



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique*

**Option : IRRIGATION ET DRAINAGE**

### **THEME :**

**DIMENSIONNEMENT D'UN PERIMETRE D'IRRIGATION  
DE CHEURFA (126 HA) A PARTIR D'UN FORAGE,  
WILAYA D'ANNABA**

### **Présenté par :**

**MEZIGHECHE Mohamed**

### **Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
KAHLERRAS Djillali	M.C.A	Président
BENKACI ALI Tarek	M.C.A	Examineur
BENLATRECH Tarek	M.C.A	Examineur
BOUZIANE Omar	M.A.A	Examineur
SADOUNE Samra	M.C.A	Promotrice

Session Octobre 2023

## **Remerciements**

*Avant de présenter mon projet de fin d'études, je souhaite exprimer ma gratitude envers Allah en disant "Al hamdou li Allah", qui m'a accordé la force, la volonté et le courage nécessaires pour mener ce travail à terme et atteindre cette étape.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Mme Samra SADOUNE, pour son encadrement attentif et ses précieux conseils qui m'ont guidé tout au long de mon projet.*

*Je souhaite également adresser ma gratitude aux Membres du jury qui me feront l'honneur d'évaluer mon travail.*

*En conclusion, je voudrais exprimer ma reconnaissance envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à l'élaboration de ce mémoire. Chacune de leurs contributions a été précieuse dans la réalisation de ce travail.*

## ***Dédicace***

### ***À mes chers parents et à toute ma précieuse famille,***

*Votre soutien infaillible et votre amour inconditionnel ont été le fondement solide sur lequel j'ai bâti mon parcours. Vos encouragements silencieux et votre présence constante ont été ma lumière dans les moments sombres. Chacune de vos actions a été une étincelle qui a allumé la flamme de ma réussite. Votre bonheur est devenu le mien, et je vous dédie mes réalisations avec une profonde gratitude.*

### ***À mes amis bien-aimés,***

*À travers les rires partagés, les moments de complicité et les épreuves surmontées ensemble, vous avez rempli ma vie de joie et d'inspiration. Votre amitié sincère et votre soutien indéfectible m'ont donné la force d'aller de l'avant et de persévérer. Nos liens sont un trésor que je chérirai toujours, et chaque succès que je célèbre est également le vôtre.*

### ***À mes enseignants de l'ENSH,***

*Votre passion pour l'enseignement et votre dévouement à notre épanouissement ont été un pilier essentiel dans mon développement académique et personnel. Vos enseignements ont façonné ma pensée critique et ont ouvert des horizons infinis. Vos conseils et votre expertise ont été une boussole dans ma quête de connaissance. Je vous adresse ma plus profonde reconnaissance pour avoir éclairé mon chemin vers la réussite.*

### ***À toutes ces personnes extraordinaires,***

*Vous avez été des étoiles dans ma constellation, guidant ma trajectoire vers le succès. Votre soutien discret, votre amour généreux et votre présence bienveillante ont été les piliers sur lesquels je me suis appuyé. Votre engagement à mes côtés a été un moteur puissant qui m'a propulsé vers de nouveaux horizons. Chaque accomplissement est un hommage à votre impact indélébile dans ma vie.*

*Avec une reconnaissance éternelle,*

***MEZIGHECHE Mohamed.***

## الملخص :

تهدف هذه الدراسة الى تصميم نظام سقي في محيط بلدية الشرفة يغطي مساحة 126 هكتارا، يقع بولاية عنابة، ويتم تغذيته عن طريق بئر.

الهدف الرئيسي هو توفير مياه السقي اللازمة للمساحات لتحسين المحاصيل الزراعية. وسيتم تحقيق ذلك من خلال إدارة أكثر كفاءة والاستخدام الأمثل للموارد المائية، من خلال اعتماد نظام السقي الحديث الذي أثبت فعاليته: الري بالتنقيط والري بالرش المحوري.

تتمتع كلتا التقنيتين بالعديد من المزايا، خاصة من حيث كفاءة استخدام المياه وتحقيق عوائد كبيرة.

## Résumé :

Le but de ce mémoire est le dimensionnement d'un périmètre d'irrigation dans la commune de Cheurfa couvrant une superficie de 126 hectares, localisée dans la Wilaya d'Annaba, et alimenté par un forage.

L'objectif ultime est de fournir l'eau d'irrigation nécessaire aux terres afin d'optimiser les rendements agricoles. Cela sera accompli par une gestion plus efficace et une utilisation optimale des ressources en eau, grâce à l'adoption d'un système d'irrigation moderne qui a prouvé sa fiabilité : l'irrigation au goutte-à-goutte et par aspersion.

Ces deux techniques présentent de nombreux avantages, notamment en termes d'efficacité de l'utilisation de l'eau et de l'obtention de rendements significatifs.

## Abstract :

The purpose of this thesis is to design an irrigation perimeter in the municipality of Cheurfa, covering an area of 126 hectares, located in the Wilaya of Annaba, and supplied by a borehole.

The ultimate goal is to provide the necessary irrigation water to the land in order to optimize agricultural yields. This will be achieved through more efficient management and optimal use of water resources, thanks to the adoption of a modern irrigation system that has proven its reliability: drip irrigation and sprinkler irrigation.

These two techniques offer numerous advantages, particularly in terms of water efficiency and achieving significant yields.

# Table Des Matières

<b>Introduction Générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude</b>	
I Introduction.....	3
I.1 Situation géographique du site.....	3
I.1.1 Présentation de la wilaya Annaba.....	3
I.1.2 Présentation de la zone d'étude.....	4
I.1.3 Position du périmètre d'étude.....	4
I.2 Caractéristiques topographiques et pédologiques de la zone.....	5
I.2.1 Relief.....	5
I.2.2 Hydrographie.....	5
I.2.3 Géologie.....	5
I.2.4 Etude pédologique.....	6
I.3 Etude Climatologique.....	6
I.3.1 Choix de la station de référence.....	6
I.3.2 Température de l'air.....	7
I.3.3 L'humidité relative.....	8
I.3.4 Le Vent.....	8
I.3.5 Insolation.....	9
I.3.6 La Pluviométrie.....	10
I.4 Indices agro-météorologiques.....	10
I.4.1 Indice d'aridité de Martonne (1926) .....	10
I.4.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger (1955) .....	11
I.4.3 Climagramme de BAGNOULS et GAUSSEN.....	12
I.4.4 Comparaison des indices climatiques.....	13
I.5 Conclusion.....	14
<b>Chapitre II : Ressource en sol et en eau</b>	
II Introduction.....	16
Ressources en sol.....	16
II.1 Objectifs de l'étude pédologique.....	16
II.1.1 Classification des sols du périmètre.....	16
II.1.2 Le profil pédologique.....	16
II.1.3 Perméabilité.....	19
II.1.4 Caractéristiques hydrodynamiques des sols.....	20
II.1.5 Les aptitudes culturales des sols.....	20
Ressources en eau.....	23
II.2 Ressources en eau du périmètre.....	23
II.2.1 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation.....	24
II.2.2 L'évaluation de la qualité de l'eau.....	24
II.2.2.1 La conductivité électrique.....	25
II.2.2.2 Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R.....	26
II.3 Calcul de la pluie de projet.....	27
II.3.1 Choix de la station.....	27

II.3.2 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	29
II.3.3 Statistique de test de la médiane.....	30
II.4 Choix des lois de probabilités.....	31
II.4.1 Test de validité d'un Ajustement statistiques.....	34
II.4.2 Détermination de l'année de calcul.....	34
II.5 Conclusion.....	35

### **Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures**

III Introduction.....	37
III.1 Les besoins en eau d'irrigation.....	37
III.1.1 Calcul de l'évapotranspiration.....	38
III.1.2 Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET <sub>0</sub> ) .....	38
III.1.2.1 Formule Modifiée de Penman_Monteith.....	38
III.1.3 Calcul de la pluie efficace.....	40
III.1.4 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) .....	41
III.1.5 Assolements des cultures (Choix des cultures) .....	41
III.1.5.1 Définition d'un régime d'irrigation.....	41
III.1.5.2 Estimation des coefficients culturaux (K <sub>c</sub> ) .....	41
III.2 Rotation des cultures.....	43
III.2.1 La réserve facilement utilisable (RFU) .....	44
III.2.2 Calcul des besoins en eau des cultures choisies.....	45
III.3 Calcul des débits Spécifiques.....	52
III.4 Calcul débit caractéristique.....	54
III.5 Les volumes d'eau d'irrigation.....	55
III.6 Conclusion.....	56

### **Chapitre IV : Etude du system d'adduction et de distribution**

IV Introduction.....	58
IV.1 Alimentation en eau du périmètre.....	58
IV.2 Choix de la variante d'adduction.....	58
IV.3 Le Réseau d'adduction.....	59
IV.3.1 Le diamètre optimal économique de la conduite d'adduction.....	59
IV.4 Le Réseau de Distribution.....	59
IV.4.1 Organisation et l'aménagement du périmètre.....	59
IV.4.2 Découpage des Ilots.....	59
IV.4.3 Bornes d'irrigation (Rôle et fonction) .....	60
IV.4.4 Tracé du réseau d'irrigation.....	61
IV.4.5 Calcul hydraulique aux bornes.....	61
IV.4.6 Implantation des bornes.....	62
IV.4.7 Choix du diamètre de la borne.....	62
IV.5 Matériaux de construction des canalisations.....	64
IV.5.1 Etude de système de pompage.....	65
IV.5.2 Types des pompes utilisé.....	65
IV.5.3 Hauteur manométrique totale.....	66
IV.5.4 Nombre et choix des pompes.....	66
IV.6 Dimensionnement des canalisations.....	68

IV.6.1 La vitesse admissible.....	68
IV.6.2 Calcul du diamètre économique.....	68
IV.6.3 Estimation des pertes de charge.....	68
IV.7 Conclusion.....	73

## **Chapitre V : Les techniques d'irrigation**

V Introduction.....	75
V.1 Les différentes techniques d'irrigation.....	75
V.1.1 Irrigation par Aspersion.....	75
V.1.2 Irrigation par goutte à goutte (localisée) .....	76
V.1.3 Irrigation par gravité (surface) .....	77
V.1.4 Irrigation par submersion.....	78
V.1.5 Irrigation par pivot central.....	79
V.2 Conclusion.....	80

## **Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle**

VI Introduction.....	82
VI.1 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	82
VI.1.1 Calcule de RFU.....	82
VI.1.2 Le diamètre de l'ajutage.....	83
VI.1.3 Calcul de la portée du jet (L) .....	83
VI.1.4 Ecartements entre les rampes et arroseurs.....	83
VI.2 Vérification de la pluviométrie.....	84
VI.2.1 Débit de l'asperseur.....	84
VI.2.2 Vérification de la pluviométrie de l'asperseur.....	84
VI.3 Vérification de la pluviométrie.....	85
VI.3.1 Calcul du tour d'eau.....	85
VI.3.2 Calcul de la dose réelle.....	85
VI.3.3 Calcul de la dose brute.....	86
VI.3.4 Temps d'arrosage.....	86
VI.3.5 Calcul de l'unité d'arrosage.....	86
VI.3.6 Calcul du débit d'équipement.....	87
VI.3.7 Calcul du volume fourni par un asperseur par mois.....	87
VI.3.8 Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle.....	87
VI.3.9 Calcul du nombre d'asperseurs requis.....	87
VI.4 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation par aspersion.....	88
VI.4.1 La longueur de la rampe.....	88
VI.4.2 Dimensionnement de la rampe.....	89
VI.4.3 Calcul du diamètre de la rampe.....	89
VI.4.4 Calcul de la perte de charge de la rampe.....	90
VI.5 Dimensionnement de la porte rampe.....	90
VI.5.1 Longueur de la porte rampe.....	90
VI.5.2 Débit de la porte rampe.....	90
VI.5.3 Calcul du diamètre de la porte rampe.....	91
VI.5.4 Calcul de la perte de charge de la porte rampe.....	91
VI.6 Les résultats du dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion.....	92

VI.6.1 Calcul de la pression en tête du réseau.....	92
VI.7 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	93
VI.7.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation goutte à goutte.....	93
VI.7.2 Impact du taux de couverture du sol.....	93
VI.7.3 Calcul de la dose nette.....	94
VI.7.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) .....	95
VI.7.5 Calcul de la dose brute.....	95
VI.7.6 Durée d'arrosage h.....	96
VI.7.7 Durée d'arrosage journalier.....	96
VI.7.8 Nombre d'arbre par hectare.....	96
VI.7.9 Nombre d'arbre par rampe.....	96
VI.7.10 Nombre des goutteurs par rampe.....	97
VI.7.11 Débit d'une rampe.....	97
VI.7.12 Nombre de rampes.....	97
VI.7.13 Débit de porte rampe.....	97
VI.8 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	98
VI.8.1 Diamètre de la rampe.....	98
VI.8.2 Diamètre de la porte rampe.....	99
VI.9 Calcul de la pression en tête du réseau.....	99
VI.10 Conclusion.....	100

## **Chapitre VII : Etude technico-économique**

VII Introduction.....	102
VII.1 Différents travaux à entreprendre.....	102
VII.1.1 Exécution des tranchées.....	102
VII.1.2 Pose du lit de sable.....	102
VII.1.3 Mise en place des canalisations.....	103
VII.1.4 Assemblage des conduites en PEHD.....	103
VII.1.5 Epreuve de joint et de la canalisation.....	104
VII.1.6 Nivellement et compactage.....	104
VII.1.7 Choix des engins du chantier.....	105
VII.2 Évaluation financière des divers types de conduites et des travaux associés.....	105
VII.2.1 Évaluation des volumes et coûts des travaux d'excavation et de remblayage.....	106
VII.2.2 Devis des volumes de remblai et de déblai.....	108
VII.3 Conclusion.....	108

<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>109</b>
---------------------------------	------------

<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>110</b>
---	------------

<b>Annexes.....</b>	<b>111</b>
---------------------	------------

# Liste Des Figures

## Chapitre I :

<b>Figure I.1 :</b> localisation géographique de la wilaya d'Annaba.....	3
<b>Figure I.2 :</b> Carte représente les communes littorales de la wilaya d'Annaba.....	4
<b>Figure I.3 :</b> Situation géographique du périmètre d'étude.....	4
<b>Figure I.4 :</b> Classes d'altitude de la wilaya d'Annaba.....	5
<b>Figure I.5 :</b> Variations des moyennes annuelles des températures.....	7
<b>Figure I.6:</b> Evolution mensuelle de l'humidité relative de la station d'Annaba.....	8
<b>Figure I.7:</b> Evolution mensuelle du vent de la station des Salines (1984-2015) .....	9
<b>Figure I.8 :</b> Moyenne mensuelles de l'insolation.....	9
<b>Figure I.9 :</b> Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	12
<b>Figure I.10 :</b> Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	13
<b>Figure I.11 :</b> Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT, 2004) .....	13

## Chapitre II :

<b>Figure II.1 :</b> Triangle textures des sols étudiés.....	19
<b>Figure II.2 :</b> Diagramme de classification de l'eau d'irrigation.....	27
<b>Figure II.3 :</b> Ajustement des pluies annuelles aux lois normal.....	32
<b>Figure II.4 :</b> Résultat d'ajustement des pluies annuelles aux lois normal.....	32
<b>Figure II.5 :</b> Ajustement des pluies annuelles aux lois log normal.....	33
<b>Figure II.6 :</b> Résultat d'ajustement des pluies annuelles aux lois log normal.....	33

## Chapitre IV :

<b>Figure IV.1 :</b> Courbe de fonctionnement de la pompe choisie.....	67
<b>Figure IV.2 :</b> Présentation du réseau sur logiciel EPANET.....	70

## Chapitre V :

<b>Figure V.1 :</b> L'irrigation par aspersion.....	75
<b>Figure V.2 :</b> L'irrigation par goutte à goutte.....	76
<b>Figure V.3 :</b> L'irrigation par gravité.....	77
<b>Figure V.4 :</b> L'irrigation par submersion.....	78
<b>Figure V.5 :</b> L'irrigation par pivot central.....	79

# Liste Des Tableaux

## Chapitre I :

<b>Tableau I.1</b> : Coordonnées de station météorologique d'Annaba.....	7
<b>Tableau I.2</b> : Température moyenne mensuelle (°C) à la station des salines (1972-2017) ....	7
<b>Tableau I.3</b> : humidité relative moyenne mensuelle de la station d'Annaba (1980-2017) ....	8
<b>Tableau I.4</b> : Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station des Salines (1984-2015) .....	8
<b>Tableau I.5</b> : l'insolation de à la station des Salines (1984-2015) .....	9
<b>Tableau I.6</b> : Répartition mensuelle moyenne interannuelle de la précipitation de la station de Pont Bouchet (1977-2019) .....	10
<b>Tableau I.7</b> : Classification du climat selon de Martonne.....	11

## Chapitre II :

<b>Tableau II.1</b> : Analyse physico-chimiques des profils étudiés.....	18
<b>Tableau II.2</b> : Différentes classes de perméabilité.....	19
<b>Tableau II.3</b> : Caractéristiques hydrodynamiques des sols.....	20
<b>Tableau II.4</b> : Les espèces culturales.....	21
<b>Tableau II.5</b> : Caractéristiques principale du forage et du bassin géo-membrane.....	23
<b>Tableau II.6</b> : Caractéristiques chimique de l'eau d'irrigation.....	24
<b>Tableau II.7</b> : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	25
<b>Tableau II.8</b> : Classification des eaux en fonction du SAR.....	26
<b>Tableau II.9</b> : Caractéristique de la station.....	27
<b>Tableau II.10</b> : Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable (1977 – 2019) .....	28
<b>Tableau II.11</b> : Caractéristiques de la série pluviométrique.....	29
<b>Tableau II.12</b> : les étapes d'homogénéisation de la série.....	30
<b>Tableau II.13</b> : Test de validité des deux ajustements.....	34
<b>Tableau II.14</b> : Résultat de l'ajustement.....	34
<b>Tableau II.15</b> : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).....	35

## Chapitre III :

<b>Tableau III.1</b> : Evapotranspiration de référence ET <sub>0</sub> calculée par le logiciel COPWAT.....	40
<b>Tableau III.2</b> : Calcul des pluies efficaces.....	40
<b>Tableau III.3</b> : Assolements des cultures.....	41
<b>Tableau III.4</b> : Coefficients culturaux des cultures.....	42

<b>Tableau III.5</b> : Surfaces occupées par les différentes cultures.....	43
<b>Tableau III.6</b> : Humidité à la capacité au champ et de flétrissement.....	44
<b>Tableau III.7</b> : Les profondeurs d'enracinement.....	45
<b>Tableau III.8</b> : Besoins en eau des Agrumes.....	46
<b>Tableau III.9</b> : Besoins en eau de l'olivier.....	46
<b>Tableau III.10</b> : Besoins en eau Abricotier.....	47
<b>Tableau III.11</b> : Besoins en eau Blé.....	47
<b>Tableau III.12</b> : Besoins en eau Orge grain.....	48
<b>Tableau III.13</b> : Besoins en eau Orge en vert.....	48
<b>Tableau III.14</b> : Besoins en eau Pomme de terre (Saison).....	49
<b>Tableau III.15</b> : Besoins en eau Tomate.....	49
<b>Tableau III.16</b> : Besoins en eau L'ogion.....	50
<b>Tableau III.17</b> : Besoins en eau Courgette.....	50
<b>Tableau III.18</b> : Besoins en eau Chou.....	51
<b>Tableau III.19</b> : Besoins en eau Luzerne.....	51
<b>Tableau III.20</b> : Besoins en eau Betterave.....	52
<b>Tableau III.21</b> : Donnée les résultats de besoins net (mm) de l'assolement 1.....	53
<b>Tableau III.22</b> : Donnée les résultats de besoins net (mm) de l'assolement 2.....	53
<b>Tableau III.23</b> : volume d'eau d'irrigation.....	55

#### **Chapitre IV :**

<b>Tableau IV.1</b> : Calcul du diamètre économique de la conduite d'adduction.....	59
<b>Tableau IV.2</b> : Les différents îlots du périmètre.....	60
<b>Tableau IV.3</b> : Choix du type et de diamètre de la borne.....	63
<b>Tableau IV.4</b> : Les débits des îlots et les diamètres des bornes.....	63
<b>Tableau IV.5</b> : Choix du nombre de pompes de secours.....	66
<b>Tableau IV.6</b> : Choix de nombre de pompes.....	67
<b>Tableau IV.7</b> : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	69
<b>Tableau IV.8</b> : Les résultats de calculs.....	71

#### **Chapitre VI :**

<b>Tableau VI.1</b> : Résultats de calcul pratique du réseau d'irrigation par aspersion.....	92
<b>Tableau VI.2</b> : Caractéristiques des rampes.....	98
<b>Tableau VI.3</b> : Caractéristiques des portes rampes.....	99

#### **Chapitre VII :**

<b>Tableau VII.1</b> : Tarifs des conduites du réseau d'adduction et de distribution.....	105
<b>Tableau VII.2</b> : Tarifs des équipements de protection.....	106
<b>Tableau VII.3</b> : Tarifs des systèmes d'irrigation.....	106
<b>Tableau VII.4</b> : Les volumes de remblai et de déblai.....	108
<b>Tableau VII.5</b> : Tarifs des travaux de terrassement.....	108

## Liste des Annexes

**Annexe 1** : Différentes Forages dans la commune Cheurfa.

**Annexe 2** :  $\chi^2$  *theorique*.

**Annexe 3** : Caractéristiques hydriques de quelques sols.

**Annexe 4** : Coefficients culturaux (Kc).

**Annexe 5** : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures.

**Annexe 6** : Les caractéristiques des pompes.

**Annexe 7** : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD.

**Annexe 8** : La fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot.

## **Liste des Planches**

**Planche N°01** : Plan de situation du périmètre cheurfa, Wilaya d` Annaba.

**Planche N°02** : Plan d`occupation du sol du périmètre cheurfa, Wilaya d` Annaba.

**Planche N°03** : Réseau de distribution du périmètre cheurfa, Wilaya d` Annaba.

**Planche N°04** : Profile en long de la conduite principal du périmètre cheurfa, Wilaya d` Annaba.

**Planche N°05** : Réseau d`irrigation (par Aspersion, Goutte a Goutte) du périmètre cheurfa, Wilaya d` Annaba.

# Introduction Générale

L'agriculture occupe une position centrale dans la Wilaya d'Annaba, jouant un rôle crucial sur les plans économique, social et environnemental. Cette région bénéficie d'une abondante diversité de terres cultivables, ce qui lui confère un potentiel agricole prometteur. L'activité agricole revêt une importance significative, en fournissant des emplois et des revenus essentiels pour les habitants, contribuant ainsi au développement socio-économique local.

Cependant, l'impact de l'agriculture ne se limite pas uniquement à la production. Il s'étend également à la préservation de l'environnement. Les pratiques agricoles durables jouent un rôle crucial dans la réduction des effets négatifs sur les sols, les eaux souterraines et la biodiversité, tout en limitant les dangers liés à l'érosion et au déclin de la qualité des sols.

Dans ce contexte, notre étude se focalise sur le dimensionnement d'un périmètre d'irrigation à Cheurfa, Wilaya d'Annaba, couvrant une superficie de 126 hectares, alimenté par un forage.

L'objectif principal est d'optimiser l'utilisation de la ressource en eau tout en assurant un développement agricole durable dans la région.

Notre approche s'inspire des meilleures pratiques utilisées dans des projets similaires. Dans la première partie de notre étude, nous nous pencherons sur la présentation de la zone où se situe le périmètre. Une analyse approfondie des composantes climatiques, incluant une étude hydrologique indispensable, sera également réalisée. Nous évaluerons les potentialités du sol en déterminant ses caractéristiques physico-chimiques et son aptitude à la culture, en plus d'évaluer la qualité des eaux disponibles. Enfin, nous établirons les besoins en eau spécifiques aux cultures, en prenant en compte le débit requis et la quantité nécessaire pour l'irrigation.

La deuxième partie de notre étude se concentrera sur l'aspect technique du projet. Nous procéderons au dimensionnement des bornes, des réseaux d'adduction et de distribution d'eau pour assurer une répartition efficace de la ressource sur l'ensemble du périmètre. L'objectif ultime est de concevoir un réseau d'irrigation performant, améliorant ainsi le rendement des cultures. Enfin, pour conclure notre travail, nous estimerons le coût total du projet d'irrigation à travers un chapitre de calcul technico-économique.

À travers cette étude, nous aspirons à contribuer au développement durable de l'agriculture dans la Wilaya d'Annaba, en exploitant de manière efficace la ressource en eau disponible tout en préservant l'environnement. Notre démarche s'aligne avec une vision responsable de l'agriculture, cherchant à maximiser les retombées positives sur la société et l'écosystème environnant.

**CHAPITRE I :**  
**Analyse des conditions**  
**naturelles de la zone**  
**d'étude**

## I Introduction :

La présentation de la zone d'étude est une étape essentielle pour tout projet hydraulique, car elle permet de décrire les différentes conditions géographiques, démographiques, géologiques et climatologiques de la zone d'étude. Dans ce chapitre, nous allons présenter la zone d'étude "le périmètre de Cheurfa", située au niveau de la wilaya d'Annaba.

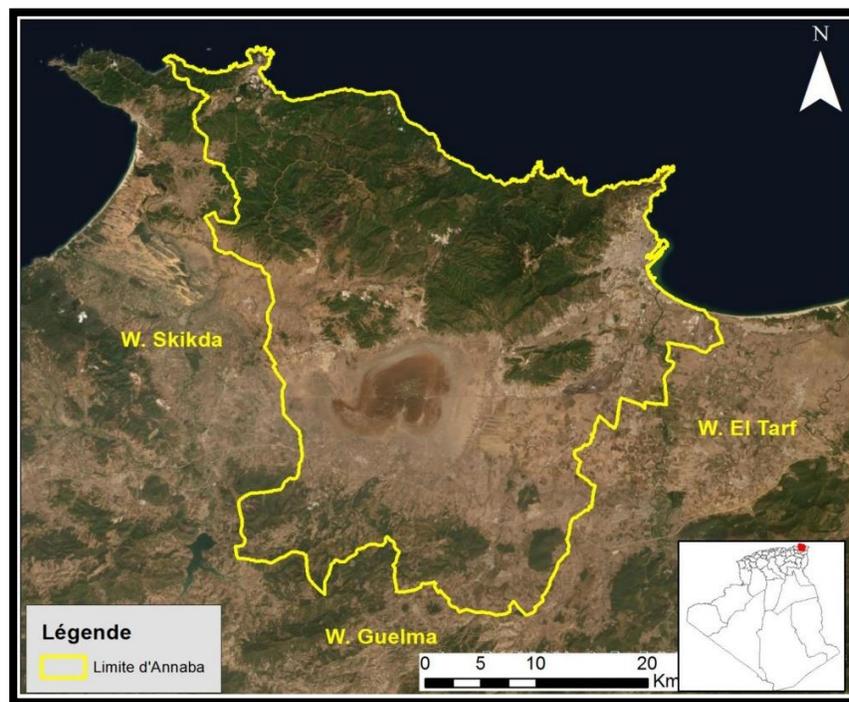
### I.1 Situation géographique du site :

#### I.1.1 Présentation de la wilaya Annaba :

La wilaya d'Annaba est située à 600 km de la capitale Alger à l'extrême Nord- Est du pays, entre les latitudes 36°30' Nord et 37°03' et longitudes 7°20' Est et 8°40' Est. D'une superficie de 1411.98 Km<sup>2</sup>, ouverture sur le littoral méditerranéen sur 80 km [1].

Annaba est bordée :

- Limité Nord par la Mer Méditerranée.
- Limité Au Sud par la wilaya de Guelma.
- A l'est, par la wilaya d'El Taraf.
- A l'Ouest par la wilaya de Skikda.



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

(Source : Annaba - gifex.com)

### I.1.2 Présentation de la zone d'étude:

Cheurfa est une commune située dans la wilaya d'Annaba, dans le Nord-Est de l'Algérie. La commune est localisée à environ 15 kilomètres au Sud-Ouest de la ville d'Annaba, couvrant une superficie de 9719 hectares, dont seulement 7719 hectares ont été mise en valeur pour l'agriculture [2].

Elle est limitée par :

- Au Nord par Berrahal, Sidi Amar.
- Au Sud par Ain Berda.
- A l'est, par El Hadjar, Aïn Berda.
- A l'Ouest par Eulma.

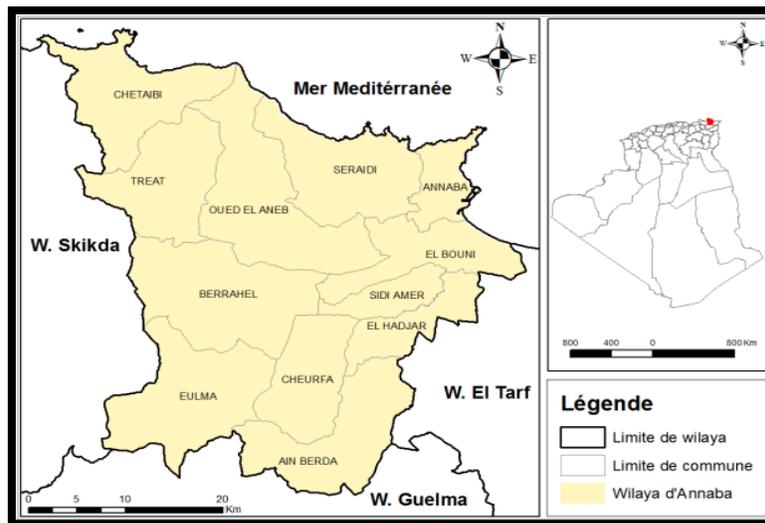


Figure I.2 : Carte représente les communes littorales de la wilaya d'Annaba [3].

### I.1.3 Position du périmètre d'étude:

Le périmètre Cheurfa (Ferme Oualaa Mohamed El Hadi) se trouve au Sud-Ouest de la commune, a une superficie de 126 ha.



Figure I.3 : Situation géographique du périmètre d'étude.

(Source : Google Earth 2023)

## I.2 Caractéristiques topographiques et pédologiques de la zone :

### I.2.1 Relief :

La commune de Cheurfa est située dans une zone entourée par les montagnes de 'Edough qui culminent à plus de 1000 mètres d'altitude, étalée sur une superficie de 98 km<sup>2</sup>. Le relief est très accidenté, La nature de la zone d'étude est verdoyante, généreuse. Ce qui en fait un lieu de villégiature très apprécié dans la région [4].

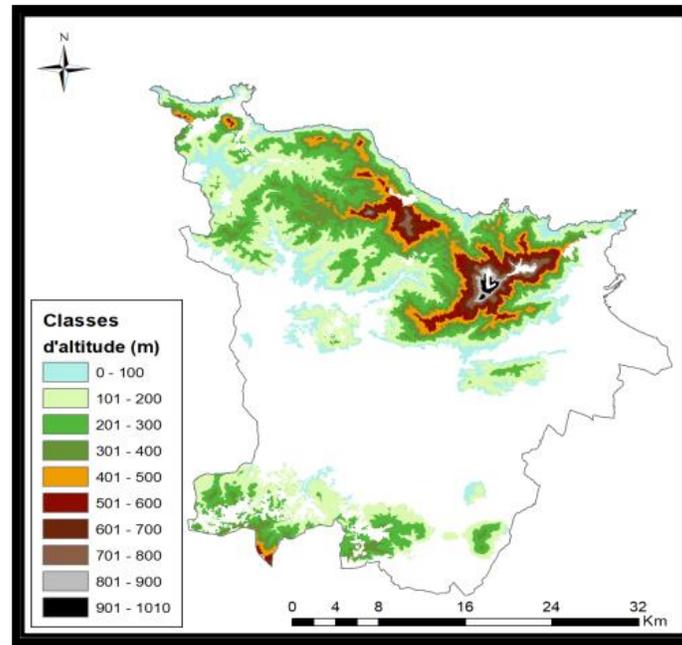


Figure I.4 : Classes d'altitude de la wilaya d'Annaba [3].

### I.2.2 Hydrographie :

L'étude hydrologique de la commune de Cheurfa consiste en une analyse approfondie des ressources en eau disponibles dans la région d'étude en tenant compte des caractéristiques géologiques, la pluviométrie, l'évapotranspiration et les débits des cours d'eau, dont l'objectif est la bonne gestion des ressources en eau.

Les ressources en eau qui existe dans la commune Cheurfa sont des Forages de différentes profondeurs variées de 80 m à 120 m (Voir Annexe 1).

### I.2.3 Géologie :

La géologie de la commune de Cheurfa, est caractérisée par une formation géologique et une présence de roches sédimentaires telles que des grès, des schistes et des calcaires, ainsi que des formations volcaniques telles que des basaltes et des tufs. L'analyse des fossiles dans les formations sédimentaires a permis de déterminer l'âge de certaines couches géologiques et de retracer l'histoire géologique de la région. Cette étude a également mis en évidence des fractures et des failles dans la zone, ce qui peut avoir des implications importantes pour la stabilité des structures construites dans la région [5].

**I.2.4 Etude pédologique :**

Les sols de la région sont également utilisés pour l'agriculture, principalement pour la culture de céréales telles que le blé et l'orge, ainsi que pour l'élevage de bétail.

Les autorités locales ont mis en place des programmes de conservation des sols pour préserver la fertilité des terres agricoles, ainsi que des programmes de reboisement pour protéger la biodiversité de la région [7].

**I.3 Etude Climatologique :**

La climatologie joue un rôle très important dans la planification et la gestion des projets d'irrigation.

En effet, les précipitations, la température et l'humidité de l'air sont des facteurs clés qui déterminent les besoins en eau des cultures et influencent les choix de techniques d'irrigation. Elle permet de mieux comprendre les conditions environnementales et de prendre des décisions éclairées pour une gestion efficace de l'eau.

**I.3.1 Choix de la station de référence :**

L'étude climatologique de la commune de Chourfa a été réalisée à travers l'analyse des données climatiques recueillies par deux stations météorologiques, l'une des Salines située au niveau de l'aéroport Rabah Bitat d'Annaba et l'autre de Pont Bouchet située au niveau de l'agence de l'ANRH.

Les deux stations se trouvent à une distance de 15 kilomètres l'une de l'autre, Ces deux stations sont proche à notre zone d'étude. La station des salines enregistre les températures et les précipitations, par contre, la station de Pont Bouchet n'enregistre que les précipitations.

Nous avons collecté les données climatiques mensuelles des températures à la station des Salines pour la période de 1972 à 2017 [8].

En ce qui concerne les précipitations, les données couvrent la période de 1977 à 2019.

Concernant la station de Pont Bouchet, nous avons les enregistrements des précipitations sur une période de 42 années soit de 1977 à 2019 [1].

Les caractéristiques deux stations météorologique est donnée comme suit :

**Tableau I.1:** Coordonnées de station météorologique d'Annaba.

Station	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Période
Salines	36°58N	07°45' E	6 m	1972-2017
Pont Bouchet	37° N	07°45' E	3 m	1977-2019

### I.3.2 Température de l'air:

La température est un facteur essentiel du climat. Elle influence la quantité d'eau dont les cultures ont besoin. En effet, la température affecte l'évapotranspiration, la quantité d'eau qui s'évapore des plantes et du sol.

Plus la température est élevée, plus l'évapotranspiration est élevée et plus les cultures ont besoin d'eau pour maintenir leur croissance et leur rendement.

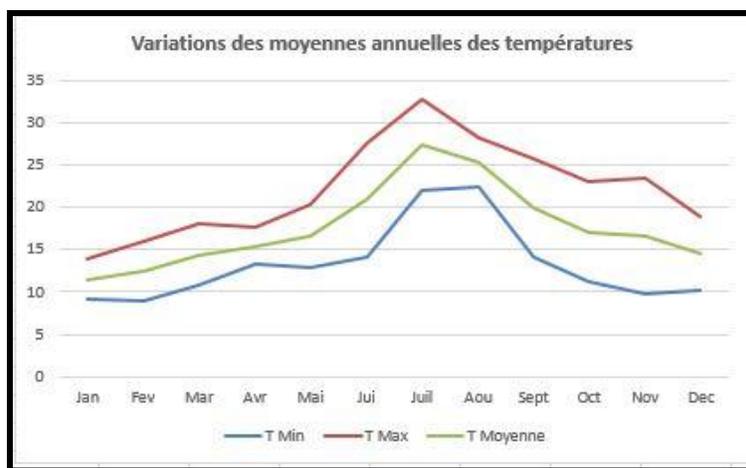
Les températures moyennes mensuelles pour une période de 20 ans (1972-2017) sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau I.2:** Température moyenne mensuelle (°C) à la station des salines (1972-2017).

Station salines	Mois												Annuelle
	Automne			Hiver			Printemps			Été			
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	
Min	14,2	11,3	9,8	10,2	9,1	9,0	10,9	13,3	12,8	14,1	22,1	22,5	<b>9,0</b>
Max	25,7	23,0	23,5	18,9	14,0	16,0	18,0	17,6	20,4	27,6	32,9	28,3	<b>32,9</b>
Moyenne	19,9	17,1	16,6	14,5	11,5	12,5	14,4	15,4	16,6	20,9	27,1	25,4	<b>17,8</b>

Avec :

- Tmin : moyenne de toute la température minimum observée pour chaque mois.
- Tmax : moyenne de toute la température maximum observée pour chaque mois.
- Tmoy : moyenne mensuel.



**Figure I.5:** Variations des moyennes annuelles des températures.

• **Interprétation :**

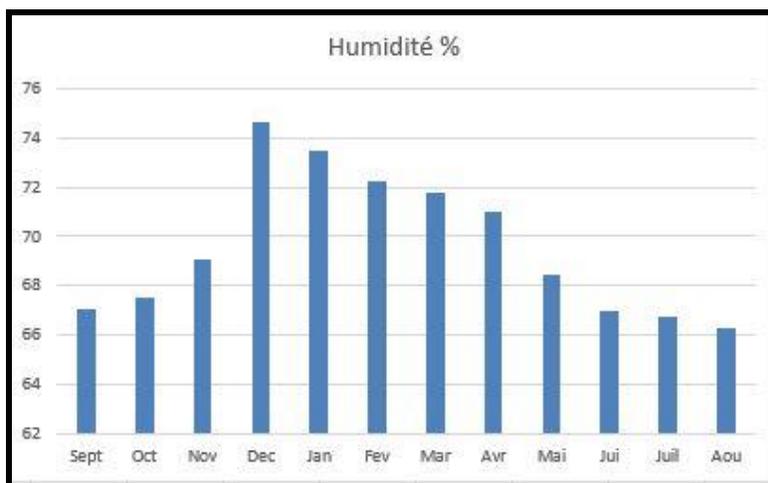
Le tableau antérieur indique que les mois les moins chauds sont décembre, janvier, février et mars, bien que ce dernier soit légèrement plus doux que les autres. Pendant ces quatre mois, la température moyenne ne dépasse pas les 14°C. En revanche, la saison estivale est la plus chaude. À partir de juin, les températures augmentent progressivement et atteignent leur maximum en juillet et août, où elles peuvent parfois dépasser les 25°C.

**I.3.3L'humidité relative :**

Le taux d'humidité de l'air représente le pourcentage de la pression de vapeur d'eau actuelle par rapport à la pression de vapeur d'eau saturée à la même température [8].

**Tableau I.3:** humidité relative moyenne mensuelle de la station d'Annaba (1980-2017).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Annuelle
Moyenne %	67,07	67,5	69,05	74,65	73,5	72,25	71,75	71	68,48	67	66,75	66,25	69.60



**Figure I.6:** Evolution mensuelle de l'humidité relative de la station d'Annaba.

• **Interprétation :**

Les moyennes mensuelles de l'humidité relative varient de 66,25 % en été (Aout) à 74,65 % en hiver (Décembre) avec une moyenne annuelle étant de 69,6 %.

**I.3.4Le Vent :**

Les vents exercent une influence significative sur les phénomènes d'évaporation des précipitations, et dans une moindre mesure sur les températures. Dans la région d'étude, les vents dominants soufflent de la direction NW-SE, avec une vitesse moyenne d'environ 3,54 m/s [8].

**Tableau I.4 :** Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station des Salines (1984-2015).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Annuelle
Moyenne m/s	3,44	3,03	3,37	3,18	3,83	3,77	3,87	3,66	3,18	3,67	3,83	3,76	3,54

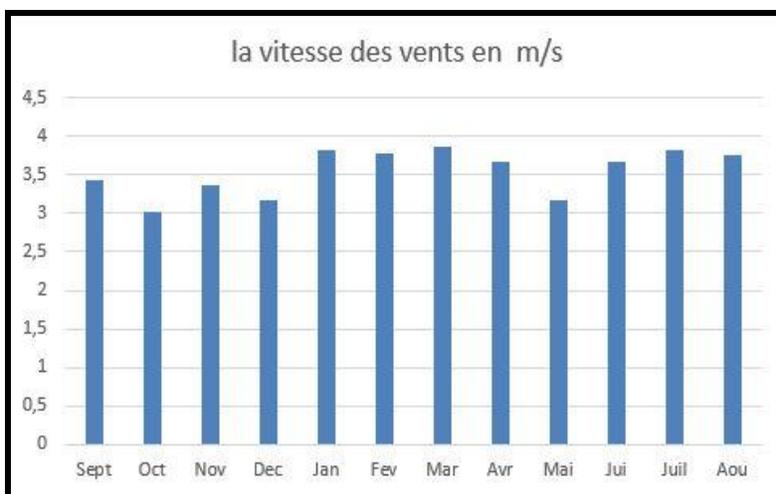


Figure I.7: Evolution mensuelle du vent de la station des Salines (1984-2015).

• **Interprétation :**

Selon la figure I.7, la vitesse maximale du vent est observée en mars, atteignant 3.87 m/s, tandis que la vitesse minimale est enregistrée en octobre 3.03 m/s, avec une moyenne de 3.54 km/h.

**I.3.5Insolation :**

Le tableau ci-dessous présente les données relatives à l'insolation de la station d'Annaba [8].

Tableau I.5 : l'insolation de à la station des Salines (1984-2015).

Mois :	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Insolation (h)	8 .33	7 .39	6 .06	5 .68	6 .13	7 .18	7 .42	8 .43	8 .48	9 .47	9.64	9.35

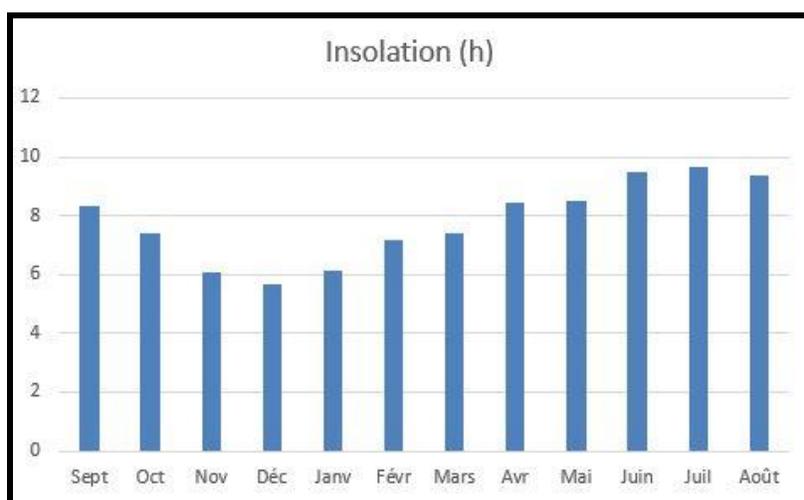


Figure I.8 : Moyenne mensuelles de l'insolation.

- **Interprétation :**

D'après les données du tableau, on constate qu'en moyenne, 10,8 jours d'insolation nulle sont enregistrés chaque année, avec un pic de 2,1 jours au mois de décembre et aucun jour en juillet.

### I.3.6 La Pluviométrie :

La connaissance de la pluviométrie et sa répartition dans le temps est primordiale, elle nous a permis de connaître le régime pluviométrique, ce qui conditionne le dimensionnement des réseaux d'irrigation et le pilotage des arrosages.

La répartition de la pluie moyenne interannuelle peut être présentée comme suit :

**Tableau I.6 :** Répartition mensuelle moyenne interannuelle de la précipitation de la station de Pont Bouchet (1977-2019).

Mois :	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moyenne annuelle :
Pmoy (mm) :	38.78	62.7	90.9	98.8	92.5	74.71	68.4	51	32.1	10.5	2.01	10.6	633.52

- **Interprétation :**

Dans notre zone d'étude, la pluviométrie est relativement régulière dans le temps et dans l'espace. L'analyse des données relatives aux précipitations, montre que la quantité la plus importante de pluie tombe en décembre (98,85 mm), alors qu'au mois de juillet, le niveau le plus bas est atteint (2,01 mm) et la précipitation moyenne annuelle est de 634mm.

### I.4 Indices agro-météorologiques :

Les indices agro-météorologiques nous ont permis d'évaluer les impacts des conditions météorologiques sur les cultures et les productions agricoles. Ils sont utilisés pour mesurer les conditions de croissance des cultures et les risques de stress hydrique ou thermique [9].

#### I.4.1 Indice d'aridité de Martonne (1926) :

L'indice d'aridité de Martonne sert à mesurer l'aridité d'un lieu donné en fonction de sa pluviométrie et de son évapotranspiration potentielle et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation [9].

$$IA = \frac{P}{T+10} \quad \dots \text{(I.1)}$$

Avec :

- $I_A$ : indice climatique.
- $P$  : précipitation moyenne annuelle (mm).
- $T$  : température moyenne annuelle ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Les limites des climats d'après l'indice climatique de Martonne sont données dans le tableau suivant :

**Tableau I.7** : Classification du climat selon de Martonne.

Valeur de $I_A$	Type De Climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A < 10$	Très Sec	Indispensable
$10 < I_A < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I_A < 30$	Relativement Humide	Parfois Utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

(Source : *Le Globe. Revue genevoise de géographie, tome 49, 1910.*)

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

- $P = 633.52\text{mm}$
- $T = 17.8^{\circ}\text{C}$

D'où :

$$I_A = 633.52 / 17.41 + 10 = \mathbf{22.78}$$

- **Interprétation :**

D'après la classification de l'indice d'aridité de Martonne, On constate que l'indice est compris entre 20 et 30 ce qui se traduit que notre région est soumise par un climat relativement Humide donc l'irrigation est Parfois Utile.

#### I.4.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger (1955) :

Le quotient Ombrothermique d'Emberger est une mesure qui permet d'évaluer le régime climatique d'une région donnée en comparant les précipitations et la température [9].

$$Q = \frac{1000 * P}{(M + m)(M - m)/2} = \frac{2 * 1000 * P}{M^2 - m^2} \dots(\text{I.2})$$

Avec :

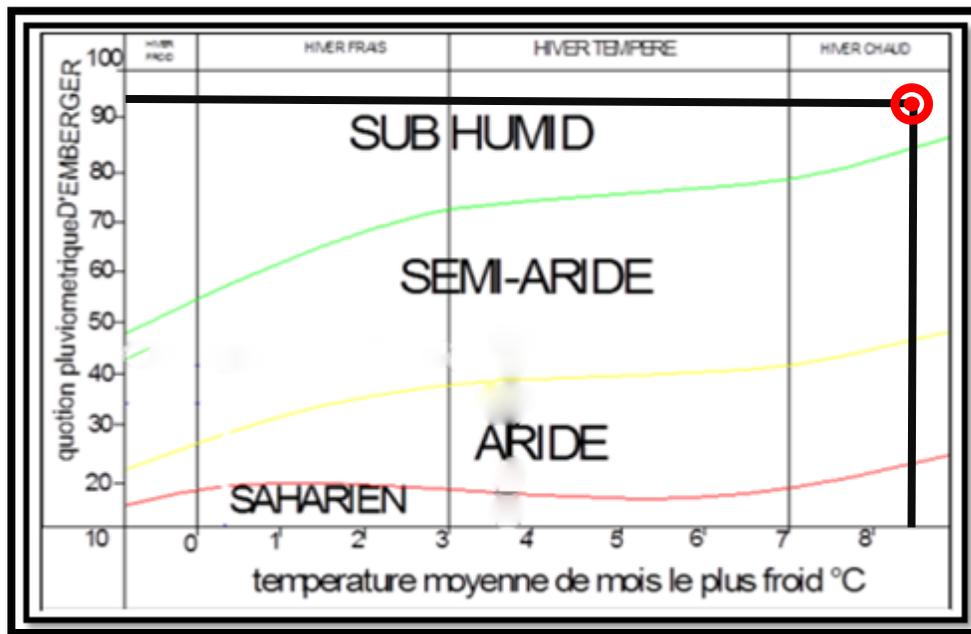
- $Q$  : coefficient Ombrothermique d'Emberger,
- $P$  : précipitation moyenne annuelle (en mm),
- $M$  : température maximale moyenne (en Kelvin),
- $m$  : moyenne des températures minimales (en Kelvin).

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

- P = 633.52mm
- M = 32.9°C
- m = 9°C

D'où :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 633.52}{(32.9 + 273.15)^2 - (9 + 273.15)^2} = 90.12$$



**Figure I.9 :** Diagramme bioclimatique d'Emberger.

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger et en se basant sur la température moyenne minimale du mois le plus froid (9°C), Avec : Q= 90,12.

On peut confirmer que notre région se trouve dans :

- l'étage bioclimatique : **SUB HUMID.**
- Sous étage : **Hiver chaud.**

#### I.4.3 Climagramme de BAGNOULS et GAUSSEN :

D'après Bagnouls et Gausсен (1953), une période de sécheresse résulte de la divergence entre les courbes de température et de précipitations.

La combinaison des deux facteurs climatiques (précipitation et température) a permis d'établir les courbes Pluvio-thermiques et de déterminer ainsi les saisons sèches et humides pour les périodes considérées.

Les mois sont représentés sur l'axe horizontal, tandis que les précipitations (P) et les températures (T) sont indiquées sur l'axe vertical. L'échelle de la précipitation est le double de celle des températures ( $P=2T$ ) [9].

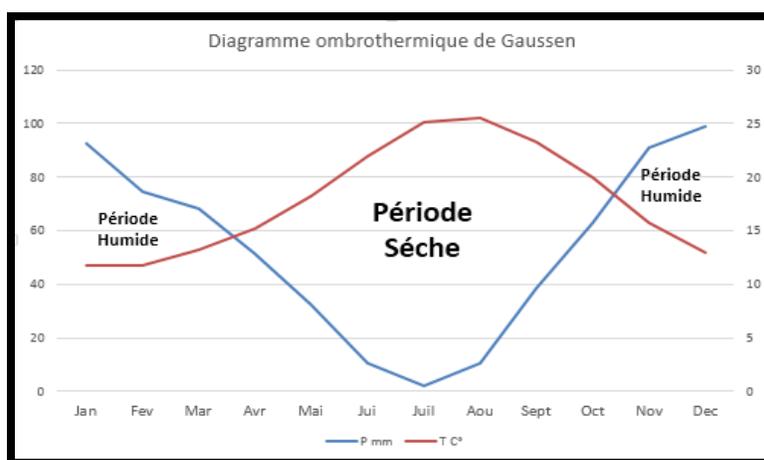


Figure I.10 : Diagramme Ombrothermique de Gausson.

- **Interprétation :**

Selon le diagramme de Gausson, une période sèche s'étend d'Avril à Octobre, mettant ainsi en évidence la nécessité d'irrigation pendant cette période.

**I.4.4 Comparaison des indices climatiques :**

Les méthodes combinant les éléments climatiques les plus importants tel que : les précipitations, les températures et l'évaporation ont qualifié le climat de la région d'étude comme étant Sub-Humid, ce qui est en conformité avec la carte des étages bioclimatiques, établie par l'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT, 2004).

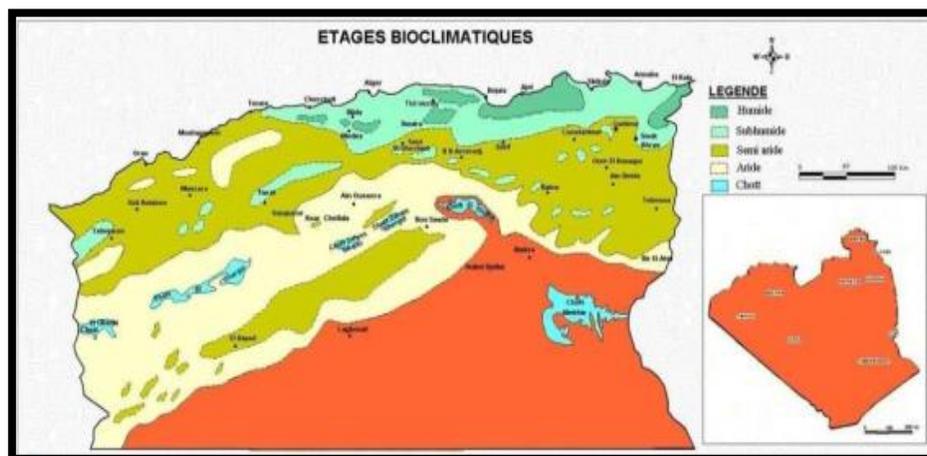


Figure I.11 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT, 2004).

**I.5 Conclusion :**

A travers ce chapitre qui est basé principalement sur l'étude des données pluviométriques et climatiques du périmètre d'étude.

Nous avons conclu que :

- 1- Le climat de la zone d'étude est de type SUB-HUMIDE hiver chaud.
- 2- Une moyenne pluviométrique d'environ 633.52 mm/an, qui se produit principalement entre mai et septembre.
- 3- La période sèche de Avril jusqu'à Octobre.
- 4- La température moyenne annuelles 17.8 C°.

Étant donné que notre zone d'étude est Sub-Humide et que l'agriculture est son activité principale, l'irrigation permettra d'exploiter pleinement ces ressources pour une production agricole plus productive et durable.

# **CHAPITRE II :**

## **Ressource en sol et en eau**

## **II Introduction :**

Ce chapitre se concentrera sur l'étude des caractéristiques des ressources en sol et en eau de notre périmètre, qui jouent un rôle indispensable dans tout développement agricole.

### **Ressources en sol :**

L'étude pédologique représente une source fondamentale pour prendre en considération la nature et la répartition des caractéristiques et contraintes liées aux sols.

Grâce à une connaissance approfondie du sol, il devient possible de faire le choix adéquat des cultures les mieux adaptées aux caractéristiques du sol en question. Cette démarche assure une utilisation optimale des ressources et favorise le succès du projet d'irrigation en améliorant la productivité agricole.

#### **II.1 Objectifs de l'étude pédologique :**

Les buts de l'étude pédologique peuvent varier en fonction des besoins spécifiques de chaque projet, lorsqu'il s'agit d'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en compte,

Notamment :

- La profondeur du sol, qui détermine l'épaisseur des couches accessibles aux racines et donc la disponibilité en eau ;
- La texture ou granulométrie du sol ainsi que la présence de cailloux, qui influent sur sa capacité de rétention d'eau ;
- La structure et la porosité des différentes couches du sol, qui affectent sa perméabilité et donc la facilité avec laquelle les arrosages peuvent être conduits ;
- Les propriétés chimiques du sol (pH, SAR, CE, etc.), qui ont un impact sur les possibilités de culture dans la zone à irriguer.
- La classe du sol, est un paramètre clé qui influence la capacité du sol à retenir l'eau, la croissance des plantes et la compatibilité des cultures, notre classe est de CSPA 1957.

##### **II.1.1 Classification des sols du périmètre :**

L'analyse des échantillons de sol au laboratoire, ont permis de reconnaître le type de sol qui occupe la majorité de la superficie du périmètre.

##### **II.1.2 Le profil pédologique :**

Les profils pédologiques peuvent être caractérisés par différents paramètres, tels que la classe texturale qui indique la proportion relative des différentes tailles de particules dans le sol.

Dans le périmètre étudié, Les profils pédologiques à l'horizon de surface présente une texture limon sableuse à limoneuse. Leur PH est de 6.8 à 7.44 (basique) avec des valeurs très faible pour la conductivité électrique 0.05 à 0.08 (mS/cm).

Voici le profil ci-dessous :

**Profil N° 1 :**

**Caractéristique morphologique :**

- Classe : Sol peu évolué,
- Sous-classe : D'origine non climatique,
- Topo : Plane,
- Utilisation du sol : jachère,
- Aptitude : bonne.

**Description des horizons :**

Les horizons sont déterminés en fonction des différentes profondeurs :

- **0 – 20cm** Cet horizon est caractérisé par :

Cet horizon est : texture limoneuse, Basique, Conductivité électrique très faible, Teneur faible en calcaire, Pourcentage faible de calcaire actif, Teneur faible en azote total, Teneur très faible en Phosphore assimilable, Teneur faible en potassium échangeable, Teneur moyenne en calcium échangeable, Teneur moyenne en magnésium échangeable, Teneur moyenne en sodium échangeable, Rapport C/N moyen.

- **20 – 40 cm** Cet horizon est caractérisé par :

Cet horizon est : texture limoneuse, Neutre, Conductivité électrique très faible, Teneur faible en calcaire, Teneur très faible en azote total, Teneur très faible en Phosphore assimilable, Teneur très faible en potassium échangeable, Teneur faible en calcium échangeable, Teneur faible en magnésium échangeable, Teneur faible en sodium échangeable, Rapport C/N moyen.

- **40 - 80 cm** Cet horizon caractérisé par :

Cet horizon est : texture limon-sableuse, Basique, Conductivité électrique très faible, Teneur faible en calcaire, Pourcentage faible de calcaire actif, Teneur très faible en azote total, Teneur très faible en Phosphore assimilable, Teneur très faible en potassium échangeable, Teneur moyenne en calcium échangeable, Teneur faible en magnésium échangeable, Teneur moyenne en sodium échangeable, Rapport C/N moyen.

**Tableau II.1:** Analyse physico-chimiques des profils étudié.

Horizons		Horizon1	Horizon2	Horizon3
Profondeur de prélèvement des échantillons en centimètres (cm)		0 - 20	20 - 40	40 - 80
Granulométrie	Argile [%]	20.40	18.18	18.11
	Limon [%]	29.48	30.61	27.29
	Sable [%]	50.12	51.21	54.60
Matière organique	Matière organique [%]	1.14	0.92	0.84
	Azote N [‰]	0.79	0.64	0.58
	Rapport C/N	8.35	8.32	8.41
Réserve minérales	CaCO <sub>3</sub> Total %	<4.00	<4.00	<4.00
	CaCO <sub>3</sub> Actif[%]	<3.00	<3.00	<3.00
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Assimilé [mg.kg-1]	13.76	4.31	2.84
	K <sub>2</sub> O échangeable [mg.kg-1]	94.54	42.32	28.40
Complexe absorbant	Ca <sup>++</sup> [mg.kg-1]	2348.80	915.98	1948.80
	Mg <sup>++</sup> [mg.kg-1]	209.66	136.00	167.26
	Na <sup>+</sup> [mg.kg-1]	104.22	76.31	117.50
Solution du sol	pH Eau	7.44	6.82	7.23
	C.E. [mS/cm]	0.07	0.05	0.08

(Source: laboratoire FOOD QUALITY (2022))

- **Interprétation :**

Selon le profil, le sol présente :

- Une faible teneur en matière organique MO et en azote total, indiquant une bonne décomposition de la matière organique dans le sol.
- Le pH du sol est compris entre 6 et 7, la majorité des éléments nutritifs sont assimilables dans cette zone de pH et une conductivité électrique inférieure à 1 mS/cm.
- Le sol est non salin.
- Les teneurs en calcaire total et en calcaire actif sont faibles : Il n'y a pas de risque de chlorose ferrique.
- Le rapport C/N indique une vitesse de minéralisation adéquate. Ceci montre qu'il ya une bonne activité biologique dans ce sol.
- Sa texture est limoneuse, donc le sol est de Type : « Limoneux ».

Le sol limoneux se caractérise par une texture équilibrée qui contient une proportion relativement égale de particules de sable, d'argile et de limon. Cette composition particulière lui confère des propriétés uniques qui sont avantageuses pour l'agriculture [10].

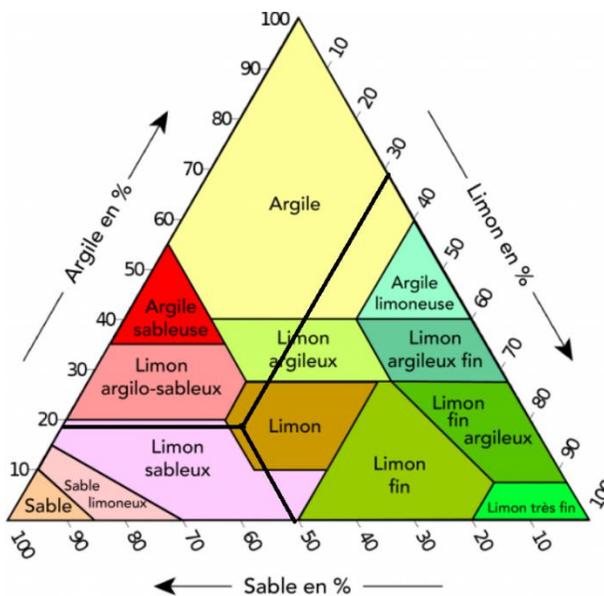


Figure II.1 : Triangle textures des sols étudiés.

### II.1.3 Perméabilité :

La perméabilité d'un sol désigne sa capacité à permettre plus ou moins aisément la circulation de l'eau. Elle est déterminée par sa vitesse d'infiltration, qui représente la quantité maximale d'eau pouvant traverser le sol dans un laps de temps donné et est généralement exprimée en millimètres par heure (mm/h) [11].

Tableau II.2 : Différentes classes de perméabilité.

Nature de sol	K (mm/h)
Argileux	3 à 8
Limoneux	9 à 20
Limono-Sableux	20 à 30
Sableux	30 à 60

(Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage)

- **Interprétation :**

Dans notre cas on a un sol qui a une classe texturale de sol Limoneux, Donc la perméabilité se trouve dans la plage 9 à 20.

### II.1.4 Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

Les propriétés physiques du sol sont quantifiables par des paramètres mesurables, dont les valeurs dépendent principalement de la structure et de la texture du sol. Pour évaluer la dose d'irrigation nécessaire, il est important de considérer les paramètres hydrodynamiques pertinents, qui sont présentés dans le tableau :

**Tableau II.3 :** Caractéristiques hydrodynamiques des sols.

Paramètres	unité	Valeur moyenne
Texture	-----	Limoneux
Point de flétrissement (Hpf)	%	12
Densité apparente (Da)	g/cm <sup>3</sup>	1.5
Perméabilité Porchet (K)	mm/h	20
la capacité au champ Hcc	%	21

### II.1.5 Les aptitudes culturales des sols :

Les aptitudes culturales des sols varient d'une région à l'autre et peuvent être influencées par les pratiques agricoles, telles que :

- L'utilisation de fertilisants.
- L'utilisation des pesticides.
- L'utilisation des cultures de couverture.
- L'utilisation des méthodes de gestion hydrique.

Il est important de gérer les sols de manière durable en prenant en compte leur composition chimique, leur structure physique, leur pH et leur teneur en matière organique, afin de maintenir leur fertilité et d'optimiser la production agricole tout en préservant l'environnement [11].

Tableau II.4 : Les espèces culturales.

N°	Espèces: Arboriculture	N°	Espèces: Cultures maraichères	N°	Espèces: Céréales et fourrages	N°	Espèces: Cultures industrielles
1	Agrumes	1	Artichaut	1	Luzerne	1	Betterave sucrière
2	Abricotier/Franc	2	Tomate	2	Bersim	2	Coton
3	Abricotier/Prunier	3	Oignon	3	Sorgho	3	Tournesol
4	Olivier	4	Pomme de terre	4	Mais	4	Tabac
5	pommier/Franc	5	Carotte	5	Fétuque	5	Lin
6	pommier/Doucin	6	Navet	6	Vesce avoine		
7	pommier/Pa radja	7	Chou-fleur	7	Ray gras		
8	Poirier/Franc	8	Chou pommé	8	Blé dur		
9	Poirier/Cognassier	9	Epinard	9	Blé tendre		
10	Figuier	10	Laitue	10	Orge		
		11	Ail	11	Luzerne		
		12	Melon				
		13	Courgette				

Degré d'aptitude culturale :

- **Arboriculture** : Bonne Aptitude pour : Pommier, Poirier, Amandier, Prunier, Agrume, Abricotier, Olivier, Grenadier, Vigne, Pistachier, Coing...
- **Cultures maraichères** : Bonne Aptitude pour : la tomate, la pomme de terre, la carotte, le navet, le chou-fleur, le poivron, l'ognon et l'ail.
- **Cultures industrielles** : Bonne Aptitude pour : la tomate industrielle et la betterave sucrière, et tournesol,
- **Cultures céréalières et fourragères** : Bonne Aptitude pour : le blé, l'orge, la luzerne, le bersim et le Sorgho.

- **Interprétation :**

Le sol de notre périmètre a une texture équilibrée qui est Limoneuse, cette texture permet une bonne perméabilité du sol, ce qui est favorable pour le développement des cultures.

En effet, notre périmètre est caractérisé par une bonne aptitude pour toutes les cultures, qu'elles soient arbustives, industrielles, céréalières ou maraichères. De plus, l'aptitude à l'irrigation est bonne, ce qui est un atout important pour la croissance des plantes.

En somme, il n'y a aucune contrainte majeure pour la mise en valeur de notre périmètre et il présente des conditions favorables pour la pratique de l'agriculture.

## Ressources en eau :

L'eau utilisée dans un projet d'irrigation peut provenir de diverses sources et qu'elle doit être gérée de manière judicieuse pour garantir une utilisation efficace et durable. Les besoins en eau varient en fonction de divers facteurs, tels que le type de culture, les conditions climatiques et les stades de croissance des plantes.

Il est donc essentiel de planifier et de gérer l'eau de manière adéquate pour éviter les gaspillages, optimiser les rendements agricoles et préserver les ressources en eau.

### II.2 Ressources en eau du périmètre :

La ressource en eau du périmètre est un forage d'une profondeur de 100 mètres a été réalisé pour assurer un approvisionnement en eau adéquat. Ce forage permet d'exploiter les eaux souterraines, qui peuvent être utilisées pour alimenter un bassin géo-membrane.

La géo-membrane est une technologie de stockage de l'eau qui permet de conserver l'eau collectée dans le bassin sans perte par infiltration dans le sol. Grâce à ce système, l'eau peut être stockée et utilisée de manière efficace pour l'irrigation des cultures, en minimisant les pertes par évaporation et en garantissant une utilisation optimale de la ressource en eau disponible.

La profondeur du forage assure un accès à des niveaux d'eau souterraine suffisamment profonds pour éviter les risques de pénuries d'eau, même en période de sécheresse. Cela contribue à assurer une irrigation régulière et fiable pour les cultures, permettant ainsi d'optimiser la production agricole dans le périmètre.

**Tableau II.5 :** Caractéristiques principale du forage et du bassin géo-membrane est la nappe.

Caractéristiques du forage et du bassin géo-membrane :	
Coordonnées du forage dans le périmètre :	X = 938,416. Y = 390,809.
Profondeur de forage :	H = 100 m.
Débit du forage :	Q = 18.57 l/s.
Capacité du bassin géo-membrane :	Capacité = 32000 m3.
Nappe exploitée :	Nappe Tellienne.
La localisation de la nappe :	L'Est Algérien.

(Source : DSA Annaba 2023).

### II.2.1 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :

Avant de mettre en place tout projet d'aménagement agricole, il est impératif d'étudier la qualité de l'eau d'irrigation. À cette fin, certains facteurs essentiels doivent être rigoureusement évalués, notamment [11] :

- Le pH,
- Le risque de salinité,
- Le risque de sodium (exprimé par le Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR),
- Les concentrations de carbonate et de bicarbonate de calcium et magnésium,
- La présence d'anions toxiques.

**Tableau II.6:** Caractéristiques chimique de l'eau d'irrigation.

Paramètres		Echantillon Du FORAGE
PH	à 25°C	7.75
Conductivité (CE)	µs/cm à 20°C	1254
Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	142
Dureté Total (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub> -	107.1
Calcium (Ca <sup>+2</sup> )	mg/l	375.3
Magnésium (Mg <sup>+2</sup> )	mg/l	130
Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	119
Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	4.7
Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	22
Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.19
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0.26
Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/l	5.3
pourcentage de sodium (Na)	%	19

(Source : Laboratoire Horizon 2023, Annaba, Route pont blanc)

### II.2.2 L'évaluation de la qualité de l'eau :

L'évaluation de la qualité de l'eau pour l'irrigation se base principalement sur deux éléments clés:

- La concentration totale de sels solubles, également appelée conductivité électrique, qui permet de mesurer la quantité de sels dissous dans l'eau.
- Le SAR (Sodium Absorption Ratio), qui évalue la présence de sodium par rapport à d'autres cations dans l'eau, et permet de déterminer son potentiel d'absorption par les plantes [11].

### II.2.2.1 La conductivité électrique :

La classification de l'eau d'irrigation est basée sur sa teneur en sels. Pour évaluer cette teneur, on mesure sa conductivité électrique, qui est une propriété liée à la mobilité des ions et exprimée en mmhos/cm à 25°C. Plus la concentration de sels dans l'eau est élevée, plus la conductivité électrique sera élevée [9].

Il existe quatre classes de salinité de l'eau en fonction de sa conductivité électrique, qui déterminent le niveau de danger potentiel pour l'irrigation :

**Tableau II.7:** Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux	Cultures
<b>C1</b>	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible de salinité.	Pour toutes les cultures.
<b>C2</b>	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen de salinité.	Pour les plantes moyennement tolérantes.
<b>C3</b>	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé de salinité.	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
<b>C4</b>	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé de salinité.	Eau difficilement utilisable.

(Source: *Water and the innovation issues in irrigation and drainage*, Spon Press, (1998))

Avec :

$$\text{Mmhos/cm} = 1 \text{ mS/cm} = 1000 \text{ umhos/cm} = 1000 \text{ us/cm.}$$

Donc la conductivité électrique = 1.254 mmhos/cm.

- **Interprétation :**

D'après cette classification, notre eau est de classe C3 avec une Eau de risque élevé de salinité.

La limite de la conductivité électrique de l'eau pour les agrumes varie en fonction des variétés d'agrumes et des conditions spécifiques de culture.

Cependant, en général, une conductivité électrique de l'eau de l'ordre de 0,8 à 1,5 millisiemens par centimètre (ms/cm) est souvent considérée comme acceptable pour la culture des agrumes [12]. Notre conductivité électrique de l'eau est de 1.254 millisiemens par centimètre.

### II.2.2.2 Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

Le sodium présent dans l'eau peut se fixer sur les complexes du sol et provoquer un risque de défloculation. Pour réduire ce risque, il est important de comparer la concentration des cations Na<sup>+</sup> avec celle des cations Mg<sup>++</sup> et Ca<sup>++</sup> dans l'eau [11].

C'est ce que l'on appelle l'indice du SAR (Sodium Absorption Ratio), qui permet d'évaluer cette relation et de prendre des mesures appropriées en conséquence.

La relation qui a entre ces trois éléments est le SAR (sodium absorption ration) :

$$SAR = \frac{NA}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \dots (II.1)$$

Avec :

Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, et Mg<sup>++</sup> en mg/l.

**Tableau II.8:** Classification des eaux en fonction du SAR.

Classes	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S <sub>1</sub>	SAR ≤ 10	Risque faible
S <sub>2</sub>	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S <sub>3</sub>	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S <sub>4</sub>	SAR > 26	Risque très élevé

(Source: *Water and the innovation issues in irrigation and drainage*, Spon Press, (1998))

Dans notre cas :

$$SAR = \frac{119}{\sqrt{(375.5+130)/2}} = 7.48$$

- **Interprétation :**

D'après cette classification, notre eau est de classe S1 avec un Risque faible d'alcalinisation.

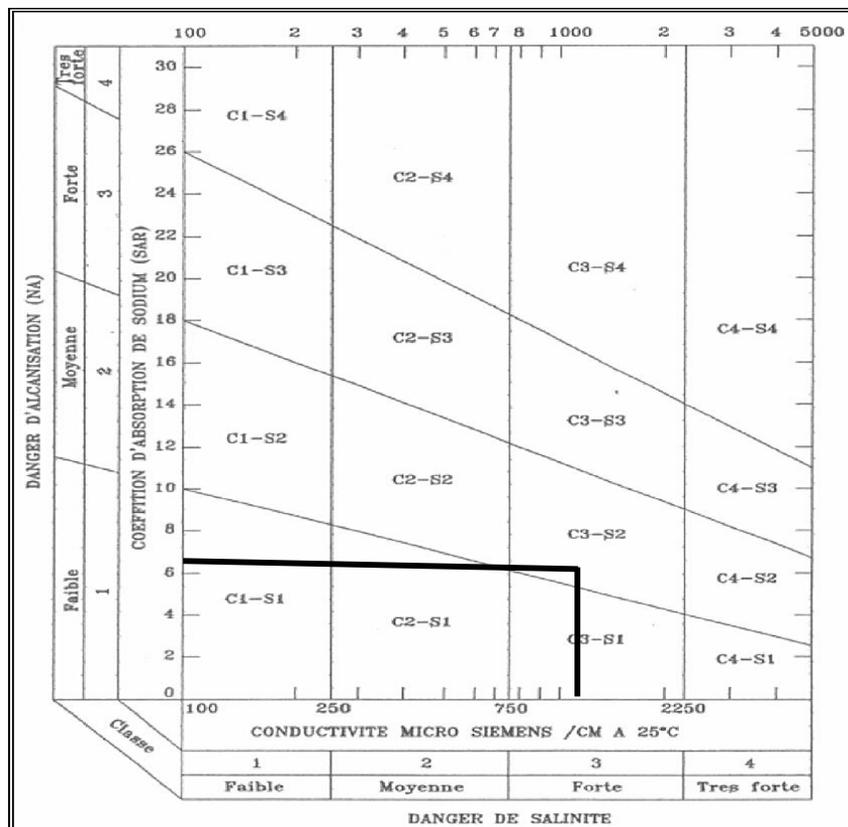


Figure II.2: Diagramme de classification de l'eau d'irrigation.

• **Interprétation :**

Et en se référant au diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut conclure que cette eau est caractérisée par risque élevé de salinité et un moyen degré d'alcalinité (C3-S2).

En général, cette eau, caractérisée par une conductivité de 1254 μS/cm et un pourcentage de sodium (Na) égal à 19%, est considérée comme bonne pour l'irrigation.

**II.3 Calcul de la pluie de projet :**

Le calcul des précipitations pour le projet est essentiel, car il est utilisé pour estimer les besoins en eau des cultures prévues dans le périmètre.

**II.3.1 Choix de la station :**

Tableau II.9 : Caractéristique de la station.

Station	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Période
Pont Bouchet	37° N	07°45' E	3 m	1977-2019

(Source : ANRH)

**Taleau II.10:** Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable (1977 – 2019).

Années	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1977	13,4	15,8	92,5	23,8	100,7	73,9	30,5	64,8	35	7,1	0	0	457,5
1978	6	80,7	93,3	21,1	56,8	72	88,7	132,8	10,1	21,9	0,5	5,3	589,2
1979	71	29,9	115	21,7	62,3	22,4	70,8	81,3	45,9	0	0	0	520,3
1980	36	50,3	66,5	141,2	67,1	60,3	49,2	40,9	8,8	0	0	8,9	529,2
1981	12,7	26	36,7	146	94,6	131,7	104,5	70,2	33,3	2,5	0	7,2	665,4
1982	8,4	160,3	150,5	99,6	17,8	4	66,4	3,6	10,7	4,9	0	0	526,2
1983	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
1984	31,3	234,3	45,1	232,3	79,4	34,6	155,4	43,7	44,1	0	0	0	900,2
1985	37	19	30,7	50,1	97,8	59,3	81,2	36,1	3,6	16,8	0,4	1,7	433,7
1986	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
1987	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
1988	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
1989	19,1	68,4	61,3	100,5	146,1	1,9	22,7	27,1	25,9	12,5	0	4	489,5
1990	3	28	116,3	175,4	75,5	66,8	109,6	26,5	7	40,7	0	4,8	653,6
1991	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
1992	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
1993	27,9	54,2	11,1	113,8	86	98,8	5,8	64,7	20,5	6	0	0	488,8
1994	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
1995	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
1996	24	40,4	45,4	69,5	74,8	23,5	30,3	33,7	6,9	31,9	0	9,1	389,5
1997	47,8	78,8	163	128,8	85,3	55,4	25,6	63,5	56,6	0	0	43,8	748,6
1998	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
1999	13,5	22,3	95,1	119,2	33,2	25	17,8	18,4	112,7	5,6	0	7,7	470,5
2000	24,9	79,4	40,5	108,4	108	68,3	14,3	46,9	23,1	0	3,2	4,4	521,4
2001	42,2	3,8	62,1	70,6	25,4	35,4	27,4	55,2	20	0	14,2	55,2	411,5
2002	18,8	84,8	242,4	141,5	196,5	88,3	32,5	109,3	19,1	0	0	0,4	933,6
2003	49,7	27,3	21,4	165,3	101,4	18,2	65,7	86,8	68,3	35,4	0,6	2,6	642,7
2004	58,6	15,5	187,4	166	130,6	159	51,5	142,2	7,6	7,3	1,1	13,5	940,3
2005	17,2	15,2	55	158,1	127,2	62,1	42,3	10,2	22,8	1,2	2,6	35,2	549,1
2006	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
2007	40,9	119,4	89,5	123,6	15	10,4	127	19	31,9	2,9	7,4	0	587
2008	69,9	43,6	49,2	91,2	228,8	89,6	75,4	120,5	79,5	0	1	21,4	870,1
2009	167,5	61	68,7	85,2	108,1	65,6	54,2	32,4	42,9	20,5	0	1,5	707,6
2010	29,4	118,6	173,5	50,1	52,3	107,3	99,9	69,6	62,2	6,3	6	1,2	776,4
2011	11,2	169,5	84,8	96,4	37,9	219,4	58,9	60,9	3,3	0,4	0,3	16,8	759,8
2012	31,9	75,4	34,1	79,6	134,2	132,7	58,3	48,8	15,2	0	0	38,6	648,8
2013	43,8	21,6	215,1	57,9	76,1	22,4	159,7	18,6	16	6,4	0	0	637,6
2014	39,4	70,2	32,2	229,5	116,7	215,9	89,5	0	26,8	2,5	0	9,9	832,6

2015	44,2	89,6	140,2	8,4	97,6	44	95,1	35,9	23,9	4,5	1,3	0,5	585,2
2016	46,1	41,7	77,9	24,6	121,6	102,2	10,1	32	0,1	19	4,1	0	479,4
2017	8,3	72,3	168,6	105	22,8	85,5	67,3	13,6	44,3	4,9	0	79	671,6
2018	28,3	207,1	69,2	24	260,6	59,2	176,4	24,1	63,4	0	1,2	25,1	938,6
2019	76,1	60,6	123,5	133,1	31,7	1,2	96,8	62,4	5,7	16,6	8	1,7	617,4
Pmoy	38,78	62,7	90,9	98,8	92,5	74,71	68,4	51	32,1	10,5	2,01	10,6	633,52

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

**Tableau II.11:** Caractéristiques de la série pluviométrique.

<b>Moyenne</b>	633.52 mm
<b>Ecart type</b>	154
<b>CV</b>	0.243
<b><math>P_{mi}</math> <math>n</math></b>	366.10 mm
<b><math>P_{max}</math></b>	940.30 mm

### II.3.2 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Avant de procéder à l'ajustement, il est essentiel de vérifier l'homogénéité de la série de données. L'homogénéisation des données est une analyse statistique qui permet de prendre des décisions éclairées. Cette vérification comprend deux étapes importantes :

- La détection des anomalies dans les séries hydrologiques et l'identification de leurs causes.
- La correction de ces anomalies en utilisant des méthodes appropriées.

Pour évaluer l'homogénéité de la série, nous utilisons la méthode du test de la médiane selon les étapes suivantes :

- Nous classons l'échantillon de données par ordre décroissant.
- Nous déterminons la médiane (Me).
- Nous remplaçons les valeurs non classées de la série par un signe négatif (-) ou positif (+).

En effectuant ces étapes, nous pouvons évaluer si la série de données est homogène et prendre les mesures nécessaires pour corriger les éventuelles anomalies, ce qui nous permettra d'effectuer un ajustement approprié par la suite [1].

Tableau II.12: les étapes d'homogénéisation de la série.

N °	série non classe	signe	série classe	N °	série non classe	signe	série classe
1	-457,5	-	366,1	23	-470,5	-	637,6
2	-589,2	-	389,5	24	-521,4	-	642,7
3	-520,3	-	411,5	25	-411,5	-	648,8
4	-529,2	-	433,7	26	+933,6	+	651,9
5	+665,4	+	457,5	27	+642,7	+	653,6
6	-526,2	-	470,5	28	+940,3	+	665,4
7	+824,6	+	479,4	29	-549,1	-	671,6
8	+900,2	+	487,8	30	+651,9	+	687,3
9	-433,7	-	488,8	31	-587	-	707,6
10	+737,4	+	489,5	32	+870,1	+	726,8
11	-366,1	-	520,3	33	+707,6	+	737,4
12	-487,8	-	521,4	34	+776,4	+	748,6
13	-489,5	-	526,2	35	+759,8	+	759,8
14	+653,6	+	529,2	36	+648,8	+	776,4
15	-622,9	-	531,7	37	+637,6	+	824,6
16	+632,1	+	549,1	38	+832,6	+	832,6
17	-488,8	-	585,2	39	-585,2	-	870,1
18	-531,7	-	587	40	-479,4	-	900,2
19	+726,8	+	589,2	41	+671,6	+	933,6
20	-389,5	-	617,4	42	+938,6	+	938,6
21	+748,6	+	622,9	43	-617,4	-	940,3
22	+687,3	+	632,1				

### II.3.3 Statistique de test de la médiane :

Avec une série de données comportant 43 années, ce qui est un nombre impair, la médiane est déterminée en trouvant la valeur située au rang  $(N+1)/2$ , soit la valeur correspondant au rang 22.

Nous avons calculé la médiane (Me) qui est égale à 632,1.

En résumé, la médiane de cette série est de 632,1, obtenue en identifiant la valeur au rang 22, conformément à la méthode pour les séries de taille impaire.

$$T_{OBS} > \frac{1}{2} ((N + 1) - U_{(1-\alpha)/2} * \sqrt{N - 1}) \dots (II.2)$$

$$T_{OBS} < 3.3 (\log(N+1))$$

Dans notre analyse, nous avons utilisé les notations suivantes :

- $N$  : la taille de l'échantillon, dans ce cas  $N = 43$ .
- $U$  : la variable réduite de Gauss pour une probabilité de  $1-\alpha/2$ , où  $\alpha$  représente l'erreur de premier espace qui est de 5%.
- $U_{1-\alpha/2}$  : la valeur de  $U$  correspondant à 1,96 (trouvée à l'aide de la table de Gauss) pour une erreur de premier espace de 5%.
- $NOBS$  : le nombre total de séquences (+) (valeurs supérieures à la médiane) et séquences (-) (valeurs inférieures à la médiane) dans la série non classée.
- $T_s$  : la taille de la plus grande séquence en (+) ou (-).

Nous avons vérifié les conditions d'homogénéisation en utilisant les deux critères suivants :

- $NOBS = 22$  et  $TOBS = 7$
- $N_{the} = 15,499$  et  $T_{the} = 8,69$

Après vérification, nous constatons que les deux conditions d'homogénéisation sont satisfaites :

$$NOBS > N_{the} \quad \text{et} \quad TOBS < T_{the}$$

En conclusion, les deux conditions sont vérifiées, ce qui nous permet de déclarer que la série est homogène.

## II.4 Choix des lois de probabilités :

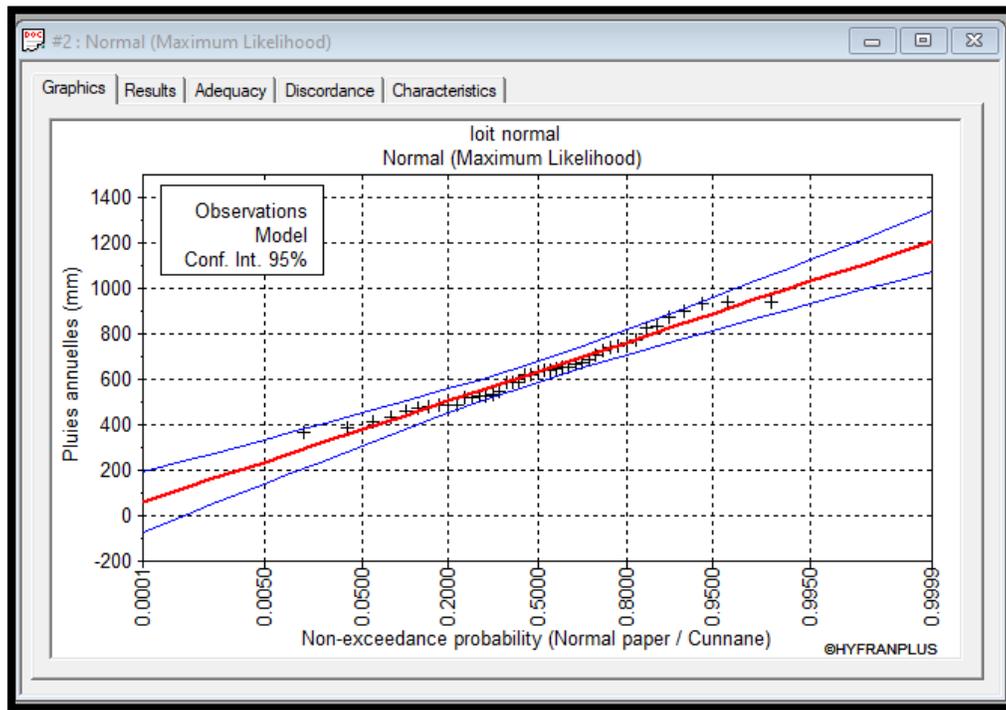
Les lois les plus couramment utilisées pour ajuster les données de pluviométrie annuelle sont les suivantes :

- 1) La loi de Gauss, également connue sous le nom de loi normale.
- 2) La loi de Galton, également appelée loi log normale.

Ces deux lois de probabilité continues dépendent de deux paramètres :

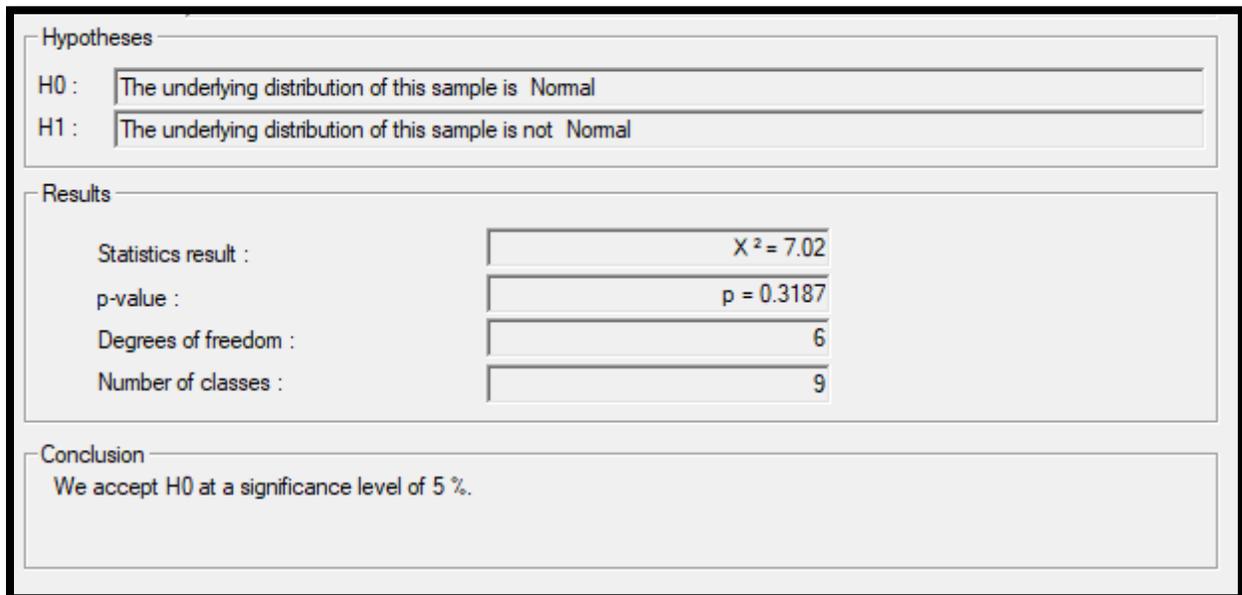
- L'espérance  $\mu$  et l'écart type  $\sigma$ .
- Dans le cas de la loi log normale, ces paramètres sont remplacés par le logarithme de  $\mu$  et  $\sigma$ .

Pour effectuer ces calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN :



**Figure II.3:** Ajustement des pluies annuelles aux lois normal.

Résultat :



**Figure II.4:** Résultat d’ajustement des pluies annuelles aux lois normal.

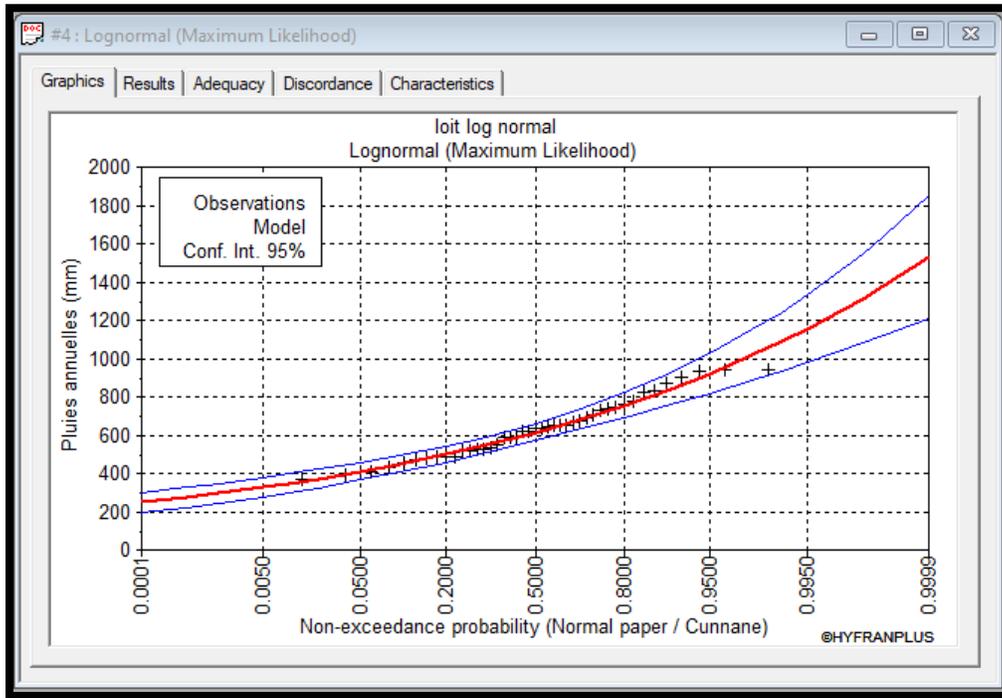


Figure II.5: Ajustement des pluies annuelles aux lois log normal.

Résultat :

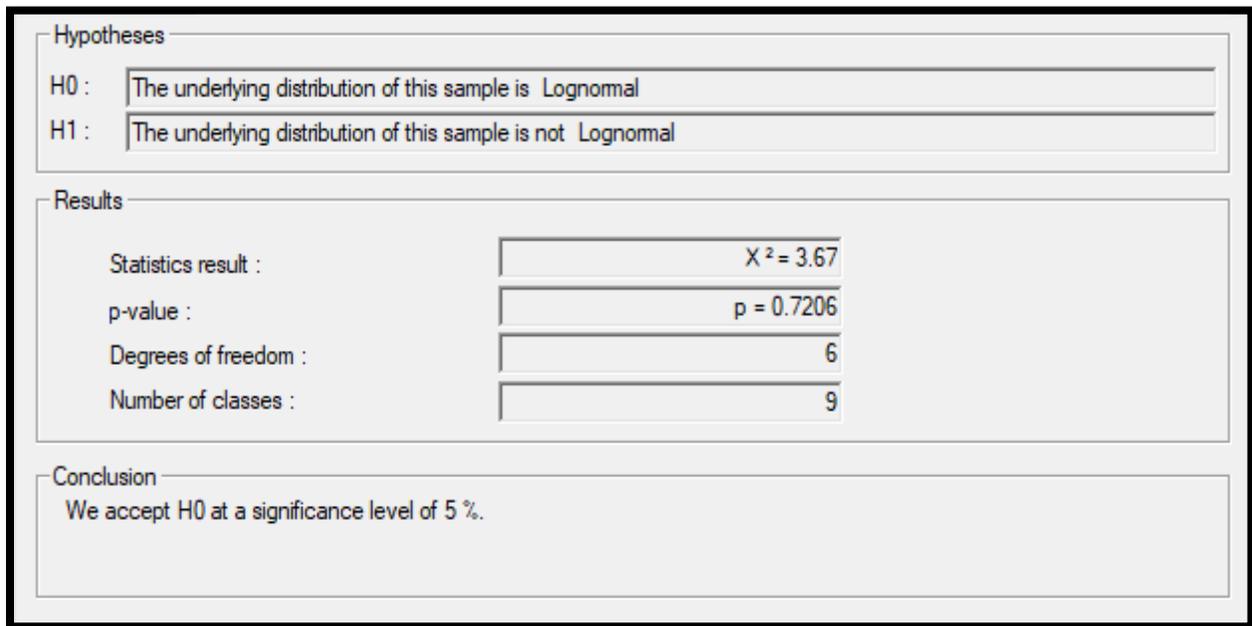


Figure II.6: Résultat d’ajustement des pluies annuelles aux lois log normal.

#### II.4.1 Test de validité d'un ajustement statistique:

Une fois que les données ont été ajustées en utilisant la loi appropriée, il est nécessaire de comparer la pertinence de cette loi pour choisir le meilleur ajustement possible.

Dans notre cas, nous avons utilisé le test du Chi carré ( $\chi^2$ ).

Touaibia, B., (2004), (Voir Annexe 2).

La loi est considérée comme adéquate pour une erreur  $\alpha = 0,05$  si et seulement si : La valeur calculée du Chi carré ( $\chi^2$  calculé) est inférieure à la valeur théorique du Chi carré ( $\chi^2$  théorique).

On a :

**Tableau II.13:** Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{\text{calculé}}=7.02$	$\chi^2_{\text{calculé}}=3.67$
Degrés de liberté =6	
$\chi^2_{\text{théorique}}= 7.824$	

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la loi log normale ajuste mieux la série des pluies annuelles car  $\chi^2_{\text{calculé}}=3.67$  pour le même degré de liberté = 6.

#### II.4.2 Détermination de l'année de calcul :

Étant donné que la loi Log-normale s'avère la plus appropriée, nous l'adoptons pour estimer la moyenne mensuelle des précipitations représentatives de la région.

**Tableau II.14:** Résultat de l'ajustement.

T	q	Xt	Ecact-type	Intervalle de confiance
2	0.5000	615	23.0	570 - 660
1.25	0.8000	501	21.8	458 - 544

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

$$P_{\text{moy 80\%}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * (P_{\text{thé (80\%) annuelle}} / P_{\text{thé (50\%) annuelle}}) \dots (\text{II.3})$$

On a :

$$P_{\text{théorique (80\%) annuelle}} = 501, P_{\text{théorique (50\%) annuelle}} = 615.$$

$$P_{\text{moy } 80\%} = 501/615 \times P_{\text{moy de chaque mois}} = 0.81 \times P_{\text{moy de chaque mois}}.$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

**Tableau II.15:** Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).

Mois :	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
<b>P<sub>moy</sub> (mm) :</b>	38.78	62.70	90.9	98.80	92.50	74.71	68.40	51	32.1	10.5	2.01	10.6
<b>P<sub>moy80%</sub> (mm) :</b>	31.41	50.70	73.6	80.02	74.90	60.51	55.40	41.31	26	8.50	1.62	8.58

## II.5 Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons réalisé une étude approfondie de la pédologie du sol de notre périmètre. Les analyses physico-chimiques effectuées ont révélé que le sol est de type limoneux, ce qui se traduit par une texture équilibrée contenant des proportions relativement égales de particules de sable, d'argile et de limon. Cette composition unique confère au sol des propriétés avantageuses pour l'agriculture.

En parallèle, nous avons également examiné attentivement les caractéristiques de l'eau du forage présent dans notre périmètre. Les résultats de l'étude de la qualité de l'eau ont révélé que cette dernière présente un risque élevé de salinité ainsi qu'un degré moyen d'alcalinité (C3-S2) est généralement considérée comme bonne pour l'irrigation.

# **CHAPITRE III :**

## **Calcul des besoins en eau des cultures**

### III Introduction :

Les besoins en eau d'irrigation sont un élément crucial dans l'agriculture, car ils influencent directement la croissance et la productivité des cultures. Les besoins en eau d'irrigation sont variables et dépendent de plusieurs facteurs tels que le type de cultures, leur stade de croissance, les conditions climatiques locales, ainsi que les propriétés du sol.

Une gestion efficace de l'irrigation, basée sur une évaluation précise des besoins en eau des cultures, peut contribuer à une utilisation responsable des ressources en eau, à une meilleure efficacité de l'agriculture et à une production agricole durable.

Ce chapitre a pour but de calculer les besoins en eau et déterminer le débit fictif continu qui est le débit de dimensionnement du réseau d'irrigation adapté aux cultures choisies.

#### III.1 Les besoins en eau d'irrigation :

Les besoins en eau des cultures se réfèrent à la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire les demandes hydriques des plantes cultivées afin de maintenir leur croissance, leur développement et leur rendement optimal (Allen et al. 1998; Doorenbos et Pruitt, 1977).

Le bilan hydrique d'une culture donnée correspond à la différence entre les besoins en eau de la culture, déterminés par les caractéristiques végétales et le climat (ETM), et la quantité d'eau fournie par les précipitations.

Pour calculer la quantité d'eau à apporter par irrigation, le bilan hydrique est réalisé période par période, avec la formule :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + K.RFU_{i-1}) \dots(III.1)$$

- ETM est l'évapotranspiration potentielle de référence en mm/mois.
- $P_{eff}$  représente la pluie efficace en mm.
- RFU est la réserve du sol facilement utilisable disponible au début de la période.
- K est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.

La réserve facilement utilisable (RFU) est calculée en utilisant la formule :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}).D_a.Z \dots(III.2)$$

- Y est le degré de tarissement,
- $D_a$  est la densité apparente (1.5),
- Z est la profondeur d'enracinement en mm,
- $H_{cc}$  est l'humidité à la capacité au champ (dans ce cas, 21%),
- $H_{pf}$  est l'humidité au point de flétrissement (dans ce cas, 12%).

L'irrigation doit être effectuée lorsque le bilan hydrique (Bi) est supérieur à zéro. En utilisant ces calculs, les agriculteurs peuvent planifier leur irrigation de manière précise et efficace, ce qui contribue à maximiser les rendements tout en minimisant l'utilisation d'eau.

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

### III.1.1 Calcul de l'évapotranspiration :

La perte d'eau par évaporation du sol et la transpiration des plantes sont deux phénomènes distincts mais qui sont regroupés sous le terme d'évapotranspiration.

Ce processus complexe correspond à la totalité de l'eau consommée par une plante pour éviter le manque d'eau [11].

L'évapotranspiration se divise en trois catégories :

- L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>).
- L'évapotranspiration potentielle (ETP).
- L'évapotranspiration réelle (ETR).

### III.1.2 Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) :

L'ET<sub>0</sub> décrit la quantité maximale d'eau qui peut être perdue sous forme de vapeur depuis la surface vers l'atmosphère dans des conditions climatiques spécifiques, pour un couvert végétal continu bien alimenté en eau et en pleine croissance, exprimée en millimètres par jour. Il existe deux méthodes pour estimer l'ET<sub>0</sub> :

- Les méthodes directes qui utilisent des instruments et des appareils.
- Les méthodes indirectes qui se basent sur des formules empiriques.

La formule de **Penman-Monteith**, bien qu'exigeant de nombreuses données climatiques, est la méthode la plus couramment utilisée pour calculer l'ET<sub>0</sub> dans tous les types de climats.

Cependant, il existe d'autres formules de calcul telles que la formule de **Thornthwaite**, la formule de **Blaney-Criddle** ou la méthode de **Doorenbos** et **Pruitt** recommandées par la FAO.

Bien que les mesures directes soient complexes à mettre en place, l'ET<sub>0</sub> peut être estimée avec précision en utilisant ces différentes formules de calcul [9].

#### ➤ *Formule Modifiée de Penman\_Monteith :*

Penman et Monteith ont développé une méthode de calcul de l'évapotranspiration d'une surface libre d'eau en combinant un bilan énergétique avec une méthode de transfert de masse. En 1948, ils ont abouti à une équation qui permet de calculer l'évapotranspiration en se basant sur les enregistrements climatologiques de l'ensoleillement, de la température, de l'humidité et de la vitesse du vent. Depuis sa création, la formule de Penman-Monteith modifiée est la plus utilisée et recommandée par la FAO [9].

La formule :

$$ET0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u2 (es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0.34u2)} \dots(III.3)$$

Avec :

- ETo : Évapotranspiration de référence [millimètres par jour],
- Rn : Rayonnement net à la surface de la culture [mégajoules par mètre carré par jour],
- G : Flux de chaleur volumique dans le sol [mégajoules par mètre carré par jour],
- T : Température moyenne quotidienne de l'air à une hauteur de 2 mètres [degrés Celsius],
- u2 : Vitesse du vent à une hauteur de 2 mètres [mètres par seconde],
- es : Pression de vapeur saturante [kilopascals],
- ea : Pression de vapeur réelle [kilopascals],
- es-ea : Déficit de pression de vapeur saturante [kilopascals],
- D : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kilopascals par degré Celsius],
- g : Constante psychrométrique [kilopascals par degré Celsius].

Dans le but de réaliser des calculs précis, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT, dans lequel nous avons entré les données mensuelles provenant de la station météorologique de Annaba.

Ces données comprenaient :

- Les températures minimales et maximales mensuelles en degrés Celsius.
- L'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage.
- Les heures d'insolation journalières, ainsi que.
- La vitesse du vent exprimée en kilomètres par jour.

En utilisant le logiciel CROPWAT 8.0, nous avons pu calculer l'évapotranspiration de référence ET0. Les résultats obtenus pour la station de Batna ont été résumés dans le rapport final. Grâce à ces données, nous avons pu déterminer avec précision le taux d'évapotranspiration de référence pour cette région, ce qui est important pour la gestion des ressources en eau et la planification de l'irrigation des cultures.

**Tableau III.1** : Evapotranspiration de référence ET<sub>0</sub> calculée par le logiciel COPWAT.

Mois	T min °C	T max °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray. MJ/m <sup>2</sup> /j	ET <sub>0</sub> mm/mois
janvier	9.1	18	74	3.8	6.1	9.7	63.47
février	9	14	72	3.7	7.2	13.1	59.41
mars	10.9	16	72	3.9	7.4	16.3	84.77
avril	13.3	17.6	71	3.7	8.4	20.4	104.24
mai	14.8	20.4	68	3.2	8.5	22.1	128.47
juin	12.1	27.6	67	3.7	9.5	24.1	159.40
Juillet	22.1	32.9	67	3.8	9.6	23.9	195.33
Aout	22.5	28.3	66	3.8	9.3	22.1	176.08
Septembre	11.2	25.7	67	3.4	8.3	18.3	127.86
octobre	13.3	23	68	3.0	7.4	14.1	98.08
novembre	9.8	18.5	69	3.4	6.1	10.2	66.95
décembre	10.2	23.9	75	3.2	5.7	8.7	67.32
<b>Moyenne</b>	<b>13.2</b>	<b>22.2</b>	<b>70</b>	<b>3.5</b>	<b>7.8</b>	<b>16.9</b>	<b>1331.39</b>

- **Interprétation :**

Selon les données du tableau, il est observé que l'évapotranspiration de référence ET<sub>0</sub> est élevée pendant la période estivale, atteignant 195.33 mm par mois pour le mois de juillet. Cela indique que les cultures ont un besoin accru en eau pendant cette période. En d'autres termes, les besoins en eau des cultures augmentent pendant les mois d'été.

### III.1.3 Calcul de la pluie efficace :

Le terme "pluie efficace" représente la quantité d'eau disponible pour la culture, calculée en soustrayant l'évapotranspiration de la culture aux précipitations totales. Ensuite, cette eau de pluie efficace se divise au niveau du sol en deux composantes : l'écoulement de surface et l'infiltration. Pour déterminer la quantité de pluie efficace, plusieurs méthodes sont disponibles, mais nous allons utiliser la méthode du pourcentage fixe (80%).

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A \cdot \text{Pluies totales 80\% (mm/mois)} \dots \text{(III.4)}$$

Avec :

- A : coefficient de pertes généralement égal à 0.8.

Si la quantité de pluie efficace est inférieure à 2 mm, elle est considérée comme étant nulle.

**Tableau III.2** : Calcul des pluies efficaces.

Mois :	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
<b>Pmoy80% (mm) :</b>	31.41	50.70	73.6	80.02	74.90	60.51	55.40	41.31	26	8.50	1.62	8.58
<b>Peff (mm) :</b>	25.12	40.56	58.8	64.01	59.92	48.40	44.32	33.04	20.8	6.8	1.29	6.86

### III.1.4 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

La valeur maximale d'évaporation d'une culture est appelée évapotranspiration maximale ETM. Cette dernière est influencée par le stade de développement de la culture, où une culture peu développée évapore moins qu'une culture bien développée, ainsi que par les conditions climatiques et pédologiques. Pour mesurer l'évapotranspiration maximale, la formule suivante est utilisée :

$$ETM = Kc \times ET0 \dots(III.5)$$

### III.1.5 Assolements des cultures (Choix des cultures) :

En agronomie, l'assolement se réfère à la manière dont les cultures sont réparties sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole au cours d'une campagne culturale donnée.

**Tableau III.3:** Assolements des cultures.

<b>Assolement 1</b>	Agrumes	Olivier	Abricotier	Blé	Orge grain	Orge en vert	Pomme de terre (Saison)	Tomate
<b>Assolement 2</b>	Agrumes	Olivier	Abricotier	L'oignon	Courgette	Chou	Luzerne	Betterave

#### III.1.5.1 Définition d'un régime d'irrigation :

Un régime d'irrigation est un plan ou une stratégie définissant la gestion et l'application de l'eau d'irrigation à une culture agricole spécifique.

Il existe différents types de régimes d'irrigation, tels que l'irrigation par aspersion, l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation par submersion, etc., chacun ayant ses avantages et ses inconvénients en fonction du contexte d'utilisation.

Dans notre cas, nous allons utiliser l'irrigation goutte à goutte pour l'arboriculture et l'irrigation par aspersion pour les cultures maraîchères.

#### III.1.5.2 Estimation des coefficients cultureux (Kc) :

À partir du bulletin "Irrigation et Drainage", les valeurs du coefficient cultural (Kc) pour chaque culture ont été déterminées en fonction de divers facteurs tels que le stade végétatif de la plante, la vitesse du vent et l'humidité moyenne de l'air dans notre périmètre d'étude.

Ces valeurs permettent de mieux comprendre et de quantifier l'évapotranspiration maximale de chaque culture, ce qui est crucial pour une gestion efficace de l'irrigation et du drainage dans la région. En utilisant ces informations, les agriculteurs peuvent adapter leurs pratiques agricoles pour maximiser les rendements et minimiser les pertes d'eau. F.A.O 2003 [13].

**Tableau III.4:** Coefficients culturaux des cultures.

Culture	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
<b>Agrumes</b>	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75
<b>Olivier</b>	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85
<b>Abricotier</b>	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.55	0.55	0.7	0.75	0.80	0.85	0.85
<b>Blé</b>		0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0	1.2	0.87	0.23		
<b>Orge grain</b>			0.4	0.6	0.75	0.9	0.95	0.75	0.6	0.4		
<b>Orge en vert</b>			0.3	0.4	0.7	0.85	0.95	0.75	0.55			
<b>Pomme de terre (Saison)</b>						0.5	0.7	1.0	0.75			
<b>Tomate</b>							0.5	0.85	1.15	0.85		
<b>L'oignon</b>		0.4	0.75	0.95	0.9	0.7						
<b>Courgette</b>	0.4	0.5	0.8	0.95	0.6							
<b>Chou</b>	0.5	0.7	0.95	0.8								
<b>Luzerne</b>			0.7	0.8	0.9	0.95	1.05	1.05	1.15			
<b>Betterave</b>			0.4	0.5	0.7	0.8	0.95	0.6				

### III.2 Rotation des cultures :

La rotation des cultures, quant à elle, se définit par la succession de différentes cultures sur un même sol pendant une période d'années correspondant au type d'assolement adopté.

Le détail de la répartition des cultures D'assolement numéro 1 dans le périmètre est présenté ci-dessous :

**Tableau III.5:** Surfaces occupées par les différentes cultures.

Cultures	Surface occupée (m <sup>2</sup> )	Surface (en %)
Agrumes	225018	19.70%
Olivier	154011.5	13.48%
Abricotier	209515	18.34%
Blé	123145	10.78%
Orge grain	105349	9.22%
Orge en vert	100000	8.75%
Pomme de terre (Saison)	125131	10.95%
Tomate	100000	8.75%
Surface totale	114.20 ha + (11.8 ha du bassin et la station de pompage + la surface des équipements et les matériels...) = 126 ha	100%

**III.2.1 La réserve facilement utilisable (RFU) :**

La réserve utile désigne la quantité d'eau présente dans la couche de sol explorée par les racines des plantes, située entre le point de ressuyage et le point de flétrissement.

Cependant, lorsque l'humidité du sol s'approche du point de flétrissement, les plantes ont plus de difficulté à extraire l'eau, c'est pourquoi on utilise le terme "Réserve Facilement Utilisable" (RFU) pour décrire la quantité d'eau équivalente à 1/3 ou 2/3 de la réserve utile.

**Tableau III.6 :** Humidité à la capacité au champ et de flétrissement.

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec		
	A la rétention $H_{CC}$	Du flétrissement $H_{PF}$	Disponible ( $H_{CC} - H_{PF}$ )
Sableuse	9 (6 à 12)	4 (2 à 6)	5 (4 à 6)
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)

(Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage)

Dans notre cas on a le sol Limoneux donc :

- Y est le degré de tarissement 2/3,
- Da est la densité apparente (1.5),
- Z est la profondeur d'enracinement en mm,
- Hcc est l'humidité à la capacité au champ (dans notre cas, 21%),
- Hpf est l'humidité au point de flétrissement (dans notre cas, 12%).

**Tableau III.7** : Les profondeurs d'enracinement.

Culture (Z en m)	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Agrumes	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Olivier	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Abricotier	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Blé	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6				0.1	0.3	0.5
Orge grain	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6					0.3	0.5
Orge en vert	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6						0.2	0.45
Pomme de terre (Saison)		0.25	0.5	0.5	0.5							
Tomate			0.6	0.9	1.2	1.2						
Logion	0.4	0.4								0.2	0.4	0.4
Courgette	0.5								0.5	0.5	0.5	0.5
Chou									0.3	0.4	0.5	0.6
Luzerne	1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.4	0.4	0.7	0.9
Betterave	0.9	0.95	0.9	0.7							0.5	0.9

**III.2.2** Calcule des besoins en eau des cultures choisies :

Les besoins en eau des cultures sont calculés par le bilan hydrique :

$$B_{net} = ETM - (P_{eff} + RFU) \dots (III.6)$$

Avec :

- B : Besoins en eau pour l'irrigation (en millimètres),
- ETM : Evapotranspiration (millimètres/mois),
- RFU : La réserve facilement utilisable (RFU),
- P<sub>eff</sub> : pluie efficace.

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant :

- Calcul des besoins en eau des Agrumes :

Tableau III.8 : Besoins en eau des Agrumes.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0,75	95,895	1,5	202,24	0	70,79	943,93	0,397
Oct	40,6	98,08	0,75	73,56	1,5	202,24	0	32,96	439,46	0,184
Nov	58,9	66,95	0,75	50,2125	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Dec	64	67,32	0,65	43,758	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,65	41,2555	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,65	38,6165	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,65	55,1005	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Avr	33	104,24	0,65	67,756	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Mai	20,8	128,47	0,65	83,5055	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Juin	6,8	159,4	0,65	103,61	1,5	202,24	0	96,81	1290,8	0,543
Juill	1,3	195,33	0,75	146,4975	1,5	202,24	0	145,19	1935,96	0,815
Aout	6,9	176,08	0,75	132,06	1,5	202,24	0	125,16	1668,8	0,702

Qs= 0.815 l/s/ha.

- Calcul des besoins en eau Olivier :

Tableau III.9 : Besoins en eau de l'olivier.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0,75	95,895	1,5	202,24	0	70,79	943,93	0,397
Oct	40,6	98,08	0,75	73,56	1,5	202,24	0	32,96	439,46	0,184
Nov	58,9	66,95	0,75	50,2125	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Dec	64	67,32	0,65	43,758	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,65	41,2555	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,65	38,6165	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,65	55,1005	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Avr	33	104,24	0,65	67,756	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Mai	20,8	128,47	0,75	96,3525	1,5	202,24	67,41	8,13	108,52	0,045
Juin	6,8	159,4	0,85	135,49	1,5	202,24	0	128,69	1715,86	0,722
Juill	1,3	195,33	0,85	166,0305	1,5	202,24	0	164,73	2196,40	0,924
Aout	6,9	176,08	0,85	149,668	1,5	202,24	0	142,76	1903,57	0,801

Qs= 0.924 l/s/ha.

- Calcul des besoins en eau Abricotier :

Tableau III.10 : Besoins en eau Abricotier.

Mois	Pe <sub>eff</sub> (mm)	E <sub>to</sub> (mm/mois)	K <sub>c</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m <sup>3</sup> )	(q <sub>s</sub> ) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0,7	89,502	1,5	202,24	0	64,40	858,69	0,361
Oct	40,6	98,08	0,6	58,848	1,5	202,24	0	18,24	243,30	0,102
Nov	58,9	66,95	0,5	33,475	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Dec	64	67,32	0,5	33,66	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,5	31,735	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,55	32,6755	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,55	46,6235	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Avr	33	104,24	0,7	72,968	1,5	202,24	67,41	0	0	0
Mai	20,8	128,47	0,75	96,3525	1,5	202,24	67,41	8,13	108,52	0,045
Juin	6,8	159,4	0,8	127,52	1,5	202,24	0	120,72	1609,6	0,677
Juill	1,3	195,33	0,85	166,0305	1,5	202,24	0	164,73	2196,40	0,924
Aout	6,9	176,08	0,85	149,668	1,5	202,24	0	142,76	1903,57	0,801

**Q<sub>s</sub> = 0.924 l/s/ha.**

- Calcul des besoins en eau Blé :

Tableau III.11 : Besoins en eau Blé.

Mois	Pe <sub>eff</sub> (mm)	E <sub>to</sub> (mm/mois)	K <sub>c</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m <sup>3</sup> )	(q <sub>s</sub> ) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0,3	29,424	0,1	13,48	0	0	0	0
Nov	58,9	66,95	0,4	26,78	0,3	40,44	13,48	0	0	0
Dec	64	67,32	0,6	40,392	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,6	38,082	0,6	80,89	26,96	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,6	35,646	0,6	80,89	26,96	0	0	0
Mars	44,3	84,77	1	84,77	0,6	80,89	26,96	13,50	180,06	0,075
Avr	33	104,24	1,2	125,088	0,6	80,89	26,96	65,12	868,30	0,365
Mai	20,8	128,47	0,87	111,7689	0,6	80,89	26,96	64,01	853,38	0,359
Juin	6,8	159,4	0,23	36,662	0,6	80,89	0	29,86	398,16	0,167
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

**Q<sub>s</sub> = 0.365 l/s/ha.**

- Calcul des besoins en eau Orge grain :

Tableau III.12 : Besoins en eau Orge grain.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	58,9	66,95	0,4	26,78	0,3	40,44	13,48	0	0	0
Dec	64	67,32	0,6	40,392	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,75	47,6025	0,6	80,89	26,96	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,9	53,469	0,6	80,89	26,96	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,95	80,5315	0,6	80,89	26,96	9,26	123,54	0,051
Avr	33	104,24	0,75	78,18	0,6	80,89	26,96	18,21	242,86	0,102
Mai	20,8	128,47	0,6	77,082	0,6	80,89	26,96	29,31	390,88	0,164
Juin	6,8	159,4	0,4	63,76	0,6	80,89	0	56,96	759,46	0,319
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

$Q_s = 0.319$  l/s/ha.

- Calcule des besoins en eau Orge en vert :

Tableau III.13 : Besoins en eau Orge en vert.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	58,9	66,95	0,3	20,085	0,2	26,96	8,98	0	0	0
Dec	64	67,32	0,4	26,928	0,45	60,67	20,22	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,7	44,429	0,6	80,89	26,96	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,85	50,4985	0,6	80,89	26,96	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,95	80,5315	0,6	80,89	26,96	9,26	123,54	0,052
Avr	33	104,24	0,75	78,18	0,6	80,89	26,96	18,21	242,86	0,102
Mai	20,8	128,47	0,55	70,6585	0,6	80,89	26,96	22,89	305,24	0,128
Juin	6,8	159,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

$Q_s = 0.128$  l/s/ha.

- Calcule des besoins en eau Pomme de terre (Saison) :

Tableau III.14 : Besoins en eau Pomme de terre (Saison).

Mois	Pe <sub>eff</sub> (mm)	E <sub>to</sub> (mm/mois)	K <sub>c</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m <sup>3</sup> )	(q <sub>s</sub> ) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	58,9	66,95	0	0	0	0	0	0	0	0
Dec	64	67,32	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,5	29,705	0,25	33,71	11,23	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,7	59,339	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Avr	33	104,24	1	104,24	0,5	67,41	22,47	48,76	650,25	0,273
Mai	20,8	128,47	0,75	96,3525	0,5	67,41	22,47	53,08	707,75	0,297
Juin	6,8	159,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

Q<sub>s</sub>= 0.297 l/s/ha.

- Calcule des besoins en eau Tomate :

Tableau III.15 : Besoins en eau Tomate.

Mois	Pe <sub>eff</sub> (mm)	E <sub>to</sub> (mm/mois)	K <sub>c</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m <sup>3</sup> )	(q <sub>s</sub> ) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	58,9	66,95	0	0	0	0	0	0	0	0
Dec	64	67,32	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,5	42,385	0,6	80,89	26,96	0	0	0
Avr	33	104,24	0,85	88,604	0,9	121,34	40,44	15,15	202,08	0,085
Mai	20,8	128,47	1,15	147,7405	1,2	161,79	53,93	73,01	973,46	0,409
Juin	6,8	159,4	0,85	135,49	1,2	161,79	0	128,69	1715,86	0,722
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

Q<sub>s</sub>= 0.722 l/s/ha.

- Calcule des besoins en eau L'ogion :

**Tableau III.16 : Besoins en eau L'ogion.**

Mois	Pe <sub>eff</sub> (mm)	E <sub>to</sub> (mm/mois)	K <sub>c</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0,5	49,04	0,2	26,96	0	8,44	112,53	0,0473
Nov	58,9	66,95	0,75	50,2125	0,4	53,93	17,97	0	0	0
Dec	64	67,32	0,95	63,954	0,4	53,93	17,97	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,9	57,123	0,4	53,93	17,97	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,7	41,587	0,4	53,93	17,97	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0	0	0	0	0	0	0	0
Avr	33	104,24	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	20,8	128,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	6,8	159,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

**Q<sub>s</sub> = 0.0473 l/s/ha.**

- **Calcul des besoins en eau Courgette:**

**Tableau III.17 : Besoins en eau Courgette.**

Mois	Pe <sub>eff</sub> (mm)	E <sub>to</sub> (mm/mois)	K <sub>c</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0,4	51,144	0,5	67,41	0	26,04	347,25	0,146
Oct	40,6	98,08	0,5	49,04	0,5	67,41	0	8,44	112,53	0,047
Nov	58,9	66,95	0,8	53,56	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Dec	64	67,32	0,95	63,954	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,6	38,082	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0	0	0	0	0	0	0	0
Avr	33	104,24	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	20,8	128,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	6,8	159,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

**Q<sub>s</sub> = 0.146 l/s/ha.**

- **Calcul des besoins en eau Chou :**

Tableau III.18 : Besoins en eau Chou.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0,5	63,93	0,3	40,45	0	38,83	517,73	0,218
Oct	40,6	98,08	0,7	68,656	0,4	53,93	0	28,06	374,08	0,157
Nov	58,9	66,95	0,95	63,6025	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Dec	64	67,32	0,8	53,856	0,6	80,89	26,97	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0	0	0	0	0	0	0	0
Avr	33	104,24	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	20,8	128,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	6,8	159,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

Q<sub>s</sub>= 0.218 l/s/ha.

- Calcule des besoins en eau Luzerne :

Tableau III.19 : Besoins en eau Luzerne.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0,4	53,93	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0	0	0,4	53,93	0	0	0	0
Nov	58,9	66,95	0,7	46,865	0,7	94,37	31,45	0	0	0
Dec	64	67,32	0,8	53,856	0,9	121,34	40,44	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,9	57,123	1	134,82	44,94	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,95	56,4395	1,2	161,79	53,93	0	0	0
Mars	44,3	84,77	1,05	89,0085	1,2	161,79	53,93	0	0	0
Avr	33	104,24	1,05	109,452	1,2	161,79	53,93	22,52	300,28	0,126
Mai	20,8	128,47	1,15	147,7405	1,2	161,79	53,93	73,01	973,46	0,410
Juin	6,8	159,4	0	0	1,2	161,79	0	0	0	0
Juill	1,3	195,33	0	0	1,2	161,79	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	1,2	161,79	0	0	0	0

Q<sub>s</sub>= 0.410 l/s/ha.

- Calcule des besoins en eau Betterave:

Tableau III.20 : Besoins en eau Betterave.

Mois	Pe <sub>eff</sub> (mm)	E <sub>to</sub> (mm/ mois)	K <sub>c</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B <sub>net</sub> (mm)	B <sub>brute</sub> (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	25,1	127,86	0	0	0	0	0	0	0	0
Oct	40,6	98,08	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	58,9	66,95	0,4	26,78	0,5	67,41	22,47	0	0	0
Dec	64	67,32	0,5	33,66	0,9	121,34	40,44	0	0	0
Jan	59,9	63,47	0,7	44,429	0,9	121,34	40,44	0	0	0
Fev	48,4	59,41	0,8	47,528	0,95	128,09	42,69	0	0	0
Mars	44,3	84,77	0,95	80,5315	0,9	121,34	40,44	0	0	0
Avr	33	104,24	0,65	67,756	0,7	94,38	31,46	3,29	43,95	0,018
Mai	20,8	128,47	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	6,8	159,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Juill	1,3	195,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Aout	6,9	176,08	0	0	0	0	0	0	0	0

Q<sub>s</sub>= 0.018 l/s/ha.

### III.3 Calcul des débits Spécifiques :

Les débits spécifiques sont calculés en fonction des besoins en eau de chaque culture, qui ont été préalablement évalués à partir de la répartition des cultures. Pour garantir les besoins en eau mensuels, la quantité d'eau à irriguer est déterminée en fonction de la consommation de pointe et est fournie en débit permanent pendant 20 heures par jour. La formule suivante est utilisée pour définir les débits spécifiques :

$$Q_s = \frac{(B_{net})}{(N_j * N_i * 3600 * E_i)} \dots(III.7)$$

Avec:

- B<sub>net</sub> : Demande nette du mois de pointe en millimètres par mois,
- N<sub>i</sub> : nombre des heures d'irrigation=22h,
- N<sub>j</sub> : nombre de jours du mois de pointe =30 jours,
- E<sub>i</sub> : Efficience d'irrigation que nous avons estimée à 75%.

Les besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :

**Tableau III.21 :** Donnée les résultats de besoins net (mm) de l'assolement 1 :

Culture	sept	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	Aout
Les Agrumes	70.80	32.96	0	0	0	0	0	0	0	96.81	145.19	125.16
Olivier	70.80	32.96	0	0	0	0	0	0	8.14	128.69	164.73	142.77
Abricotier	64.40	18.25	0	0	0	0	0	0	8.14	120.72	164.73	142.76
Blé	0	0	0	0	0	0	13.50	65.12	64.00	29.86	0	0
Orge grain	0	0	0	0	0	0	9.26	18.21	29.31	56.96	0	0
Orge en vert	0	0	0	0	0	0	9.26	18.21	22.89	0	0	0
Pomme de terre (Saison)	0	0	0	0	0	0	0	48.76	53.08	0	0	0
Tomate	0	0	0	0	0	0	0	15.16	73.01	128.69	0	0
<b>Somme</b>	206	84.17	0	0	0	0	32.02	165.46	258.57	<b>561.73</b>	474.65	410.7

**Tableau III.22 :** Donnée les résultats de besoins net (mm) de l'assolement 2 :

Culture	sept	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	Aout
Les Agrumes	70.80	32.96	0	0	0	0	0	0	0	96.81	145.19	125.16
Olivier	70.80	32.96	0	0	0	0	0	0	8.14	128.69	164.73	142.77
Abricotier	64.40	18.25	0	0	0	0	0	0	8.14	120.72	164.73	142.76
L'Ogino	0	8.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Courgette	26.04	8.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chou	38.83	28.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luzerne	0	0	0	0	0	0	0	22.5	73.1	0	0	0
Betterave	0	0	0	0	0	0	0	3.29	0	0	0	0
<b>Somme</b>	270.87	128.51	0	0	0	0	0	25.79	89.28	<b>346.22</b>	476.65	410.7

- **Les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 1) :**

Les besoins de pointe correspondent au mois de juin :

Besoin max mensuel = 561.73 mm

$Q_{sp} = (\text{besoin max} \cdot 10 \cdot 1000) / (3600 \cdot \text{Nbre de jour} \cdot \text{Nbre heure} \cdot \text{efficience})$

Donc :

$$Q_{sp} = 2.89 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5, il y'a un risque de surdimensionnement des conduites.

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures.
- Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
- On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Dans notre cas, on choisit le débit spécifique de la culture la plus exigeante qui est le Olivier au mois de juillet, qui, il est égal à :

$$Q_{sp} = 0.92 \text{ l/s/ha} = 1 \text{ l/s/ha.}$$

### III.4 Calcul débit caractéristique :

Le débit caractéristique est donc essentiel pour planifier et concevoir les systèmes de distribution d'eau et les infrastructures associées, afin de garantir une utilisation efficace et durable des ressources en eau.

$$Q_{car} = Q_s \cdot S \dots \text{ (III.8)}$$

Avec :

- $Q_s$  : Débit spécifique du mois de pointe en litres par seconde par hectare (l/s/ha),
- $S$  : la superficie nette à irriguer = 114.20 ha.

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1 \times 114.20 = 114.20 \text{ l/s} = 0.11420 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### III.5 Les volumes d'eau d'irrigation :

Les volumes d'eau d'irrigation font référence à la quantité d'eau nécessaire pour irriguer une zone cultivée ou une culture particulière. Le volume d'eau requis dépend de nombreux facteurs tels que le type de culture, la taille de la zone irriguée...

**Le volume d'eau = Besoins bruts de la culture (m<sup>3</sup>) \* la surface (ha)... (III.9)**

Tableau III.23 : volume d'eau d'irrigation.

Culture	Surface (ha)	Besoins nets (mm)	Besoins bruts (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins totaux (m <sup>3</sup> )
Les Agrumes	22.50	145.20	6278.95	141276.37
Olivier	15.40	164.73	7307.74	112539.19
Abricotier	20.95	164.73	6920.08	144975.67
Blé	12.31	65.12	2299.90	28311.76
Orge grain	10.53	56.96	1516.74	15971.27
Orge en vert	10	22,89	671.55	6715.5
Pomme de terre (Saison)	12.51	53.08	1358	16988.58
Tomate	10	128.69	2891.40	28914
<b>Somme</b>	114.20	//	//	<b>495 693</b>

Les besoins en eau totaux du périmètre sont de : **495 693 m<sup>3</sup>**.

**III.6 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons abordé, la phase la plus importante d'un projet d'irrigation, il s'agit de la détermination des besoins en eau des cultures. Après les calculs théoriques, nous avons estimé les besoins de chaque culture, et déduit le débit spécifique nécessaire au dimensionnement, du réseau de notre périmètre.

On remarque que le mois de pointe est le mois de juillet, qui correspond à la période de culture de l'olivier et on a estimé que les besoins en eau totaux du périmètre sont de **495 693 m<sup>3</sup>**.

**CHAPITRE IV :**  
**Etude du system d'adduction et de**  
**distribution**

## IV Introduction :

L'étude du système d'adduction et de distribution pour un périmètre d'irrigation implique l'analyse de différents aspects tels que la source d'eau, les canalisations, les pompes, les réservoirs et les dispositifs de régulation. Cette étude permet d'identifier les améliorations possibles pour augmenter l'efficacité et la rentabilité du système tout en minimisant les pertes d'eau.

Dans ce chapitre, nous allons explorer les différents éléments qui composent un système d'adduction et de distribution pour notre périmètre d'irrigation et discuter des différentes stratégies pour optimiser leur fonctionnement.

### IV.1 Alimentation en eau du périmètre :

Notre périmètre d'irrigation sera alimenté en eau à partir d'un forage de 100 mètres de profondeur. Cette source d'eau souterraine est une option efficace pour l'irrigation, car elle offre une quantité d'eau suffisante pour satisfaire les besoins de la culture tout au long de la saison de croissance. Le forage sera relié à un bassin géo-membrane d'une capacité de stockage de 16000 mètres cubes d'eau.

### IV.2 Choix de la variante d'adduction :

Pour le choix de la variante la plus appropriée est effectué en prenant en compte les pertes de charge minimales ainsi que le tracé économique optimal. Ainsi, la décision finale est prise en faveur de la variante qui s'adapte le mieux à ces critères [14].

Il y a trois options disponibles pour l'irrigation du périmètre :

- La première option, nommée "**Variante 1**", consiste à utiliser les forages existants pour irriguer directement le périmètre.
- La deuxième option, nommée "**Variante 2**", implique l'utilisation d'une conduite télescopique avec l'injection de tous les forages dedans. De plus, un réservoir sera placé en tête du périmètre pour permettre une alimentation gravitaire.
- La troisième option, nommée "**Variante 3**", est similaire à la Variante 2 mais prévoit également une petite station de pompage pour assurer une alimentation en charge à partir du réservoir situé dans le périmètre.

Dans notre cas, il faut prendre en considération la variante 3, car nous avons un bassin géo-membrane situé dans notre périmètre. Par conséquent, nous avons besoin d'une petite station de pompage pour assurer l'alimentation en eau des bornes d'irrigation.

### IV.3 Le Réseau d'adduction :

Le réseau d'adduction présente la conduite qui refoule les eaux du forage directement dans le réservoir (le bassin géo-membrane).

#### IV.3.1 Système de pompage dans le forage :

Notre forage est équipé d'une pompe submersible performante qui assure un débit constant de 18,6 litres par seconde. Cette eau captée alimente un bassin géo-membrane qui fonctionne comme notre principal réservoir de stockage, Ce réservoir, spécialement conçu avec une membrane étanche, assure la conservation de l'eau dans des conditions optimales.

#### IV.3.2 Le diamètre optimal économique de la conduite d'adduction :

Le diamètre économique est calculé par la relation de LABYE comme suit :

$$D = \sqrt{(4 * Q *) / (\pi * V)} * 1000 \dots \text{(IV.1)}$$

Tell-que :

- Q : le débit mesuré en mètres cube par seconde (m<sup>3</sup>/s),
- D : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de l'ordre de 1 m/s.

Ci-dessous, vous trouverez le tableau qui présente les résultats des calculs de diamètre économique du tronçon :

**Tableau IV.1** : Calcul du diamètre économique de la conduite d'adduction.

Tronçon	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre Cal. (mm)	Diamètre N. (mm)	Epaisseur (mm)	Matériau	PN	V (m/s)
<b>Forage - B</b>	81	0.0186	153.8	160	6.2	PEHD	6	1.08

### IV.4 Le Réseau de Distribution :

Le réseau de distribution concerne la distribution de l'eau d'irrigation depuis le bassin géo-membrane, à partir de la station de pompage, jusqu'aux bornes d'irrigation des îlots du périmètre.

#### IV.4.1 Organisation et l'aménagement du périmètre :

Notre périmètre englobe 20 îlots dont la superficie varie de 2.2 à 8.6 ha, et chaque îlot est à son tour discrétisé en une à deux parcelles.

#### IV.4.2 Decoupage des Ilots :

Un îlot est une zone spécifique à l'intérieur d'un système d'irrigation où l'eau est appliquée de manière ciblée pour répondre aux besoins en eau des cultures.

**Tableau IV.2 : Les différents îlots du périmètre.**

<b>Cultures</b>	<b>Ilots</b>	<b>Nombre de parcelles</b>	<b>Surface (ha)</b>
<b>Olivier</b>	ilot 1	2	8,612
	ilot 2	2	6,788
<b>Abrico tier</b>	ilot 3	2	5,707
	ilot 4	2	4,879
	ilot 5	2	5,487
	ilot 6	2	4,878
<b>Les Agrume S</b>	ilot 7	2	5,486
	ilot 8	1	2,291
	ilot 9	2	8,713
	ilot 10	2	6,015
<b>Blé</b>	ilot 12	2	7,025
	ilot 14	2	5,291
<b>Orge – Grain</b>	ilot 11	2	5,733
	ilot 13	2	4,801
<b>Orge - Vert</b>	ilot 15	2	4,802
	ilot 16	2	5,194
<b>Tomate</b>	ilot 17	2	4,848
	ilot 18	2	5,136
<b>Pomme de Terre (S)</b>	ilot 19	2	7,041
	ilot 20	2	5,472

**IV.4.3 Bornes d'irrigation (Rôle et fonction) :**

Une borne d'irrigation est un dispositif utilisé dans les systèmes d'irrigation agricole contrôler et réguler l'approvisionnement en eau. Elle est généralement installée le long d'une ligne d'irrigation et permet de distribuer l'eau de manière spécifique aux îlots dans des différentes zones ou parcelles.

En général, on considère que l'installation des bornes pour les îlots de petites et moyennes exploitations doit respecter les critères suivants :

- Une prise par îlot d'exploitations.
- Quatre (04) prise maximum sur une même borne.
- Bornes implantées en limites d'îlots ou au centre pour les grands îlots.

La borne d'irrigation joue un rôle essentiel dans le système d'irrigation en assurant diverses fonctions :

- Distribution de l'eau : elle permet de distribuer l'eau de manière contrôlée et régulée vers les différentes zones ou parcelles.
- Contrôle du débit : La borne est équipée de vannes qui permettent de réguler le débit d'eau. Cela permet d'ajuster la quantité d'eau fournie à chaque zone en fonction des besoins spécifiques des cultures ou des espaces verts.
- Répartition équitable : En limitant le nombre de prises sur une même borne, celle-ci contribue à assurer une répartition équitable de l'eau entre les différentes utilisations. Cela permet d'éviter les déséquilibres et de garantir que chaque zone reçoive sa part adéquate d'irrigation.
- Contrôle de la pression : Certaines bornes sont équipées de régulateurs de pression qui maintiennent une pression constante dans le système d'irrigation. Cela garantit que l'eau est distribuée de manière uniforme et évite les variations de pression qui pourraient nuire à l'efficacité de l'irrigation.
- Mesure de l'eau : Certaines bornes sont également équipées de compteurs d'eau pour mesurer la quantité d'eau utilisée. Cela permet de surveiller la consommation et d'évaluer l'efficacité de l'irrigation, ainsi que de facturer l'eau utilisée dans certains cas.

#### **IV.4.4 Tracé du réseau d'irrigation :**

Le tracé des conduites de distribution est déterminé en prenant en considération divers paramètres techniques, topographiques, géologiques et géographiques, afin d'assurer un écoulement contrôlé [14].

Ces paramètres sont les suivants :

- La topographie du terrain.
- La pédologie, incluant la structure, la texture, la capacité de rétention et l'humidité relative du sol.
- La climatologie de la zone étudiée, notamment l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).
- Le type de cultures qui seront irriguées.
- Le choix du système d'irrigation (sous pression).
- La recherche d'un profil en long de la conduite qui évite les contrepentes.
- La minimisation de la longueur du projet pour réduire les coûts.
- L'obligation d'éviter les traversées au-dessus d'obstacles naturels ou artificiels.

#### **IV.4.5 Calcul hydraulique aux bornes :**

Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

Le calcul du débit attribué à chaque borne pouvant desservir un îlot est effectué de la manière suivante :

$$Q_b = Q_s * S_i \dots(IV.2)$$

$$Q_s = 0.92 \text{ l/s.}$$

Avec :

- $Q_b$  : Débit de chaque ilot (l/s),
- $Q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha),
- $S_i$  : Superficie de l'ilot (ha).

#### IV.4.6 Implantation des bornes :

Le positionnement des bornes d'irrigation, qui est régi par le plan de bornage, constitue le premier défi auquel doit faire face le concepteur. En effet, une densité élevée améliore les conditions de travail des agriculteurs en réduisant la longueur des canalisations mobiles en surface, mais cela entraîne une augmentation significative des coûts d'installation du réseau fixe. Une densité trop faible augmente la charge de montage et de transport des canalisations mobiles [14]. En général, on admet que l'implantation des bornes doit respecter les critères suivants :

Pour les zones de petites et moyennes exploitations :

- Une borne est attribuée à chaque groupe d'exploitations.
- Un maximum de quatre (04) prises est autorisé sur une même borne, ce qui correspond à huit parcelles au maximum.
- Les bornes sont implantées le long des limites des groupes d'exploitations ou des parcelles.
- La différence de hauteur maximale entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots est de 5 mètres.
- Pour les zones de grandes exploitations : La borne est positionnée au centre de l'îlot. Quatre prises sont autorisées sur les mêmes bornes.

#### IV.4.7 Choix du diamètre de la borne :

Le choix du type de borne dépend de la taille de l'îlot et du nombre de parcelles [9].

En règle générale, on considère :

- Pour les îlots comportant entre 4 et 8 parcelles, et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, on utilise une borne à quatre prises (Borne de type A4).
- Pour les îlots comprenant deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, on utilise une borne à deux prises (Borne de type A2).

- Pour les îlots comprenant deux parcelles et dont la superficie dépasse ou égal à 15 hectares, on utilise une borne à deux prises (Borne de type B).
- Pour les grands îlots (superficie supérieure à 50 hectares), des bornes de type C sont prévues.

**Tableau IV.3 :** Choix du type et de diamètre de la borne.

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80$ , 100	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	2 Entrée $\Phi 80$ , 100	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	2 Entrée $\Phi 80$ , 100,125	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	2 Entrée $\Phi 80$ , 100,125	1 Entrée $\Phi 150$

**Tableau IV.4 :** Les débits des îlots et les diamètres des bornes.

Cultures	Ilots	Nombre de parcelles	Surface (ha)	Qsp l/s/ha	Q borne l/s	Type de la borne	Matrér-Iaux	Diamètre de la borne (mm)
Olivier	ilot 1	2	8,612	1	8,612	B	Fonte	100
	ilot 2	2	6,788		6,788	A2	Fonte	65
Abricotier	ilot 3	2	5,707		5,707	A2	Fonte	65
	ilot 4	2	4,879		4,879	A2	Fonte	65
	ilot 5	2	5,487		5,487	A2	Fonte	65
	ilot 6	2	4,878		4,878	A2	Fonte	65
Les Agrumes	ilot 7	2	5,486		5,486	A2	Fonte	65
	ilot 8	1	2,291		2,291	A2	Fonte	65
	ilot 9	2	8,713		8,713	B	Fonte	100
	ilot 10	2	6,015		6,015	A2	Fonte	65
Blé	ilot 12	2	7,025		7,025	A2	Fonte	65
	ilot 14	2	5,291		5,291	A2	Fonte	65
Orge – Grain	ilot 11	2	5,733		5,733	A2	Fonte	65
	ilot 13	2	4,801		4,801	A2	Fonte	65
Orge - Vert	ilot 15	2	4,802		4,802	A2	Fonte	65
	ilot 16	2	5,194		5,194	A2	Fonte	65
Tomate	ilot 17	2	4,848		4,848	A2	Fonte	65
	ilot 18	2	5,136		5,136	A2	Fonte	65
Pomme de Terre (S)	ilot 19	2	7,041		7,041	A2	Fonte	65
	ilot 20	2	5,472		5,472	A2	Fonte	65

## IV.5 Matériaux de construction des canalisations :

La sélection du matériau dépend de plusieurs facteurs tels que la pression à supporter, l'agressivité du sol, les considérations économiques (coût et disponibilité sur le marché local ainsi que leur production en Algérie) et la compatibilité avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes, etc.).

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : la fonte, PEHD, PVC, l'acier.

### A) Conduite en PEHD :

Les avantages de ces tuyaux sont les suivants :

- Ils possèdent une caractéristique de légèreté et sont faciles à découper.
- Ils présentent de bonnes propriétés hydrauliques.
- Ils sont disponibles sur le marché. Ils sont faciles à installer.
- Ils sont relativement peu coûteux.

Cependant, un inconvénient à prendre en compte est le risque de rupture en cas de mauvaise soudure.

### B) Conduite en Fonte :

Ces matériaux offrent plusieurs avantages :

- Ils présentent une bonne résistance aux forces internes.
- Ils présentent une résistance à la corrosion notable.
- Ils sont très rigides et solides.

Cependant, leur inconvénient est un coût relativement élevé.

### C) Conduite en Acier :

Les avantages de ces tuyaux sont les suivants :

- Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, ce qui permet des économies sur le transport et l'installation.
- Ils offrent une bonne résistance aux contraintes telles que les chocs et l'écrasement.

Cependant, un inconvénient à prendre en compte est le risque de corrosion.

### D) Conduite en PVC :

Ces matériaux présentent plusieurs avantages :

- Ils présentent une résistance à la corrosion notable.
- Ils sont disponibles sur le marché.
- Ils sont faciles à installer en tant que canalisations.

Cependant, un inconvénient à prendre en compte est le risque de rupture.

#### IV.5.1 Etude de système de pompage :

Le système de pompage en irrigation est un ensemble de dispositifs et d'équipements utilisés pour extraire l'eau d'une source, telle qu'un puits, une rivière ou un réservoir, et la transporter vers les zones agricoles ou les systèmes d'irrigation. Ce système est conçu pour fournir l'eau nécessaire aux cultures et garantir une distribution adéquate dans les champs.

Le système de pompage en irrigation comprend généralement les éléments suivants :

- **Pompe** : Il s'agit du principal composant du système de pompage.
- **Source d'eau** : Cela peut être un puits, une rivière, un lac ou tout autre réservoir d'eau à proximité de la zone à irriguer.
- **Conduites et tuyaux** : Les conduites et les tuyaux sont utilisés pour transporter l'eau de la source vers les champs ou les systèmes d'irrigation.
- **Réservoir de stockage** : Parfois, un réservoir de stockage est utilisé pour stocker l'eau pompée avant de la distribuer dans les champs.
- **Système de contrôle** : Un système de contrôle peut être intégré pour réguler le fonctionnement de la pompe et surveiller les paramètres tels que la pression de l'eau, le débit et la température.

#### IV.5.2 Types des pompes utilisé :

Les pompes axiales, à écoulement radial ; les pompes semi axiales :

- **Les pompes axiales** :

Sont des pompes hélices où les pales sont formées par des surfaces inclinées. Elles sont adaptées pour pomper de grands débits sur de faibles hauteurs.

- **Les pompes semi-axiales** :

Sont conçues pour pomper de grands débits sur de faibles hauteurs en maintenant les vitesses d'entrée à un niveau bas. Étant donné que la hauteur de refoulement est faible, le diamètre de sortie est relativement réduit, ce qui nécessite la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes.

- **Les pompes à écoulement radial** :

Sont des pompes centrifuges classiques. Elles permettent de pomper de faibles débits sur de grandes hauteurs. La hauteur de refoulement augmente avec le diamètre externe de la roue. Dans cette situation, le flux est de nature radiale et les pales sont des surfaces planes.

**IV.5.3 Hauteur manométrique totale :**

La formule qui permet de déterminer la hauteur manométrique :

$$HMT = Hg + \Delta H \dots(IV.3)$$

En utilisant les notations suivantes :

- HMT pour la hauteur manométrique totale exprimée en mètres (m),
- Hg pour la hauteur géométrique exprimée en mètres (m), où dans notre situation  $Hg = Hr - Ha$ ,
- $\Delta H$  pour la perte de charge totale exprimée en mètres (m).

Avec ces valeurs, on peut établir les relations suivantes :

- $Ha = H_{bach} = 81$  m.
- $Hr = 91$  m (élévation du point le plus défavorable B12).
- $Hg = 10$  m.
- $\Delta H = 31$  mCE Calculé par la méthode de LECHAPT et CALMON (voir tableau IV.8) ;
- $HMT = 41$  m.

**IV.5.4 Nombre et choix des pompes :**

Pour sélectionner le nombre de pompes approprié, plusieurs critères sont pris en compte [14] :

- Le nombre minimal de pompes.
- Le rendement optimal.
- Le niveau minimal de charge nette d'aspiration requise (NPSH).

La puissance absorbée minimale.

**Tableau IV.5 :** Choix du nombre de pompes de secours.

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
$Np < 4$	1 pompe de secours
$4 < Np < 6$	2 pompes de secours
$Np > 6$	3 pompes de secours

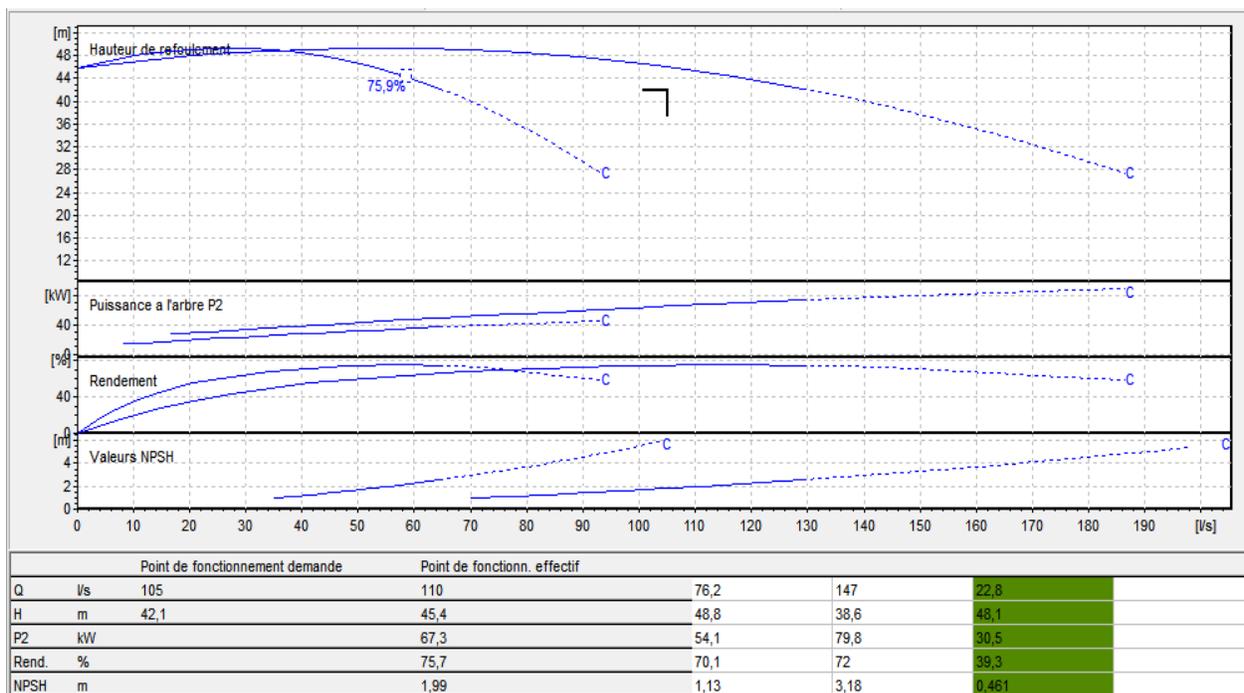
Dans notre situation, nous avons utilisé le logiciel Caprari pour déterminer le type et le nombre de pompes à utiliser.

**Tableau IV.6 : Choix de nombre de pompes.**

N	Q (l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	$\eta$ (%)	N (tr/min)	P abs (KW)	NPSHr	$\varnothing$ mm
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	<b>58.19</b>	<b>45.4</b>	<b>MEC-A 4/125C</b>	<b>75.7</b>	<b>1460</b>	<b>22.4</b>	<b>1.99</b>	<b>125</b>
3	36.12	44.1	PM 125/ 2B	75.5	1450	20.6	1.74	125

Nous avons comparé les caractéristiques des différentes options de pompes et, pour des raisons techniques et économiques, nous avons opté pour une variante comprenant 2 pompes identiques (+1 pompe de secours) avec les spécifications suivantes :

- Rendement : 75.7 %
- Puissance absorbée : 22.4 kW
- NPSHr minimal : 1.99 m.



**Figure IV.1 : Courbe de fonctionnement de la pompe choisie.**

## IV.6 Dimensionnement des canalisations :

L'ingénieur est confronté à la problématique du dimensionnement optimal, qui nécessite de prendre en compte à la fois des considérations techniques et économiques. Les dimensions des conduites doivent être conformes aux normes hydrauliques afin d'assurer un fonctionnement efficace.

### IV.6.1 La vitesse admissible :

La plage de vitesse admissible se situe entre 0,5 m/s en tant que vitesse minimale et 2,5 m/s en tant que vitesse maximale.

Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi une vitesse de 1 m/s.

### IV.6.2 Calcul du diamètre économique :

Le diamètre économique est calculé par la relation de LABYE comme suit :

$$D = \sqrt{(4 * Q) / (\pi * V)} * 1000 \dots (IV.4)$$

Tell-que :

- Q : le débit en mètre cube par second  $m^3/s$ ,
- D : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de l'ordre de 1 m/s.

### IV.6.3 Estimation des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires ont été déterminées en utilisant la formule de LECHAPT et CALMON [14].

Cette relation peut être formulée de la manière suivante :

$$\Delta H = C * ((L * Q^M) / D^N) \dots (IV.5)$$

Où :

- $\Delta H$  représente les pertes de charge unitaires en m/m.
- L, M et N sont des paramètres qui dépendent de la rugosité absolue ( $K_s$ ) des conduites.
- C. est un coefficient qui inclut une majoration de 10 à 15 % pour les pertes de charge singulières.
- J est défini comme

$$J = L \times Q^M / D^N \dots (IV.6)$$

Avec :

- J : Perte de charge linéaire exprimée en mètres de colonne d'eau (mCE),
- L : longueur de la conduite en km,
- Q : débit en m<sup>3</sup>/s,
- D : diamètre intérieur en m,
- C : Dans notre cas, nous allons prendre **C = 1.15** (Les pertes de charge singulières sont estimées à **15%** des pertes de charge linéaires).

**Tableau IV.7** : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.

<b>K (mm)</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : M=1.89 N=5.01.

Dans notre cas, les conduites seront en FONTE si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD PN 6 dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau si dessous :

L'estimation des pressions aux nœuds, raccords et bornes est faite par le billet de la simulation EPANET :

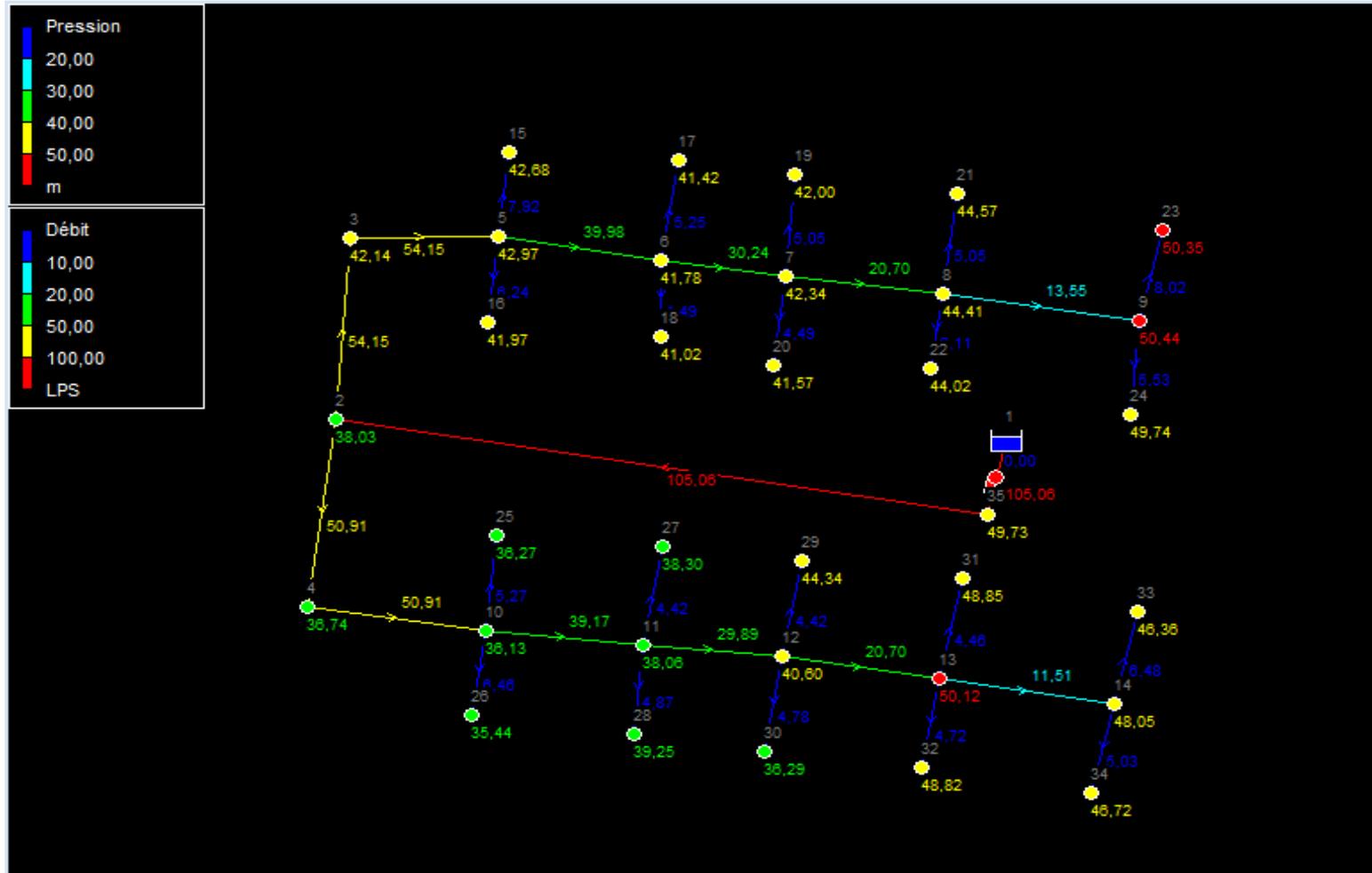


Figure IV.2 : Présentation du réseau sur logiciel EPANET.

Tableau IV.8 : Les résultats de calculs.

N° Tronçon	Long L (m)	Débit (l/s)	Diameter Cal (mm)	Diameter N. (mm)	Epaisseur (mm)	Diameter interieur (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain (m)	C. Pièzo (m)	Pression (bar)
SP-N1	53	114,2	381,319	400	15,3	369,4	FONTE	1,1	0,154627	78	127,7	4,97
N1-N2	811	114,19	381,317	400	15,3	369,4	FONTE	1,1	2,366053	88,5	126,5	3,8
N2-N3	281	58,856	273,748	315	12,1	290,8	PEHD	0,9	0,776576	84	126,1	4,21
N2-N4	242	55,343	265,452	315	12,1	290,8	PEHD	0,8	0,595357	89,5	126,2	3,67
N3-R5	125	58,856	273,748	315	12,1	290,8	PEHD	0,9	0,345452	83	125,9	4,29
R5-R6	276	43,456	235,223	250	9,6	230,8	PEHD	1	1,368337	83,5	125,2	4,17
R6-R7	211	32,87	204,576	200	7,7	184,6	PEHD	1,2	1,889706	82	124,3	4,23
R7-R8	197	22,505	169,276	200	7,7	184,6	PEHD	0,8	0,862252	79,5	123,9	4,44
R8-R9	254	14,728	136,939	160	6,2	147,6	PEHD	0,9	1,529974	72,7	123,1	5,04
N4-R10	84,5	55,343	265,452	250	9,6	230,8	PEHD	1,3	0,66163	90	126,1	3,61
R10-R11	237	42,585	232,854	250	9,6	230,8	PEHD	1	1,130872	87,5	125,6	3,81
R11-R12	220	32,493	203,4	200	7,7	184,6	PEHD	1,2	1,927817	84	124,6	4,06
R12-R13	220	22,497	169,246	200	7,7	184,6	PEHD	0,8	0,962274	74	124,1	5,01
R13-R14	270	12,513	126,222	125	4,8	115,4	PEHD	1,2	4,101163	74	122,1	4,81
R5-B1	40	8,612	104,715	110	4,2	101,6	PEHD	1,1	0,56761	83	125,6	4,26
R5-B2	40	6,788	92,9664	90	3,5	83	PEHD	1,3	0,996901	83,5	125,4	4,19
R6-B3	40	5,707	85,2431	90	3,5	83	PEHD	1,1	0,718242	83,5	124,9	4,14
R6-B4	40	4,879	78,8171	90	3,5	83	PEHD	0,9	0,534079	84	125,1	4,11
R7-B5	40	5,487	83,5839	90	3,5	83	PEHD	1	0,666811	82	124,1	4,21
R7-B6	40	4,878	78,809	90	3,5	83	PEHD	0,9	0,533872	82,5	124	4,15
R8-B7	40	5,486	83,5763	90	3,5	83	PEHD	1	0,666582	79	123,5	4,45

R8-B8	40	2,291	54,0092	63	2,5	58	PEHD	0,9	0,770752	79,5	123,6	4,41
R9-B9	40	8,713	105,327	110	4,2	101,6	PEHD	1,1	0,580257	72,5	122,8	5,03
R9-B10	40	6,015	87,5131	90	3,5	83	PEHD	1,1	0,79326	73	122,7	4,97
R10-B11	40	5,733	85,437	90	3,5	83	PEHD	1,1	0,724439	89,5	125,7	3,62
R10-B12	40	7,025	94,5754	110	4,2	101,6	PEHD	0,9	0,386247	90,5	125,9	3,54
R11-B13	40	4,801	78,1845	90	3,5	83	PEHD	0,9	0,518056	87	125,3	3,83
R11-B14	40	5,291	82,0775	90	3,5	83	PEHD	1	0,62251	86	125,3	3,93
R12-B15	40	4,802	78,1927	90	3,5	83	PEHD	0,9	0,51826	80	124,3	4,43
R12-B16	40	5,194	81,3216	90	3,5	83	PEHD	1	0,601117	88	124,2	3,62
R13-B17	40	4,848	78,5663	90	3,5	83	PEHD	0,9	0,527683	75	123,8	4,88
R13-B18	40	5,136	80,8663	90	3,5	83	PEHD	0,9	0,588493	75	123,8	4,88
R14-B19	40	7,041	94,683	110	4,2	101,6	PEHD	0,9	0,387912	75,5	121,8	4,63
R14-B20	40	5,472	83,4696	90	3,5	83	PEHD	1	0,66337	75	121,7	4,67
									$\Sigma\Delta H =$	<b>31,03854</b>		

- **Interprétation :**

Le tableau de résultats des calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre périmètre révèle des valeurs de vitesse et de pression qui témoignent d'une conception et d'une performance adéquates pour alimenter notre system d'irrigation.

**1- Les vitesses (m/s) :**

Les vitesses de l'eau dans le réseau de distribution varient entre 0.8 et 1.3 m/s. Ces valeurs de vitesse sont considérées comme optimales pour l'irrigation.

**2- La pression (bar) :**

La pression dans les bornes d'irrigation varie entre 3.6 et 5 bars. Ces valeurs de pression sont jugées suffisantes pour alimenter les asperseurs et les goutteurs.

- Irrigation par aspersion : Pour une irrigation par aspersion efficace, une pression d'eau entre 2 et 4 bars est généralement recommandée.
- Irrigation localisée (goutte à goutte) : Pour l'irrigation localisée, telle que l'irrigation au goutte-à-goutte, une pression d'environ 1 bar est couramment utilisée.

Une pression de 3.6 à 5 bars est généralement acceptable pour assurer un bon fonctionnement du réseau, mais on n'utilisera les vannes de régulation de pression que pour les réseaux d'irrigation goutte-à-goutte (îlot 1, 2, 3, 4, ..., 10).

## **IV.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons abordé la conception du système de distribution, ce qui comprend le calcul du débit aux bornes, la détermination du diamètre du réseau, la prise en compte des pertes de charge et la vérification de la pression.

Le périmètre est divisé en 20 îlots et 38 parcelles. Chaque îlot est alimenté par une borne d'irrigation, et la superficie totale nette irriguée s'élève à 114.20 hectares.

Les pressions obtenues sont généralement satisfaisantes et, dans certains cas, elles dépassent les 4 bars. Cela permet la mise en place de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte-à-goutte.

# **CHAPITRE V :**

## **Les Techniques d'irrigation**

## V Introduction :

Le choix du système d'irrigation dépend de plusieurs facteurs tels que le type de culture, le climat de la région, le type de sol, la topographie du terrain et le budget disponible, Il est important de choisir un système qui fournira l'eau nécessaire tout en minimisant les pertes d'eau par évaporation ou infiltration. En outre, le système d'irrigation doit être facile à installer, à entretenir et à réparer, afin de maximiser l'efficacité de l'irrigation et de minimiser les coûts à long terme.

### V.1 Les différentes techniques d'irrigation :

Il existe Cinq principales techniques d'irrigation utilisées dans l'agriculture et l'aménagement paysager :

- 1- L'irrigation par aspersion.
- 2- L'irrigation par goutte à goutte.
- 3- L'irrigation par gravité.
- 4- L'irrigation par submersion.
- 5- L'irrigation par pivot central.

#### V.1.1 Irrigation par Aspersion :

L'irrigation par aspersion est l'un des types d'irrigation les plus courants. Elle consiste à arroser les cultures en dispersant de l'eau sous forme de petites gouttelettes.



**Figure V.1 :** L'irrigation par aspersion.

*Source: interplast.com*

**Les Avantages :**

- 1- Comprennent une distribution uniforme de l'eau,
- 2- Une flexibilité dans le choix des cultures irriguées,
- 3- La possibilité de couvrir de grandes surfaces.

**Les Inconvénients :**

- 1- L'irrigation par aspersion peut entraîner une évaporation excessive,
- 2- Une perte d'eau due au vent,
- 3- Une utilisation inefficace de l'eau en raison des pertes par ruissellement.

**V.1.2 Irrigation par goutte à goutte (localisée) :**

L'irrigation par goutte à goutte consiste à apporter de l'eau directement à la racine des plantes, goutte à goutte.



**Figure V.2 :** L'irrigation par goutte à goutte.

*Source: agrimaroc.net*

**Les Avantages :**

- 1- Une utilisation efficace de l'eau,
- 2- Une réduction de l'évaporation,
- 3- Une amélioration de la qualité de l'eau pour les plantes.

**Les Inconvénients :**

- 1- l'installation et la maintenance d'un système d'irrigation par goutte à goutte peuvent être coûteuses et complexes,
- 2- Le colmatage des goutteurs peut entraîner une distribution inégale de l'eau.

**V.1.3 Irrigation par gravité (surface) :**

L'irrigation par gravité est une technique d'irrigation traditionnelle qui est utilisée depuis des siècles. Cette technique utilise la gravité pour acheminer l'eau depuis une source d'eau naturelle, comme une rivière ou un étang, vers les champs.

L'eau est généralement acheminée par des canaux, des tranchées ou des tuyaux enterrés. L'irrigation par gravité est souvent utilisée pour les petites exploitations agricoles où l'eau est disponible à proximité et où l'installation d'un système d'irrigation coûteux n'est pas possible.



**Figure V.3 :** L'irrigation par gravité.

*Source: Ecosources.org*

**Les Avantages :**

- 1- Ne pas nécessiter d'électricité ou de carburant pour fonctionner,
- 2- Des coûts d'installation et de maintenance réduits.

**Les Inconvénients :**

- 1- Cette méthode peut être inefficace en termes de distribution d'eau uniforme,
- 2- Peut entraîner une érosion du sol et une perte de nutriments,
- 3- Peut être limitée dans les zones où le terrain est plat.

**V.1.4 Irrigation par submersion :**

L'irrigation par submersion, également connue sous le nom d'irrigation par inondation, est une technique d'irrigation qui implique l'inondation de champs ou de parcelles de terre avec de l'eau.

Cette technique est souvent utilisée pour les cultures qui nécessitent beaucoup d'eau, comme le riz, le coton ou la canne à sucre, et elle est particulièrement adaptée aux zones à sols lourds et argileux.

Pendant l'irrigation par submersion, l'eau est stockée dans des réservoirs ou des canaux et dirigée vers les champs, où elle est laissée en place jusqu'à ce que le sol ait absorbé l'eau nécessaire.



**Figure V.4 :** L'irrigation par submersion.

*Source: Lavoisier.fr*

**Les Avantages :**

- 1- Cette technique permet de fournir de l'eau aux racines des plantes en continu, ce qui peut améliorer la croissance et le rendement des cultures,
- 2- Une faible consommation d'énergie et une fertilisation naturelle du sol.

**Les Inconvénients :**

- 1- Cette méthode peut entraîner une perte d'eau due à l'évaporation,
- 2- une concentration excessive de sels s'accumulant dans le sol.

### V.1.5 Irrigation par pivot central :

L'irrigation par pivot central est une technique d'irrigation moderne qui implique l'utilisation d'un système pivotant pour arroser de grandes surfaces de terres cultivées. Cette technique consiste en un tuyau principal qui est fixé à une tour centrale et qui est équipé de buses pour pulvériser de l'eau sur les cultures.

Le système de pivotement est alimenté par un moteur électrique, un moteur à essence ou un générateur solaire, qui déplace le tuyau principal en cercles complets autour de la tour centrale. Cette technique permet d'irriguer des surfaces de terrain de forme circulaire et peut être utilisée pour arroser une grande variété de cultures, notamment les céréales, les légumes, les fruits et les cultures fourragères.



**Figure V.5 :** L'irrigation par pivot central.

*Source: ics-agri.com*

#### Les Avantages :

- 1- L'irrigation par pivot central est très efficace car elle fournit une distribution uniforme de l'eau sur les cultures.
- 2- Une faible consommation d'énergie.

#### Les Inconvénients :

- 1- L'installation et la maintenance d'un système d'irrigation par pivot central peuvent être coûteuses.
- 2- Cette méthode peut ne pas être adaptée aux terrains accidentés ou irréguliers.

**V.2 Conclusion :**

Ce chapitre traite des diverses méthodes d'irrigation disponibles, en mettant en évidence leurs avantages et inconvénients, dans le but de choisir judicieusement la méthode la mieux adaptée aux conditions climatiques de notre zone d'étude.

Après avoir soigneusement examiné les options, nous avons opté pour deux systèmes d'irrigation spécifiques : l'irrigation par aspersion et l'irrigation par goutte-à-goutte.

# **CHAPITRE VI :**

## **Dimensionnement à la parcelle**

## VI Introduction :

Le dimensionnement à la parcelle est une étape cruciale lors de la planification d'un schéma d'aménagement, et cela dépend en grande partie du choix de la technique d'irrigation.

Ce chapitre se concentrera sur la manière de déterminer la taille appropriée des parcelles en fonction de la technique d'irrigation choisie, ainsi que des critères et contraintes spécifiques à la zone géographique étudiée dans le périmètre.

### VI.1 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

Le réseau d'irrigation par aspersion est mis en place sur la parcelle P1 (Ilot 14), qui a une superficie de 2.6 hectares. La parcelle est alimentée par la borne B14, et les pressions calculées pour cette borne sont d'environ 3,93 bars.

Ces valeurs de pression sont largement adéquates pour assurer l'approvisionnement en eau de la parcelle.

#### Données générales :

- Choix de la culture : Blé,
- Choix du mode de couverture : Couverture totale,
- Temps de travail : 20 heures par jour et 26 jours par mois,
- Besoins de pointes : 65.12 mm/mois pour le mois d'avril,
- Perméabilité du sol : le sol est de texture Limoneux estimée de  $K= 20$  mm/h.

#### VI.1.1 Calcul de RFU :

Elle est calculée par la relation suivante :

$$RFU = Y*(H_{cc} - H_{pf})*D_a*Z \dots(VI.1)$$

- Y : coefficient d'assèchement, équivalent à  $2/3$ ,
- $D_a$ : densité apparente, égale à 1.5,
- Z: profondeur d'enracinement en millimètres (50 cm),

En ce qui concerne l'humidité du sol, nous avons les valeurs suivantes :

- $H_{cc}$  : humidité à la capacité au champ, égale à 21%,
- $H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement, égale à 12%.

$$RFU = 2/3*(0.21 - 0.12)*1.5*500 = 45 \text{ mm}$$

**VI.1.2 Le diamètre de l'ajutage :**

La perméabilité du sol  $K = 20$  est supérieure à 10 mm/h, ce qui permet une pluviométrie admissible. Selon la fiche technique (**Voir Annexe 8**), d'un arroseur de type Perrot, le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.2 mm.

$$P = (1.5 \times d)/1.04 \dots(\text{VI.2})$$

Avec :

- P : La pluviométrie de la buse en mm,
- d : Le diamètre de la buse en mm.

Pour calculer le diamètre on prend :

$$d = (P \cdot 1.04)/1.5 \dots(\text{VI.3})$$

**VI.1.3 Calcul de la portée du jet (L) :**

La portée du jet se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots(\text{VI.4})$$

Avec :

- h : La pression à la buse en m (3.93 bars dans notre cas).
- d : Le diamètre de la buse en mm.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$L = 3 \times 4.2^{0.5} \times 30^{0.25} = 14.38\text{m.}$$

Pour le diamètre de la buse de 4.2 mm à une pression de 3.0 bars la portée sera de l'ordre de 15.0 m au minimum, D'après la fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot (**Voir Annexe 8**).

**VI.1.4 Ecartements entre les rampes et arroseurs :**

Selon les normes américaines, l'écartement maximum recommandé dépend de la vitesse du vent.

- Pour les vents faibles, l'écartement entre les lignes d'arrosage (El) est de 1,3 m, tandis que pour les vents forts, il est de 1,02 m.
- Pour ce qui est des asperseurs sur la rampe, l'écartement recommandé (Ea) est de 0,8 m pour les vents faibles et de 0,6 m pour les vents forts.

Dans notre zone d'étude, nous avons des vitesses de vent faible donc nous utiliserons les valeurs suivantes :

- $E_l = 1,2 \times 15 = 18 \text{ m.}$
- $E_a = 0,8 \times 15 = 12 \text{ m.}$

Les valeurs normalisées des écartements sont utilisées pour cela :

- $E_l = 18 \text{ m.}$
- $E_a = 18 \text{ m.}$

## VI.2 Vérification de la pluviométrie :

La vérification de la pluviométrie est une étape cruciale dans la conception et le suivi des systèmes d'irrigation.

### VI.2.1 Débit de l'asperseur :

Le calcul du débit d'un asperseur s'effectue à l'aide de la relation suivante :

$$Q_{asp} = 0.95 * \frac{\pi * d^2}{4} * \sqrt{2gh} \dots (VI.5)$$

Avec :

- $Q_{asp}$  : Le débit d'asperseur en  $\text{m}^3/\text{s}$ ,
- $d$  : Le diamètre de la buse en m,
- $h$  : La pression à la buse en m.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Q_{asp} = 0.95 * (\pi * 0.0042^2 / 4) * \sqrt{2 * 9.81 * 30} = 0.00022 \text{ m}^3/\text{s} = 0.79 \text{ m}^3/\text{h.}$$

### VI.2.2 Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

En supposant que l'écartement est proportionnel à la longueur, il est possible d'estimer la pluviométrie horaire  $P$  en utilisant la relation suivante :

$$P = Q_{asp} / (E_l * E_a) \dots (VI.6)$$

Avec :

- $Q_{asp}$  : Le débit d'asperseur en  $\text{m}^3/\text{h}$ ,
- $E_l$  et  $E_a$  : L'écartement entre les arroseurs et les lignes d'arrosage en m.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$P = 0.79 / (18*18) = 2.43 \text{ mm/h.}$$

Ainsi, en choisissant le diamètre de la buse approprié, nous garantirons une pluviométrie d'environ 2.43 mm/h, qui est inférieure à la perméabilité du sol 20mm/h. Cela confirme que notre choix de diamètre est adéquat.

### VI.3 Vérification de la pluviométrie :

La vérification de la pluviométrie est une étape essentielle dans le processus d'irrigation. Il s'agit de s'assurer que la quantité d'eau fournie aux cultures correspond aux besoins réels de la plante.

#### VI.3.1 Calcul du tour d'eau :

Le calcul du tour d'eau se fait par la relation suivante :

$$T_{\text{eau}} = (\text{RFU} * N_j) / B_{\text{mp}} \dots (\text{VI.7})$$

Avec :

- $T_{\text{eau}}$  : Le tour d'eau en jours,
- $N_j$  : Nombre de jour de travail par mois,
- $B_{\text{mp}}$  : le besoin du mois de pointe.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$T_{\text{eau}} = (45*26)/65.12 = 17.9 \text{ jour} = 18 \text{ jour.}$$

Nombre d'irrigation par mois :

On irrigue  $30/18 = 2$  fois par mois.

#### VI.3.2 Calcul de la dose réelle :

Le calcul de la dose réelle se fait par la relation suivante :

$$Dose_{\text{réelle}} = T_{\text{eau}} \times Dose_{\text{journalière}} \dots (\text{IV.8})$$

Avec :

$$Dose_{\text{journalière}} = \text{Besoins de pointes} : 65.12 \text{ mm/mois en jour} = 2.17 \text{ mm/jour.}$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Dose_{réelle} = 18 * 2.17 = 39.06 \text{ mm.}$$

### VI.3.3 Calcul de la dose brute :

Le calcul de la dose brute se fait par la relation suivante :

$$Dose_{brut} = Dose_{réelle} / 0.75 \dots(\text{IV.9})$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Dose_{brut} = 39.06 / 0.75 = 52 \text{ mm.}$$

### VI.3.4 Temps d'arrosage :

Le calcul du temps d'arrosage par position, sans dépasser la capacité d'infiltration, s'effectue de la manière suivante :

$$Ta = Dose_{brute} / k_{pluviométrie} \dots(\text{IV.10})$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Ta = 52 / 20 = 2.6 \text{ heures} \approx 3 \text{ heures.}$$

Ainsi, il est possible d'avoir jusqu'à  $Np = 7$  cycles d'arrosage par jour pour un asperseur, sans dépasser une durée totale de 20 heures.

### VI.3.5 Calcul de l'unité d'arrosage :

Le calcul de l'unité d'arrosage se fait par la relation suivante :

$$Su = S_{parcelle} / (T_{eau} * Np) \dots(\text{IV.11})$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Su = 2.6 / (18 * 7) = 0.02 \text{ ha.}$$

**VI.3.6 Calcul du débit d'équipement :**

Le calcul de l'unité d'arrosage se fait par la relation suivante :

$$Q_{eq} = (S * B_{mp} * 10) / (T_a * N_p * N_j * 0.75) \dots(IV.12)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Q_{eq} = (2.6 * 65.12 * 10) / (3 * 7 * 26 * 0.75) = 4.13 \text{ m}^3/\text{h}.$$

**VI.3.7 Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :**

Le calcul du volume fourni par un asperseur par mois se fait par la relation suivante :

$$V = Q_{asp} * N_p * T_a * N_j \dots(IV.13)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$V = 0.79 * 7 * 3 * 26 = 431.3 \text{ m}^3.$$

**VI.3.8 Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :**

Le calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle se fait par la relation suivante :

$$V_t = B_{mp} * \text{Largeur terrain} * \text{Longueur terrain} / 1000 \dots(IV.14)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$V_t = 65.12 * 128 * 206 / 1000 = 1717.08 \text{ m}^3.$$

**VI.3.9 Calcul du nombre d'asperseurs requis :**

Le calcul de nombre d'asperseurs requis se fait par la relation suivante :

$$N_{asp} = (S_u * 10000) / (E_l * E_a) \dots(IV.15)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

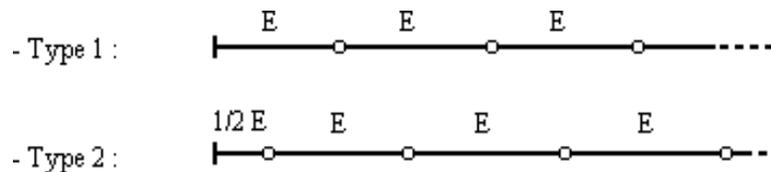
$$N_{asp} = (0.02 * 10000) / (18 * 18) = 0.62 \approx 1 \text{ Asperseurs pour } 0.02 \text{ ha}.$$

## VI.4 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation par aspersion :

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion est une étape essentielle dans la conception d'un système d'irrigation efficace. Cela implique de prendre en compte différents paramètres pour assurer une distribution uniforme de l'eau sur toute la zone à irriguer.

### VI.4.1 La longueur de la rampe :

Deux options sont envisagées pour l'installation des asperseurs sur la rampe :



**Figure VI.1 :** Mécanismes de fixation des arroseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est déterminée comme suit :

- Pour le type 1 :  $L = N \times E$ ,
- Pour le type 2 :  $L = (N + 0.5) \times E$ .

Par conséquent, la formule pour calculer la longueur de la rampe est :

$$L_r = (L_{atr}/2) - (Ea/2) \dots (IV.16)$$

Avec :

- "Lar" est la longueur du terrain.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$L_r = (128/2) - (18/2) = 55 \text{ m.}$$

Le nombre d'asperseurs par rampe peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$N_{aspr/r} = L_r / E_l \dots (IV.17)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$N_{aspr/r} = 55/18 = 3 \text{ Asperseurs.}$$

**VI.4.2 Dimensionnement de la rampe :**

Le débit de la rampe est calculé en utilisant la formule suivante :

$$Q_r = Q_{asp} \times N_{spr}/r \dots(\text{IV.18})$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Q_r = 0.79 \times 3 = 2.37 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Le nombre de positions des rampes est déterminé en divisant la longueur totale de la zone par l'écartement entre les rampes :

$$N_{rampe} = \text{Longueur terrain} / \text{El} \dots(\text{IV.19})$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$N_{rampe} = 206/18 = 11.4 \approx 11 \text{ rampes}.$$

**VI.4.3 Calcul du diamètre de la rampe :**

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par la relation suivante :

$$D_r = \sqrt{(4 * Q_r) / (\pi * V)} \dots(\text{IV.20})$$

Avec :

- $Q_r$  : le débit exprimé en  $\text{m}^3/\text{s}$ ,
- $D_r$  : le diamètre exprimé en mm,
- $V$  : la vitesse économique de l'ordre de 1 m/s.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$D_r = \sqrt{(4 * 0.00065) / (\pi * 1)} = 28 = 32 \text{ mm}.$$

On choisit un diamètre normalisé de 50 mm pour une conduite en PEHD, afin de minimiser les pertes de charges.

D'où :

$$V = (4 * Q_r) / (\pi * D_r^2) \dots(\text{IV.21})$$

Nous allons examiner les éléments suivants :

$$V = (4 \cdot 0.00065) / (\pi \cdot 0.032^2) = 0.81 \text{ m/s.}$$

#### VI.4.4 Calcul de la perte de charge de la rampe :

Les pertes de charge seront calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852} \dots(\text{IV.22})$$

Avec :

- J représente la perte de charge linéaire en m,
- CH est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD),
- D correspond au diamètre de la canalisation, exprimé en mètres,
- L représente la mesure de la longueur de la conduite, en mètres,
- Q est le débit en l m<sup>3</sup>/s.

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J = (3.592 / 140)^{1.852} * (55 / 0.032^{4.87}) * 0.00065^{1.852} = 1.48 \text{ m.}$$

#### VI.5 Dimensionnement de la porte rampe :

##### VI.5.1 Longueur de la porte rampe :

Le calcul de la longueur du port rampe se fait par la relation suivante :

$$L_{pr} = \text{Longueu terrain} - (El / 2) \dots(\text{IV.23})$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$L_{pr} = 206 - (18/2) = 197 \text{ m.}$$

##### VI.5.2 Débit de la porte rampe :

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par la relation suivante :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r \dots(\text{IV.24})$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Q_{pr} = 2.37 * 11 = 26.07 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0072 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### VI.5.3 Calcul du diamètre de la porte rampe :

Le calcul du diamètre de la porte rampe se fait par la relation suivante :

$$D_{pr} = \sqrt{(4 * Q_{pr}) / (\pi * V)} \dots(\text{IV.25})$$

Avec :

- $Q_{pr}$  : le débit exprimé en  $\text{m}^3/\text{s}$ ,
- $D_r$  : le diamètre exprimé en mm,
- $V$  : la vitesse économique de l'ordre de 2 m/s.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$D_{pr} = \sqrt{(4 * 0.0072) / (\pi * 2)} = 67 = 75 \text{ mm}.$$

On choisit un diamètre normalisé de 90 mm pour une conduite en PEHD, afin de minimiser les pertes de charges.

D'où :

$$V = (4 * Q_{pr}) / (\pi * D_r^2) \dots(\text{IV.26})$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$V = (4 * 0.0072) / (\pi * 0.075^2) = 1.62 \text{ m/s}.$$

### VI.5.4 Calcul de la perte de charge de la porte rampe :

Les pertes de charge seront calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852} \dots(\text{IV.27})$$

Avec :

- $J$  représente la perte de charge linéaire en m,
- $CH$  est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD),
- $D$  correspond au diamètre de la canalisation, exprimé en mètres,
- $L$  représente la mesure de la longueur de la conduite, en mètres,
- $Q$  est le débit en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J = (3.592 / 140)^{1.852} * (197 / 0.075^{4.87}) * 0.0072^{1.852} = 7.22 \text{ m.}$$

## VI.6 Les résultats du dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion :

Les données obtenues lors du dimensionnement sont présentées de manière synthétique dans le tableau ci-dessous :

**Tableau VI.1** : Résultats de calcul pratique du réseau d'irrigation par aspersion.

Conduites	Rampe	Porte Rampe
Longueur (m)	55	197
Diamètre (mm)	32	75
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.00065	0.0072
Vitesse (m/s)	0.81	1.62
Perte de charge (m)	1.48	7.22

### VI.6.1 Calcul de la pression en tête du réseau :

L'équation utilisée pour déterminer la requise pour assurer le bon fonctionnement du dernier asperseur est la suivante :

$$H = H1 + H2 + H3 \dots \text{(IV.28)}$$

Avec :

- H représente la pression à la tête de la parcelle,
- H1 est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5 bars),
- H2 est la perte de charge totale,
- H3 est la dénivelée (0 m pour un terrain plat).

En utilisant les valeurs spécifiées :

$$(H1 = 2.5 \text{ bars, } H2 = 8.7 \text{ m et } H3 = 0)$$

Nous obtenons :

$$H = 25 + 8.7 + 0 = 33.7 \text{ m} = 3.37 \text{ bar.}$$

Donc, la pression de 3.93 bars est suffisante pour alimenter les asperseurs et assurer leur bon fonctionnement.

## VI.7 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Le système d'irrigation goutte à goutte est mis en place sur la parcelle P2 (ilot 1), qui a une surface de 4,1 hectares. La parcelle est alimentée par la borne B1 et les pressions calculées sont d'environ 4,24 bars, ce qui est amplement suffisant pour l'irrigation de la parcelle.

### Données générales :

- Choix de la culture : Olivier,
- Un écartement entre arbre de 4 m (Sa), et un espacement entre rangs de 4 m (Sr),
- Besoins de pointes : 164.73 mm/mois pour le mois de Juillet,
- Surface brute de la parcelle: 4.1 ha,
- Longueur (L<sub>ngp</sub>) : 265 m,
- Largeur (L<sub>rgp</sub>) : 158 m.

### Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4 l/h avec une pression nominale: 10m.c.e,
- Le nombre de goutteurs est 2 goutteurs par arbre,
- Avec un espacement des goutteurs de 2 m.

### VI.7.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation goutte à goutte :

Les besoins d'irrigation des cultures en irrigation goutte à goutte sont déterminés en prenant en compte plusieurs facteurs.

### VI.7.2 Impact du taux de couverture du sol :

Dans le contexte de la micro-irrigation, où les apports d'eau sont localisés sur une petite partie de la surface du sol, on applique un coefficient de réduction à l'évapotranspiration de référence (ETM) en fonction du taux de couverture du sol (Cs = 60%) pour les plantes adultes.

Le coefficient de réduction (Kr) peut être calculé en utilisant la formule suivante, connue sous le nom de formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5*(1 - C_s) \dots (IV.29)$$

Cette formule permet d'estimer le Kr en fonction du taux de couverture du sol (Cs), où Cs est exprimé en pourcentage.

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$K_r = 0.6 + 0.5*(1 - 0.6) = 0.8.$$

Kr est utilisé pour ajuster les besoins en eau réels des cultures en micro-irrigation, en tenant compte de la zone réduite de la surface du sol qui reçoit l'eau.

$$\mathbf{B_{nets} = B_j * K_r \dots(IV.30)}$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$B_{nets} = (164.73/30) * 0.8 = 4.39 \text{ mm/j.}$$

### VI.7.3 Calcul de la dose nette :

La dose nette est déterminée par la hauteur d'eau P selon l'équation suivante :

$$\mathbf{D_{nette} = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times d_a \times P\% = RFU \times P\% \dots(IV.31)}$$

Dans cette équation :

- Hcc représente la hauteur d'eau de capacité au champ (21%),
- Hpf représente la hauteur d'eau du point de flétrissement permanent (12%),
- Da a une valeur de 1.5,
- Y a une valeur de 2/3,
- Z représente la profondeur des racines de la plante 1500 mm,
- P correspond au taux de saturation du sol en eau.

La valeur de P% est calculée en utilisant l'équation :

$$\mathbf{P\% = (N \times Spd \times Sh) / (Sa \times Sr) \dots(IV.32)}$$

Avec :

- P étant le volume de sol humidifié,
- N étant le nombre de points de distribution par arbre,
- Spd étant la distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (m),
- Sh étant la largeur de la bande humidifiée,
- Sr étant l'écartement entre les rangs d'arbres,
- Sa étant l'espacement des arbres sur les rangs.

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$P\% = (2 \times 2 \times 1) / (4 \times 4) = 25\%.$$

$$RFU = (0.21 - 0.12) * 1500 * (2/3) * 1.5 = 135 \text{ mm}.$$

Donc, pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$D_{nette} = 135 * 0.25 = 33.75 \text{ mm}.$$

#### VI.7.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :

La formule pour calculer l'intervalle entre deux arrosages (tour d'eau) est la suivante :

$$\mathbf{Fr = D_{nette} / B_{net} \dots(IV.33)}$$

En utilisant les valeurs fournies :

$$Fr = 33.75 / 4.39 = 7.6 \text{ jours}.$$

On peut choisir une fréquence d'arrosage de 8 jours.  
Alors en a 8 jours. 4 Irrigations par mois.

#### VI.7.5 Calcul de la dose brute :

Nous recalculons la nouvelle dose pratique (Dp') en utilisant la formule suivante :

$$\mathbf{Dp' = Fr \times B_{jl} \dots(IV.34)}$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Dp' = 8 \times 4.39 = 35.12 \text{ mm}.$$

Ensuite, nous calculons le besoin brut (D<sub>bute</sub>) en utilisant la formule suivante :

$$\mathbf{D_{bute} = Dp' / (Eff \times Cu) \dots(IV.35)}$$

Avec :

- Eff représente l'efficacité du réseau d'irrigation (90%),
- Cu représente le coefficient d'uniformité (90%).

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Dbute = 35.12 / (0.9 \times 0.9) = 43.35 \text{ mm.}$$

#### VI.7.6 Durée d'arrosage h :

La formule pour calculer la durée d'arrosage est la suivante :

$$h = (Dbute * Sa * Sr) / (n * Qg) \dots(IV.36)$$

- Dbute : représente le besoin brut calculé précédemment (26.11mm),
- Sa et Sr : sont respectivement l'espacement entre les arbres, les rangs,
- N : est le nombre de goutteurs (2),
- Qg : est le débit du goutteur (4 l/h).

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$h = (43.35 * 4 * 4) / (2 * 4) = 86.7 \text{ h/mois.}$$

#### VI.7.7 Durée d'arrosage journalier :

La formule pour calculer la durée d'arrosage journalier est la suivante :

$$Dj = \text{Durée d'arrosage} / Fr \dots(IV.37)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Dj = 83.54/8 = 10.8 \text{ h/jour.}$$

#### VI.7.8 Nombre d'arbre par hectare :

La formule pour calculer le nombre d'arbre par hectare est la suivante :

$$Narbr = 1ha / Sa * Sr \dots(IV.38)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Narbr = 10000 / (4*4) = 625 \text{ arbres.}$$

#### VI.7.9 Nombre d'arbre par rampe :

La formule pour calculer le nombre d'arbre par rampe est la suivante :

$$Narmp = Lrgp / Sa \dots(IV.39)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$N_{rmp} = 158/4 = 40 \text{ arbres.}$$

#### **VI.7.10 Nombre des goutteurs par rampe :**

La formule pour calculer le nombre des goutteurs par rampe est la suivante :

$$N_g = (L_{rgp} / S_a) * 2 \dots(\text{IV.40})$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$N_g = 40 * 2 = 80 \text{ goutteurs.}$$

#### **VI.7.11 Débit d'une rampe :**

La formule pour calculer le débit d'une rampe est la suivante :

$$Q_{rmp} = N_g * q_g \dots(\text{IV.41})$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Q_{rmp} = 80 * 4 = 320 \text{ l/h.}$$

#### **VI.7.12 Nombre de rampes :**

La formule pour calculer le nombre de rampes est la suivante :

$$N_{rmp} = L_{ngp} / S_r \dots(\text{IV.42})$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$N_{rmp} = 265/4 = 66 \text{ rampes}$$

#### **VI.7.13 Débit de porte rampe :**

La formule pour calculer le Débit de porte rampe est la suivante :

$$Q_{prmp} = Q_{rmp} * N_{rmp} \dots(\text{IV.43})$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Q_{prmp} = 320 * 66 = 21120 \text{ l/h.}$$

## VI.8 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Le calcul hydraulique du réseau d'irrigation goutte à goutte implique l'estimation des paramètres hydrauliques tels que les diamètres, les pressions et les pertes de charge pour assurer un fonctionnement optimal du système.

### VI.8.1 Diamètre de la rampe :

La formule pour calculer le diamètre de la rampe est la suivante :

$$D_{rmp} = ((J_{th} * 2.75) / (0.478 * Q_{rmp}^{1.75} * L_{rgp}))^{(-1 / 4.75)} \dots (IV.44)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$D_{rmp} = ((1.4 * 2.75) / (0.478 * 320^{1.75} * 158))^{(-1 / 4.75)} = 15.67 \text{ mm.}$$

On prend  $D_N = 16 \text{ mm}$ .

Calcul de pertes de charge de la rampe :

$$J_{cal} = 0.478 * L_{rgp} * D_{rmp}^{-4.75} * Q_{rmp}^{1.75} / 2.75 \dots (IV.45)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J_{cal} = (0.478 * 158 * 16^{-4.75} * 320^{1.75}) / 2.75 = 1.26 \text{ m.}$$

$P_{dc} = 1.2 \text{ m} < 1.4$  la condition est vérifiée.

**Tableau VI.2 :** Caractéristiques des rampes.

Cultures	L'olivier
Lrgp(m)	158
Ng	80
Qrmp(l/h)	320
J th (m)	1.4
Dcalcu (mm)	15.46
Dn (mm)	16
J calculé (m)	1.26

**VI.8.2 Diamètre de la porte rampe :**

La formule pour calculer le diamètre de la rampe est la suivante :

$$D_{prmp} = ((J_{th} * 2.75) / (0.478 * Q_{prmp}^{1.75} * L_{ngp}))^{(-1/4.75)} \dots(IV.46)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$D_{prmp} = ((0.9 * 2.75) / (0.478 * 21120^{1.75} * 265))^{(-1/4.75)} = 89 \text{ mm.}$$

On prend DN =90 mm.

Calcul de pertes de charge de la porte rampe :

$$J_{cal} = 0.478 * L_{ngp} * D_{prmp}^{-4.75} * Q_{prmp}^{1.75} / 2.75 \dots(IV.47)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J_{cal} = 0.478 * 265 * 90^{-4.75} * 21120^{1.75} / 2.75 = 0.8.$$

$J_{cal} = 0.8 \text{ m} < 0.9$  la condition est vérifiée.

**Tableau VI.3 :** Caractéristiques des portes rampes.

Cultures	L'olivier
L <sub>ngp</sub> (m)	265
N <sub>r</sub>	66
Q <sub>prmp</sub> (l/h)	21120
J <sub>th</sub> (m)	0.9
D <sub>calcu</sub> (mm)	89
D <sub>n</sub> (mm)	90
J calculé (m)	0.8

**VI.9 Calcul de la pression en tête du réseau :**

La pression totale requise pour le fonctionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte est calculée en additionnant les pertes de charge dans l'ensemble du réseau et en y ajoutant la pression nécessaire spécifique à chaque goutteur.

$$H = H_1 + H_2 \dots(IV.48)$$

Avec :

- H représente la pression à la tête de la parcelle,
- H1 est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un goutteur (1 bars),
- H2 est la perte de charge totale,

En utilisant les valeurs spécifiées :

$$(H1 = 1 \text{ bar}, H2 = 0.8 + 1.26 \text{ m})$$

Nous obtenons :

$$H = 10 + 2.06 = 12.06 \text{ m} = 1.2 \text{ bar.}$$

Donc, la pression de 4.26 bars est largement suffisante pour alimenter les goutteurs et assurer leur bon fonctionnement.

### **VI.10 Conclusion :**

Dans cette section, nous avons exploré le processus de dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion pour la culture du blé et un réseau d'irrigation goutte à goutte pour la culture de l'olivier.

L'utilisation de ces systèmes a pour but d'économiser l'eau d'irrigation et aussi d'améliorer les rendements des cultures.

**CHAPITRE**  
**VII:**  
**Etude technico-économique**

## VII Introduction :

Dans ce chapitre, en étudiant le devis quantitatif et la liste prévisionnelle, nous avons pu estimer le coût de mise en œuvre du projet d'irrigation proposé. Cette évaluation inclut la détermination de la quantité de matériaux nécessaires ainsi que les différentes opérations à réaliser sur place.

Plus spécifiquement, cela concerne :

- 1- Le réseau de distribution : Cela englobe tous les éléments nécessaires pour distribuer l'eau de manière efficace et ciblée aux différentes zones de la parcelle.
- 2- Le réseau d'irrigation (par aspersion et gout à gout) : Dans ce cas, il s'agit de mettre en place un système d'irrigation par aspersion, comprenant les tuyaux, les asperseurs, les pompes, les vannes et autres équipements nécessaires pour fournir de manière uniforme et contrôlée l'eau aux cultures.

### VII.1 Différents travaux à entreprendre :

- Travaux concernant le réseau distribution.

Les travaux à réaliser par le réseau de distribution comprennent les tâches suivantes :

#### VII.1.1 Exécution des tranchées :

La réalisation des travaux de terrassement dépend des caractéristiques du terrain et l'excavation est généralement effectuée mécaniquement à l'aide d'une pelle mécanique. La profondeur minimale de la tranchée à creuser est fixée à 1 mètre, tandis que la largeur de la tranchée doit permettre à un travailleur d'effectuer ses tâches sans difficulté. Cette largeur augmente en fonction du diamètre des conduites qui seront installées.

L'excavation des tranchées est réalisée par sections successives, ce qui permet de progresser étape par étape tout au long du tracé.

#### VII.1.2 Pose du lit de sable :

Le lit de pose a pour principale fonction de répartir uniformément les charges sur la zone de support. Par conséquent, il est important de poser les tuyaux de manière à éviter tout appui linéaire ou ponctuel.

Avant d'effectuer la pose des conduites, plusieurs opérations préliminaires sont réalisées :

- Élimination des grosses pierres présentes sur les talus de la tranchée.
- Respect des dimensions spécifiées dans le profil en long du projet.
- Nivellement minutieux du fond de la tranchée pour assurer une surface plane.
- Création d'un lit de pose en utilisant du sable.

Dans notre cas, une épaisseur de 10 cm est prévue pour le lit de pose.

Ces mesures garantissent une base solide et uniforme pour la pose des conduites, assurant ainsi une répartition adéquate des charges sur toute la longueur du réseau.

Le lit de pose en sable permet de stabiliser les conduites et de réduire les risques de déformation ou de dommage pendant leur utilisation.

### **VII.1.3 Mise en place des canalisations :**

La mise en place des conduites implique les opérations suivantes :

- Les éléments sont positionnés en commençant par l'extrémité aval, et l'emboîture des tuyaux est orientée vers l'amont.
- Chaque élément est posé avec précaution dans la tranchée, en s'alignant avec l'élément précédemment installé.
- Un fond de fouille rectiligne est réalisé afin que les tuyaux reposent sur toute leur longueur, et les grosses pierres sur les talus de la tranchée sont éliminées.
- Une excavation est réalisée à côté de l'emboîtement afin d'éviter que celui-ci ne repose directement sur le sol.
- Si possible, un appui est créé pour que le tuyau repose sur un arc représentant au moins le quart de sa circonférence extérieure.

Ces mesures permettent une installation précise et stable des conduites, en garantissant un alignement correct et un support adéquat. En respectant ces étapes lors de la mise en place des conduites, on assure un bon fonctionnement du réseau d'irrigation et une durabilité accrue de l'ensemble du système.

### **VII.1.4 Assemblage des conduites en PEHD :**

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être fournies sous forme de barres de 6 à 12 mètres ou en couronnes de longueurs de 50 à 100 mètres.

Pour le raccordement de ces conduites, deux méthodes sont utilisées :

- 1- Raccordement mécanique par emboîtement : Jusqu'au diamètre 63, les conduites sont raccordées mécaniquement en les emboîtant les unes dans les autres. Ce procédé permet une connexion solide et fiable entre les conduites.
- 2- Raccordement électro-soudable : Pour les conduites de plus grand diamètre, le raccordement se fait par soudage électro-soudable.

Les raccords électro-soudables en PEHD avec un emboîtement femelle sont équipés d'une résistance chauffante à l'intérieur de leur diamètre. Les extrémités de cette résistance sont connectées à des bornes situées à l'entrée de chaque emboîtement.

Le processus de soudage prend environ une minute, suivi d'une période de refroidissement d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, il est important d'assurer le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et des accessoires en polyéthylène à l'aide de positionneurs appropriés.

Ces méthodes de raccordement garantissent une connexion étanche et durable entre les conduites en PEHD, assurant ainsi l'intégrité du réseau d'irrigation. Il est essentiel de suivre les procédures spécifiques de raccordement et d'utiliser les équipements appropriés pour assurer des connexions fiables et résistantes aux fuites [9].

#### **VII.1.5Epreuve de joint et de la canalisation :**

Pour garantir la sécurité et la fiabilité des conduites, il est essentiel de procéder à un test de pression avant le remblayage des tuyaux et des joints.

Ce test est réalisé à l'aide d'une pompe d'essai, consistant à remplir la conduite d'eau sous une pression équivalant à 1,8 fois la pression de service à laquelle la conduite sera soumise pendant son utilisation normale. La durée de cet essai est d'environ 30 minutes, et pendant cette période, la variation de pression ne doit pas dépasser 0,2 bar. Ce test de pression permet de vérifier l'intégrité des conduites et des joints, en s'assurant qu'ils sont capables de résister à la pression de service sans fuites ni défaillances.

Il constitue une étape importante du processus d'installation, permettant de détecter d'éventuels problèmes avant la mise en service du système d'irrigation.

En respectant ces normes de test, on s'assure que les conduites sont prêtes à fonctionner de manière sûre et efficace, minimisant ainsi les risques de pertes d'eau ou de dommages ultérieurs.

#### **VII.1.6Nivellement et compactage :**

Le nivellement est essentiel pour obtenir une surface plane et uniforme, assurant ainsi une stabilité adéquate du sol autour des conduites enterrées. L'épandage uniforme du sol permet d'éviter les inégalités et les poches d'air qui pourraient compromettre la solidité et la durabilité de l'ensemble du système d'irrigation.

Après avoir épandé le sol, il est crucial de procéder au compactage, ce qui implique de comprimer le sol de manière à augmenter sa densité. Cela garantit une meilleure stabilité et réduit les risques de tassement ou de mouvement du sol au fil du temps. Le nivellement est essentiel pour obtenir une surface plane et uniforme, assurant ainsi une stabilité adéquate du sol autour des conduites enterrées. L'épandage uniforme du sol permet d'éviter les inégalités et les poches d'air qui pourraient compromettre la solidité et la durabilité de l'ensemble du système d'irrigation. Après avoir épandé le sol, il est crucial de procéder au compactage, ce qui implique de comprimer le sol de manière à augmenter sa densité.

Cela garantit une meilleure stabilité et réduit les risques de tassement ou de mouvement du sol au fil du temps, ou de mouvement du sol au fil du temps.

### VII.1.7 Choix des engins du chantier :

Lors de la planification des travaux, il est crucial de sélectionner les engins et le matériel les plus appropriés pour chaque type de tâche, afin d'optimiser l'efficacité et la productivité.

Dans notre situation, nous avons pris en compte différents engins classiques de chantier, qui est récapitulés ci-dessous :

- 1- Un camion : Evacuee les déblais,
- 2- Une pelle mécanique : Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai,
- 3- Un chargeur : Charger les déblais excédentaires dans les camions,
- 4- Un compacteur à rouleau : Compacter la couche de sable de 10 cm,
- 5- Appareil de soudure : Assurer l'assemblage des conduites,
- 6- Sonde battu : Contrôler le compactage des tranchées,
- 7- Une dame sauteuse : Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.

### VII.2 Évaluation financière des divers types de conduites et des travaux associés :

L'objectif de cette évaluation est d'obtenir une estimation précise des dépenses requises pour la réalisation du projet. Cela permet de prendre des décisions éclairées concernant le budget alloué au projet, d'évaluer sa rentabilité et de garantir une gestion financière efficace tout au long du processus.

- 1- Présentation des tarifs des conduites :

**Tableau VII.1** : Tarifs des conduites du réseau d'adduction et de distribution.

Conduites	Type De Conduites	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire	Montant DA
400	Fonte	ML	864	6733,57	5817804,48
315	PEHD	ML	733	4189,86	3071167,38
250	PEHD	ML	513	2449,71	1256701,23
200	PEHD	ML	848	1750,43	1484364,64
160	PEHD	ML	254	1105,71	280850,34
125	PEHD	ML	270	644,11	173909,7
110	PEHD	ML	160	541,16	86585,6
90	PEHD	ML	600	364,98	218988
63	PEHD	ML	40	211,12	8444,8
//	//	//	//	<b>Total :</b>	<b>12398816,17</b>
//	//	//	//	<b>Tva19%:</b>	<b>2355775,072</b>
//	//	//	//	<b>TCC :</b>	<b>14754591,24</b>

## 2- Présentation des équipements de protection :

**Tableau VII.2 : Tarifs des équipements de protection.**

Equipements	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire(DA)	Montant(DA)
Vannes	U	12	12000	144000
Borne	U	20	50000	1000000
Venthaus	U	1	13000	13000
//	//	//	<b>Total :</b>	<b>1170000</b>
//	//	//	<b>Tva 19% :</b>	<b>2223000</b>
//	//	//	<b>TCC :</b>	<b>3393000</b>

## 3- Présentation des équipements des systèmes d'irrigation :

**Tableau VII.3 : Tarifs des systèmes d'irrigation.**

systèmes d'irrigation	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire(DA)	Montant(DA)
Les Asperseurs	U	3	600	1800
Les Rampes 32mm	ML	605	70,77	42815,85
Les Portes Rampes 75mm	ML	197	387,33	76304,01
Les Goutteurs	U	5280	45	237600
Les Rampes 16mm	ML	10428	55,87	582612,4
Les Portes Rampes 110mm	ML	265	812,5	215312,5
Vanne	U	2	1400	2800
//	//	//	<b>Total :</b>	<b>1159245</b>
//	//	//	<b>Tva 19% :</b>	<b>2202565</b>
//	//	//	<b>TCC :</b>	<b>3361810</b>

**VII.2.1Évaluation des volumes et coûts des travaux d'excavation et de remblayage :**

- 1) La dimension du fond de tranchée : La largeur de la tranchée est déterminée selon la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3) \dots(\text{VII.1})$$

Avec :

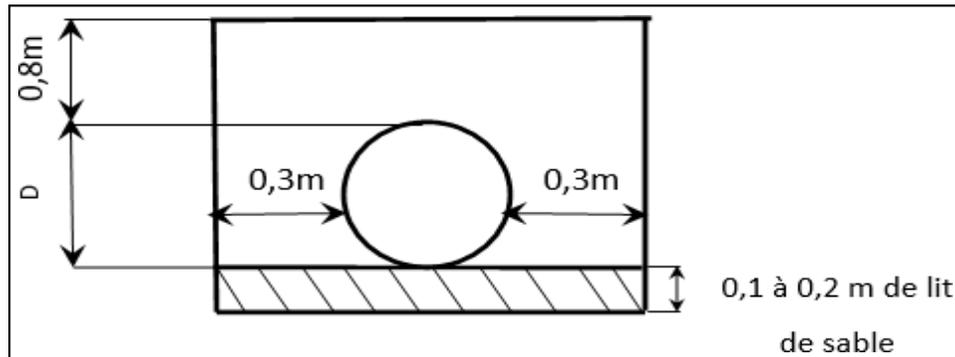
- D représente le diamètre de la conduite en mètres.

2) La profondeur de la tranchée : La conduite doit être installée à la profondeur appropriée.

$$H = D + 0,8 + e \dots(\text{VII.2})$$

Avec :

- e correspond à la hauteur du lit de pose en mètres.



**Figure VII.1** : Disposition de la conduite dans une tranchée.

3) Le calcul du volume de remblai se fait de la manière suivante :

Le calcul du volume de l'excavation est effectué à l'aide de l'équation :

$$V_d = B \times H \times L \dots(\text{VII.3})$$

Avec :

- L représente la longueur de la conduite en mètres.

Le volume occupé par la conduite est calculé par la formule :

$$V_c = L \times ((\pi \times D^2) / 4) \dots(\text{VII.4})$$

Avec :

- D étant le diamètre de la conduite.

Le volume de sable est calculé par la formule :

$$V_s = e \times L \times B \dots(\text{VII.5})$$

Avec :

- e représente la hauteur du lit de pose.

Ainsi, le volume de remblai est donné par :

$$V_r = V_d - V_c - V_s \dots(\text{VII.6})$$

Ces calculs permettent de déterminer les volumes de terre nécessaires pour les travaux de remblayage, en prenant en compte les dimensions de la tranchée, la conduite et le lit de pose.

**Tableau VII.4 :** Les volumes de remblai et de déblai.

Conduites	Longueur (m)	largeur (m)	profondeur (m)	V déblai (m3)	V sable (m3)	V conduites (m3)	V remblai (m3)
400	864	1	1,3	1123,2	86,4	108,5184	1318,118
315	733	0,915	1,215	814,8944	67,0695	57,09456	939,0585
250	513	0,85	1,15	501,4575	43,605	25,16906	570,2316
200	848	0,8	1,1	746,24	67,84	26,6272	840,7072
160	254	0,76	1,06	204,6224	19,304	5,104384	229,0308
125	270	0,725	1,025	200,6438	19,575	3,311719	223,5305
110	160	0,71	1,01	114,736	11,36	1,51976	127,6158
90	600	0,69	0,99	409,86	41,4	3,8151	455,0751
63	40	0,663	0,963	25,53876	2,652	0,124627	28,31539
//	//	//	<b>Total :</b>	<b>4141,193</b>	<b>359,2055</b>	<b>231,2848</b>	<b>4731,683</b>

#### VII.2.2 Devis des volumes de remblai et de déblai :

**Tableau VII.5 :** Tarifs des travaux de terrassement.

Volumes	Quantité (m3)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
<b>Déblai</b>	4141,193	250	1035298,25
<b>Pose du lit de sable</b>	359,205	2500	898012,5
<b>Remblai</b>	4731,683	350	1656089,05
//	//	<b>Total :</b>	<b>3589399,8</b>
//	//	<b>Tva 19% :</b>	<b>6819859,62</b>
//	//	<b>TCC :</b>	<b>10409259,42</b>

#### VII.3 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les étapes essentielles de la pose des canalisations de notre réseau d'irrigation, ainsi que les calculs associés aux volumes de terrassement nécessaires.

Le coût total du projet, toutes taxes comprises, s'élève à environ **31 918 661 DA** (trente et un millions neuf cent dix-huit mille six cent soixante et un).

Le projet offre d'importants avantages économiques et environnementaux. Il permettra une utilisation plus efficace des ressources en eau, une amélioration des rendements agricoles et une optimisation des besoins en irrigation. Ces bénéfices contribueront à la rentabilité du projet sur le long terme.

## Conclusion Générale

Au terme de ce mémoire, où nous avons élaboré un projet d'irrigation dans le périmètre du Cheurfa wilaya d'Annaba à partir d'un forage. Le périmètre couvre une superficie de 126 ha. Cette étude nous a permis de conclure les points suivants :

- La région est caractérisée par un climat SUB-HUMIDE « hiver chaud », à pluviométrie moyenne annuelle de 633.52 mm, insuffisante et irrégulière ce qui démontre la nécessité de l'irrigation.
- L'analyse du sol montre que le périmètre est dominé par des sols à texture « Limoneuse équilibrée », idéale pour la croissance des cultures.
- l'eau du forage est caractérisée par un risque élevé de salinité et un degré moyen d'alcalinité (C3-S2), une conductivité de 1254  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et un pourcentage de sodium (Na) égal à 19%, est considérée comme une eau bonne pour l'irrigation.
- Le dimensionnement du périmètre s'est basé sur les besoins en eau de chaque culture, conduisant à la conception d'un réseau d'irrigation par îlots alimentés par des bornes, couvrant 114.20 hectares Superficie nette à irriguer. On a pris deux exemples de technique d'irrigation pour dimensionner le réseau des deux parcelles, une par goutte à goutte et l'autre par asperseur.
- Concernant la vérification de la vitesse d'écoulement et la pression ou niveau des bornes on a défini les résultats suivants :
  - ✓ La vitesse d'écoulement varie entre 0.8 et 1.27 m/s,
  - ✓ La pression varie entre 3.6 et 5 bars.
- Nous avons examiné les phases cruciales liées à l'installation des conduites dans notre système d'irrigation, tout en prenant en compte les calculs relatifs aux volumes de terrassement requis.
- Le montant global du projet, atteint approximativement (trente et un millions neuf cent dix-huit mille six cent soixante et un).

Cette étude a englobé tous les aspects du projet, de l'analyse climatique et pédologique à la conception du système d'irrigation, pour améliorer la productivité agricole et préserver les ressources naturelles dans la wilaya d'Annaba.

## Références Bibliographiques

- [1] Salah SM. ÉTUDE DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS DE LA VILLE DERRADJI REDJEM (W. ANNABA). ENSH, 2022.
- [2] DIRECTION DES SERVICES AGRICOLES. FICHE TECHNIQUE : COMMUNE CHOURFA 2021.
- [3] ALLAL Amira et DALOUCHE Djaouher. Analyse météorologique et topographique des feux de forêt : cas de la wilaya d'Annaba (période 1985-2018). Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 2020.
- [4] Nouredine B. Patrimoine et histoire de la ville d'Annaba. 2015.
- [5] Boucif, B., Zeraia, M. S., & Aouraghe, H. Étude géologique de la commune de Cheurfa, région d'Annaba, Algérie. Revue des Sciences de l'eau. 2020.
- [6] Boudiaf, A., Meghraoui, M., Ayadi, A., et al. Active tectonics of the eastern Tell Atlas (Algeria): Insights from geomorphology, neotectonic data, and GPS measurements 2017.
- [7] le laboratoire de recherche en pédologie de l'université Badji Mokhtar, Annaba. Étude pédologique de la commune Cheurfa à Annaba 2020.
- [8] Abdelwahid B. UTILISATION D'UNE APPROCHE MULTICRITERE POUR L'ANALYSE DE L'EAU DANS LE GOLF D'ANNABA. BADJI MOKHTAR-ANNABA, 2020.
- [9] OUAkli Hadjer. Etude du périmètre d'irrigation de Béni Slimane (Secteur3) 251,87 HA, à partir du barrage de Béni Slimane (W. Médéa). ENSH, 2021.
- [10] Clay D. Mitchell et J. Kenneth Syers. Introduction to Soil Science: Soils in Our Environment. 2013.
- [11] DAGHEL MOHAMED AMINE. Etude d'extension du périmètre d'irrigation d'Ain kercha partie est sur une superficie de 284 ha à Oum el bouaghi. ENSH, 2020.
- [12] Sinha NK, Sidhu JS, Barta J, Wu JSB, Cano MP, editors. Handbook of fruits and fruit processing. Second edition. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell; 2012.
- [13] J. Doorenbos; A. Kassam. Reponse des rendements à l'eau. FAO Bulletin d'Irrigation et de Drainage (N33). 1980.
- [14] M. BENZITA Oussama. ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU PERIMETRE DE FENOUGHIL (SECTION A DE 400 HA) W. ADRAR A PARTIR DU FORAGE. ENSH, 2020.

# Annexes

## Annexe 1

### Différentes Forages dans la commune Cheurfa

(DRE Annaba 2022)

N°	Acte Authentique	Désignat (forage s/ puits)	Prof (m)	Débit l/s	Coordonnées Lambert	Superficie totale	Superficie à irriguer	EAC /EAI
01	Melk (livret foncier)	forage	100	03	X :938.416 Y :390.809	11ha87ares 50ca	11ha87ares 50ca	Lieu dit Bordj El Kebir
02	Acte de concession	forage	100	03	X :938.216 Y :386.880	10ha56ares 25ca	03ha52ares 08ca	EAC Khabati Mohamed N°2/3
03	Acte d'achat	forage	120	03	X :937.266 Y :385.012	17ha65ares 00ca	17ha65ares 00ca	Lieu dit Lochare
04	Melk Livret foncier	Forage	100	03	X :934.581 Y :392.992	06ga00ares00ca	06ha00ares00ca	Cheurfa
05	Acte de concession	Forage	100	03	X :938.029 Y :3885.629	21ha60ares00ca	07ha20ares00ca	EAC Laabidi Med
06	Actes d'achat	Forage	100	03	X :933.934 Y :391.016	03ha03ares 75ca	03ha03ares 75ca	Lieu dit Merouana

07	Melk (livret foncier	Forage	100	03	X :938.380 Y :389.048	06ha98ares 06ca	06ha98ares 06ca	EI Cheurfa
08	Actes de concession +partenariat	forage	90	04	X :938.813 Y :398.048	18ha62ares50ca	1/3(quotte part) 06ha20ares83ca	EAC Laasli Laasli N°1/4
09	Actes de concession +partenariat	Forage	80	04	X :938.283 Y :396.386	22ha 71ares 15 ca	1/3(quotte part) 07ha57ares05ca	EAC Azzizi Ahmed N° 4/2
10	Melk(livret foncier)	Puits superf	10 m de prof et 03 m de diamètre	02	X :931.326 Y :388.510	01ha64ares35ca	01ha64ares35ca	Lieu dit Ouled Attalah Cheurfa
11	Actes de concession +partenariat	Forage	90	03	X :936.447 Y :396.387	07ha75ares00ca	07ha75ares00ca	EAI Torqui Hocine
12	Actes de concession +partenariat	forage	80	03	X :935.878 Y :395.834	04ha65ares00ca	04ha65ares00ca	EAI Maamri Mohamed
13	Acte de concession +partenariat	Forage	80	03	X :935.580 Y :388.907	12ha90ares00ca	12ha90ares00ca	EAI Bencherif Amor

## Annexe 2

### $\chi^2$ theorique

$\chi^2$ \ y	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

## 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 HPP	disponible HCC-HPP	
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)

## Annexe 4

### Coefficients culturaux (Kc) (Bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33 tableau 18)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Bananier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
Bananier subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Maïs grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
Oignon vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Canne à sucre	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Luzerne	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4 -0.6

Premier chiffre: avec forte humidité (HR min > 70%) et vent faible (U < 5 m/s).

Second chiffre: avec faible humidité (HR min < 20%) et vent fort (> 5 m/s).

## Annexe 5

### 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 6

## Les caractéristiques des pompes.



Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
ISO 9001

<b>MEC-A 4/125C</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Debit	105 l/s
Hauteur de refoulement	42,1 m
Fluide	Eau potable
Temperature	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallele
N.be de pompes	2
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Debit	55,2 l/s
Hauteur de refoulement	45,4 m
Puissance absorbée	33,6 kW
Rendement	75,7%
Hauteur manometrique H(Q=0)	45,7 m
Orif. de refoulement	125 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Frequence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de poles	4
Puissance nominale P2	37 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degre de protection	IP 55
<b>Limites operationnelles</b>	
Demarrages / h max.	5
Temperature maxi. du liquide pompe	363 K
Teneur maximum en matieres solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densite max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosite maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Caractéristiques generales</b>	
Poids	590 kg
<b>Matériaux</b>	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Arbre	Acier traite
Douille arbre	Acier crome
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitee

**Caractéristiques de fonctionnement** UNII/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

**Dimensions mm**

A = 1599  
B = 165  
C = 1233  
D = 250  
DNa = 150  
DNm = 125  
E = 250  
F = 733  
G = 500  
H = 580  
I = 530  
L = 20  
M = 42  
N = 140  
O = 420  
P = 845  
Q = 811

Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
27.07.2023	1		

## Annexe 7

### SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD

(SETIF PIPE. SOCIÉTÉ DE TRANSFORMATION PLASTIQUE)

#### GAMME DES PRODUITS

PRESSION DIAMETRES	PN6 SDR26	PN10 SDR17	PN16 SDR11	PN20 SDR9	PN25 SDR7.4
20	***	***	2.0	2.3	3.0
25	***	***	2.3	3.0	3.5
32	***	2.0	3.0	3.6	4.4
40	1.8	2.4	3.7	4.5	5.5
50	2.0	3.0	4.6	5.6	6.9
63	2.5	3.8	5.8	7.1	8.6
75	2.9	4.5	6.8	8.4	10.3
90	3.5	5.4	8.2	10.1	12.3
110	4.2	6.6	10.0	12.3	15.1
125	4.8	7.4	11.4	14.0	17.1
160	6.2	9.5	14.6	17.9	21.9
200	7.7	11.9	18.2	22.4	27.4
250	9.6	14.8	22.7	27.9	34.2
315	12.1	18.7	28.6	35.2	43.1
400	15.3	23.7	36.3	44.7	54.7
500	19.1	29.7	45.4	55.8	***
630	24.1	37.4	57.2	70.3	***
710	27.2	42.1	64.5	79.3	***
800	30.6	47.4	72.6	89.3	***

## Annexe 8

### La fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot

Diamètres des buses	P (bar) 2,5	P (bar) 3,0	P (bar) 3,5	P (bar) 4,0	P (bar) 4,5	Distances entre arroseurs											
						P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar) 4,5			
mm	Portée en m					Distances entre arroseurs											
4,2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,0	15,8	15,9	16,3	16,7	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6,0	16,4	16,5	16,7	17,2	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7,0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
<b>ZB 22/ZB 22W</b>						<b>Précipitations</b>											
<b>Consommation d'eau</b>						<b>Précipitations</b>											
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33	2,3	3,1	2,5	3,4	2,7	3,6	2,9	3,9	3,1	4,1	3,1	4,1
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	2,6	3,5	2,9	3,9	3,1	4,2	3,3	4,4	3,5	4,7	3,5	4,7
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74	3,0	4,0	3,3	4,4	3,5	4,7	3,8	5,1	4,0	5,4	4,0	5,4
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5	4,4	5,8	4,4	5,8
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04	3,5	4,7	3,9	5,2	4,2	5,6	4,4	5,9	4,7	6,3	4,7	6,3
6,0	1,89	2,07	2,24	2,39	2,54	4,7	6,3	5,1	6,9	5,6	7,4	5,9	7,9	6,3	8,4	6,3	8,4
7,0**	2,53	2,77	2,99	3,19	3,39	6,4	8,5	7,0	9,3	7,5	10,1	8,1	10,8	8,6	11,4	8,6	11,4
<b>ZB 22D</b>						<b>Précipitations</b>											
<b>Consommation d'eau</b>						<b>Précipitations</b>											
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	3,1	4,1	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5	4,1	5,5
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0	5,3	4,3	5,7	4,5	6,0	4,5	6,0
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4	5,9	4,7	6,3	5,0	6,7	5,0	6,7
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7	6,3	5,1	6,8	5,4	7,2	5,4	7,2
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0	6,7	5,4	7,2	5,7	7,7	5,7	7,7
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4	8,6	6,9	9,2	7,3	9,7	7,3	9,7
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,4	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7	9,6	12,7

Caractéristiques du canon ZB22

Image 5 sur 11



## Abréviation

**DRE** : Direction des Ressources en Eau.

**DSA** : Direction des Services Agricoles.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

**PEHD** : Polyéthylène haute densité.