0	0	0	0	167,75	282,87	397,76	378	1554,71
<b>Totale (m3/ha)</b>	2189,6	1082,5	11,2	0	0	0	0	0	1677,5	2828,7	3977,6	3780	15547,1

**Tableau VI.8** : Récapitulatif des besoins totaux en eaux

Cultures	Superficie (ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m <sup>3</sup> /ha)	Efficience	Besoins bruts totaux (m <sup>3</sup> /ha)
Agrumes	400	476,85	4768,5	0,75	6358
Olivier	400	543,22	5432,2	0,75	7242,9
Abricotier	200	534,63	5346,3	0,75	7128,4
<b>Totale</b>	<b>1000</b>				<b>20729,3</b>

**VI.2.3 Calcul du volume annuel total :**

Le volume annuel total nécessaire = Besoins bruts totaux \* Surface total = 20729,3 \* 1000

$$V_T = 20,73 \text{ Mm}^3$$

Donc le volume annuel total nécessaire de ce périmètre est de **20,73 Mm<sup>3</sup>**

Pour le mois du point :

**Tableau VI.10** : Besoins en eau du moins de pointe net

Superficie en (ha)	Besoins en eau du mois de pointe (m <sup>3</sup> /ha)	Efficience	Besoins en eau du mois de pointe (m <sup>3</sup> /ha)
1000	3977,6	0,75	5303,47

**VI.3 CONCLUSION :**

La production moyenne annuelle de la STEP d'EL BOUNI en EUE est **12,78** millions de mètre cube, Les besoins estimés des eaux en irrigation pour les terres agricoles du secteur1 de périmètre d'ELLALIK sont **20,73 Mm<sup>3</sup>** donc la production de la STEP est insuffisant pour irriguer 1000 ha.



**CHAPITRE VII:**  
**DIMENSIONNEMENT DU**  
**RESEAU D'IRRIGATION**

**VII.1. INTRODUCTION :**

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, ce moyen donne les conditions favorables pour la croissance des plantes.

Quel que soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon, à ce que les plantes en tirent le maximum de profit. Cependant le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre à ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage a compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

**VII.2. CALCUL DU DEBIT FICTIF CONTINU :****VII.2.1. En mois de pointe (juillet) :**

Pour le dimensionnement du réseau de distribution, nous concéderons que le débit moyen journalier des pertes par transpiration est le débit fictif continu que doit assurer le réseau ; alors :

$$q = \frac{B_{net} \cdot 10^3}{3600 \times E \times D \times j} \dots\dots\dots (VII.1)$$

q : le débit fictif continu du réseau de distribution.

$B_{net}$  : besoin net du mois de pointe en  $m^3$  /ha,

E : l'efficacité moyenne d'irrigation (75%).

D : nombre d'heures d'irrigation=20 heures

J : nombre de jours de mois de pointe =26 JOURS

$$q = \frac{3977,6 \cdot 10^3}{3600 \times 0,75 \times 20 \times 26} = 2,83 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique  $q_s = 2,83$  l/s/ha est supérieur à 1,5 l/s/ha donc on prend la culture la plus exigeant

**VII.2.2. De la culture la plus exigeante :**

Parmi toutes ces cultures on a constaté qu'au mois de juin qui est le mois de pointe, la culture la plus exigeante est l'abricotier, donc on l'adopte pour l'application de la loi de débit. L'estimation de ses besoins sera comme celle du débit fictif continue :

$$B_{net} = 143,54 \text{ mm/ha} = 1435,4 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$q = \frac{B_{net} \cdot 10^3}{3600 \times E \times D \times j} = \frac{1444,7 \cdot 10^3}{3600 \times 0,75 \times 20 \times 26} = 1,03 \text{ l/s/ha}$$

### VII.3. CALCUL DE LA SUPERFICIE A IRRIGUER :

On a  $q_{\text{fictif}} = 2,83 \text{ l/s/ha} = 0,09 \text{ Mm}^3/\text{ans/ha}$

$Q_{\text{step}} = 35000 \text{ m}^3/\text{j} = 12,78 \text{ Mm}^3/\text{ans}$   $S_{\text{irrg}} = Q_{\text{step}} / q_{\text{fictif}} = \mathbf{142 \text{ ha}}$

### VII.4. CALCUL DU DEBIT MAXIMUM JOURNALIER :

Dans notre cas le débit maximum journalier c'est le débit caractéristique, il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{\text{car}} = q_s \cdot S \dots\dots\dots (\text{VII.2})$$

$q_s$ : débit spécifique de mois de pointe (l/s/ha).

$S$  : la superficie totales à irriguer=142 ha.

On choisira le débit spécifique de la culture la plus exigeant, et de notre cas la culture la plus exigeant est abricotier est égale  $q_s = 1,03 \text{ l/s/ha}$

$$Q_{\text{car}} = q_s \cdot S = \mathbf{146,26 \text{ l/s}}$$

Alors notre débit de consommation journalier est  $Q_j = \mathbf{12636,86 \text{ m}^3/\text{j}}$

### VII.5. LES DIFFERENTS SYSTEMES D'IRRIGATION

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à (3) grands types :

- ✓ Irrigation de surface (irrigation gravitaire) ;
- ✓ Irrigation goutte à goutte ;
- ✓ Irrigation par aspersion.

#### VII.5.1. L'irrigation gravitaire

Le ruissellement de l'eau crée par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l'action des deux forces gravitationnelle et capillaire sur l'eau dans le sol la laisse en mouvement ce qui donne sa répartition dans le sol.

Parmi les techniques d'arrosages gravitaires on distingue :

- ✓ L'irrigation par planche ;
- ✓ L'irrigation par bassin ;

#### VII.5.1.1. Avantages de l'irrigation par gravité

- Coût moins élevé par rapport aux autres procédés ;
- Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau ;
- Matériel d'irrigation très réduit.

#### VII.5.1.2. Inconvénients de l'irrigation par gravité

- Grand volume d'eau par unité de surface ;
- Déplacement des engins agricoles difficiles (à cause des rigoles) ;
- Nécessité d'une main d'œuvre importante ;
- Nécessité de planage des terres ;
- Pertes par infiltration considérables.
- L'irrigation à la raie.

#### VII.5.2. L'IRRIGATION LOCALISEE : [15]

##### Goutte à goutte :

Le système d'irrigation goutte à goutte est un système qui permet une très grande efficacité de l'irrigation. Des perforations dans des tuyaux longeant les lignes de culture distribuent l'eau aux plantes de manière localisée et à très faible débit, évitant ainsi un maximum de déperdition. Très économe en eau et en main d'œuvre, il demande par contre une très grande technicité de ces utilisateurs. Les rendements peuvent être très élevés, mais l'investissement est très important

La micro irrigation (ou irrigation localisée) est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles (en particulier et principalement l'irrigation dite "goutte à goutte") qui ont en commun les caractéristiques suivantes :

- ✓ Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées;
- ✓ L'utilisation souvent répétée et à la limite, continue de faibles débits instantanés;
- ✓ La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire, l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes (limitation également du volume de sol humecté)

##### VII .5.2.1. Avantage de l'irrigation par goutte à goutte :

- Excellent rendement des cultures ;
- Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;

- Très faibles besoins de main d'œuvre ;
- Insensibilité au vent ;
- Ne mouille pas le feuillage ce que est favorable du point de vue phytosanitaire.

#### VII .5.2.2. Inconvénients de l'irrigation par goutte a goutte :

- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à l'éventuelle interruption des arrosages ;
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;
- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à fort valeur ajoutée.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

#### VII.5.3. L'irrigation par aspersion

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluies artificielles grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés (asperseurs).

##### V.5.3.1. Avantages de l'irrigation par aspersion

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.

##### V.5.3.2. Inconvénients de l'irrigation par aspersion

- Coût des investissements très élevé ;
- Favorise l'évapotranspiration en période sèche ;
- L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.

#### VII.6. CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION : [15]

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

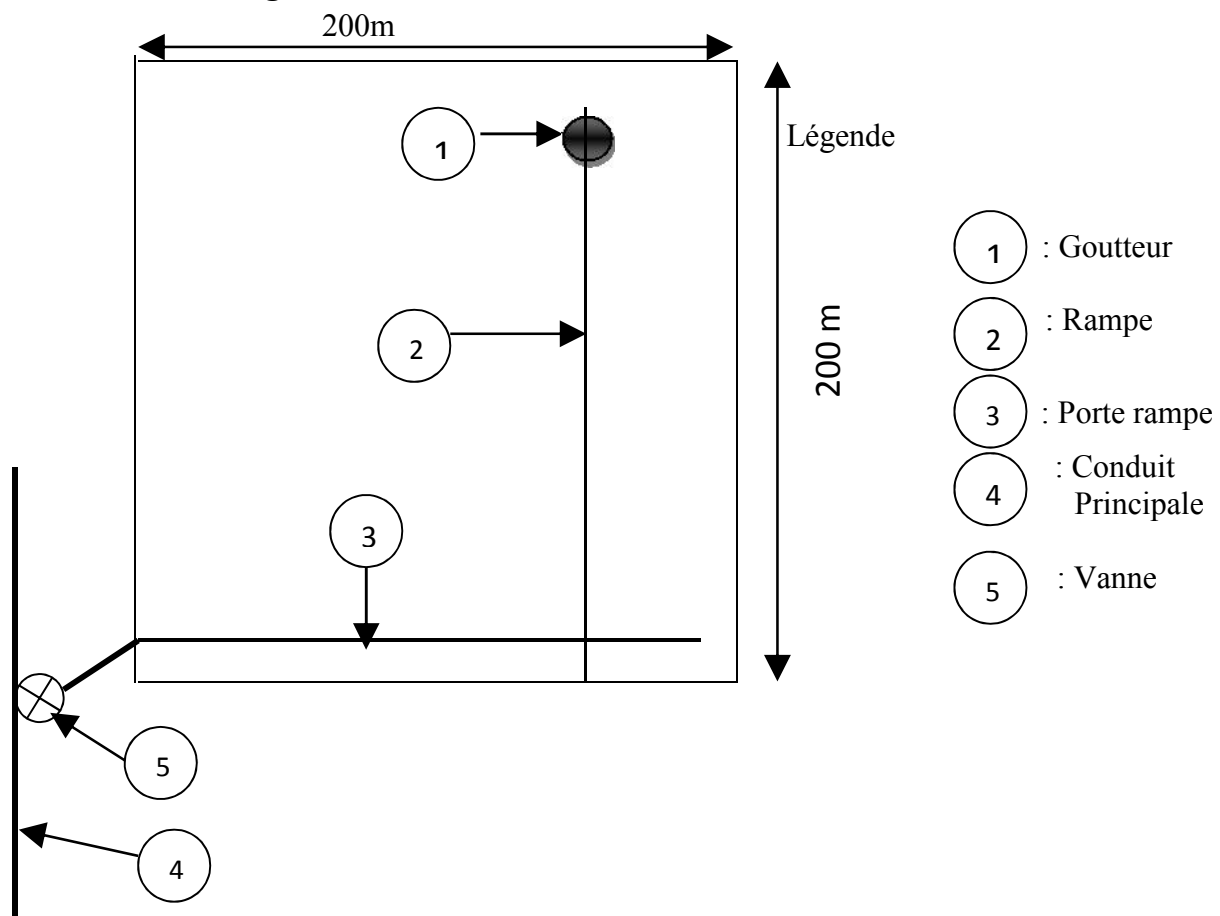
- ✓ La pente du terrain à irriguer ;
- ✓ Le débit dont on dispose ;
- ✓ Nature du sol (perméabilité) ;
- ✓ Nature des cultures ;
- ✓ Facteurs économiques ;
- ✓ Rentabilité de l'opération.

### VII.7. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION EN GOUTTE AGOUTTE : [17]

Un réseau d'irrigation est l'ensemble d'organes, d'ouvrages et appareils qui assurent le transport, la répartition et la distribution à chaque exploitation agricole, dans chaque parcelle des eaux destinées à l'irrigation, sans oublier par ailleurs les organes qui doivent éventuellement évacuer les eaux en excès.

Dans ce chapitre de faire un calcul théorique du réseau de goutte à goutte

#### VII.7.1. Pour les agrumes :



**Figure VII.1 :** Schéma explicatif du réseau d'irrigation goutte à goutte (l'ilot d'agrumes)

**Besoins en eau journaliers max :**

$$B_{\max} = \frac{\text{besoin du moin de point}}{\text{Nombre de jours}}$$

$$B_{\max} = \frac{123,08}{26} = 4,73$$

Donc les Besoins journaliers max correspondent à  $B_{\max} = 4,73$  mm/jour pour le mois de juin.

**Temps maximum de travail :**

Temps maximum journaliers de travail 20h/24h.

**Détermination des données de bases :**

Surface a irriguée :  $S(t)=100$  ha

Pour nos cultures en utilise généralement 2 goutteurs de débit  $q(g)=4$  l/h.

**Les besoins net on irrigation localisée :**

$B_{net} = B_{max} \cdot K_r$  mm/ jour ; ..... (VII.3)

$K_r$ = coefficient de réductions ;

Selon la formule ferman et garzoli :  $K_r = C_s + 0.5 (1 - C_s)$  ;

$C_s$  = Le taux de couverture selon le type de culture ;

On prend  $C_s=0.7$  ;

$K_r=0.85$  ;

$B_{net}=4,73 \times 0,85=4,02$  mm

**Besoins brut :**

$B_{brut} = B_{net}/R_p$  ; ..... (VII.4)

$R_p$ = rendements de l'irrigation a la parcelle ;

$R_p = E.C_u/100 = 1 \times 0,9 = 0.9$  ;

$B_{brut} = 4,02 / 0.9 = 4,47$  mm/j.

**Calcul la dose nette pratique :**

$D_{net p} = RFU \cdot P$  ; ..... (VII.5)

$P$  : pourcentages de sol humidifié ;

$D_{net p} = 140 \times 0,27 = 37,8$  mm.

**La dose brute pratique :**

$D_{brute p} = D_{net p}/R_p$   $D_{brute p} = 37,8 / 0.9 = 42$  mm.

**La Fréquence d'arrosage sera :**

$F = D_{net}/ETM = 37,8 / 4,02 = 9$  j. .... (VII.6)

**Durée de l'arrosage :**

$$TF = \frac{E(a) * E(r) * D b}{q * n} ; \dots\dots\dots (VII.7)$$

Avec : D b : La dose brute pratique (mm) ;

E(r) : Ecartement entre rangés, E(r)=4m ;

E (a): Ecartement entre arbres, E(a)=4m ;

n : nombre de goutteurs par arbre.

$$TF = \frac{4 * 4 * 42}{4 * 2} = 84h$$

**La Durée d'arrosage journalier(h) :**

$$D = TF/F = 84/9,39 = 8 \text{ h. } \dots\dots\dots (VII.8)$$

**Nombre des goutteurs par rampe(m) :**

On divis la parcelle par 25 postes. (voir la planche 3)

Le nombre de goutteurs par rampe sera calculé comme suit :

$$Ng = (Lr/Ea) * n ;$$

Tel que Lr : Longueur de la rampe, Lr=200 m ;

$$Ng = (200/4) * 2 = 100 \text{ goutteurs.}$$

**Nombre de rampes :**

$$Npr = Lpr/Er ;$$

Avec Lpr : Longueur du port rampe, Lr=200 m ;

$$Npr = 200/4 = 50 = 50 \text{ rampes.}$$

**La surface d'un poste :**

$$S(p) = \frac{S(f)}{N(p)} \dots\dots\dots (VII.9)$$

S (f) : Surface totale en ha ;

N (p) : Nombre de poste ;

$$S(p) = \frac{100}{25} = 4ha$$

**Calcul Hydraulique :****Débit d'une rampe :**

$$Qr = Ng * qg/r ; \dots\dots\dots (VII.10)$$



$$Q_r = 100 \times 4 = 400 \text{ l/h} \quad Q_r = 0,111 \text{ l/s}$$

**Débit de la porte rampe :**

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r ; \dots\dots\dots \text{(VII.11)}$$

$$Q_{pr} = 20000 \text{ l/h} \quad Q_{pr} = 5,56 \text{ l/s}$$

**Conditions hydrauliques :**

Variation maximale de débits entre goutteurs  $\Delta q / q = 10\%$  ;

Variation maximale de la pression  $q = K * H^x$

$$\frac{\Delta q}{q_g} = x * \frac{\Delta H}{H_n} \dots\dots\dots \text{(VII.12)}$$

Avec  $q_g$  : débit d'un goutteur. ;

$H_n$  : Pression nominale ;

$$0.1 = 0.5 * \frac{\Delta H}{10} \quad \Delta H = 2 \text{ mce} ;$$

La valeur de pertes des charges singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression

$$P_{dc}(\text{sing}) = 2 * 0.1 = 0.2 \text{ mce} \quad P_{dc}(\text{sing}) = 0.2 \text{ mce}$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mce} \quad P_{dc}(\text{linéaire}) = 1.8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur la porte rampe = 0.6 mce ;

2/3 sur les rampes = 1.2 mce

**Calcul du diamètre de la rampe :**

Le diamètre est calculé d'après la formule suivant :

$$\varnothing = \left[ \frac{p.d.c(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-1/4.75} \dots\dots\dots \text{(VII.13)}$$

Avec :

P. d .c (r) : La perte de charge dans la rampe ;

Q(r) : Le débit de la rampe en l/h ;

L(r) : La longueur de la rampe en m.

$$\varnothing(\text{cal}) = \left[ \frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 400^{1.75} \times 200} \right]^{-1/4.75} = 18.47 \text{ mm} \quad \varnothing(\text{normalisé}) = 20 \text{ mm}$$

**Tableau VII.1:** Calcul le Ø(cal) de la rampe pour les agrumes

Paramètres calculées	Lr(m)	Qr (l/h)	h1(m)	V (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)
résultats	200	400	1,20	0.353	18,47	20

**Calcul le diamètre de la porte rampe :**

$$\varnothing = \left[ \frac{p.d.c(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right]^{-1/4.75}$$

P. d .c (r) : La perte de charge dans la porte rampe ;

Q (pr) : Le débit de la porte rampe en l/h ;

L (pr) : La longueur de la porte rampe en m.

$$\varnothing(\text{cal}) = \left[ \frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 20000^{1.75} \times 200} \right]^{-1/4.75} = 90.31 \text{ mm}$$

Ø (normalisé)=90 mm

**Tableau VII.2:** Calcul le Ø(cal) de la porte rampe pour les agrumes

Paramètres calculées	Lr(m)	Qpr (l/h)	h1(m)	V (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)
Résultats	200	20000,0	0,60	0.873	90,31	90

**VII.6.2. Pour l'Abricotier :****Besoins en eau journaliers max :**

$$B_{\max} = \frac{\text{besoin du moin de point}}{\text{Nombre de jours}}$$

$$B_{\max} = \frac{144,47}{26} = 5,56$$

Donc les Besoins journaliers max correspondent à  $B_{\max} = 5,56$  mm/jour pour le mois de juin.

Surface occupé par cette culture est de 42 ha.

On divis la parcelle par 10 postes (voir la planche 3)

Les calculs sont résumés dans les tableaux suivants

**Tableau VII.3 :** Calcul des paramètres pour l'abricotier

Paramètres calculées	B <sub>net</sub> (mm/j)	D <sub>net p</sub> (mm/mois)	F (j)	TF (h)	TF Journalier(h)	N(r)	S(p) ha	N(g)
Résultats	5,56	37,8	8	38,36	3,86	50	3,6	90

**Tableau VII.4 :** Calcul le Ø(cal) de la rampe pour l'abricotier

Paramètres calculées	Lr(m)	Qr (l/h)	h1(m)	V (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)
Résultats	210	420	1,20	0,37	19	20

**Tableau VII.5 :** Calcul le Ø(cal) de la porte rampe pour l'abricotier

Paramètres Calculées	LPr(m)	Qpr (l/h)	h1(m)	V (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)
Résultats	200	14000	0,60	0,15	79,19	90

**VII.8. DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE PRINCIPALE :**

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1.5m/s

Le cas le plus défavorable v=1.5m/s.

Avec Qcar == 146, 26 l/s = 0,146 m<sup>3</sup>/s

L=2460m

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{0,146}{1.5} = 0,097m^2$$

$$D_{cal} = \sqrt{\left(\frac{4 * S}{\pi}\right)} = 0,37m$$

On prend Dn=400 mm

**VII.8. DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE :**

Le calcul de la HMT de la pompe se fait :

$$HMT = H_g + h_p \dots \dots \dots (VII.14)$$

- H<sub>g</sub> : hauteur géométrique
- J<sub>c</sub> : pertes de charges (singulière +linéaire)

**La perte de charge :**

$$J(\text{lin}) = \frac{0,478}{2,75} \cdot 400^{-4,75} \cdot 526536^{1,75} \cdot 2460 = 1.92 \text{ m.c.e.}$$

Les pertes de charges singulières sont de 20% les pertes de charges linières :

$$J(\text{sin}) = 0.384 \text{ m.c.e}$$

Donc la perte de charge de la conduite principale P.d.c = **2.304** m.c.e

**Hauteur géométrique :**

$$R.S - \nabla_{R.I} = 17 - 4 = 13 \text{ m}$$

$$H_g = 13\text{m}$$

$$H.M.T = 13 + 2,304 = 15,304 \text{ m}$$

**Puissance de la pompe :**

$$P = \frac{\rho * g * Q * HMT}{\eta} \dots\dots\dots \text{(VII.15)}$$

Avec :

- $\rho$  : Poids volumique de l'eau ;
- $\eta$  : Rendement de la pompe ; on prend 70% ;
- $Q$  : Débit de la conduite;
- $g$  : Force de la pesanteur.

Energie annuelle de consommation :

$$W = P * t$$

Avec :

- $P$  : Puissance consommée ;
- $t$  : Durée totale d'irrigation pendant un an.

Le tableau suivant résume les résultats de dimensionnement de la pompe

**Tableau VII.6 :** Dimensionnement de la pompe

Caractéristique	Pompe
Débit de la pompe (l/s)	146,26 l/s
Rendement	0,7
HMT (m.c.e)	15.304
Puissance de la pompe (kW)	4
Durée totale d'irrigation (h)	22
Durée de fonctionnement annuel (h)	8030
Energie annuelle de consommation (kJ)	32120

**VII.10. CALCUL DU VOLUME DU RESERVOIR :**

Le réservoir est un ouvrage hydraulique de stockage et de régulation présentant le principe de fonctionnement suivant :

- Assurer la sécurité de la distribution en cas d'arrêt de pompe ;
- Assure une régulation de débit entre le débit d'apport et le débit de consommation
- De plus il permette de constituer un réservoir d'eau.

$$V_{res} = V_b = Q_p \times T \times N_p$$

- $Q_p$  : Débit de porte rampe = 20000 l/h.
- $T$  : durée d'arrosage : 8 h.
- $N$  nombre de postes irrigués par jour = 25 postes

$$\text{Donc : } V = 20000 \times 10^{-3} \times 8 \times 25 = 4000 \text{ m}^3$$

On choisit un bassin de forme carré ( $L \times l \times h$ ), en fixant une hauteur  $h=10\text{m}$ , les dimensions du réservoir projeté sont  $L=20\text{m}$ ,  $l=20\text{ m}$

**VII.11. DEPENSES DE CONSTRUCTIONS :**

Dans cette partie nous allons faire une estimation sommaire du projet pour avoir une idée générale sur le coût de réalisation d'un tel projet.

**Tableau VII.7 : Dépenses de constructions de conduit d'adduction**

Désignation des travaux et ouvrage hydraulique	Unité de mesure	Quantité (mm)	Prix unitaire (DA)	Totale(DA)	Coût total après majoration de 40% DA
<b>Conduite d'adduction PEHD PN06</b>	ML	600	14839	<b>8903400</b>	12464760

**VII.10.1. Dépense du réseau d'irrigation goutte à goutte :**

**Tableau VII.8 : Dépenses de constructions des conduits de distribution.**

Pièces	Prix unitaire (DA/ml) TTC	Matériaux des conduites	Quantité m	Fourniture DA	Coût total après majoration DA
Ø400	6008	TUBES PEHD PN06	2460	14779680	20691552
Ø90	347		410	142270	199178
Ø20	38.1		400	15240	21336
<b>Total</b>			<b>3270</b>	<b>14937190</b>	<b>20912066</b>

Tableau VII.9 : Dépenses de constructions des accessoires.

Pièces	Prix unitaire (DA/ml) TTC	Matériaux	Quantité	Fourniture DA	Coût total après majoration DA
Coude Ø400/90°	82 909,50	SDR 17 PN10	2	165819,42	232146,6
Coude Ø90/90°	2 219,34	SDR 11 PN16	2	4438,68	6214,152
Filtre à Disque PP 3	19 679,96	Horizontal complet à 2 chambres, 120 mèches	1	19 679,96	27551,944
Vanne e pour Filtre PP 3''	528,26	en Bronze Diamètre 32	1	528,26	739,564
Vannes	2663		26	69238	96933,2
<b>Total</b>				<b>259703,9</b>	<b>363585,46</b>

### VII .10.2. Dépense des travaux

\* Le prix de terrassement est égal à :

- Pour le déblai :  $F_{deb} = V_{deb} \cdot K_{deb}$

$K_{deb}$  : prix de 1 m<sup>3</sup> de déblai = 300 DA.

$V_{deb}$  : volume total de déblai.

- Pour le remblai :  $F_{rem} = V_{rem} \cdot K_{rem}$

$K_{rem}$  : prix de 1 m<sup>3</sup> de remblai = 100 DA.

$V_{rem}$ : volume total de remblai.

- Calcul du volume de déblai et remblai

La pose en terre des conduites s'effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B = D + 2 \times 0,3$$

D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8$$

Déblai = L.H.B

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right).L$$

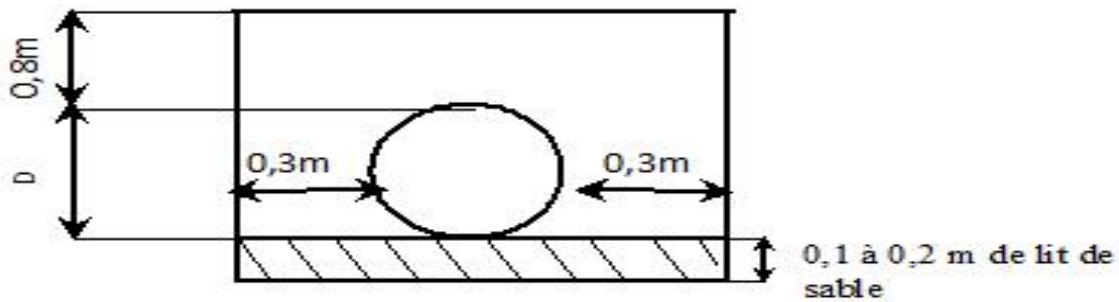


Figure VII.4 : Coupe transversale de la Pose de Conduite.

Diamètre PEHD	Epaisseur moyenne	Diamètre intérieur	Langueur du Conduite(m)	Volume déblai (m3)	Cout déblai(DA)	Volume remblai	Cout remblai(DA)
630	29,5	571	600	570,834	171250,20	527,589	158276,700
Volume lit de pose (m3)	Cout lit de pose(DA)	Grillage avertisseur(m)	Cout grillage avertisseur(DA)	Cout total (DA)			
43,245	12973,5	310	6200	<b>348700,40</b>			

**REMARQUE:**

$$\text{Coût total du réseau d'irrigation} = 8903400 + 14937190 + 259703,9 + 348700,40$$

=24448994,3 DA

Coût global du projet est estimé après majoration de 40% à **34228592,02 DA**.

**Donc :**

- ✓ 3,4 Milliard /142ha
- ✓ 0,024 Milliard /ha
- ✓ 24 Million/ha
- Prix pour les conduites en PEHD.



## **Conclusion générale :**

L'irrigation à partir des eaux usées après leur épuration à des fins agricoles est devenue l'une des solutions qui peut répondre aux problèmes de l'eau dans le monde et les besoins croissants en cette matière

Dans ce contexte d cette étude a pour objectif principal l'irrigation du périmètre ALLELIK a partir des eaux épurées de la station d'épuration d'EL BOUNI

Un réseau d'irrigation a été conçu avec un dimensionnement adapté au type de sol et de débit disponible

**Lors** du suivi, nous avons conclu que :

✓ Le climat de la zone d'étude est de type subhumide tempérés avec précipitation moyenne annuelle de 612,22 mm et de température moyenne maximal de 30,5° en Aout

✓ La STEP d'EL BOUNI en service

✓ La surface irriguée actuellement est de 1000 ha, mais on a trouvé que les besoins estimés des eaux en irrigation pour les terres agricoles est insuffisant pour irriguer toute la superficie, il est suffisant seulement pour 142 ha

✓ L'alimentation du périmètre ALLELIK se fera par une conduite gravitaire qui va acheminer les eaux usées traitées issues de la STEP D'EL BOUNI, vers un réservoir d'irrigation

## Références bibliographique

- [1] **DOCUMENTATION DE LA DRE DE LA WILAYA D'ANNABA** .service des ressources en eau, service assainissement, service hydro agricole, ONA
- [2] **JOLEAUD L., 1936.** Etude géologique de la région de Bône et de la Calle. Bull. Serv. Carte Géol. de l'Algérie. 2e série, 12, 200p.
- [3] **VILA J.M. 1970.** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, Th. Doct. Es-scie. Nat. Univ. Pierre et Marie - Curie, Paris VI, pp. 282-296.
- [4] **Gaud B., 1976.** Etude hydrogéologique du système aquifère d'Annaba - Bouteldja (synthèse des connaissances et recherche des conditions de modélisation) Rapport de l'ANRH. Algérie. 151p.
- [5] **GLEIZES G., BOULOTON J., BOSSIERE G., COLLOMB P., 1988.** Données lithologiques et pétrostructurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est-Algérien). C. R. Acad. Sci. Paris, t. 306, Série II, p. 1001-1008.
- [6] **Amirat Saida.** Diagnostic de la pollution des ressources Hydriques et EDR Santé dans les sous bassins versants du Sud-Est d'elbouni. Mémoire de Magistère, Université Badji Mokhtar, Annaba. 8p.
- [7] **LEKOUÏ S. 2011.** Evaluation du risque lié aux sites pollués en milieu urbain et industriel (Annaba, Nord Est algérien). Mémoire de Magistère, Université Badji Mokhtar, Annaba. 138p.
- [8] **RAMDANI A., 1996.** Hydrogéologie et modélisation de la nappe dunaire de Bouteldja. Mém. Magistère Univ. D'Annaba, 138p.
- [9] **KHELIFA, A(2008)** .Dimensionnement d'un réseau d'irrigation à partir d'une retenue collinaire (**W .Djelfa**), mémoire de d'étude ENSH, 01P
- [10] **BAHBOUHL, L, S(2011).** cour, 3<sup>ème</sup> année ENSH
- [11] **BECHAC, J .BOUTIN . (1984).** traitement des eaux usée .Eyrolles paris, p42
- [12] **LUC LAURENT, JEAN(1944).** l'assainissement des agglomérations, p20-24
- [13] **BAMOUT, SMAL(2008).** réutilisation des eaux épurée. Paris, p25
- [14] **KOLAI, D.** COURS de la réutilisation des eaux usées épurées 5<sup>ème</sup> année, ENSH de Blida
- [15] **JOURNAL OFFICIEL** de la république algérienne, 2006
- [16] **TIERCELINE J,R VIDAL, alaine .(2006).** traité d'irrigation. P280-310

[5]GLEIZES G., BOULOTON J., BOSSIERE G., COLLOMB P., 1988. Données lithologiques et pétrostructurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est-Algérien). C. R. Acad. Sci. Paris, t. 306, Série II, p. 1001-1008.

## ANNEXE 1

## Série de pluie de la station de Ain Zaouia

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
	Code station : 021902												
	Nom station : DRAA												
	X : 607.1												
	Y : 363.5												
	Z : 220												
1980	2,5	53,4	118,8	221,5	45,9	77	70,2	74,3	36,6	2,9	0	30,9	734
1981	2,2	41,9	32,5	70,5	180,8	145,9	41,7	29,3	78,5	9,3	0	2,5	635,1
1982	62	155,5	161,6	143,4	0	41,3	27,9	52,5	4,4	0	11	8,6	668,2
1983	0	13,3	70,4	-999	112,3	149,1	47,7	47,6	90,4	17	8,7	0	556,5
1984	32,9	123	30,2	149,9	94,5	37,3	270,9	14	81,5	0	1,5	0	835,7
1985	43,7	53,2	63,8	56,9	66,1	120,3	217,8	52	4,5	32	0,5	5	715,8
1986	27,8	67,5	97,8	216,7	121,2	231,3	60,6	18,4	15,5	17,8	0	6	880,6
1987	10,7	47,1	92,1	49,2	55,4	56,6	66,4	77,1	50,2	16,1	0	0	520,9
1988	27,3	5,2	42	232,1	49,7	25,8	45,8	112,8	10,7	12	2,5	31,8	597,7
1989	18,5	38	40,9	36	82,6	0	64,5	52,9	107	8,5	26,7	0	475,6
1990	19,8	31,6	59,6	188,8	112,5	132	92	34,8	62,8	2,2	0,9	6,6	743,6
1991	44,1	97,5	35,7	18	113,8	35,6	94,1	182,4	72,4	27,8	7,6	0	729
1992	11,9	48	127,3	129,9	38,5	77	18,3	87,7	42,7	0	0	5,5	586,8
1993	74,2	38,4	80	130,1	65,4	61,1	2,5	51	1,5	0	0	10	514,2
1994	75,3	75	34,5	76,3	213,8	29,7	107,3	23,9	0,8	23,2	0	10,5	670,3
1995	13,9	28,9	24,7	38,2	128,1	199,2	57,4	104,6	56,8	38,3	4,4	7,7	702,2
1996	22,5	24,2	39,5	58	37,6	20,5	43,3	75,9	25,5	2,3	2,5	42,2	394
1997	120	82,6	164,5	92,1	47,9	110,1	47,7	83,2	185,7	2	0	0,7	936,6
1998	20,5	78,8	123,4	72,1	83,9	90,9	44,3	11,3	26,3	1,2	0	5,1	557,8
1999	43,3	16,9	71,1	191	10,6	3,3	7,7	32,3	38,5	0	0	0	414,7
2000	3,1	58,3	61,6	61	263,8	74,6	4,7	49,9	42,4	0	0	4,8	624,2
2001	37,1	2,2	34,5	44,4	78,4	27,1	40,1	58,8	30,5	9,5	5,9	24	392,5
2002	22,8	31,7	214,8	253,1	237,7	135,9	27,5	133	26,7	2,1	0	21,6	1106,9
2003	39	115,6	68,7	122,7	92,2	37,4	44,7	91,7	119,7	0	0	8,5	740,2
2004	25,3	48	100,1	177	172,2	138,1	23,7	30,6	1,9	0	0	0	716,9
2005	27,9	40,3	78	105	90	124,3	65,5	7,2	52	0	0	0	590,2
2006	72,7	19,9	13,2	176,2	2,7	52,7	248,1	180,5	57,4	2,8	19,1	13,9	859,2
2007	53,7	128,7	149,8	89,6	13,6	28,2	78,8	25,4	64,9	16,1	0	0	648,8
2008	65	37,9	97,8	77,4	155,5	28,8	21,8	91,3	59,6	3,7	0	3,1	641,9
2009	154	15,4	87,4	131,9	83,6	69,2	72,8	32,6	48,5	14,2	0	16,2	725,7
2010	0,1	72	120,1	67,2	67,6	119,7	74,8	109	97	41,4	0	0	768,9
2011	3,1	46,7	119,5	86,7	69,7	238,1	71	152	30,3	0	0	36	853,1

## ANNEXE 2

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

## ANNEXE 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)