



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

### Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

#### THEME :

**Etude du système d'irrigation du périmètre du moyen Cheliff secteur 'A'  
« 227 ha » irrigué à partir du barrage d'Oued el Fodda (Wilaya de Chlef)**

#### Présenté par :

**BEKRALAS KARIMA**

#### Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examinatrice
SAIL Nadhira	M.C.B	Examinatrice
KERID Rachid	M.C.A	Examinateur
MEDDI Mohamed	Professeur	Promoteur

**Session Février 2024**



# Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## A ALLAH

Tout d'abord, je suis à remercier « **ALLAH** », le tout puissant de nous avoir données la force, le courage tout le long de notre cursus et durant réalisation de ce mémoire.

Je suis également reconnaissant envers mes parents, qui sont une source constante d'encouragement et qui m'ont toujours poussé à viser plus haut.

## A NOTRE PROMOTEUR, PROFESSEUR **MEDDI MOHAMED**

Je remercie mon promoteur : Pr M. MEDDI qui m'a suivi et conseillé avec patience dans chaque étape de réalisation de ce travail.

Je remercie Mr T. BENKACI et Mme S. KABLI et Mme W. AZIEZ et mes enseignants et tout le personnel de l'E.N.S.H pour leurs contributions à ma formation d'ingénieur d'état en hydraulique.

## A NOTRE PRESIDENTE DE JURY, MONSIEUR LE PROFESSEUR

Nous vous exprimons notre gratitude pour l'honneur que vous nous accordez en acceptant la présidence du jury de ce mémoire. Nous tenons à vous témoigner notre plus profond respect pour votre amabilité, votre disponibilité, et nous vous adressons nos sincères remerciements ainsi que notre profonde admiration.

## A NOTRE CHEF DE DEPARTEMENT DE

Je suis saisi cette occasion pour vous exprimer notre profond gratitude tout en vous témoignant notre respect. Que ce travail soit l'expression de notre reconnaissance et notre sincère admiration.

## AU PERSONNEL D'A.N.R.H (BLIDA), ONID (AIN DEFLA ET CHELLIF)

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers l'équipe de A.N.R.H et ONID pour avoir généreusement fourni tout les données et les information concernant la zone d'Etude.

## A MONSIEUR

Je souhaite exprimer ma reconnaissance sincère envers M. KHABBEZ, responsable de projet, pour son assistance précieuse, ses nombreuses consultations, ses conseils éclairés, son soutien inestimable, ainsi que pour la mise à disposition de documents importants, souvent inédits.

# Dédicace



## JE DEDIE CE TRAVAIL

### A MES TRES CHERS PARENTS

À **ma mère bien-aimée**, à qui je suis redevable pour ses nombreux sacrifices, son amour indéfectible, son assistance précieuse, et son soutien tant matériel que moral. C'est grâce à elle que je suis parvenu à devenir la personne que je suis aujourd'hui.

À **mon père bien-aimé**, je rends hommage pour ses conseils judicieux, son soutien matériel et moral constant, ainsi que pour tous ses efforts et les faveurs qu'il m'a accordés. Ces éléments ont nourri ma détermination à mener à bien et à achever ce travail.

### A MON FRERE ET A MA SŒUR

À mon frère Mohamed, mon amour, à ma sœur Linda, mon chérie pour soutien matériel et moral, ainsi qu'à son mari et à leurs jeunes enfants Mohamed, Abd Allah, Roaia, et Roudaina, et à toute ma famille de la lignée BEKRALAS et HINDA.

À une personne chère à mon cœur pour son soutien matériel et moral Dieu vous a préservé pour moi et vos parents.

### A MES GRANDS PARENTS

Pour leur affection et leurs prières pour moi tout au long de mes études. Combien attendiez-vous ce jour ? Que Dieu ait pitié de vous, mes ancêtres, et vous admette dans son vaste paradis.

À Moncef, Madjid, Chaima, Ghania, avec une mention spéciale pour Abir, Kahina, mes amis qui m'ont apporté leur soutien précieux pour l'achèvement de mon travail.

À tous mes amis d'ENSH Blida.

À mes enseignants, je témoigne ma reconnaissance pour leur amabilité et leur assistance précieuse lors des moments difficiles de cette entreprise.

À toutes les personnes qui ont contribué à mon parcours académique.

À tous ceux que je connais et dont je n'ai pas mentionné le nom.

## ملخص

الهدف الرئيسي من هذه المذكرة هو تصميم شبكة السقي لمنطقة الزراعة في منطقة الشلف الوسطى، التي تقع في ولاية الشلف هو تحسين الإنتاجية الزراعية مع الحفاظ على الموارد المائية. تأخذ هذه المنهجية في السقي بعين الاعتبار، الظروف المناخية وجودة التربة والمياه. وتستخدم أساليب خاصة لتحديد الاحتياجات اللازمة للمحاصيل، مما يضمن استخداماً فعالاً للمياه. تركز هذه الدراسة على تصميم نظام سقي زراعي في المنطقة، باعتماد نظام السقي الجاذبي لكفاءته. من أجل الزيادة الإنتاجية الزراعية مع الحفاظ على موارد المياه في المنطقة. بعد هذه الدراسة، لذلك اخترنا الطريقة المناسبة للسقي. من خلال توفير الضغط اللازم لتشغيل الأنظمة المختلفة للسقي بكفاءة، مع ضمان تشغيلها السليم.

**الكلمات المفتاحية:** المنطقة الزراعية، نظام السقي، سد واد الفضة

## Résumé :

L'objectif principal de ce mémoire est de projeter un réseau d'irrigation du périmètre agricole du moyen Chellif, localisée dans la wilaya de Chlef. L'objectif est d'améliorer la productivité agricole tout en préservant les ressources hydriques. Cette approche d'irrigation prend en considération les conditions climatiques, la qualité du sol et de l'eau. Elle utilise des méthodes qualitatives pour identifier les besoins spécifiques des cultures, garantissant ainsi une utilisation efficace de l'eau. Le mémoire se concentre sur étude de projection d'un système irrigation agricole en zone, adoptant le système d'irrigation gravitaire, reconnu pour son efficacité. L'objectif est de concilier une augmentation de la productivité agricole tout en préservant les ressources en eau de la région. À la suite de cette étude, nous sommes convaincus d'avoir choisi la méthode appropriée pour l'irrigation, en fournissant la pression nécessaire au fonctionnement efficace des divers systèmes d'irrigation, tout en assurant leur bon fonctionnement.

**Mots clés :** périmètre agricole, système d'irrigation, barrage oued el fodda

## Abstract :

The main objective of this memory is to plan an irrigation network for the agricultural perimeter of middle Chellif, located in the wilaya of Chlef. The goal is to enhance agricultural productivity while preserving water resources. This irrigation approach considers climatic conditions, soil and water quality, utilizing qualitative methods to identify specific crop needs, ensuring efficient water utilization. The thesis focuses on the study and projection of an agricultural irrigation system in the area, adopting the gravity irrigation system known for its effectiveness. The aim is to reconcile increased agricultural productivity while preserving the water resources of the region. Following this study, we are confident in having chosen the appropriate method for irrigation, providing the necessary pressure for the efficient operation of various irrigation Systems while ensuring their proper functioning.

**Keywords :** agricultural area, irrigation system, wadi el fodda dam

# Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles .....</b>	<b>2</b>
I.1. Introduction.....	3
I.2. La Situation géographique de la wilaya de chlef .....	3
I.3. La Situation géographique d’el Karimia.....	4
I.4. Présentation générale du Moyen Chellif.....	5
I.5. Présentation du périmètre.....	5
I.5.1. L’infrastructure routière .....	6
I.5.2. La topographie et le relief: .....	6
I.5.3. La climatologie .....	6
I.5.4. La précipitation .....	7
I.5.5. La température .....	8
I.5.6. Evaporation: .....	9
I.5.7. L’humidité relative.....	9
I.5.8. Le vent .....	10
I.5.9. L’insolation .....	10
I.5.10. Classification du climat.....	11
I.5.10.1. Indice d’aridité annuel de «MARTONNE» .....	11
I.5.10.2. Quotient pluviométrique d’Emberger .....	12
I.5.10.3. Le diagramme Ombrothermique de «GAUSSEN ET BAGNOULS» :...	13
I.6. L’étude géologique .....	14
I.6.1. Formation géologique .....	15
I.6.2. Les Formations quaternaires .....	16
I.7. Analyse du milieu socio-économique .....	16
I.8. Conclusion: .....	17
<b>Chapitre II : Ressources en eau et en sol .....</b>	<b>18</b>
II.1. Introduction.....	19
II.2. Les ressources en sol .....	19
II.2.1. But de l’étude pédologique .....	19

II.2.2. Classification des sols .....	19
II.2.2.1. Zone homogène 01 .....	19
II.2.2.2. Zone homogène 06 .....	20
II.2.2.3. Zone homogène 07 .....	20
II.3. Ressource en eau d'irrigation .....	22
II.3.1. Barrage d'Oued fouda.....	22
II.3.2. Barrage des portes de fer .....	23
II.3.3. Qualité de l'eau d'irrigation.....	23
II.3.4. Classification des eaux pour l'irrigation.....	24
II.3.4.1. La conductivité électrique.....	24
II.3.4.2. Le SAR (Sodium Absorption Ration) .....	24
II.4. Conclusion .....	27

## **Chapitre III :Hydrologie et besoins en eau des cultures ..... 28**

III.1. Introduction .....	29
III.2. Etude statistique des précipitations .....	29
III.2.1. Etudes de la précipitation annuelle.....	29
III.2.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique .....	31
III.2.3. Test de Mood : (Paul Meylan, 2008).....	31
III.2.4. Ajustement des pluies annuelles.....	32
III.2.5. Ajustement à la loi normale.....	32
III.2.6. Test de validité d'un ajustement.....	34
III.3. Détermination de l'année de calcul .....	36
III.4. Calculs des besoins en eau des cultures .....	37
III.4.1. Besoin en eau du périmètre .....	37
III.4.2. Calculs des besoins en eau d'irrigation .....	37
III.4.3. Calcul l'évapotranspiration référence (ET <sub>0</sub> ).....	37
III.4.4. Calcul l'évapotranspiration référence.....	37
III.4.5. Calcul de la pluie efficace .....	40
III.4.6. Calcul de la réserve en eau du sol .....	40
III.4.7. Choix des cultures .....	41
III.4.7.1. Les cultures proposées.....	41
III.4.7.2. Assolement et rotation des cultures.....	42
III.4.8. Estimation des besoins en eau des cultures choisies .....	43
III.4.8.1. Estimation des besoins en eau des céréales.....	43

III.4.8.2. Estimation des besoins en eau des maraîchages .....	44
III.4.8.3. Estimation des besoins en eau des 'arboricultures .....	48
III.4.9. Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 .....	49
III.5. Calcul du débit spécifique .....	50
III.5.1 : Evaluation du débit caractéristique .....	51
III.5.2 : Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	51
III.6. Conclusion.....	52

## **Chapitre IV : Etude du système de distribution... ..... 53**

IV.1. Introduction.....	54
IV.2. solution de base.....	54
IV.3. Réseau d'irrigation.....	54
IV.4. Réseau de distribution.....	54
IV.4.1. Organisation et l'aménagement du périmètre .....	54
IV.4.2. Découpage des îlots.....	55
IV.4.3. Bornes d'irrigation (rôle et fonction) .....	56
IV.4.4. Tracé du réseau d'irrigation .....	57
IV.4.5. Calcul du débit aux bornes.....	57
IV.4.6. Choix du diamètre et de type de la borne.....	57
IV.5. Matériaux de construction des canalisations.....	60
IV.6. Vitesse admissible.....	61
IV.7. Détermination du diamètre avantageux .....	61
IV.7.1. Evaluation des pertes de charge .....	62
IV.8. Conclusion .....	66

## **Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation ..... 67**

V.1. Introduction.....	68
V.2. Choix des techniques d'irrigation.....	68
V.3. La catégorisation des techniques d'irrigation.....	68
V.3.1. L'irrigation gravitaire .....	68
V.3.1.1. L'irrigation par ruissellement.....	69
V.3.1.2. L'irrigation à la raie.....	69
V.3.1.3. L'irrigation submersion.....	70
V.3.1.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité.....	70

V.3.2. L'irrigation par aspersion .....	70
V.3.2.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	70
V.3.2.2. Différentes installations à la parcelle .....	71
1) Système d'installation fixe .....	71
2) Système d'installation mobile .....	72
V.3.3. Système d'irrigation par pivot.....	72
V.3.4. Système d'irrigation localisée .....	73
V.3.4.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.....	73
V.4. Choix de la technique d'arrosage .....	75
V.5. Conclusion.....	75

## **Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle... .. 76**

VI.1. Introduction.....	77
VI.2. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte .....	77
VI.2.1. Données générales.....	77
VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisé.....	77
VI.2.3. Dose nette pratique.....	78
VI.2.4. Fréquence et espacement des arrosages (Fr).....	79
VI.2.5. Calcul de la dose réelle .....	80
VI.2.6. La dose brute .....	80
VI.2.7. Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures) .....	80
VI.2.8. Nombre d'arbre par hectare .....	80
VI.2.9. Nombre d'arbre par rampe .....	81
VI.2.10. Nombre des goutteurs par rampe .....	81
VI.2.11. Débit d'une rampe.....	81
VI.2.12. Nombre des rampes.....	81
VI.2.13. Débit de porte rampe .....	82
VI.3. Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	82
VI.3.1. Diamètre de la rampe .....	82
VI.3.2. Diamètre de la porte rampe .....	83
VI.4. Calcul de la pression en tête du réseau.....	84
VI.5. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion .....	85
VI.6. Dimensionnement théorique .....	86
VI.7. Dimensionnement hydraulique des rampes .....	89

VI.7.1. Longueur de la rampe .....	89
VI.7.2. Dimensionnement de la rampe ( $Q_r$ ) .....	90
VI.7.3. Calcul du diamètre de la rampe.....	91
VI.7.4. Calcul des pertes de charge .....	91
VI.8. Dimensionnement de la porte rampe.....	92
VI.8.1. Longueur de la porte rampe .....	92
VI.8.2. Débit de la porte rampe .....	92
VI.8.3. Calcul du diamètre de la porte rampe .....	92
VI.8.4. Calcul de la perte de charge de la porte rampe .....	93
VI.8.5. Calcul de la pression en tête de réseau.....	94
VI.9. Conclusion .....	94

## **Chapitre VII : Calcul technico-économique... .. 95**

VII.1. Introduction.....	96
VII.2. Exécution des travaux de pose de canalisation .....	96
VII.2.1. Exécution des tranchées.....	96
VII.2.2. Pose de lit de sable.....	96
VII.2.3. Remblayage des tranchées .....	97
VII.2.4. Nivellement et comptage .....	97
VII.3. Calcul des volumes des travaux de distribution.....	97
VII.3.1. Calcul du volume de terrassement .....	97
VII.3.2. Calcul du volume de déblai.....	98
VII.3.3. Calcul du volume de remblai .....	99
VII.3.4. Calcul du volume de sable .....	99
VII.4. Facture des différents types des conduites du réseau de distribution .....	100
VII.5. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales .....	101
VII.6. Tableau des devis de projet.....	101
VII.6. Conclusion .....	102

## **Conclusion générale ..... 103**

## **Références bibliographiques ..... 104**

## **Annexes..... 105**

## **Abréviation..... 111**

# Liste des tableaux

## Chapitre I :

<b>Tableau I.1 :</b> Situation de la station météorologique de Chlef.....	7
<b>Tableau I.2 :</b> La pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	7
<b>Tableau I.3 :</b> La répartition mensuelle des températures (°C).....	8
<b>Tableau I.4 :</b> La répartition mensuelle des niveaux d'évaporation (en millimètres) .....	9
<b>Tableau I.5 :</b> Humidités relatives mensuelles (%) .....	9
<b>Tableau I.6 :</b> La répartition mensuelle des vitesses des vents (m/s) .....	10
<b>Tableau I.7 :</b> Insolation moyennes mensuelles.....	10
<b>Tableau I.8 :</b> Classification du climat selon la classification de MARTONNE... ..	11
<b>Tableau I.9 :</b> la variation de précipitation et la température.....	14
<b>Tableau I.10 :</b> Aspects démographiques .....	16

## Chapitre II :

<b>Tableau II.1 :</b> Paramètres de qualité de l'eau d'irrigation.....	22
<b>Tableau II.2 :</b> Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique... ..	23
<b>Tableau II.3 :</b> Classification des eaux en fonction de SAR.....	24

## Chapitre III :

<b>Tableau III.1 :</b> Précipitation mensuelle de station El-karimia... ..	29
<b>Tableau III.2 :</b> Caractéristiques de la série pluviométrique... ..	30
<b>Tableau III.3 :</b> Résultat du test Mood .....	31
<b>Tableau III.4 :</b> Résultat de l'ajustement.....	35
<b>Tableau III.5:</b> L'année de calcul.....	35
<b>Tableau III.6 :</b> Evapotranspiration de référence $ET_0$ calculé par logiciel CROPWAT.....	38
<b>Tableau III.7 :</b> Calcul des pluies efficaces.....	39
<b>Tableau III.8 :</b> Occupation de sol en fonction des cultures.....	40
<b>Tableau III.9 :</b> Assolement étudiée.....	41
<b>Tableau III.10 :</b> Le cycle végétatif des cultures envisagées.....	42
<b>Tableau III.11 :</b> Calcul des besoins en eau pour le blé .....	42
<b>Tableau III.12 :</b> Calcul des besoins en eau pour le blé d'hiver.....	43

<b>Tableau III.13</b> : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS) .....	43
<b>Tableau III.14</b> : Calcul des besoins en eau pour la tomate ... ..	44
<b>Tableau III.15</b> : Calcul des besoins en eau pour la courgette .....	44
<b>Tableau III.16</b> : Calcul des besoins en eau pour l'oignon... ..	45
<b>Tableau III.17</b> : Calcul des besoins en eau pour le haricot.....	45
<b>Tableau III.18</b> : Calcul des besoins en eau pour le poivron.....	46
<b>Tableau III.19</b> : Calcul des besoins en eau pour le pois chiche .....	46
<b>Tableau III.20</b> : Calcul des besoins en eau pour le fève... ..	47
<b>Tableau III.21</b> : Calcul des besoins en eau pour la vigne... ..	47
<b>Tableau III.22</b> : Calcul des besoins en eau pour l'agrume.....	48
<b>Tableau III.23</b> : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.....	48
<b>Tableau III.24</b> : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.....	49
<b>Tableau III.25</b> : Volume d'eau d'irrigation .....	51

## **Chapitre IV :**

<b>Tableau IV.1</b> : Les différents îlots du périmètre .....	54
<b>Tableau IV.2</b> : Types des bornes en fonction des superficies des îlots.....	57
<b>Tableau IV.3</b> : Calcul des débits des îlots et choix du diamètre et type des bornes.....	58
<b>Tableau IV.4</b> : Les diamètres avantageux en fonction des débits .....	61
<b>Tableau IV.5</b> : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	62
<b>Tableau IV.6</b> : Les résultats de calculs.....	63

## **Chapitre VI :**

<b>Tableau VI.1</b> : Caractéristiques des rampes.....	82
<b>Tableau VI.2</b> : Caractéristiques des portes rampes.....	82
<b>Tableau VI.3</b> : Résultat de calcul pratique d'aspersion.....	92

## **Chapitre VII :**

<b>Tableau VII.1</b> : Quantité des travaux de terrassement.....	98
<b>Tableau VII.2</b> : Coût des travaux de terrassement.....	99
<b>Tableau VII.3</b> : Facteur des différents types des conduites du réseau de distribution .....	99
<b>Tableau VII.4</b> : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation .....	100

# Liste des figures

## Chapitre I :

<b>Figure I.1</b> : La situation géographique de la wilaya de Chlef .....	3
<b>Figure I.2</b> : Situation géographique de la ville d'El Karimia (Google maps 2023).....	4
<b>Figure I.3</b> : Carte du périmètre El-karimia ( Google maps 2023) .....	5
<b>Figure I.4</b> : Situation géographique du périmètre (Google maps 2023).....	6
<b>Figure I.5</b> : La précipitation moyennes mensuelles (station el-karimia) .....	7
<b>Figure I.6</b> : Evaluation des températures mensuelles et annuelles .....	8
<b>Figure I.7</b> : Evaluation d'Humidité relative mensuelle .....	9
<b>Figure I.8</b> : Variation d'insolation moyenne mensuelle (heures) .....	11
<b>Figure I.9</b> : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER .....	13
<b>Figure I.10</b> : Diagramme ombrothermique .....	14

## Chapitre II :

<b>Figure II.1</b> : Les zones homogènes du moyen Chellif et l'occupation du sol (O.N.I.D) .....	21
<b>Figure II.2</b> : Barrage Oued Fodda .....	22
<b>Figure II.3</b> : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	26

## Chapitre III :

<b>Figure III.1</b> : Statistique descriptives obtenue par le logiciel HYFRAN .....	32
<b>Figure III.2</b> : Période de retour et intervalle de confiance obtenus par le logiciel HYFRAN .....	33
<b>Figure III.3</b> : Teste de Khi deux obtenus par le logiciel HYFRAN .....	35
<b>Figure III.4</b> : Ajustement par la loi normale obtenue par le logiciel HYFRAN.....	35

## Chapitre IV :

<b>Figure IV.1</b> : Présentation du réseau sur logiciel EPANET .....	63
---	----

## Chapitre V :

<b>Figure V.1</b> : Irrigation à la raie.....	68
---	----

<b>Figure V.2</b> : Système d'irrigation par enrouleur .....	71
<b>Figure V.3</b> : Système d'irrigation utilisant un pivot central .....	72
<b>Figure V.4</b> : L'irrigation par goutte-à-goutte .....	73

## **Chapitre VI :**

<b>Figure VI.1</b> : Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.....	89
--	----

## **Chapitre VII :**

<b>Figure VII.1</b> : Schéma d'une tranchée.....	97
--	----

## Liste des planches

**Planche N°01** : Plan de situation ;

**Planche N°02** : Plan de réseau d'irrigation ;

**Planche N°03** : Profil en long ;

**Planche N°04** : Réseau d'irrigation (par Aspersion, Goutte a Goutte).

## **Liste des annexes**

**Annexe 01** : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

**Annexe 02** : Classification des zones homogène du périmètre moyen Chellif.

**Annexe 03** : Les zones homogènes du moyen Chellif et l'occupation du sol (O.N.I.D).

**Annexe 04** : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

**Annexe 05** : Spécifications techniques des conduites en PEHD.

**Annexe 06** : La fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot.

# Introduction générale

Actuellement, le monde fait face à diverses crises et perturbations d'ordre politique, économique et social. En outre, les perturbations climatiques liées au réchauffement s'ajoutent à ces défis. De nombreux chercheurs se sont mobilisés pour trouver des solutions, visant à assurer un avenir meilleur pour les générations à venir.

La problématique des ressources hydriques demeure un enjeu majeur, et les efforts sont dirigés vers la recherche de solutions pour les préserver, surtout dans les zones semi-arides, afin de garantir cette ressource cruciale. Face à une démographie en constante augmentation, l'Algérie, tout comme plusieurs autres pays, est prédominée par l'agriculture. Cependant, elle est confrontée au défi de la rareté de l'eau, attribuable aux cycles de sécheresse récents.

Cette situation a incité les autorités publiques à promouvoir la gestion de l'eau, tant pour répondre aux besoins croissants de la population que pour soutenir l'essor de l'agriculture. Il est à noter que 75% de la consommation annuelle d'eau est consacrée au secteur agricole en Algérie. La réalisation d'une gestion rationnelle de cette ressource dépend largement de la mise en œuvre de techniques modernes d'irrigation des terres. Ceci non seulement améliorerait l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les agriculteurs, mais favoriserait également la rentabilité et la durabilité de leurs activités.

Notre étude se concentre sur une étude de projection d'un système d'irrigation agricole du niveau du périmètre de la plaine du Moyen Cheliff, plus précisément dans le secteur d'El Karimia, à partir du barrage d'Oued fouda. Ce secteur, situé dans la wilaya de CHELLIF, couvre une superficie de 227 hectares.

Ce mémoire est organisé en sept chapitres qui abordent divers aspects, notamment une présentation des caractéristiques géographiques et physiques de la zone d'étude, une analyse socio-économique, la définition des ressources en eau et en sol, une étude hydrologique, une évaluation des besoins en eau pour l'irrigation, une proposition de schémas d'aménagement hydraulique, le dimensionnement d'un système d'irrigation efficace, et enfin, la réalisation d'une évaluation économique du projet. L'objectif principal de ce mémoire est d'accroître la diversification des cultures et d'améliorer les rendements agricoles de la zone en mettant en place un réseau d'irrigation gravitaire. Pour atteindre cet objectif, des techniques modernes telles que l'aspersion et le système goutte à goutte seront utilisées.



**Chapitre I**  
**Analyse des Conditions Naturelles**

## Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

### I.1. Introduction :

Avant d'entreprendre toute étude, il est essentiel de se renseigner minutieusement sur la région et la zone d'étude. Dans ce chapitre, nous allons présenter de manière globale la zone el-karimia, en abordant sa situation géographique ainsi que ses caractéristiques climatiques et topographiques. Ces informations sont indispensables pour mener à bien un projet d'irrigation.

### I.2. La Situation géographique de la wilaya de chlef :

La wilaya de Chlef se trouve dans la partie nord-ouest du pays, dans le Tell occidental, à environ 200 km à l'ouest de la capitale. Elle s'étend sur une superficie de 4791 km<sup>2</sup>, les coordonnées géographiques de Chlef :

- Latitude : 36°10'26'' Nord
- Longitude : 1°20'12'' Est
- L'altitude par rapport au niveau de la mer : 86 m

Elle est bordée :

Au nord par la mer Méditerranée ;

Au sud par Tissemsilt ;

À l'est par Ain Defla et Tipaza ;

À l'ouest par Mostaganem et Relizane.

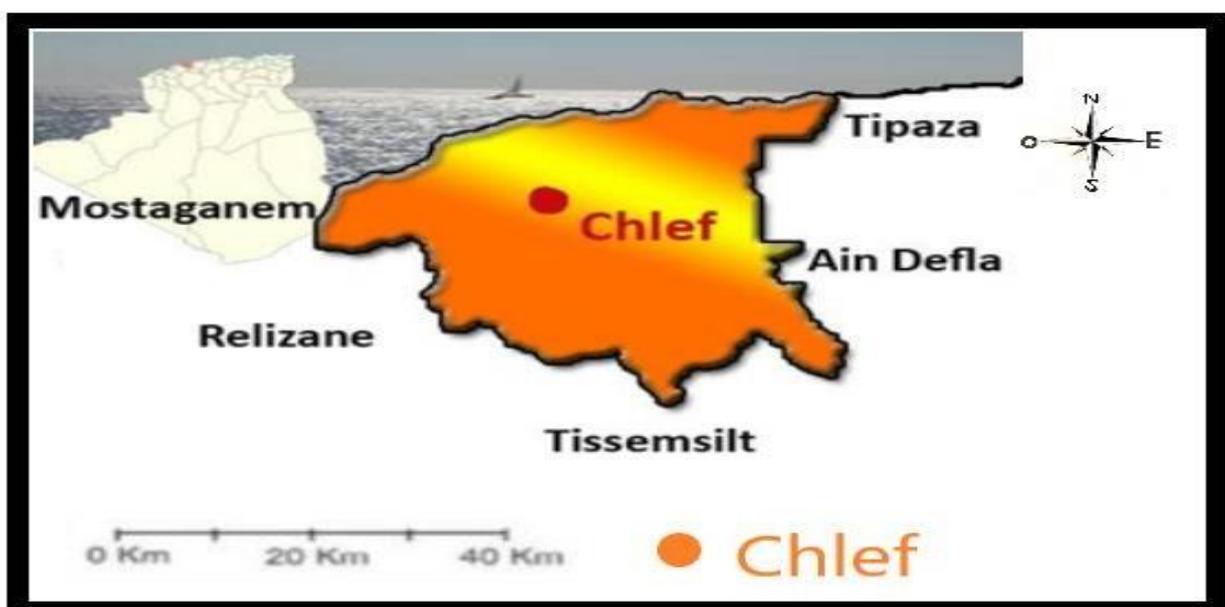


Figure I.1 : La situation géographique de la wilaya de Chlef

### I.3. Présentation générale du Moyen Chellif :

Le périmètre de Moyen Chellif s'étend entre le Haut et le Moyen Chellif, s'étirant de EL ATTAF à l'Est jusqu'à ECH SHELLIF à l'Ouest. Il est composé de deux zones distinctes et occupe une superficie totale de 9676 hectares.

La Zone A, d'une superficie de 4576 hectares, est alimentée par l'oued El Fodda. Quant à la Zone B, elle s'étend sur 5100 hectares et est alimentée par l'oued Chélif.

### I.4. La Situation géographique d'el Karimia :

La commune d'el karimia se trouve au sud-est de la wilaya de Chlef, à une distance d'environ 28 km, les coordonnées géographiques de commune el Karimia :

- Latitude : 36°7'0'' Nord
- Longitude : 1°33'0'' Est
- L'altitude par rapport au niveau de la mer : 112 m

Ses limites sont les suivantes :

Au nord par la commune d'Oued Fodda ;

A l'Ouest par la commune de Harchoun ;

A l'est par la commune de Beni Bouateb ;

Au Sud par la wilaya de tissemsilt.



Figure I.2 : Situation géographique de la ville d'El Karimia (Google maps 2023)

### I.5. Présentation du périmètre :

Le périmètre d'Oued fodda regroupe les zones 1 (commune d'el karimia ), 2 (commune d'Oued fodda) et 3 (commune d'Oued fodda et El Attaf) .

Ces trois zones correspondent à une superficie irrigable de : 4576 ha.

La zone d'analyse se trouve dans la commune d'El-karimia, couvrant une superficie de 227 hectares. Elle se distingue par une altitude moyenne de 212 mètres. Cette zone fait partie d'une vaste plaine connue sous le nom de Moyen Cheliff zone A.



Figure I.3 : Carte du périmètre El-karimia ( Google maps 2023), Bureau d'étude hicham.

### I.5.1. L'infrastructure routière

L'endroit du projet bénéficie d'une bonne accessibilité grâce à son réseau routier développé.



Figure I.4 : Situation géographique du périmètre (Google maps 2023), bureau d'étude hicham.

### I.5.2. La topographie et le relief

La compréhension des particularités topographiques et du relief constitue un élément crucial pour évaluer la propension des terrains au ruissellement, à l'infiltration et à l'évaporation. Il est possible d'affirmer que la zone étudiée possède un profil en pente, présentant une altitude moyenne 212 mètres. De plus, la pente s'accroît et dépasse 3% dans certains endroits.

### I.5.3. La climatologie

L'étude climatologique est la seule méthode permettant de déterminer le type de climat, et pour mener à bien cette étude, il est essentiel d'identifier certains paramètres tels que les précipitations, l'évaporation, la température et l'insolation.

**Tableau I.1 : Situation de la station météorologique de Chlef.**

Stations	Code	Longitude	Latitude	Altitude (m)
El-karimia	012110	01° 33' 28'' E	36° 07' 08'' N	210

#### I.5.4. La précipitation

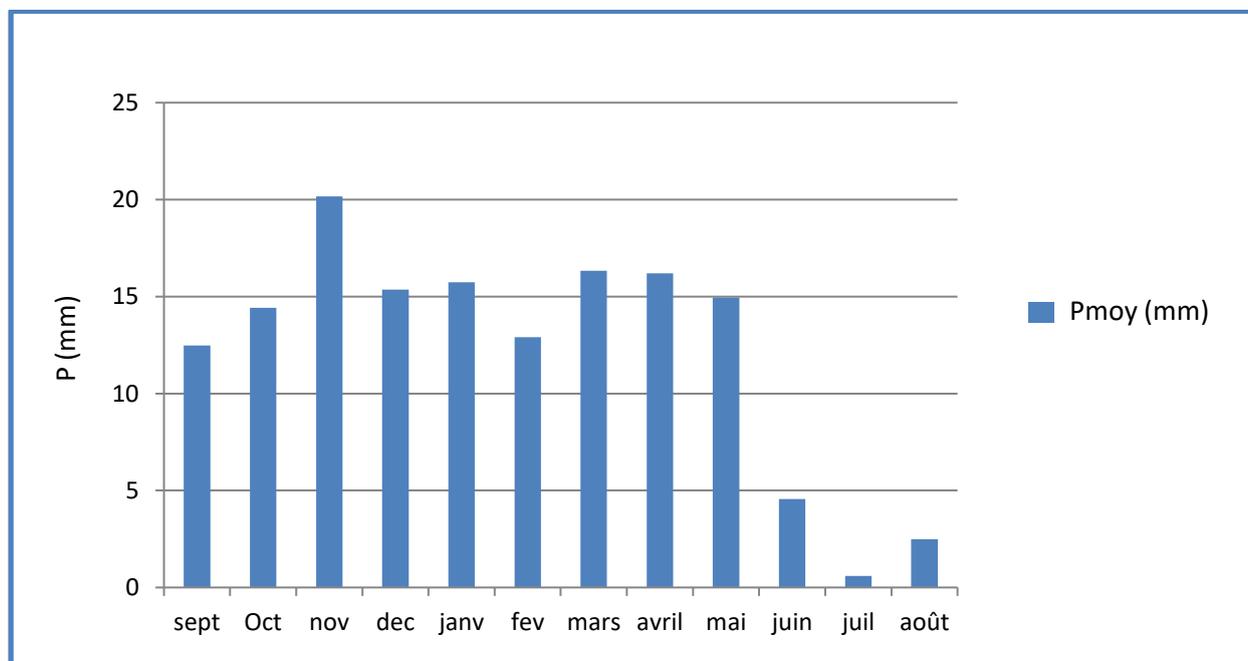
Le régime des précipitations est largement influencé par l'emplacement des stations pluviométriques et leur altitude. Pour obtenir un aperçu du régime pluviométrique, nous allons effectuer une analyse simple de la période allant de 1996 à 2022.

Les données recueillies proviennent de la station pluviométrique El-karimia. Selon le tableau ci-dessous (Tableau I.2), les précipitations varient de 0,6 mm à 20,16 mm, avec une moyenne annuelle de 12,18 mm.

**Tableau I.2 : La pluviométrie moyenne (1996 - 2021).**

	sept	Oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	août	annuel
Pmoy (mm)	12,48	14,42	20,16	15,36	15,74	12,91	16,34	16,20	14,95	4,57	0,6	2,48	146,21

Source: A.N.R.H station el-karimia

**Figure I.5 : Les précipitations (station el-karimia).**

### I.5.5. La température

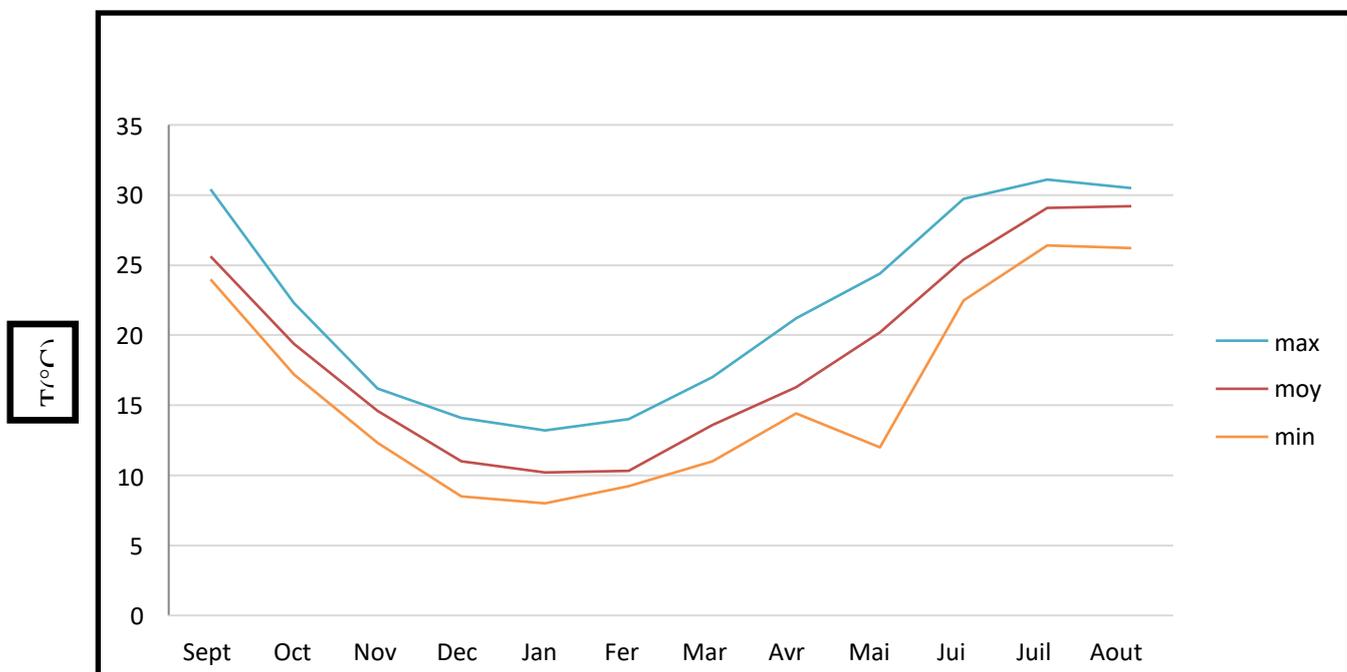
La température est un paramètre climatique crucial dans une étude climatologique, et le tableau suivant (Tableau I.3) résume sa variation.

**Tableau I.3 : La répartition mensuelle des températures (2015/2016)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moyenne Annuelle °C
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
Tmax	30.4	22.3	16.2	14.1	13.2	14.0	17.0	21.2	24.4	29.7	31.1	30.5	22.01
Tmoy	25.6	19.4	14.6	11.0	10.2	10.3	13.6	16.3	20.2	25.4	29.1	29.2	18.74
Tmin	24.0	17.2	12.3	08.5	08.0	09.2	11.0	14.4	12.0	22.5	26.4	26.2	15.97

Source: O.N.I.D Chlef

D'après les données de température, il est évident que le mois d'août est le plus chaud, affichant une température moyenne de 29.2 °C. En revanche, les mois de janvier et février sont les plus froids de l'année, avec des températures moyennes de 10.2 °C et 10.3 °C respectivement.



**Figure I.6 : Evaluation des températures mensuelles.**

### I.5.6. Evaporation

L'évaporation représente la perte d'eau lorsqu'elle est restituée directement dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau.

Le tableau suivant (Tableau I.4) présente l'évolution de l'évaporation moyenne par mois au cours d'une année.

**Tableau I.4 : La répartition mensuelle des niveaux d'évaporation (2015/2016).**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total annuelle	Moyen annuelle (mm)
Evapo (mm)	160.3	110.7	60	54.4	43.8	46.8	80.3	126.4	177.5	224	216.4	216.3	1516.9	126.41

Source: ONM. Chlef

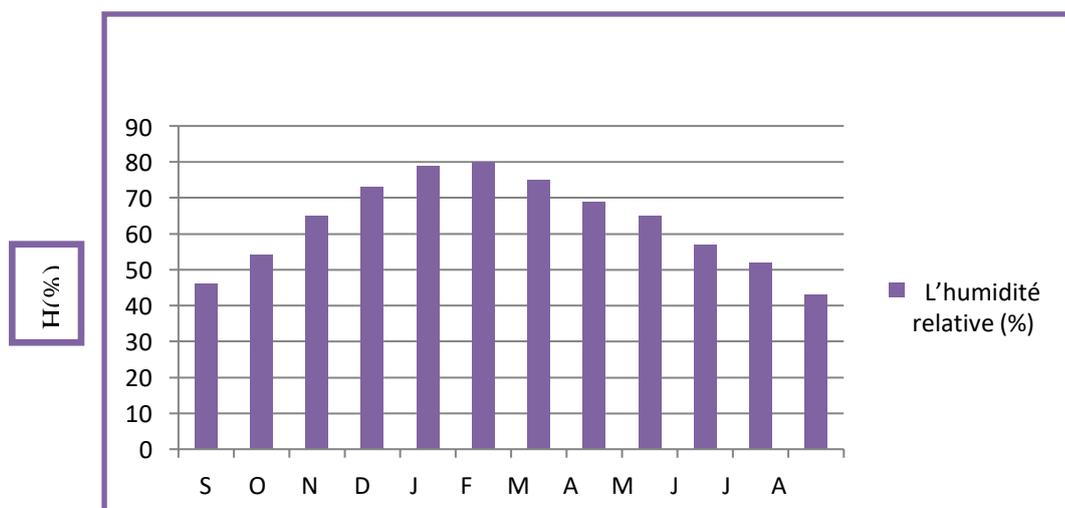
### I.5.7. L'humidité relative

L'humidité relative de l'air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal.

**Tableau I.5 : Humidités relatives mensuelles (2015/2016)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne annuelle
L'humidité relative (%)	46	54	65	73	79	80	75	69	65	57	52	43	63

Source : O.N.I.D



**Figure I.7 : Evaluation d'Humidité relative mensuelle.**

### I.5.8. Le vent

En règle générale, les vents prédominants à El Karimia soufflent de l'ouest vers l'est, atteignant une vitesse modérée de 2,5 m/s.

Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées par la station sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau I.6 : La répartition mensuelle des vitesses des vents (2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne annuelle
Vitesse moyenne du vent (m/s)	2.6	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.5	2.7	3	2.6	3.1	3	2.5

Source : ONM (Alger)

- La vitesse maximale est de 3.1 m/s, elle est observée au mois de Juillet .
- La vitesse minimale est de 2.1 m/s, elle est observée les mois d'Octobre et Décembre .

### I.5.9. L'insolation

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

**Tableau I.7 : Insolations moyennes mensuelles**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Insolation (heures)	8,9	7,2	6,2	5,5	5,5	6,5	7,4	8,7	9,9	10,9	11,7	11,1

Source : ONM (chlef)

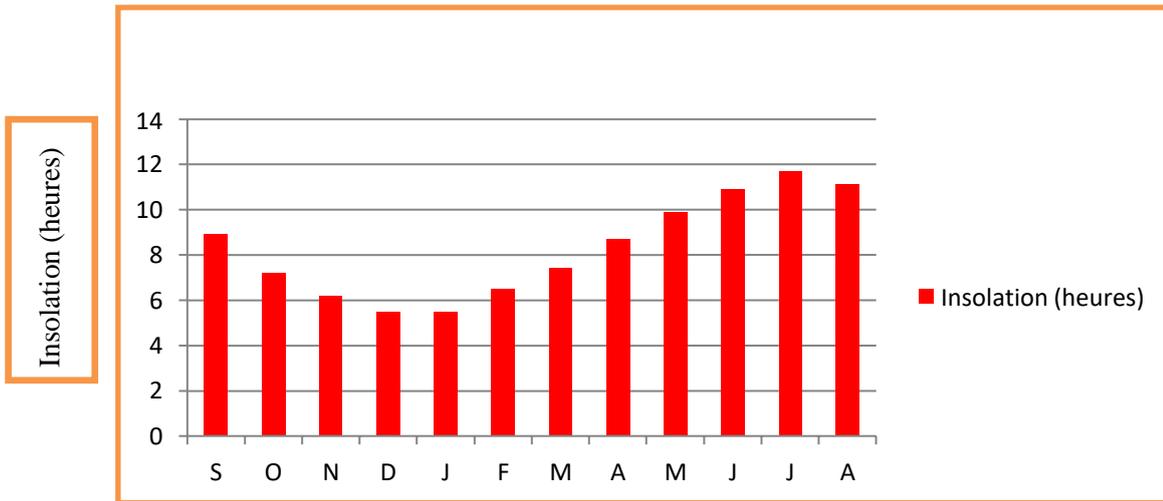


Figure I.8 : Variation d'insolation moyenne mensuelle (heures).

**I.5.10. Classification du climat**

Il existe de nombreuses méthodes pour déterminer le type de climat et la période sèche, parmi lesquelles on peut citer plusieurs indices tels que l'indice de Martonne, l'indice de Moral, l'indice d'Euverte et l'indice d'Emberger. Dans notre cas, nous allons calculer l'indice d'aridité annuel de Martonne et l'indice d'Emberger.

**I.5.10.1. Indice d'aridité annuel de «MARTONNE»**

C'est le degré de sécheresse du climat de la région.

Il est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

- **IA**: Indice climatique de Martonne.
- **P** : précipitation moyenne annuelle (mm).
- **T** : température moyenne annuelle (°C).

Tableau I.8 : Classification du climat selon la classification de MARTONNE

VALEURS	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

Pour notre cas :

- $P = 153.5 \text{ mm}$
- $T = 18.74 \text{ °C}$

On aura : 
$$I_A = \frac{146.21}{18.74+10} \approx 5.09$$

En se basant sur le calcul de l'indice d'aridité et en se référant au tableau de classification correspondant, il est évident que la région est caractérisée par un climat très sec, ce qui souligne l'importance de mettre en place un système d'irrigation.

### **I.5.10.2. Quotient pluviométrique d'Emberger :**

La méthode repose sur la représentation graphique du quotient pluviométrique en utilisant un diagramme établi par EMBERGER, en relation avec la température moyenne minimale du mois le plus froid.

\*ce quotient est défini par la formule :

$$Q = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots ( I. 2)$$

Tels que :

- **Q** : Le quotient pluviométrique d'EMBERGER.
- **P** : La moyenne annuelle des précipitations en millimètres (mm).
- **M** : La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degrés absolus (°K).
- **m** : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degrés absolus (°K).

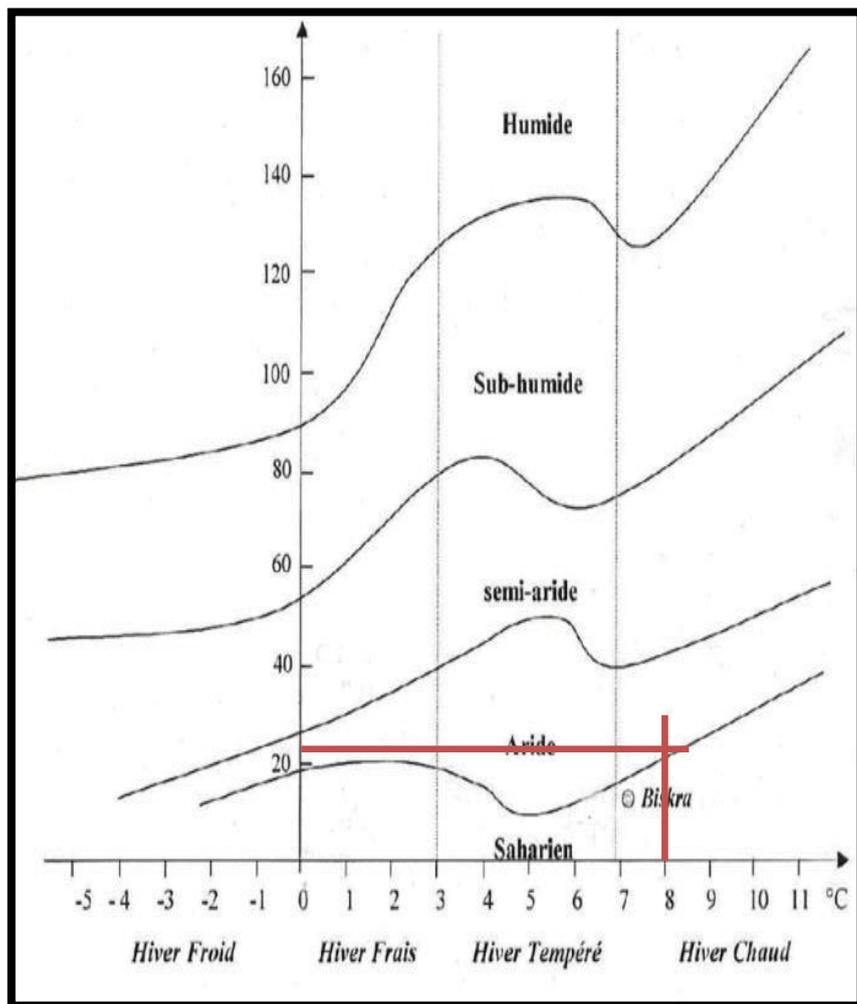
Ensuite, nous représentons Q en fonction de la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degrés Celsius (°C).

Pour notre région :

- $M = 31.1 \text{ °C}$
- $m = 8 \text{ °C}$
- $P = 146.21 \text{ mm}$

On aura :

- $$Q = \frac{2000 \cdot 146.21}{(31.1+273)^2 - (8+273)^2} \approx 21.64$$



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

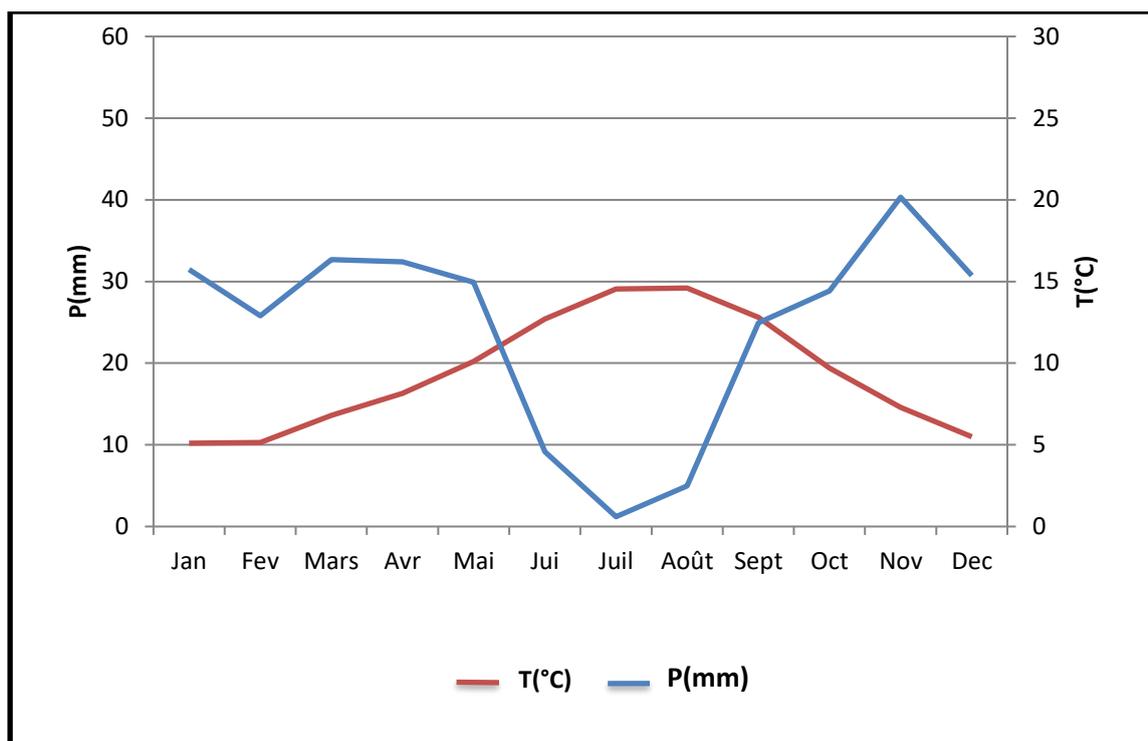
En plaçant la valeur de (Q) sur le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (voir Figure 09) en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, il est possible de confirmer que notre région est classée dans l'étage bioclimatique aride, avec le sous-étage correspondant à un hiver chaud.

### **I.5.10.3. Le diagramme Ombrothermique de « GAUSSEN ET BAGNOULS » :**

L'objectif de la création du diagramme ombrothermique est de mettre en évidence les mois ou la période sèche au cours de l'année. Selon BAGNOULS et GAUSSEN, un mois est considéré comme sec lorsque les précipitations sont inférieures à deux fois la température moyenne mensuelle ( $p < 2T$ ).

**Tableau I.9 : la variation de précipitation et la température**

MOIS	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
P (mm)	12,48	14,42	20,16	15,36	15,74	12,91	16,34	16,20	14,95	4,57	0,6	2,48
T(°C)	25,6	19,4	14,6	11	10,2	10,3	13,6	16,3	20,2	25,4	29,1	29,2

**Figure I.10 : Diagramme ombrothermique**

En se basant sur le diagramme ombrothermique, on peut conclure que la période sèche s'étend de juin à la fin de septembre.

### I.6. L'étude géologique:

La géologie se consacre principalement à l'étude de la Terre, en mettant particulièrement l'accent sur la lithosphère. En tant que discipline phare au sein des sciences de la Terre, elle débute par l'observation, puis formule des hypothèses pour expliquer la disposition des roches et des structures qui les influent, avec pour objectif de reconstruire leur histoire et les processus impliqués. De plus, le terme "géologie" englobe également toutes les caractéristiques géologiques d'une région.

### I.6.1. Formation géologique :

Le Jurassique, caractérisé par des étendues limitées, se manifeste à travers quelques affleurements dispersés au sein d'une vaste étendue de terrains créacés. Il comprend l'Infra-Lias, le Lias et l'Oxfordien, on les rencontre dans les environs d'El Asnam, Oued Fodda et sur les crêtes de l'Ouarsenis.

- Les formations de l'Infra Lias et du Lias se manifestent par des îlots de calcaire bleu compact et des schistes argileux brillants, présents notamment près des villages de Oued Fodda et d'Ex Lamartine, ainsi qu'au Djebel Tamoulga et dans l'Ouarsenis. Certains endroits, comme au Kef Sid Amar, révèlent la présence de dolomies jaunâtres, de calcaires dolomitiques, voire de calcaires massifs blancs ou gris.
- En ce qui concerne l'Oxfordien, il est observable le long des rives de l'oued Lella Ouada, se présentant sous la forme de calcaire dur et blanchâtre, agrémenté de quelques bancs marneux. Dans la région de l'Ouarsenis, la couche de base est composée de calcaire rigoureux, identifié comme relevant de l'Oxfordien.
- Le Crétacé prédomine sur une vaste portion du massif de l'Ouarsenis, avec la couche du Crétacé inférieur s'étendant largement dans la partie méridionale du bassin du Chélif. À l'ouest, cette strate est recouverte par des terrains tertiaires, tandis qu'à l'est, elle se prolonge pour rejoindre des formations géologiques du même âge dans la région de Teniet El Had.
- L'Eocène Inférieur se caractérise par la présence de marnes allant du blanc au bleu, ainsi que de calcaires marneux blancs renfermant des couches de silex noirs. Ces formations géologiques sont observées dans la région d'Ammi Moussa et sur la rive droite de l'oued Rhiou, reposant en discordance sur le Néocomien. La partie supérieure de l'Eocène inférieur est composée d'argiles de teintes blanches ou grises, ainsi que de grès.
- Quant à l'Eocène Supérieur, il se manifeste par une couche épaisse de grès sableux de teinte rougeâtre, caractérisés par de petits grains de quartz.

On peut observer une exposition de marnes aux couleurs variées, entrecoupées de couches de grès brunâtre à forte teneur en quartz dans la zone d'Oued Fodda.

- Les formations géologiques du Tertiaire Supérieur se trouvent principalement dans la région d'Oued Fodda. Les plaines d'Oued Fodda et Sidi Rached sont séparées dans leur partie orientale par des strates rouges du Pliocène, qui comprennent des marnes, des poudingues, des sables et des grès. Ces formations sont répandues le long de la vallée du Chélif, principalement sur son flanc nord. (BOUZADA NACERA, 2012)

**I.6.2. Les Formations quaternaires :**

- Grés calabriens
- Les alluvions

**I.7. Analyse du milieu socio-économique :**

La wilaya de Chlef occupe une position géographique propice à l'agriculture en raison de sa situation sur la plaine du Moyen Chellif et de l'abondance de ressources en eau grâce aux barrages d'Oued Fodda et de Sidi Yaakoub. En conséquence, elle a développé une agriculture diversifiée, notamment axée sur la production de légumes frais et de cultures maraîchères.

La superficie agricole totale (SAT) s'étend sur 262 511 hectares, ce qui représente 64,39 % de la superficie totale de la wilaya. Sur cette étendue, la superficie agricole utile (SAU) couvre 203 230 hectares, équivalant à 77 % de la SAT. De plus, une superficie irriguée de 23 379 hectares est consacrée à l'agriculture, tandis que 25 714 hectares sont dédiés aux pâturages et aux parcours. Enfin, 33 567 hectares sont constitués de terres improductives.

**Tableau I.10 : Aspects démographiques.**

Paramètre	Caractéristiques et indicateurs	Commune
		El-karimia
<b>Evolution population</b>	Population 1998 (ha)	25,060
	Population RGPH 2008 (ha)	28,821
	Taux d'accroissement annuel (%)	1,4
<b>Densité population</b>	Population RGPH 2008 (ha)	28,821
	superficie (km <sup>2</sup> )	96,00
	Densité (hab/km <sup>2</sup> )	300,2
<b>Répartition</b>	0-14 ans	7982

<b>population par groupes d'âge</b>	15-64 ans	19413
	+65 ans	1393

(Source RGPH, 2008)

D'après les chiffres issus du Recensement de la Population et de l'Habitat (RPGH), la population totale de la commune à la fin de l'année 2008 était estimée à plus de 28 821 individus, en augmentation par rapport à 1998 où elle était de 25 060 habitants. Cette croissance représente une augmentation absolue d'environ 3 761 personnes, avec un taux d'accroissement supérieur à la moyenne de la wilaya, atteignant environ 1,4 pour cent.

### **I.8. Conclusion:**

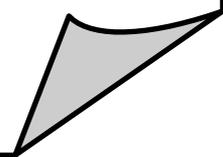
Dans ce chapitre, notre objectif était d'identifier et d'analyser les caractéristiques de la zone d'étude, notamment sur le plan géologique, etc., car ces aspects jouent un rôle crucial dans le processus d'aménagement hydro-agricole du périmètre.

En ce qui concerne le climat, il est important de noter que la zone délimitée est fortement influencée par un climat aride, caractérisé par une faible pluviométrie annuelle et une évaporation élevée. Ces deux facteurs sont significatifs et ont un impact sur les possibilités de développement agricole dans la région, qui doivent être exploitées pour améliorer l'agriculture locale.

Donc il devient essentiel d'implanter un système d'irrigation pour favoriser le développement des cultures et renforcer l'agriculture dans la plaine de Oued fouda.

# **Chapitre II**

## **Ressources en eau et en sol**



## Chapitre II : Ressources en eau et en sol

### II.1. Introduction :

Ce chapitre vise à effectuer une analyse des ressources en sol et en eau envisagées pour le développement hydrologique de notre zone d'étude.

### II.2. Les ressources en sol :

L'objectif de l'analyse des ressources en sol est de repérer et mettre en évidence les zones ayant le plus grand potentiel pour l'irrigation dans la région.

#### II.2.1. But de l'étude pédologique :

Le but de l'étude pédologique est d'identifier les sols présentant un fort potentiel agronomique en vue de leur utilisation potentielle dans un projet d'aménagement hydro-agricole.

#### II.2.2. Classification des sols :

L'analyse des sols, associée aux données de prospection pédologique. La région d'El-Karimia est essentiellement axée sur l'agriculture, avec trois zones homogènes identifiées, principalement situées le long de la vallée de l'Oued Fodda, qui sont dédiées à l'irrigation.

##### II.2.2.1. Zone 01 :

Alluvion récentes profondes non salées de texture équilibré

Ces sols sont principalement constitués de sols peu évolués et se trouvent dans des zones plates. Leurs caractéristiques physico-chimiques varient considérablement en fonction des conditions de leur formation et de leur déplacement. Leur granulométrie varie de limono-argileuse à argilo-limoneuse, ce qui les caractérise par une texture fine. Les variations de finesse sont plus marquées dans les zones d'épandage. Il peut y avoir des indications d'hydromorphie ou de salinité en profondeur, comme l'a noté Hennis K. (2007).

La conductivité électrique de ces sols se situe généralement entre 2 et 4 dS/m, tandis que la perméabilité est généralement supérieure à 0,5 cm/h. Cependant, elle peut descendre en dessous de 0,3 cm/h dans les zones présentant une teneur en sel plus élevée. La teneur en calcaire est d'environ 20 %. Ces sols se trouvent dans des zones sujettes aux inondations, le long de l'Oued Fodda.

**II.2.2.2. Zone 06 :**

Alluvions anciennes et sols de piémont non trisifiées

Ils se composent principalement de sols calci-magnésiens, parfois alternant avec des sols iso-humiques. Ces sols ont une texture allant de l'argilo-limoneuse à l'argileuse, avec parfois des accumulations de calcaire sous forme de nodules ou de dépôts continus. Les taux de calcaire total varient de 10 % à 25 %, tandis que les taux de calcaire actif se situent entre 6 % et 15 %. Le pH des sols avoisine les 8, et la teneur en matière organique est variable mais généralement élevée, avec des ratios carbone/azote proches de 12. La formation de ces sols est largement influencée par les ions  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$ . Ils présentent une structure solide et une perméabilité satisfaisante, atteignant environ 10 cm/h pour les horizons supérieurs ayant une structure correcte, mais descendant à environ 3 à 5 cm/h en profondeur. Les capacités d'échange sont élevées, comme l'a noté Hennia en 2007. Bien que des caractéristiques vertiques et salines puissent apparaître en profondeur, la stabilité structurale demeure généralement bonne. Ces sols se situent le long des limites de la nappe alluviale et sont moins vulnérables aux gelées.

**II.2.2.3. Zone 07 :**

Sols sur croûtes et formations calcaires en surface

Ils sont principalement répartis sous forme de petites zones dispersées le long des pentes des glaciers qui bordent la région, avec une concentration plus marquée à l'extrémité orientale du périmètre du Moyen Chéiff. Ces sols appartiennent exclusivement à la catégorie des sols isohumiques, qui sont moins courants dans la zone d'étude, caractérisée par son relief montagneux accidenté.

Ces sols ont une texture allant de l'argilo-limoneuse à l'argileuse. Parfois, on observe une stratification verticale ou des accumulations discontinues de calcaire à une profondeur d'environ 50 cm. Les taux de calcaire total atteignent environ 23 % en surface et augmentent jusqu'à 50 % dans les horizons d'accumulation. Les niveaux de matière organique sont satisfaisants, se situant entre 0,5 % et 1 % au-dessus des croûtes calcaires, et les rapports carbone/azote (C/N) se situent généralement entre 12 et 13, selon les observations de Hennia K. en 2007.

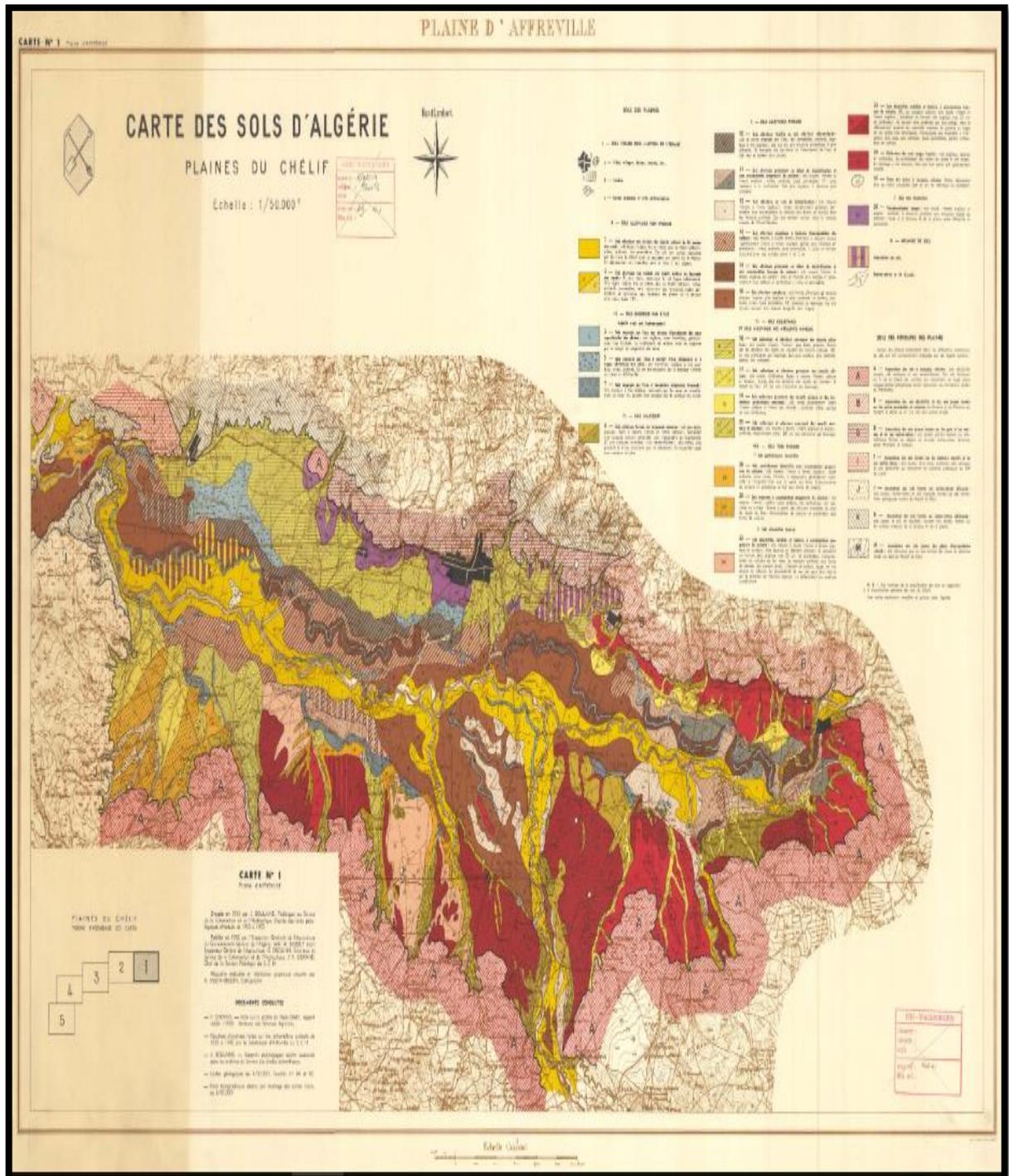


Figure II.1 : Les zones homogènes du moyen Chellif et l'occupation du sol (O.N.I.D)

### II.3. Ressource en eau d'irrigation :

L'eau, étant un élément essentiel à la croissance des plantes, joue un rôle fondamental dans la composition des tissus végétaux.

#### II.3.1. Ressources en eaux souterraines :

L'eau souterraine est l'un des principaux éléments de l'eau de rivière permanente dans le monde, où le débit de base des rivières dépend des eaux souterraines. L'utilisation de l'eau souterraine augmente en augmentant le forage des puits, afin d'augmenter le besoin d'eau potable pour la population et d'eau d'irrigation pour l'agriculture dans de vastes régions du monde.

Les ressources en eau souterraine de la wilaya de Chlef sont situées dans les strates composées principalement d'alluvions quaternaires sables astiens du Pliocène) et (calcaires à lithothamnium) qui sont des roches sédimentaires pouvant être conservées. En grande quantité d'eau, appelée la couche contenant de l'eau L'aquifère, où le volume d'eau souterraine utilisé est d'environ 62 Hm<sup>3</sup> / an, selon la Direction des ressources en eau de la wilaya de Chlef pour l'année 2014.

L'eau mobilisée dans la wilaya de Chlef atteignait 25,08 Hm<sup>3</sup> selon la Direction des ressources en eau de la wilaya de Chlef, où ont été mobilisée et exploitée dans la plaine du moyen Chélif à partir de puits; et puits profonds et de sources.

**Forages:** ce sont des puits profonds; sont la principale ressource traditionnelle pour l'accès à l'eau souterraine dans les régions arides et semi- arides du monde. Les puits profonds sont forés par des entreprises spécialisées, chaque puits profond atteignant quelques centaines de mètres et une profondeur de pas plus de 1000 mètres.

Selon l'Agence Nationale des Ressources en Eau et la Direction de l'Irrigation et de l'Agriculture de la wilaya de Chlef, 139 puits profonds d'une capacité de 1415344.4 m<sup>3</sup> ont été distribués aux différentes municipalités de la plaine.

La quantité de puits profonds utilisée varie entre 3 et 30 l / s et est excavée à une profondeur de 90-214 m du sol, selon les sites aquifères souterrains situés dans la zone d'étude.

**Puits traditionnels:** C'est une eau souterraine, qui est forée par les résidents dans l'œil du lieu, où la profondeur maximale est de 15 m. La Direction de l'irrigation et de l'agriculture de l'Etat de Chlef compte 42 puits traditionnels d'une capacité de 140973m<sup>3</sup>, pour la plupart privés, dont la consommation varie de 0,5 à 17 litres par hectare dans les différentes

communes du moyen Chlef, pour alimenter en eau potable les habitants du moyen Cheliff et irriguer une partie de la plaine.

**Sources:** Les sources sont des ouvertures d'où l'eau coule à la surface sans pompage, pour apparaître à la surface de la terre sous la forme de ressorts et. Al-Ayoun était le principal fournisseur d'eau pour l'irrigation humaine et animale, et pour l'irrigation des fermes limitées dans les oasis

L'Agence Nationale des Ressources en Eau et la Direction de l'Irrigation de la wilaya de Chlef ont dénombré 13 sources répartis sur les différentes communes de la plaine d'une capacité de 49365 m<sup>3</sup>, tous exploités pour l'eau potable humaine et animale et l'irrigation des petites surfaces agricoles de la plaine.

Les eaux souterraines de la plaine du moyen Chélif ont trois objectifs: fournir de l'eau potable aux habitants de la zone d'étude, irriguer les alentours et abreuver les animaux, le reste étant destiné à l'industrie.

### **II.3.2. Ressources en eau de surface :**

L'eau de surface est l'eau courante dans les rivières, les vallées temporaires, les pistes, les lacs frais, les océans et les mers, et la neige est le sommet le plus élevé de la montagne. L'eau de surface est la principale source d'eau souterraine renouvelable.

Selon les données recueillies par la Direction des ressources en eau de la wilaya de Chlef 2010, les eaux de surface de la wilaya étaient de 11,67 hm<sup>3</sup>. Cette «quantité insuffisante» d'eau est évacuée par de nombreux oueds provenant des petits bassins du bassin de Cheliff, reflétant la fluctuation et l'irrégularité de leur précipitation au cours de l'année.

Mobilisation des eaux superficielles: sont mobilisées ceux qui stockent l'eau et massant dans des installations d'eau tels que les barrages et les retenues collinaires et des puits profonds et deux types de la normale, afin d'exploiter et utiliser au besoin. L'eau de pluie est considéré comme l'eau de surface des éléments nutritifs de base destiné à l' irrigation de vastes zones de la plaine, en mobilisant et emballés dans diverses structures et installations d'eau. Selon la direction des ressources en eau de la wilaya Chlef 10.49hm<sup>3</sup> d'eau ont été mobilisés pour la création grands et petits barrages pour les exploiter dans les trois utilisations: l'eau potable, l'industrie et l'irrigation.

Les eaux de surface de la plaine du moyen Chélif ont été modifiées par deux grands barrages d'une capacité supérieure à 10 millions de m<sup>3</sup>, exploités par l'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT), dont l'exploitation et l'entretien sont assurés par oued

fodda et oued Sidi Yacoub.

### **II.3.2.1. Ressources en eau du périmètre :**

#### **II.3.2.1.1. Barrage d'Oued fodda :**

Le barrage d'Oued-fodda est le premier des grands barrages construits en Algérie. L'étude de faisabilité débute en 1910 mais sa construction commence en 1926 pour se terminer en 1932. Ce dernier est situé dans la commune de Béni Bouatab, la wilaya de Chlef. Sa capacité est de 225 Mm<sup>3</sup>, sa principale mission est l'irrigation du périmètre du moyen chellif ainsi que l'alimentation en eau potable.



**Figure II.2 : Barrage Oued Fodda**

### II.3.2.1.2. Barrage des portes de fer :

Le barrage des "Portes de fer" se trouve à environ 8 kilomètres en aval du barrage d'Oued Fodda et à 5 km au sud du village d'El-karimia, ayant été érigé en 1940 pour remplir un double objectif :

Il avait pour première fonction de maintenir le niveau de l'eau dans le réservoir à une élévation de 241,0 mètres, garantissant ainsi les pressions nécessaires pour l'irrigation gravitaire de la zone A.

De plus, il servait à compenser le débit de la centrale hydro-électrique d'Oued Fodda, ainsi que les débits requis pour l'irrigation. À l'origine, sa capacité de stockage s'élevait à 300 000 mètres cubes, mais au fil du temps, cette capacité a diminué en raison de l'envasement.

### II.3.2.2. Qualité de l'eau d'irrigation :

L'eau de surface destinée à l'irrigation a été soumise à une analyse basée sur les données brutes de l'oued Fodda, les résultats étant résumés dans le tableau II.1.

**Tableau II.1 : Paramètres de qualité de l'eau d'irrigation.**

Elément	Unité	Moyenne
<b>Conductivité (CE)</b>	mmhos/cm	1,70
<b>Calcium (Ca<sup>2+</sup>)</b>	meq/l	3
<b>Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)</b>	meq/l	16,29
<b>Sodium (Na<sup>+</sup>)</b>	meq/l	37,34
<b>Potassium (K<sup>+</sup>)</b>	mg/l	5,16
<b>Chlorures (Cl<sup>-</sup>)</b>	mg/l	79,2
<b>pH à 25°C</b>	-	7,91
<b>Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	mg/l	0,43
<b>Ammonium</b>	mg/l	2,04

**Source :** Le laboratoire de chimie de la Direction Régionale Centre d'ANRH à Blida.

### II.3.2.3. Classification des eaux pour l'irrigation :

La classification des eaux d'irrigation aux États-Unis repose sur deux critères principaux : la conductivité électrique (CE) et le rapport d'absorption de sodium (SAR).

#### II.3.2.3.1. La conductivité électrique :

Il existe quatre catégories de risque de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

**Tableau II.2 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.**

(CE) en mmhos/cm	
$CE_{25^{\circ}C} < 0,25$	<b>Classe C1</b> : Eau de faible salinité utilisable pour irriguer la plupart des cultures sur la plupart des sols sans grand risque de salinisation du sol.
$0,25 < CE_{25^{\circ}C} \leq 0,75$	<b>Classe C2</b> : Eaux de salinité moyenne qualifiées de peu dangereux, convient pour les plantes modérément tolérantes aux sels
$0,75 < CE_{25^{\circ}C} \leq 2,25$	<b>Classe C3</b> : Eaux dont la salinité est qualifiée de forte, inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôles de salinité nécessaires et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent pousser.
$CE_{25^{\circ}C} > 2,25$	<b>Classe C4</b> : Eaux de salinité très forte, normalement inutilisables pour l'irrigation. Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un lessivage intense. Les plantes très tolérantes aux sels pourront être cultivées.

(United States Salinity Laboratory, U.S.S.L, 1954)

Étant donné que l'eau du barrage destinée à l'irrigation de la zone d'étude présente une conductivité électrique moyenne de 1,70 mmhos/cm, elle se situe dans la classe C3.

#### II.3.2.3.2. Le SAR (Sodium Absorption Ration) :

Il s'agit du rapport du sodium par rapport aux autres cations, un terme couramment employé pour quantifier le niveau d'alcalinité de l'eau, défini par la formule suivante :

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

Avec : Na<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup> et Ca<sup>++</sup> en meq/l

- $SAR = \frac{78}{\sqrt{\frac{58,5 + 66}{2}}} = 12,02$

On distingue quatre (4) classes :

**Tableau II.3 : Classification des eaux en fonction de SAR.**

SAR en Méq/l	
0 – 10	<b>Classe S1</b> L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.
10 – 18	<b>Classe S2</b> : La quantité de sodium est qualifiée de moyenne. Le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et à forte capacité d'échange, surtout dans des conditions de faible lessivage. Ces eaux peuvent poser des problèmes sur le plan structural du sol à moins que du gypse soit présent en quantité suffisante au niveau de ce dernier. Elles sont utilisables sur les sols à texture grossière ou les sols organiques ayant une bonne perméabilité
18 – 26	<b>Classe S3</b> : La quantité de sodium dans ces eaux est qualifiée d'élévée. Elles sont à employer avec prudence. Sinon de graves difficultés peuvent apparaître sur la plupart des sols
> 26	<b>Classe S4</b> : De telles eaux sont qualifiées d'impropres à l'irrigation, sauf si sa salinité est très faible et si on ajoute du gypse ou autre source de Ca soluble pour améliorer le bilan ionique.

(United States Salinity Laboratory, U.S.S.L, 1954)

La Figure 03, qui est un diagramme de classification des eaux d'irrigation. On peut conclure que notre eau présente une forte salinité avec un risque élevé d'alcalinité, ce qui la situe dans l'intervalle (C3-S3).

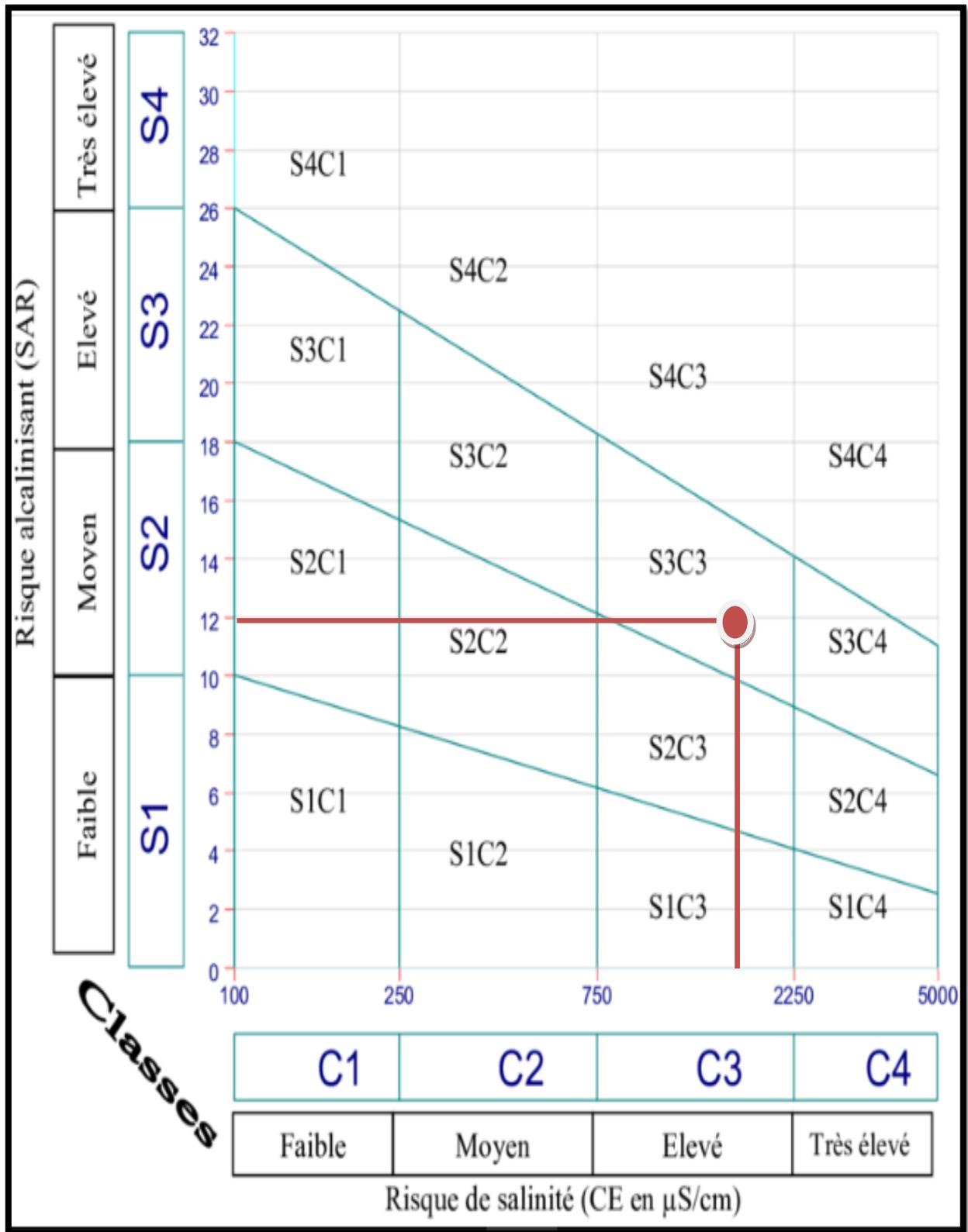


Figure II.3 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

- **Interprétation ;**

D'après cette classification, notre eau est de classe S2 avec un risque moyen d'alcalisation.

Le diagramme de classification des eaux d'irrigation met notre eau à la classe C3-S3, il y a un risque d'alcalinité et de salinité, donc le drainage est nécessaire avec précaution pour éviter de basculer dans la défloculation de notre sol (Km/jour faible = sol imperméable).

Du fait que notre eau est saline C3, on doit ajouter une dose de lessivage qui est calculée en pourcentage de l'ETM. La conductivité électrique dans notre sol est de 3 mmho/cm

$$LR = Ce_{iw} / (5 C_{ees} - Ce_{iw}) \dots\dots\dots (II.2)$$

- $LR = 1.7 / 5 * 3 - 1.7 = 0.1278$
- C'est-à-dire  $LR = 12.8\%$  de l'ETM

#### II.4. Conclusion :

Selon l'étude faite sur la région, on a déterminé le type du sol, la qualité des eaux d'irrigation.

De ce fait, il ressort que le choix des cultures ne pose pas de problème, seuls le choix d'un système d'irrigation judicieux à déterminer compte tenu des caractéristiques physiques du sol.

# **Chapitre III**

## **Hydrologie Besoins en eau des cultures**

## **Chapitre III : Hydrologie et besoins en eau des cultures**

### **III.1. Introduction :**

Ce chapitre, présente les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, cultures envisageables, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible et fertilité des sols.

### **III.2. Etude statistique des précipitations :**

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses . On utilise pour notre projet, celles qui garantissent le meilleur ajustement possible.

#### **III.2.1. Etudes de la précipitation annuelle :**

Pour l'étude des pluies nous avons utilisé la série pluviométrique de la station de El-karimia qui dispose d'une série longue et représentative pour la zone d'étude.

Tableau III.1 : Précipitation mensuelle de station El-karimia

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Annuel
1996-1997	34,2	10,7	2,5	9	14	2,7	0	49,2	8	0,4	5,1	9,2	145
1997-1998	18,9	14,4	25,2	7,3	5	5	3,2	36,2	30	0,8	0	1,4	147,4
1998 - 1999	15	13,5	5,8	7,4	31,5	22	44,7	3,5	6,1	0	0	0	149,5
1999 - 2000	18,2	5,5	20,2	21,2	1,5	0	20,5	3	4	0	0	0	94,1
2000-2001	22,3	60	30,2	27,7	19,7	4,6	2,3	14	6	0	0	0	186,8
2001-2002	12,1	3,4	52,4	15,2	8,3	2,1	17,9	17,5	18,6	0	0	5,1	152,6
2002-2003	0	10,1	16,7	24,4	14,7	13	6,3	14,5	24,5	1	0	5,2	130,4
2003-2004	0	8,4	24,5	17,5	21	15,7	9,5	5	31,5	4,3	0	0	137,4
2004-2005	0	16	17,3	15,5	8	19,4	8	1,5	1	0	0	0,3	87
2005-2006	11,5	17,1	22,9	17,9	12,4	21,4	5,2	3,7	49,5	4	0,5	1,2	167,3
2006-2007	9,8	0	0	18,8	16,4	31,5	12	17,6	29,6	0	0	0	135,7
2007-2008	23,6	12	18	8	8,3	11	13,8	11,8	15,9	11	6	0	139,4
2008-2009	6,4	15,2	10,8	27,5	8,9	6,1	20,1	23,3	11	1	0	2	132,3
2009-2010	21,7	24,5	18,3	11,8	17,6	24	25	13	8,3	1,3	0	34,6	200,1
2010-2011	10,5	20	39,7	7	42	17,3	7	20,2	41,8	18	0,8	0	224,3
2011-2012	6,4	8,1	19,7	5,7	13,9	26,1	15	49	4,3	0	0	0	148,2
2012-2013	0	13	23,4	4	17,6	2,8	21,5	18,7	26,9	0	1,5	1,3	130,7
2013-2014	9,8	12	15	23,5	9,2	14,9	14	3,6	8,7	22	0	0	132,7
2014-2015	37,2	19	17,2	10,5	9,5	21,9	10	0	2,6	0	0	4,2	132,1
2015-2016	6,5	10	20,3	0	12,8	28	32,5	17	5	0	0	0	132,1
2016-2017	2,5	0	12,2	16	45	2,5	18,5	0	2,4	9	0	0	108,1
2017-2018	15	62,9	16,6	28,4	15,2	21,5	19,5	25,6	13,4	41,2	0	0	259,3
2018-2019	15,6	10,2	19,5	12,5	20,8	4,6	17,5	9	3	0	1,5	0	114,2
2019-2020	12,5	1,2	18,5	19,5	16,5	0	37,5	16,4	3,8	0	0	0	125,9
2020-2021	4,5	6,2	15	20,8	15,7	5,2	23	28,2	13,4	3,1	0	0	135,1
2021-2022	10,4	1,5	42,2	22,2	3,7	12,4	20,3	19,8	19,4	1,6	0	0	153,5
Pmoy	12,48	14,42	20,16	15,36	15,74	12,91	16,34	16,2	14,95	4,57	0,6	2,48	146,21

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

**Tableau III.2 : Caractéristiques de la série pluviométrique**

moyenne	146,21 mm
Ecart type	37,27
cv	0.25
p <sub>min</sub>	87 mm
p <sub>max</sub>	259,3 mm

### III.2.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Avant d'utiliser les données hydrologiques, il est essentiel de vérifier leur cohérence, car il peut y avoir des interruptions dans les relevés des stations pluviométriques, ce qui complique leur utilisation. Par conséquent, il est indispensable d'effectuer un test de Mood afin de confirmer l'homogénéité de la série pluviométrique.

### III.2.3. Test de Mood : (Paul Meylan, 2008)

Le test de Mood est une méthode pour déterminer l'homogénéité d'une série de données pluviométriques. Cette approche repose sur le processus suivant :

prenons un échantillon  $x_1, x_2, \dots, x_n$  et trouvons sa médiane  $M$  en triant l'échantillon par ordre croissant.

La médiane  $M$  est une constante telle que 50% des valeurs  $x_i$  sont inférieures à elle, et 50% des valeurs  $x_i$  sont supérieures à elle.

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

+ pour le  $X_i > M$

- Pour le  $X_i < M$

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

- $N_s$  : nombre totale de séries de + ou de -.
- $T_s$  : taille de la plus grand série de + ou -.

Les conditions du test sont les suivantes :

$$\frac{1}{2}(N + 1 - 1,96\sqrt{N-1}) < N_s < \frac{1}{2}(N + 1 + 1,96\sqrt{N-1})$$

$$T_s < 3,3(\log_{10}N + 1)$$

Dans le cas de notre série :

**Tableau III.3 : Résultat du test Mood**

P moy	145	147,4	149,5	94,1	186,8	152,6	130,4	137,4	87
	+	+	+	-	+	+	-	+	-
P moy	167,3	135,7	139,4	132,3	200,1	224,3	148,2	130,7	132,7
	+	-	+	-	+	+	+	-	-
P moy	132,1	132,1	108,1	259,3	114,2	125,9	135,1	153,5	
	-	-	-	+	-	-	-	+	

On a :

$$\frac{1}{2}(N + 1 - 1,96\sqrt{N-1}) = 8,6 \quad \text{et} \quad \frac{1}{2}(N + 1 + 1,96\sqrt{N-1}) = 18,4$$

$$N_s = 13, \quad 8,6 < N_s = 13 < 18,4$$

Et d'autre part :

$$3,3(\log_{10}N + 1) = 7,97 \quad \text{et} \quad T_s = 5 \quad \text{donc} : 5 < 7,97$$

**Donc :**

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

### III.2.4. Ajustement des pluies annuelles :

Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

\*Loi Gauss ou loi Normal.

\*Loi De Gibrat-Galton ou loi log-Normal.

Ces deux lois de probabilité continues sont définies par deux paramètres : l'espérance  $\mu$  et l'écart type  $\sigma$ . Dans le cas de la loi log-normale, ces paramètres sont substitués par  $\log(\mu, \sigma)$ .

### III.2.5. Ajustement à la loi normale :

Pour effectuer ces calculs, nous avons utilisé le logiciel **HYFRAN**.

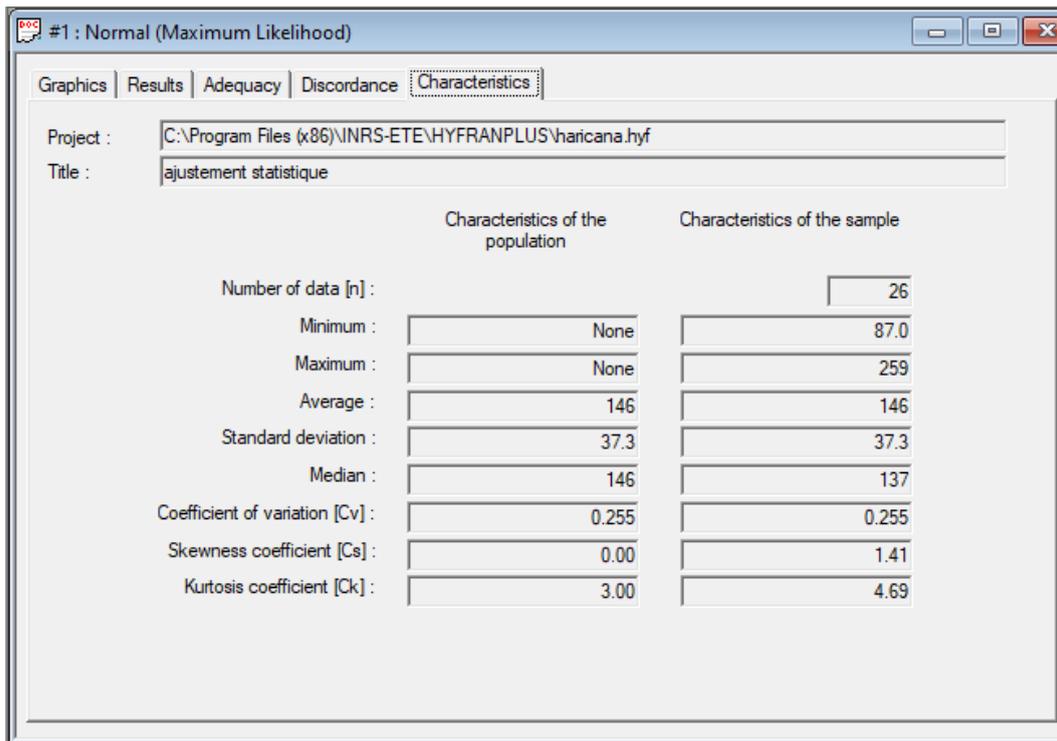


Figure III.1 : Statistique descriptives obtenue par le logiciel HYFRAN

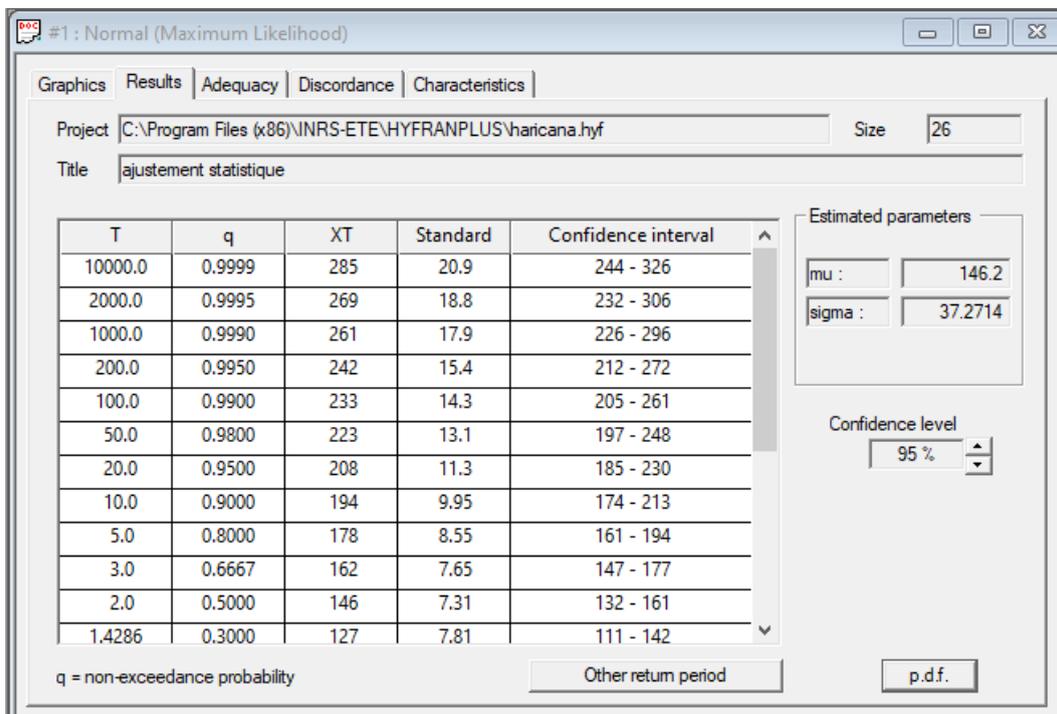


Figure III.2 : Période de retour et intervalle de confiance obtenus par le logiciel HYFRAN

### III.2.6. Test de validité d'un ajustement :

Quand on choisit une distribution pour ajuster la distribution statistique d'un échantillon, cette distribution sert de représentation approximative de l'échantillon sous examen. L'erreur qui survient lors du choix d'une distribution spécifique est considérée comme une erreur d'adéquation. Par conséquent, il devient crucial de comparer l'adéquation de différentes distributions afin de sélectionner la plus appropriée. Un test couramment employé à cette fin est le test du khi-carré ( $\chi^2$ ).

Supposons que nous disposions d'un échantillon de N valeurs, arrangées en ordre croissant ou décroissant, que nous cherchons à analyser. Imaginons qu'une distribution F(X) ait été identifiée pour cet échantillon. Nous segmentons cet échantillon en K classes, chacune renfermant  $N_i$  valeurs observées. Le nombre  $V_i$  représente la prévision du nombre de valeurs dans la classe i selon la distribution F(X), et est déterminé par la relation suivante :

$$P_i = N \int_{x_{i-1}}^{x_i} F(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i-1})] \dots \dots \dots (III.1)$$

- **F(X)**: étant la fonction de densité de probabilité associée à la distribution théorique.

La variable aléatoire  $\chi^2$ , dont la distribution a été analysée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - ni')^2}{ni'} \dots \dots \dots (III.2)$$

La valeur de  $\chi^2$  est déterminée, et le nombre de degrés de liberté est calculé selon l'équation :

$$\gamma = k - 1 - m \dots \dots \dots (III.3)$$

La valeur de  $\chi^2$  théorique est obtenue à partir de la table de Pearson.

Avec :

- **m** : représentant le nombre de paramètres de la distribution liée à la loi de répartition ( $m=2$ ).

La distribution est considérée comme appropriée avec un niveau de confiance de  $\alpha = 0.05$  seulement si la condition suivante est satisfaite :  $\chi^2$  calculé <  $\chi^2$  théorique.

Ces calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel HYFRAN.

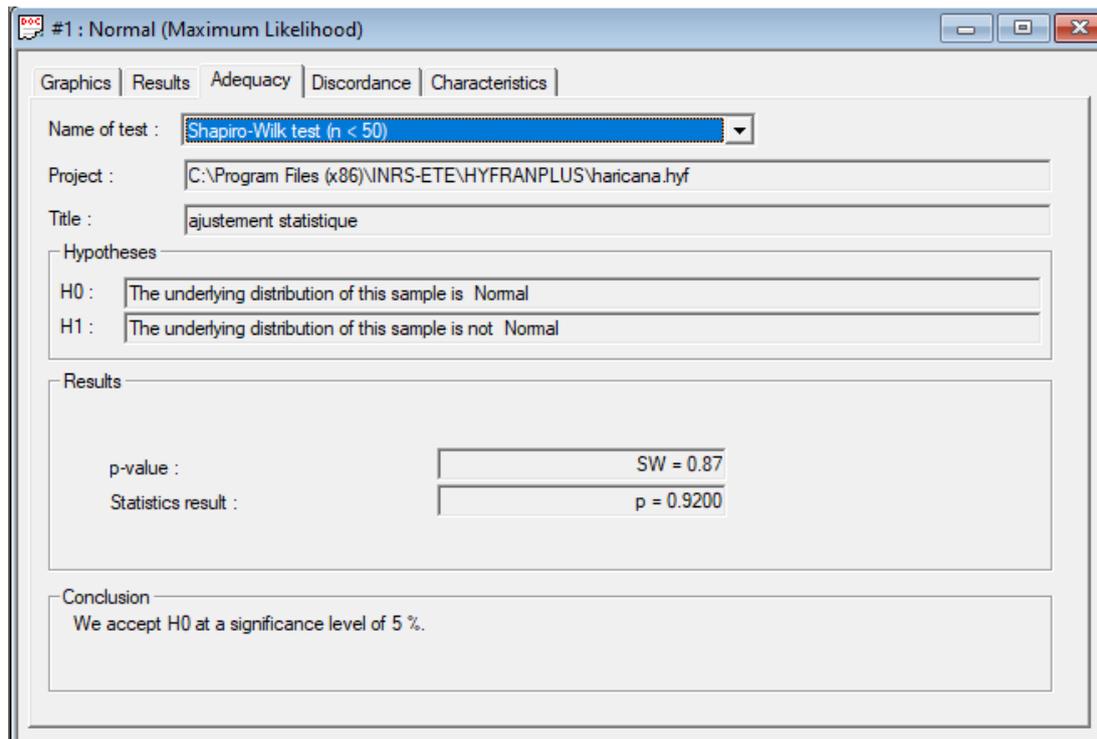


Figure III.3 : Teste de Khi deux obtenus par le logiciel HYFRAN

Après avoir examiné les ajustements réalisés, il est observé que la distribution normale s'ajuste bien à la série des précipitations annuelles de la station d'El-Karimia.

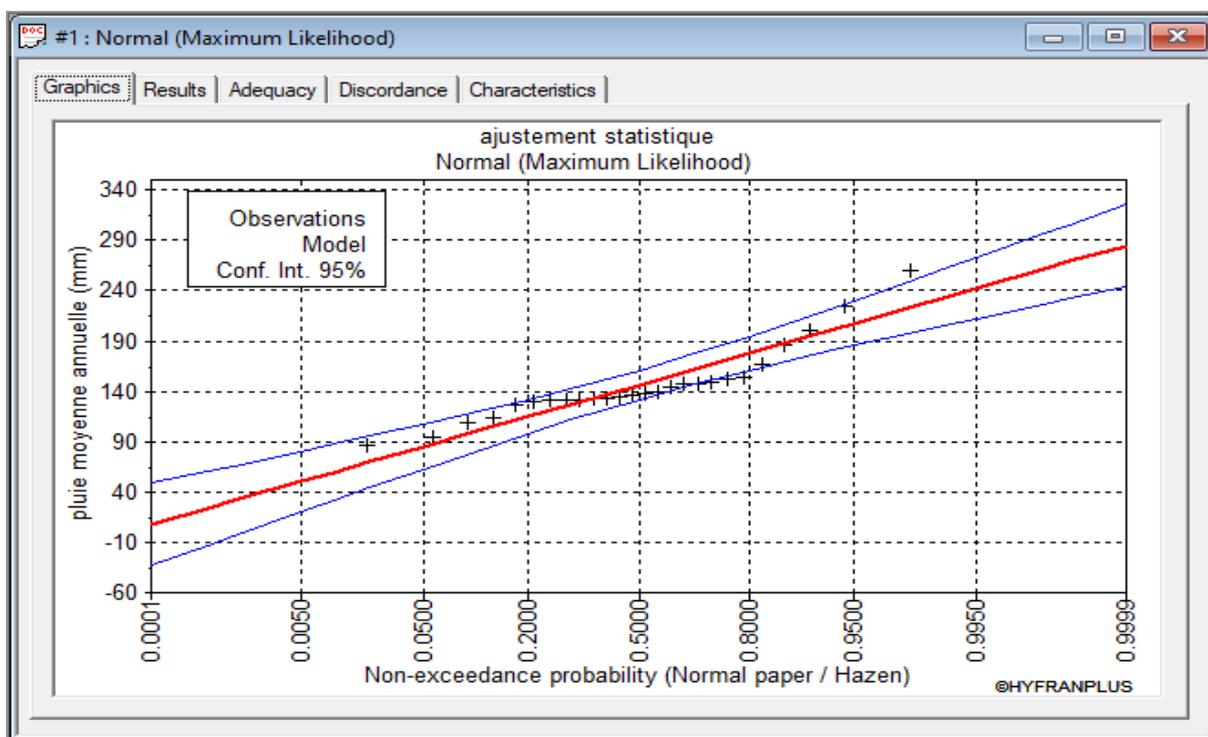


Figure III.4 : Ajustement par la loi normale obtenue par le logiciel HYFRAN

### III.3. Détermination de l'année de calcul :

Détermination de l'année de calcul à pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante ; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de p80% ).

**Tableau III.4 : Résultat de l'ajustement.**

T	q	Xt	Intervalle de confiance
2	0.5	146	132 -161
1.25	0.2	115	98,1 -132

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

$$\mathbf{P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}} \quad (\text{III.4})$$

P théorique de 50% = 146mm

P théorique de 80% =115mm

$$\mathbf{P_{moy\ 80\%} = 0,79 \times P_{moy\text{-mensuelle}}$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

**Tableau III.5: L'année de calcul.**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
P moy	12,48	14,42	20,16	15,36	15,74	12,91	16,34	16,2	14,95	4,57	0,6	2,48
P moy 80%	9,86	11,39	15,93	12,13	12,43	10,20	12,91	12,80	11,81	3,61	0,47	1,95

### III.4. Calculs des besoins en eau des cultures :

#### III.4.1. Besoin en eau du périmètre :

Les besoins en eau se réfèrent au volume d'irrigation requis pour compléter les précipitations naturelles, et pour évaluer les besoins en eau des cultures, il est essentiel de prendre en compte divers paramètres liés aux plantes, ainsi que les données climatiques et pédologiques de la région.

#### III.4.2. Calculs des besoins en eau d'irrigation :

Le calcul des besoins en irrigation pour la culture se fait en effectuant le bilan hydrique suivant :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RU) \dots\dots\dots (III.5)$$

Où :

- **ETM** : correspond à l'évapotranspiration maximale ou aux besoins en eau des cultures en millimètres ( $ETM = ET_0 * kc$ ).

- **kc** : représente le coefficient culturel de la culture considérée.

- **P<sub>eff</sub>** : désigne la pluie efficace.

- **RU** : représente la réserve utile.

#### III.4.3. Calcul l'évapotranspiration référence (ET<sub>0</sub>) :

L'évapotranspiration de référence correspond à l'évapotranspiration maximale d'une pelouse bien entretenue, qui recouvre uniformément le sol, reçoit une quantité adéquate d'eau, est en phase active de croissance, et est située au sein d'une zone suffisamment vaste.

#### III.4.4. Calcul l'évapotranspiration référence :

Il y a plusieurs méthodes pour calculer l'évapotranspiration de référence, ces méthodes sont classées en deux catégories :

- Les méthodes directes et les méthodes indirectes.

- ❖ **Les méthodes directes :**

- La cuve lysimétrique.

- Le bac évaporant.

### ❖ Les méthodes indirectes :

Ces méthodes sont utilisées pour estimer l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) en se basant sur des équations empiriques qui prennent en compte des paramètres climatiques.

Parmi les principales méthodes, on retrouve :

- Prinsley-Taylor
- Makkink-Turc
- Hargreaves
- Blaney-Cridle
- Thornthwaite
- Penman-Monteith modifiée.

Dans notre cas, nous avons opté pour la méthode la plus couramment utilisée, à savoir la méthode de Penman-Monteith modifiée, pour évaluer l'ET<sub>0</sub>.

### -Formule modifiée de penman-Monteith :

En 1948, Penman-Monteith ont fusionné un bilan énergétique en appliquant une méthode de transfert de masse, ce qui leur a permis de dériver une équation permettant de calculer l'évapotranspiration d'une surface sans eau à partir des données climatologiques, notamment l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent. Depuis 1948, la formule de Penman-Montéith modifiée est devenue la plus largement utilisée et est recommandée par la FAO. Voici une description détaillée de cette formule :

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

Avec les variables suivantes :

- **ET<sub>0</sub>** : représentant l'évapotranspiration de référence en millimètres par jour,
- **R<sub>n</sub>** : dénotant le rayonnement net à la surface de la culture en mégajoules par mètre carré par jour,
- **G** : représentant la densité de flux de chaleur dans le sol en mégajoules par mètre carré par jour,
- **T** : faisant référence à la température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 mètres en degrés Celsius,
- **u<sub>2</sub>** : indiquant la vitesse du vent à une hauteur de 2 mètres en mètres par seconde,

- **es** : signifiant la pression de vapeur saturante en kilopascals,
- **ea** : représentant la pression de vapeur réelle en kilopascals,
- **es-ea** : désignant le déficit de pression de vapeur saturante en kilopascals,
- **D** : représentant la pente de la courbe de pression de vapeur saturante en kilopascals par degré Celsius,
- **g** : dénotant la constante psychrométrique en kilopascals par degré Celsius.

Nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008) pour estimer l'évapotranspiration de référence en utilisant la méthode de Mr. Penman-Monteith. Dans cette estimation, nous avons inclus les données mensuelles suivantes :

- Les températures minimales et maximales mensuelles.
- L'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Les heures d'insolation par jour.
- La vitesse du vent, qui peut être saisie en mètres par seconde (m/s).

Les données de l'évapotranspiration de référence ET<sub>0</sub>, obtenues en utilisant le logiciel CROPWAT 8.0 en appliquant une variation de la formule de Penman-Monteith, sont synthétisées dans le tableau présenté ci-dessous.

**Tableau III.6 : Evapotranspiration de référence ET<sub>0</sub> calculé par logiciel CROPWAT.**

Mois	Température Minimum C°	Température Maximum C°	Humidité %	Vitesse du vent m/s	Insolation Heure	Rayonnement MJ /m <sup>2</sup> /jour	ET <sub>0</sub> Mm/mois
Janvier	8	13,2	79	2,2	5,5	9,4	38,59
Février	9,2	14	80	2,2	6,5	12,5	45,03
Mars	11	17	75	2,5	7,4	16,5	77,71
Avril	14,4	21,2	69	2,7	8,7	20,9	114,84
Mai	12	24,4	65	3	9,9	24,2	147,37
Juin	22,5	29,7	57	2,6	10,9	26,1	185,35
Juillet	26,4	31,1	52	3,1	11,7	26,9	225,58
Aout	26,2	30,5	43	3	11,1	24,7	222,19
Septembre	24	30,4	46	2,6	8,9	19,2	173,29
Octobre	17,2	22,3	54	2,1	7,2	14	106,51
Novembre	12,3	16,2	65	2,2	6,2	10,4	61,24
Décembre	8,5	14,1	73	2,1	5,5	8,7	42,26
Moyenne	16	22	63	2,5	8,3	17,8	1439,95

### III.4.5. Calcul de la pluie efficace :

Il s'agit de la portion des précipitations totales qui est effectivement absorbée par la culture, et cela varie en fonction de la localisation géographique, du caractère des précipitations et du type de sol.

Pour évaluer cette quantité, plusieurs approches sont disponibles. Dans notre analyse, nous avons opté pour la méthode du pourcentage constant, que nous décrirons en détail ci-dessous.

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A \cdot \text{Pluies totales (mm/mois)} \dots\dots(III.6)$$

Avec :

**A** : coefficient des pertes généralement égale à 0,8.

Le résultat de calcul par cette méthode est donné dans le tableau III.7.

**Tableau III.7 : Calcul des pluies efficaces**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
P moy 80%	9,86	11,39	15,93	12,13	12,43	10,20	12,91	12,80	11,81	3,61	0,47	1,95
Peff	7,89	9,11	12,74	9,70	9,94	8,16	10,33	10,24	9,45	2,89	0,38	1,56

Dans le cas où les pluies efficaces sont inférieures à 2 mm, elles sont considérées comme nulles.

### III.4.6. Calcul de la réserve en eau du sol :

La réserve facilement utilisable (RFU) est déterminée par la quantité d'eau située dans la portion du sol que les racines explorent, allant du point de ressuyage jusqu'au point de flétrissement. Cependant, il est plus difficile pour les plantes d'extraire l'eau lorsque l'humidité se rapproche du point de flétrissement.

La formule suivante permet de calculer la RFU.

$$\text{RFU} = (\text{hcc} - \text{hpf}) Y \cdot \text{Da} \cdot Z \dots\dots\dots(III.7)$$

- **hcc** : représente l'humidité à la capacité au champ. On prend (27%)
- **hpf** : correspond à l'humidité au point de flétrissement. On prend (13%)
- **Z** : indique la profondeur racinaire en mm.
- **Y** : est un coefficient qui varie en fonction de la nature du sol (nous prenons Y égal à 2/3).
- **Da** : désigne la densité apparente du sol (1,4).

Dans notre cas, la réserve en eau du sol du mois  $i-1$  est égal à :

$$R_s = KRFU$$

K est coefficient = 1, 1/2, 1/3 ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle.

### III.4.7. Choix des cultures :

Le choix des cultures à cultiver dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La localisation naturelle de l'exploitation.
- La situation économique de l'exploitation.
- La sélection des cultures en fonction de la conjoncture économique.
- La prise en considération des capacités de l'exploitation.

#### III.4.7.1. Les cultures proposées :

Les cultures proposées sont résumées dans le tableau III.8.

**Tableau III.8 : Occupation de sol en fonction des cultures.**

Les cultures	Surface occupée en %	Surface occupée en Ha
<b>Les céréalicultures :</b> - Blé - Blé d'hiver	40	98
<b>Les maraîchages :</b> - Pomme de terre saison - Pomme de terre arr-saison - Poivron - Tomate - Courgette - Haricot - Oignon - Fève - Pois chiche	35	72
<b>L'arboricultures :</b> - Agrumes - Vignes	25	57
<b>Totale</b>	100%	227

**III.4.7.2. Assolement et rotation des cultures :**

L'assolement consiste en la rotation de diverses cultures sur un même terrain au fil du temps, favorisant ainsi la préservation et l'amélioration de la fertilité du sol au fil des saisons. On peut également le décrire comme la variété de cultures cultivées sur un champ à un moment donné.

**Tableau III.9 : Assolement étudiée.**

<b>Assolement 1</b>	<b>Assolement 2</b>
Pois chiche	Blé
Blé	Blé d'hiver
Fèves	Pomme de terre (AS)
Haricot	Tomates
Oignon	Poivron
Courgette	Oignon
Vigne	Vigne
Agrumes	Agrumes

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau III.10.

**Tableau III.10 : Le cycle végétatif des cultures envisagées.**

CULTURES / MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
BLE			←————→									
BLE D'HIVER			←————→									
POMME DE TERRE (AS)	←————→											
POMME DE TERRE (S)						←————→						
TOMATE							←————→					
POIVRON									←————→			
POIS CHICHE									←————→			
FEVES						←————→						
HARICOT	←————→									←————→		
VIGNE	←————→						←————→					
OIGNON		←————→										
COURGETTE	←————→											
AGRUMES	←————→											

#### III.4.8. Estimation des besoins en eau des cultures choisies :

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant son stade végétatif :

##### III.4.8.1. Estimation des besoins en eau des céréales :

**Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau pour le blé.  $qs = 0,8 \text{ l/s/ha}$**

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29						
Oct	11,39	9,11	106,51						
Nov	15,93	12,74	61,24	0,3	39,2	0	0,4	24,50	11,76
Dec	12,13	9,7	42,26	0,5	65,33	19,6	0,7	29,58	0
Jan	12,43	9,94	38,59	0,5	65,33	21,78	0,85	32,80	1,08
Fev	10,2	8,16	45,03	0,6	78,4	21,78	0,95	42,78	12,84
Mars	12,91	10,33	77,71	0,6	78,4	26,13	1	77,71	41,25
Avr	12,8	10,24	114,84	0,6	78,4	0	1,05	120,58	110,34
Mai	11,81	9,45	147,37	0,6	78,4	0	1,03	151,79	142,34
Juin	3,61	2,89	185,35	0,6	78,4	0	0,5	92,68	89,79
Juill	0,47	0	225,58						
Aout	1,95	0	222,19						

Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour le blé d'hiver.  $q_s = 0,5 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29						
Oct	11,39	9,11	106,51						
Nov	15,93	12,74	61,24	0,3	39,2	0	0,4	24,50	11,76
Dec	12,13	9,7	42,26	0,5	65,33	19,6	0,7	29,58	0
Jan	12,43	9,94	38,59	0,5	65,33	21,78	0,9	34,73	3,01
Fev	10,2	8,16	45,03	0,6	78,4	21,78	1	45,03	15,09
Mars	12,91	10,33	77,71	0,6	78,4	26,13	1	77,71	41,25
Avr	12,8	10,24	114,84	0,6	78,4	0	0,9	103,36	93,12
Mai	11,81	9,45	147,37	0,6	78,4	0	0,7	103,16	93,71
Juin	3,61	2,89	185,35	0,6	78,4	0	0,4	74,14	71,25
Juill	0,47	0	225,58						
Aout	1,95	0	222,19						

## III.4.8.2. Estimation des besoins en eau des maraîchages :

Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS).  $q_s = 0,4 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29	0,2	26,13	0	0,5	86,65	78,76
Oct	11,39	9,11	106,51	0,4	52,27	0	0,7	74,56	65,45
Nov	15,93	12,74	61,24	0,5	65,33	0	0,95	58,18	45,44
Dec	12,13	9,7	42,26	0,5	65,33	21,78	0,75	31,70	0
Jan	12,43	9,94	38,59						
Fev	10,2	8,16	45,03						
Mars	12,91	10,33	77,71						
Avr	12,8	10,24	114,84						
Mai	11,81	9,45	147,37						
Juin	3,61	2,89	185,35						
Juill	0,47	0	225,58						
Aout	1,95	0	222,19						

Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau pour la tomate.  $qs = 0,9$  l/s/ha

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29						
Oct	11,39	9,11	106,51						
Nov	15,93	12,74	61,24						
Dec	12,13	9,7	42,26						
Jan	12,43	9,94	38,59						
Fev	10,2	8,16	45,03						
Mars	12,91	10,33	77,71	0,6	78,4	0	0,5	38,86	28,53
Avr	12,8	10,24	114,84	0,9	117,6	26,13	0,85	97,61	61,24
Mai	11,81	9,45	147,37	1,2	156,8	0	1,15	169,48	160,03
Juin	3,61	2,89	185,35	1,2	156,8	0	0,85	157,55	154,66
Juill	0,47	0	225,58						
Aout	1,95	0	222,19						

Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau pour la courgette.  $qs = 0,3$  l/s/ha

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29	0,5	65,33	0	0,4	69,32	61,43
Oct	11,39	9,11	106,51	0,5	65,33	0	0,5	53,26	44,15
Nov	15,93	12,74	61,24	0,5	65,33	0	0,8	48,99	36,25
Dec	12,13	9,7	42,26	0,5	65,33	21,78	0,95	40,15	8,67
Jan	12,43	9,94	38,59	0,5	65,33	21,78	0,6	23,15	0
Fev	10,2	8,16	45,03						
Mars	12,91	10,33	77,71						
Avr	12,8	10,24	114,84						
Mai	11,81	9,45	147,37						
Juin	3,61	2,89	185,35						
Juill	0,47	0	225,58						
Aout	1,95	0	222,19						

Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.  $qs = 0,2 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29						
Oct	11,39	9,11	106,51	0,2	26,13	0	0,4	42,60	33,49
Nov	15,93	12,74	61,24	0,4	52,27	8,71	0,75	45,93	24,48
Dec	12,13	9,7	42,26	0,4	52,27	17,42	0,95	40,15	13,03
Jan	12,43	9,94	38,59	0,4	52,27	17,42	0,9	34,73	7,37
Fev	10,2	8,16	45,03	0,4	52,27	17,42	0,7	31,52	5,94
Mars	12,91	10,33	77,71						
Avr	12,8	10,24	114,84						
Mai	11,81	9,45	147,37						
Juin	3,61	2,89	185,35						
Juill	0,47	0	225,58						
Aout	1,95	0	222,19						

Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau pour le haricot.  $qs = 1,4 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29	0,5	65,33	0	0,8	138,63	130,74
Oct	11,39	9,11	106,51						
Nov	15,93	12,74	61,24						
Dec	12,13	9,7	42,26						
Jan	12,43	9,94	38,59						
Fev	10,2	8,16	45,03						
Mars	12,91	10,33	77,71						
Avr	12,8	10,24	114,84						
Mai	11,81	9,45	147,37						
Juin	3,61	2,89	185,35	0,5	65,33	0	0,5	92,68	89,79
Juill	0,47	0	225,58	0,5	65,33	0	0,65	146,63	146,63
Aout	1,95	0	222,19	0,7	91,47	0	1,1	244,41	244,41

Tableau III.18 : Calcul des besoins en eau pour le poivron.  $qs = 1,01 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	K <sub>c</sub>	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29						
Oct	11,39	9,11	106,51						
Nov	15,93	12,74	61,24						
Dec	12,13	9,7	42,26						
Jan	12,43	9,94	38,59						
Fev	10,2	8,16	45,03						
Mars	12,91	10,33	77,71						
Avr	12,8	10,24	114,84						
Mai	11,81	9,45	147,37	0,5	65,33	0	0,6	88,42	78,97
Juin	3,61	2,89	185,35	0,5	65,33	0	0,7	129,75	126,86
Juill	0,47	0	225,58	0,5	65,33	0	0,8	180,46	180,46
Aout	1,95	0	222,19	0,5	65,33	0	0,8	177,75	177,75

Tableau III.19 : Calcul des besoins en eau pour le pois chiche.  $qs = 1,2 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	K <sub>c</sub>	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29						
Oct	11,39	9,11	106,51						
Nov	15,93	12,74	61,24						
Dec	12,13	9,7	42,26						
Jan	12,43	9,94	38,59						
Fev	10,2	8,16	45,03						
Mars	12,91	10,33	77,71						
Avr	12,8	10,24	114,84						
Mai	11,81	9,45	147,37	0,4	52,27	0	0,4	58,95	49,5
Juin	3,61	2,89	185,35	0,45	58,8	0	0,6	111,21	108,32
Juill	0,47	0	225,58	0,5	65,33	0	0,8	180,46	180,46
Aout	1,95	0	222,19	0,6	78,4	0	1	222,19	222,19

Tableau III.20 : Calcul des besoins en eau pour le fève.  $q_s = 1,01 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29						
Oct	11,39	9,11	106,51						
Nov	15,93	12,74	61,24						
Dec	12,13	9,7	42,26						
Jan	12,43	9,94	38,59						
Fev	10,2	8,16	45,03	0,6	78,4	0	0,4	18,01	9,85
Mars	12,91	10,33	77,71	0,7	91,47	39,2	0,6	46,63	0
Avr	12,8	10,24	114,84	0,7	91,47	30,49	0,7	80,39	39,66
Mai	11,81	9,45	147,37	0,7	91,47	0	0,95	140	130,55
Juin	3,61	2,89	185,35	0,7	91,47	0	0,85	157,55	154,66
Juill	0,47	0	225,58	0,7	91,47	0	0,8	180,46	180,46
Aout	1,95	0	222,19						

## III.4.8.3. Estimation des besoins en eau des 'arboricultures :

Tableau III.21 : Calcul des besoins en eau pour la vigne.  $q_s = 0,9 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29	1,5	196	0	0,4	69,32	61,43
Oct	11,39	9,11	106,51	1,5	196	0	0,4	42,60	33,49
Nov	15,93	12,74	61,24						
Dec	12,13	9,7	42,26						
Jan	12,43	9,94	38,59						
Fev	10,2	8,16	45,03						
Mars	12,91	10,33	77,71	1,5	196	0	0,15	11,66	1,33
Avr	12,8	10,24	114,84	1,5	196	98	0,45	51,68	0
Mai	11,81	9,45	147,37	1,5	196	65,33	0,6	88,42	13,64
Juin	3,61	2,89	185,35	1,5	196	0	0,7	129,75	126,86
Juill	0,47	0	225,58	1,5	196	0	0,7	157,91	157,91
Aout	1,95	0	222,19	1,5	196	0	0,45	99,99	99,99

Tableau III.22 : Calcul des besoins en eau pour l'agrumes.  $qs = 0,9 \text{ l/s/ha}$ 

Mois	Pmoy 80% (mm)	Peff (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (mm)	Kc	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Sep	9,86	7,89	173,29	1,5	196	0	0,75	129,97	122,08
Oct	11,39	9,11	106,51	1,5	196	0	0,75	79,88	70,77
Nov	15,93	12,74	61,24	1,5	196	0	0,75	45,93	33,19
Dec	12,13	9,7	42,26	1,5	196	65,33	0,65	27,47	0
Jan	12,43	9,94	38,59	1,5	196	65,33	0,65	25,08	0
Fev	10,2	8,16	45,03	1,5	196	98	0,65	29,27	0
Mars	12,91	10,33	77,71	1,5	196	65,33	0,65	50,51	0
Avr	12,8	10,24	114,84	1,5	196	65,33	0,65	74,65	0
Mai	11,81	9,45	147,37	1,5	196	0	0,65	95,79	86,34
Juin	3,61	2,89	185,35	1,5	196	0	0,65	120,48	117,59
Juill	0,47	0	225,58	1,5	196	0	0,75	169,19	169,19
Aout	1,95	0	222,19	1,5	196	0	0,75	166,64	166,64

## III.4.9. Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :

Tableau III.23 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.

mois	Pois chiche	Blé	Féve	Courgette	Haricot	Oignon	Vigne	Agrumes	Total
Sept	0	0	0	61,43	130,74	0	61,43	122,08	375,68
Oct	0	0	0	44,15	0	33,49	33,49	70,77	181,9
Nov	0	11,76	0	36,25	0	24,48	0	33,19	105,68
Dec	0	0	0	8,67	0	13,03	0	0	21,7
Jan	0	1,08	0	0	0	7,37	0	0	8,45
Fév	0	12,84	9,85	0	0	5,94	0	0	28,63
Mars	0	41,25	0	0	0	0	1,33	0	42,58
Avr	0	110,34	39,66	0	0	0	0	0	150
Mai	49,5	142,34	130,55	0	0	0	13,64	86,34	422,37
Jui	108,32	89,79	154,66	0	89,79	0	126,86	117,59	687,01
Juil	180,46	0	180,46	0	146,63	0	157,91	169,19	834,65
Aout	222,19	0	0	0	244,41	0	99,99	166,64	733,23

Tableau III.24 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.

mois	Blé	Blé d'hiver	Poivron	Pdt (AS)	Tomate	Oignon	Vigne	Agrumes	Total
Sept	0	0	0	78,76	0	0	61,43	122,08	262,27
Oct	0	0	0	65,45	0	33,49	33,49	70,77	203,2
Nov	11,76	11,76	0	45,44	0	24,48	0	33,19	126,63
Dec	0	0	0	0	0	13,03	0	0	13,03
Jan	1,08	3,01	0	0	0	7,37	0	0	11,46
Fév	12,84	15,09	0	0	0	5,94	0	0	33,87
Mars	41,25	41,25	0	0	28,53	0	1,33	0	112,36
Avr	110,34	93,12	0	0	61,24	0	0	0	264,7
Mai	142,34	93,71	78,97	0	160,03	0	13,64	86,34	575,03
Jui	89,79	71,25	126,86	0	154,66	0	126,86	117,59	687,01
Juil	0	0	180,46	0	0	0	157,91	169,19	507,56
Aout	0	0	177,75	0	0	0	99,99	166,64	444,38

### III.5. Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont établis en fonction des besoins en eau de chaque culture, évalués préalablement en se basant sur la répartition des cultures. La quantité d'eau nécessaire pour satisfaire la demande mensuelle est fournie sous forme d'un débit continu 24 heures sur 24, garantissant ainsi la couverture des besoins en eau pendant toute la durée du mois.

Le débit spécifique se calcul par la formule suivantes :

$$qs = \frac{Bnet \times 10 \times 1000}{Nj \times Ni \times 3600 \times Ei} \text{ l/s/ha} \dots\dots(III.8)$$

Tel que :

- **Bnet** : bsoin net du mois de pointe en mm/mois.
- **Ni** : nombre des heures d'irrigation = 22h.
- **Nj** : nombre des jours du mois de pointe = 30 jours.
- **Ei** : efficience d'irrigation = 75%.

Les besoins en eau sont calculés en se basant sur la culture la plus exigeante, qui est l'Assolement 1. C'est pourquoi les besoins en pointe correspondent au mois de juillet :

$$\mathbf{B_{net} = 834,65 \text{ mm/mois.}}$$

$$\mathbf{q_s = 4,7 \text{ l/s/ha} > 1,5 \text{ l/s/ha}}$$

Si le débit spécifique obtenu dépasse 1,5, il existe un risque de dimensionner excessivement les conduites de refoulement ou gravitaires.

Afin de résoudre ce problème, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Calculer la moyenne des débits spécifiques de toutes les cultures.
- Tenir compte de la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
- Opter pour le débit spécifique de la culture la plus exigeante pendant le mois de pointe.

Dans notre cas, nous choisissons le débit spécifique de la culture la plus exigeante, qui est celle des haricots au mois d'août.

$$\mathbf{B_{net} = 244,41 \text{ mm}}, \text{ donc le débit spécifique corrigé et de } \mathbf{q_s = 1,4 \text{ l/s/ha.}}$$

### III.5.1. Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir

$$\mathbf{Q_{car} = q_s \times S \dots\dots\dots (III.9)}$$

- $q_s$  :débit spécifique de mois de point en (l/s/ha)
- $S$  : la superficie nette à irriguer = 227 ha
- $Q_{car} = q_s \times S = 1,4 \times 227 = 317,8 \text{ l/s} = 0,3178 \text{ m}^3/\text{s}$

### III.5.2. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Les besoins en eau pour notre zone sont résumés dans le tableau ci-dessous, en utilisant la formule suivante pour calculer le volume nécessaire d'eau :

$$\mathbf{"Volume des besoins en eau = Besoins bruts de la culture (m^3) \times Surface (ha)."}"$$

**Tableau III.25 : Volume d'eau d'irrigation.**

Type de culture	Besoins nets (mm)	Besoins bruts (m <sup>3</sup> /ha)	Surface (ha)	Besoins totaux (m <sup>3</sup> )
Pois chiche	222,19	7472,93	28	209242,04
Blé	142,34	5458,67	59	322061,53
Fève	180,46	6869,07	5	34345,35
courgette	61,43	2006,67	21,5	43143,41
Haricot	244,41	8154,27	28	228319,56
Oignon	33,49	1124,13	28,5	32037,71
Vignes	157,91	6595,33	10	65953,3
Agrumes	169,19	10210,67	47	479901,49
		<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>1415004,39</b>

Donc le volume nécessaire est de **1415004,39 m<sup>3</sup>**.

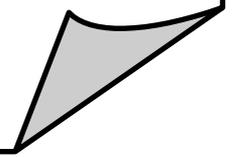
### III.6. Conclusion :

L'évaluation des besoins en eau représente une étape cruciale dans la planification d'un projet d'irrigation, car elle permet de dimensionner de manière adéquate le système d'approvisionnement en eau.

Dans ce chapitre, nous avons d'abord déterminé l'évapotranspiration de référence, qui constitue la base pour évaluer les besoins en eau. Ensuite, nous avons sélectionné les cultures adéquates. Par conséquent, nous avons calculé les besoins en eau spécifiques de chaque culture et estimé que le volume d'eau d'irrigation requis pour notre zone s'élève à environ **1415004,39 mètres cubes**.

# **Chapitre IV**

**Etude du système de distribution**



## **Chapitre IV : Etude du système de distribution**

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

La mise en place d'un périmètre nécessite principalement une gestion rationnelle et efficace du système d'irrigation, ainsi qu'une structuration appropriée de ce dernier. Un réseau d'irrigation englobe l'ensemble des structures, dispositifs et organes qui garantissent la répartition et la distribution des eaux d'irrigation à chaque exploitation agricole ou parcelle.

### **IV.2. solution de base :**

Selon la solution retenue par l'APS, le périmètre du Moyen Chélif est irrigué en gravitaire à partir des barrages existants d'El Fodda et d'Oum Drou. Les eaux d'irrigation sont fournies par les barrages d'El Fodda d'un volume total de 54 hm<sup>3</sup>/an et d'Oum Drou, d'un volume total de 55 hm<sup>3</sup>/an, ce qui assurera un volume annuel nécessaire d'eau d'irrigation pour une période garantie de 9 à 10 ans.

L'eau est transportée par un réseau de distribution constitué de conduites enterrées depuis l'ouvrage de prise d'eau aux bornes d'irrigation situées en tête de chaque îlot.

### **IV.3. Réseau d'irrigation :**

La zone A (Oued Fodda) d'une superficie d'environ 4576 ha se situe à la confluence de l'oued Fodda avec l'Oued Chellif et comprend les secteurs 1, 2 et 3.

Cette zone sera irriguée gravitairement depuis le barrage des portes de fer où le niveau de l'eau sera maintenu à la cote 242 m, jusqu'aux îlots d'irrigation.

Depuis le barrage des portes de fer jusqu'aux îlots d'irrigation, les ouvrages ci-dessous sont envisagés.

La pose d'une conduite principale A, qui assurera l'irrigation de secteur 1.

### **IV.4. Réseau de distribution :**

Le système de distribution inclut la propagation de l'eau d'irrigation depuis le barrage des Portes de Fer, à travers la conduite principale A, jusqu'aux points d'irrigation des parcelles dans l'îlot du périmètre.

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

Notre zone comprend 17 îlots, avec des superficies variant de 3 à 25 hectares. Chaque îlot est ensuite subdivisé en deux à quatre parcelles.

#### IV.4.2. Découpage des îlots :

La justification de cette pratique réside dans son importance au sein de la gestion d'un périmètre d'irrigation. Le découpage des îlots se définit comme la subdivision de la surface des terres irriguées en différentes zones ou sections plus petites, souvent dans le but de faciliter une gestion optimale de l'irrigation, la mise en œuvre de diverses méthodes agricoles, ou pour répondre à des besoins spécifiques de la culture. Ce découpage peut avoir un impact sur l'efficacité de l'irrigation, l'utilisation des ressources en eau et les pratiques agricoles.

**Tableau IV.1 : Les différents îlots du périmètre.**

Culture	Îlots	Nombre de parcelle	Surface (ha)
Vigne	Îlot 1	2	10
Courgette	Îlot 2	2	9
	Îlot 3	2	12,5
Blé	Îlot 4	4	14
	Îlot 5	4	28
	Îlot 6	4	17
Haricot	Îlot 7	4	17
	Îlot 8	3	11
Fève	Îlot 9	2	5
Agrume	Îlot 10	4	22
	Îlot 11	4	25
Oignon	Îlot 12	2	10
	Îlot 13	2	4
	Îlot 14	2	11,5
	Îlot 15	2	3
Pois chiche	Îlot 16	2	12
	Îlot 17	3	16

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

Un dispositif d'irrigation est un équipement employé dans les systèmes d'irrigation agricole pour superviser et réguler la distribution d'eau. Il est généralement installé le long des conduites d'irrigation afin de diriger de manière précise l'apport en eau vers les zones ou parcelles spécifiques.

De manière générale, il est conseillé de suivre les instructions suivantes lors de la mise en place de bornes pour les îlots appartenant à des exploitations de petite à moyenne envergure :

- Installer une borne par îlot d'exploitation.
- Limiter à quatre (04) prises par borne.
- Positionner les bornes le long des limites des îlots ou au centre pour les îlots de grande taille.

La borne d'irrigation joue un rôle crucial au sein du système d'irrigation en exécutant diverses fonctions essentielles :

- Répartition de l'eau : elle assure une distribution précise et régulière de l'eau vers les différentes zones ou parcelles.
- Contrôle du débit : équipée de vannes, la borne permet de réguler le débit d'eau, ajustant ainsi la quantité d'eau délivrée à chaque zone selon les besoins spécifiques des cultures ou des espaces verts.
- Équité dans la distribution : en limitant le nombre de prises par borne, elle contribue à assurer une répartition équitable de l'eau entre les différentes utilisations, prévenant les inégalités et garantissant à chaque zone sa part appropriée d'irrigation.
- Maîtrise de la pression : certaines bornes intègrent des régulateurs de pression maintenant une pression constante dans le système d'irrigation, assurant une distribution uniforme de l'eau et évitant les variations de pression qui pourraient compromettre l'efficacité de l'irrigation.
- Mesurage de l'eau : certaines bornes sont équipées de compteurs d'eau permettant d'évaluer la quantité d'eau utilisée. Cette mesure facilite la surveillance de la consommation, l'évaluation de l'efficacité de l'irrigation, ainsi que la facturation de l'eau utilisée dans certains cas.

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

Le tracé des canalisations de distribution est élaboré en prenant en considération une variété de paramètres techniques, topographiques, géologiques et géographiques dans le but d'assurer un écoulement maîtrisé. Ces paramètres comprennent :

- La configuration topographique du terrain.
- Les caractéristiques pédologiques, incluant la structure, la texture, la capacité de rétention et l'humidité relative du sol.
- Les données climatologiques de la zone d'étude, telles que l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).
- La nature des cultures à irriguer.
- Le choix du système d'irrigation (gravitaire).
- La nécessité de concevoir un profil en long des conduites sans contrepenes.
- La réduction de la longueur du projet pour minimiser les coûts.
- L'obligation d'éviter les passages au-dessus d'obstacles naturels ou artificiels.

#### IV.4.5. Calcul du débit aux bornes :

D'un îlot, vous pouvez utiliser la formule suivante :

##### Débit aux bornes

$$(Q_b) = q_s \times S \dots\dots\dots(IV.1)$$

Avec :

- $Q_b$  : Débit de chaque îlot (l/s).
- $q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha).
- $S$  : Superficie de l'îlot (ha).

#### IV.4.6. Choix du diamètre et de type de la borne :

Afin de sélectionner le diamètre optimal des bornes en fonction des débits, il est essentiel de disposer d'une référence établissant une correspondance entre les débits et les diamètres des bornes. Cette référence peut se présenter sous la forme d'un tableau ou d'une relation détaillant le diamètre de borne recommandé pour un débit spécifique. En suivant cette démarche, vous serez en mesure de choisir le diamètre approprié en accord avec les besoins de votre système d'approvisionnement en eau.

Le choix du type de borne est déterminé en fonction de la surface, selon les critères suivants :

- Pour les îlots comprenant un nombre de parcelles entre 4 et 8, et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, la borne utilisée est de type A4, avec quatre prises.
- Pour les îlots comprenant deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, la borne à deux prises de type A2 est sélectionnée.
- Pour les îlots comprenant deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 hectares, la borne à deux prises de type B est préconisée.
- Les grands îlots, avec une superficie supérieure à 50 hectares, nécessitent l'utilisation de bornes de type C.

**Tableau IV.2 : Types des bornes en fonction des superficies des îlots**

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11,11) l/s	1 Entrée D80,100	2 sortie D65
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11,11) l/s	2 Entrée D80, 100	4 sortie D65
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (22,22 l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33,33 l/s)	2 Entrée D80, 100,125	2 sortie D100
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100,125	1 sortie D150

Le calcul des débits des prises et des bornes est présenté dans le tableau IV.3 :

**Tableau IV.3 : Calcul des débits des îlots et choix du diamètre et type des bornes**

Culture	Ilots	Nombre de parcelle	Surface (ha)	Qsp l/s/ha	Q borne l/s	Type de la borne	Matériaux	Diamètre mm
Vigne	Ilot 1	2	10	1,4	14	A4	Fonte	100
Courgette	Ilot 2	2	9		12,6	A4	Fonte	100
	Ilot 3	2	12,5		17,5	A4	Fonte	100
Blé	Ilot 4	4	14		19,6	A4	Fonte	100
	Ilot 5	4	28		39,2	C	Fonte	200
	Ilot 6	4	17		23,8	B	Fonte	150
Haricot	Ilot 7	4	17		23,8	B	Fonte	150
	Ilot 8	3	11		15,4	A4	Fonte	100
Fève	Ilot 9	2	5		7	A2	Fonte	65
Agrume	Ilot 10	4	22		30,8	B	Fonte	150
	Ilot 11	4	25		35	C	Fonte	200
Oignon	Ilot 12	2	10		14	A4	Fonte	100
	Ilot 13	2	4		5,6	A2	Fonte	65
	Ilot 14	2	11,5		16,1	A4	Fonte	100
	Ilot 15	2	3		4,2	A2	Fonte	65
Pois chiche	Ilot 16	2	12		16,8	A4	Fonte	100
	Ilot 17	3	16		22,4	B	Fonte	150

#### **IV.5. Matériaux de construction des canalisations :**

Le choix du matériau de canalisation dépend de plusieurs facteurs tels que l'agressivité du sol, les conditions hydriques (débit, pression, etc.) et, surtout, la disponibilité sur le marché. Parmi les matériaux fréquemment employés, on peut citer l'acier, la fonte, le PVC, etc.

##### **A) Conduite en PEHD :**

Ces conduites offrent plusieurs avantages, parmi lesquels :

- Leur légèreté et leur facilité de découpe sont des caractéristiques notables.
- Elles présentent d'excellentes performances hydrauliques.
- Elles sont facilement disponibles sur le marché et leur installation est aisée.
- Elles sont relativement économiques.

Cependant, il est essentiel de souligner un possible inconvénient : le risque de rupture en cas de soudure défectueuse.

##### **B) Conduite en Fonte :**

Les matériaux utilisés dans ces conduites présentent divers avantages :

- Leur excellente résistance aux contraintes internes est remarquable.
- Leur capacité à résister à la corrosion est notoire.
- Leur rigidité et leur solidité sont des caractéristiques distinctives.

Cependant, il est important de considérer leur coût relativement élevé comme un inconvénient.

##### **C) Conduite en Acier :**

Les avantages liés à l'utilisation de ces conduites comprennent :

- Une légèreté supérieure par rapport aux conduites en fonte, ce qui entraîne des économies lors du transport et de l'installation.
- Une résistance appréciable aux contraintes telles que les chocs et l'écrasement.

Cependant, il est essentiel de prendre en compte le risque de corrosion comme un inconvénient potentiel.

##### **D) Conduite en PVC :**

Les matériaux de ces conduites présentent plusieurs avantages :

- Une résistance notable à la corrosion est démontrée.
- Ils sont facilement disponibles sur le marché.
- L'installation en tant que canalisations est aisée.

Cependant, il est nécessaire de noter le risque de rupture comme un inconvénient éventuel.

#### IV.6. Vitesse admissible :

Établir une vitesse minimale dans les conduites n'est pas impérativement nécessaire sur le plan technique. Son objectif principal est de définir un diamètre maximum admissible raisonnable afin de faciliter le calcul d'optimisation pour un débit spécifique. En revanche, fixer une limite maximale de vitesse tolérée représente un compromis entre divers facteurs importants, notamment :

Lors de la détermination d'un seuil maximal de vitesse tolérée, l'objectif est d'équilibrer la quête d'économies sur les coûts d'investissement avec la nécessité de gérer les risques potentiels associés aux coups de bélier. Cela inclut également la considération des dépenses éventuelles liées à la mise en place de mesures de protection contre ces phénomènes.

Pour notre projet de réseau de distribution, nous avons opté pour l'approche de M. Labye afin de calculer les diamètres appropriés des diverses sections de canalisations. Cette méthode repose sur l'utilisation d'une formule spécifique.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0,001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots\dots\dots (IV.2)$$

**Tel-que :**

- **Q** : le débit mesuré en mètre cube par seconde (m<sup>3</sup>/s).
- **D** : le diamètre exprimé en millimètres (mm).
- **V** : la vitesse idéale, généralement d'environ 1,5 m/s.

#### IV.7. Détermination du diamètre avantageux :

La détermination du diamètre optimal dépend du contexte spécifique de l'application. Que ce soit pour un objet, une canalisation, un tuyau ou un composant, plusieurs facteurs, tels que les contraintes techniques, les coûts, la performance, la sécurité, et d'autres considérations propres à l'application, influencent le choix du diamètre le plus avantageux.

En ce qui concerne les canalisations en PEHD (polyéthylène haute densité), les fabricants fournissent un diamètre extérieur conforme à une mesure normalisée. Cependant, la conception des réseaux se base sur le diamètre intérieur, conformément aux normes techniques interministérielles qui imposent une pression nominale de 6 bars pour les réseaux de distribution d'eau d'irrigation. Cette directive engendre une différence significative entre le diamètre intérieur et le diamètre extérieur, reflétant ainsi l'épaisseur de la paroi de la conduite.

Tableau IV.4 : Les diamètres avantageux en fonction des débits

Dext(mm)	Dint(mm)	Epaisseur	Surface	Débit			
				m <sup>3</sup> /h		l/s	
				v=0,5	v=1,5	v=0,5	v=1,5
20	16	2	0,0002	0,0001	0,0003	0,1	0,301
25	20,4	2,3	0,0003	0,0002	0,0005	0,163	0,49
32	26	3	0,0005	0,0003	0,0008	0,265	0,796
40	32,6	3,7	0,0008	0,0004	0,0013	0,417	1,251
50	40,8	4,6	0,0013	0,0007	0,002	0,653	1,96
63	51,4	5,8	0,0021	0,001	0,0031	1,037	3,111
75	61,4	6,8	0,003	0,0015	0,0044	1,48	4,439
90	73,6	8,2	0,0043	0,0021	0,0064	2,126	6,378
110	90	10	0,0064	0,0032	0,0095	3,179	9,538
125	102,2	11,4	0,0082	0,0041	0,0123	4,1	12,299
160	130,8	14,6	0,0134	0,0067	0,0201	6,715	20,145
200	163,6	18,2	0,021	0,0105	0,0315	10,505	31,516
250	204,6	22,7	0,0329	0,0164	0,0493	16,431	49,292
315	257,8	28,6	0,0522	0,0261	0,0783	26,086	78,258
400	327,4	36,3	0,0841	0,0421	0,1262	42,072	126,217
500	391,2	54,4	0,1201	0,0601	0,1802	60,067	180,202

#### IV.7.1. Evaluation des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires ont été évaluées en se basant sur l'équation élaborée par LECHAPT et CALMON [14].

L'expression de cette équation est la suivante :

$$\Delta H = C \times ((L \times QM) / DN) \dots\dots\dots (IV.3)$$

Où :

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

$$J = L \times QM / DN \dots\dots\dots (IV.4)$$

En utilisant les paramètres suivants :

- **J** : Représentant la perte de charge linéaire exprimée en mètres de colonne d'eau (mCE),
- **L** : Indiquant la longueur de la conduite en kilomètres,
- **Q** : Désignant le débit en mètres cubes par seconde ( $m^3/s$ ),
- **D** : Corrélant au diamètre intérieur en mètres (m),

Pour notre cas spécifique, nous prendrons  $C=1.15$  (Les pertes de charge singulières sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires).

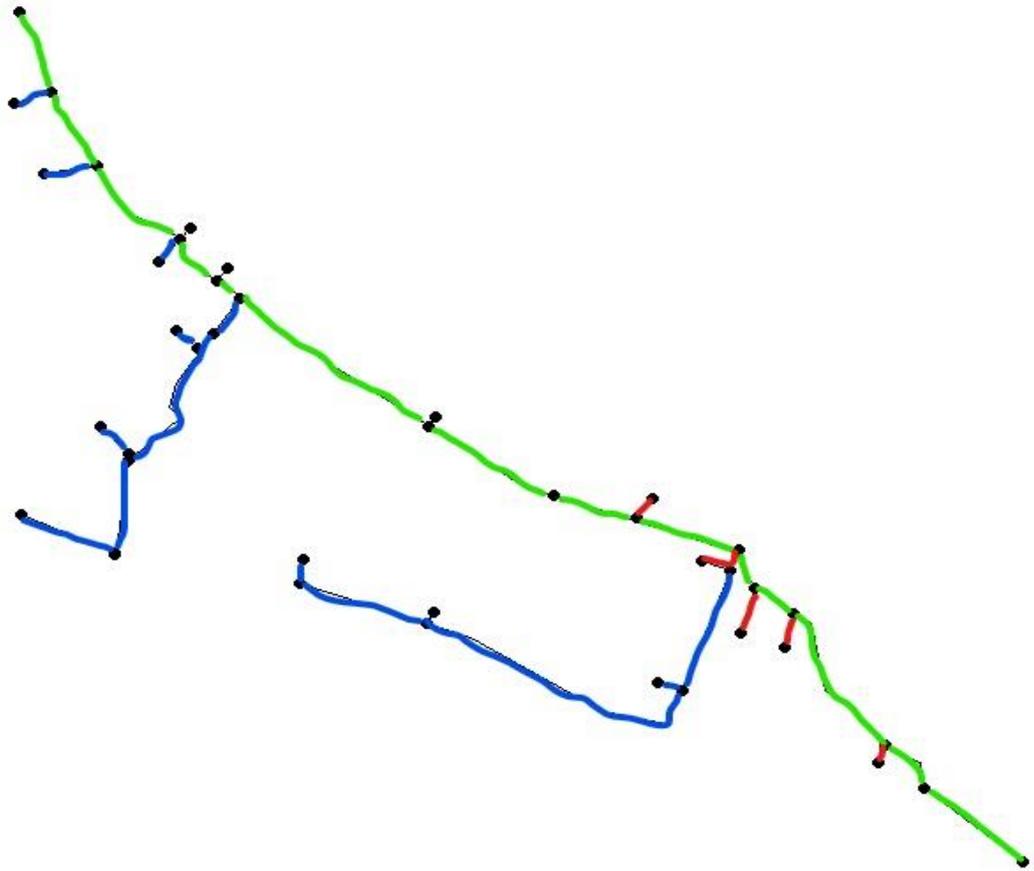
**Tableau IV.5 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon**

<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 est de  $K=0,1$  mm, ce qui entraîne  $M=1,89$  et  $N=5,01$ .

Dans notre situation, les conduites seront fabriquées en fonte si leur diamètre est égal ou supérieur à 400 mm, sinon elles seront en PEHD PN10. Cela s'applique aux conduites en fonte/PEHD.

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



**Figure IV.1 : Présentation du réseau sur logiciel EPANET.**

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.6 : Les résultats de calculs.**

N° du tronçon	Longueur du tronçon L (m)	sup (ha)	débit Q (l/s)	débit Q (m³/s)	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	D nor (m)	Matériau	vitesse réelle (m/s)	Perte de charge (m/m)	cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P (m)	Pression (bars)
N-B	9506	227	317,8	0,318	500	500	0,5	FONTE	1,62	2,62	242	259,38	20	2
N1-B1	67	10	14	0,014	107	125	0,125	PEHD	1,14	0,003	220	261,997	42	4,2
N2-B2	131	9	12,6	0,013	100	110	0,1	PEHD	1,27	0,007	217,8	257,993	40,2	4,02
N3-B3	172	12,5	17,5	0,017	124	125	0,125	PEHD	1,38	0,01	217,8	259,89	42,1	4,21
N4-N5	2071	70	98	0,098	288	315	0,3	PEHD	1,38	0,293	217,6	261,707	44,4	4,44
N6-B4	85	14	19,6	0,02	129	160	0,15	PEHD	1,13	0,005	217,6	262,095	44,5	4,45
N7-B5	103	28	39,2	0,039	182	200	0,2	PEHD	1,24	0,009	226	262,091	36,1	3,61
N8-B6	92	17	23,8	0,024	143	160	0,15	PEHD	1,35	0,006	216,4	262,094	45,7	4,57
N9-B7	49	17	23,8	0,024	143	160	0,15	PEHD	1,35	0,003	230	262,197	32,2	3,22
N10-B8	92	11	15,4	0,015	113	125	0,125	PEHD	1,22	0,005	230,1	262,095	32	3,2
N11-B9	39	5	7	0,007	80	90	0,09	PEHD	1,1	0,001	207,5	262,099	54,6	5,46
N12-N13	1160	57	80	0,08	260	315	0,3	PEHD	1,13	0,134	208,9	261,966	53,2	5,32
N14-B10	348	22	30,8	0,031	160	200	0,2	PEHD	0,98	0,023	228	262,177	34,2	3,42
N15-B11	135	25	35	0,035	171	200	0,2	PEHD	1,11	0,01	221	262,09	41,1	4,11
N16-B12	99	10	14	0,014	107	125	0,125	PEHD	1,14	0,005	213	262,095	49,1	4,91
N17-B13	57	4	5,6	0,006	71	75	0,075	PEHD	1,35	0,002	208,9	262,098	53,2	5,32
N18-B14	115	11,5	16,1	0,016	118	125	0,125	PEHD	1,3	0,006	208,4	262,094	53,7	5,37
N19-B15	57	3	4,2	0,004	62	63	0,063	PEHD	1,34	0,002	208,4	262,098	53,7	5,37
N20-B16	181	12	16,8	0,017	118	125	0,125	PEHD	1,39	0,011	210	262,089	52,1	5,21
N21-B17	133	16	22,4	0,022	138	160	0,15	PEHD	1,24	0,008	210	262,092	52,1	5,21

- **Analyse des résultats:**

L'analyse des calculs hydrauliques du réseau de distribution dans notre zone révèle des données de vitesse et de pression qui confirment une conception et des performances adaptées pour approvisionner efficacement notre système d'irrigation.

- 1. Vitesse (m/s) :**

Les vitesses de l'eau dans le réseau de distribution fluctuent entre 0,98 et 1,62 m/s, des valeurs qui sont considérées comme optimales pour le processus d'irrigation.

- 2. Pression (bar) :**

La pression au niveau des points d'irrigation varie entre 2,0 et 5,46 bars, des valeurs jugées appropriées pour alimenter les asperseurs et les goutteurs. En ce qui concerne l'irrigation par aspersion, une pression d'eau recommandée se situe généralement entre 2 et 4 bars pour assurer une irrigation efficace. Pour l'irrigation localisée, telle que l'irrigation au goutte-à-goutte, une pression d'environ 1 bar est couramment utilisée. Bien que la plage de pression de 2 à 5,46 bars soit généralement suffisante pour garantir le bon fonctionnement du réseau, l'utilisation exclusive des vannes de régulation de pression est préconisée pour les réseaux d'irrigation goutte-à-goutte.

#### **IV.8. Conclusion :**

Pour ce projet, la superficie totale de 227 hectares a été subdivisée en 17 îlots d'irrigation distincts afin de faciliter la distribution des bornes, chacun étant approvisionné par sa propre borne d'irrigation. En raison du dénivelé du terrain entre le barrage et le périmètre, la décision a été prise de mettre en place un réseau gravitaire, éliminant ainsi le recours à des pompes pour le transport de l'eau.

Suite à l'adoption de cette alternative, des calculs des paramètres hydrauliques ont été effectués pour les conduites de tous les segments du réseau de distribution. Il a été recommandé d'utiliser des conduites en fonte pour un diamètre de 400 à 500 mm, et du PEHD lorsque le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm.

Les pressions obtenues pour l'ensemble du réseau de distribution sont généralement satisfaisantes, variant entre 2,0 et 5,46 bars. Cela permettra l'intégration de systèmes d'irrigation nécessitant des niveaux de pression élevés, tels que l'irrigation par aspersion.

# **Chapitre V**

## **Choix de la technique d'irrigation**

---

## Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

### V.1. Introduction :

L'irrigation est une pratique essentielle en agriculture qui implique l'apport artificiel d'eau aux cultures lorsque les ressources hydriques naturelles ne sont pas suffisantes pour favoriser une croissance optimale des plantes. Plusieurs méthodes d'irrigation ont été développées, se distinguant par leur adaptation aux caractéristiques spécifiques du terrain à irriguer et par leur mode de distribution de l'eau aux végétaux. Ce chapitre se penchera sur l'examen de ces différentes techniques dans le but ultime de parvenir à une sélection optimale en fonction des particularités du périmètre étudié.

### V.2. Choix des techniques d'irrigation :

La décision quant à la technique d'irrigation à adopter requiert une prise en compte attentive de divers paramètres, tels que :

- La configuration géométrique du site
- Le débit hydraulique
- La nature spécifique des cultures
- La perméabilité du sol
- La viabilité économique du projet
- Les aspects financiers, qui doivent faire l'objet d'un examen minutieux dans le choix de la méthode d'irrigation appropriée.

### V.3. La catégorisation des techniques d'irrigation :

Les techniques d'irrigation sont classifiées en trois catégories principales :

- a) L'irrigation gravitaire, également appelée irrigation de surface.
- b) L'irrigation par aspersion.
- c) L'irrigation par micro-irrigation.

#### V.3.1. L'irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire, également connue sous le nom d'irrigation de surface, demeure la méthode prédominante dans les exploitations agricoles. Elle implique le déplacement de l'eau sur le sol par l'effet de la gravité. Cette approche se décline en trois méthodes distinctes :

- a) L'irrigation par ruissellement : Cette méthode consiste à laisser l'eau s'écouler en surface, suivant les contours naturels du terrain.

b) L'irrigation par rigoles d'infiltration : Dans cette technique, l'eau est dirigée à travers des canaux spécialement aménagés pour faciliter son infiltration dans le sol.

c) L'irrigation par submersion : Cette approche implique la submersion temporaire du terrain, permettant à l'eau de s'étaler sur la surface cultivée.

#### **V.3.1.1. L'irrigation par ruissellement :**

La méthode d'irrigation par ruissellement se distingue par la distribution de l'eau à travers des rigoles, qui acheminent l'eau par écoulement depuis les fossés du champ, sans recourir à des digues pour réguler le flux d'eau.

#### **V.3.1.2. L'irrigation à la raie :**

La technique d'irrigation à la raie est un mode d'approvisionnement en eau des plantes qui consiste à acheminer l'eau vers les végétaux via un réseau de canaux étroits, généralement espacés de 0,75 à 1 mètre. Ces canaux sont aménagés de manière à devenir de moins en moins denses, créant ainsi un écoulement d'eau restreint sur une fraction limitée de la surface du sol.



**Figure V.1 : Irrigation à la raie**

**V.3.1.3. L'irrigation submersion :**

La méthode d'irrigation par submersion dans l'agriculture consiste à appliquer une couche d'eau de densité variable sur le sol, la maintenant en place pendant une période suffisante pour permettre une infiltration à la profondeur requise. Cette approche est fréquemment qualifiée de forme d'inondation maîtrisée.

**V.3.1.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité :****➤ Avantages :**

- Utilisation d'une approche technique simple ne nécessitant aucune consommation d'énergie externe.
- Investissements initiaux minimaux.
- Potentiel de recharge des nappes phréatiques.
- Capacité à irriguer de vastes surfaces.

**➤ Inconvénients :**

Cette méthode présente certains inconvénients, notamment :

- Une perte d'eau substantielle est constatée.
- La réalisation de travaux de terrassement et de nivellement est impérative.
- L'efficacité est relativement faible.
- Le cycle d'irrigation est prolongé.
- Une main-d'œuvre conséquente et un investissement de temps significatif sont requis.

**V.3.2. L'irrigation par aspersion :**

La méthode d'irrigation par aspersion a pour but de fournir de l'eau aux plantes en simulant une précipitation artificielle. Elle fait appel à deux types d'appareils, à savoir les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. L'objectif principal de cette approche consiste à assurer une répartition uniforme de l'eau sur la zone cultivée. Il est essentiel que la conception du système d'irrigation garantisse un débit d'eau inférieur au taux d'infiltration maximum afin de minimiser les pertes liées à l'écoulement en surface.

**V.3.2.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :****➤ Avantages :**

- Aucun besoin de préparer le sol au préalable.

- Génère une oxygénation significative de l'eau lorsqu'elle est pulvérisée en forme de pluie.
- Génère des économies substantielles par rapport à d'autres systèmes d'irrigation.
- Permet un dosage précis et une distribution homogène de l'eau.
- Adapté à tous types de sols.
- Démontre une efficacité relative élevée dans l'utilisation de l'eau, avec une variation de 75% à 85%.
- Diminue la demande en main-d'œuvre.

➤ **Inconvénients :**

- Risque de perte d'eau causé par l'évaporation et les effets du vent.
- Exige un entretien et une surveillance réguliers du système.
- Les fluctuations importantes de pression peuvent provoquer une distribution irrégulière de l'eau.

### **V.3.2.2. Différentes installations à la parcelle :**

#### **1) Système d'installation fixe :**

L'ensemble des équipements tels que la pompe, les canalisations et les asperseurs est installé de manière permanente, entraînant une réduction de la nécessité de main-d'œuvre. Cependant, cela entraîne des coûts d'investissement considérablement élevés, comme l'a souligné Clément en 2008.

#### **a) Configuration de couverture totale :**

En adoptant une configuration de couverture totale, la surface à arroser est équipée de rampes. Tout au long de la saison, seuls les asperseurs seront déplacés pendant l'irrigation et à la fin de la campagne.

#### **b) Configuration de couverture intégrale :**

Pour atteindre une couverture complète de la parcelle, l'utilisation de rampes et d'arroseurs à postes fixes est nécessaire. Le processus d'arrosage est régulé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne, que ce soit manuellement ou automatiquement.

## 2) Système d'installation mobile :

### a) Système d'irrigation par enrouleur :

L'équipement d'aspersion d'eau le plus fréquemment utilisé dans certaines régions, comme la France, est le dispositif d'irrigation par enrouleur, en raison de sa grande polyvalence. Ce système se compose d'un canon d'arrosage stationnaire alimenté par un conduit flexible enroulé autour d'une bobine. Un moteur hydraulique est chargé de faire tourner la bobine, entraînant le ré enroulement du tuyau et déplaçant simultanément le canon d'arrosage, ce qui contribue à une distribution plus efficace de l'eau.



Figure V.2 : Système d'irrigation par enrouleur

### V.3.3. Système d'irrigation par pivot :

L'irrigation par pivot et l'irrigation par rampe frontale représentent des systèmes automatisés fréquemment employés dans l'arrosage des prairies et d'autres cultures au-dessus de la canopée. Les pivots effectuent une rotation circulaire centrée, tandis que les rampes frontales ont leurs deux extrémités libres. Ces mécanismes nécessitent de l'énergie pour se déplacer dans la parcelle et transporter l'eau de la source jusqu'à la plante.



**Figure V.3 : Système d'irrigation utilisant un pivot central**

#### **V.3.4. Système d'irrigation localisée :**

La méthode de goutte-à-goutte, également appelée irrigation localisée, se caractérise par une application ciblée de l'eau, acheminée à des endroits spécifiques où son infiltration est souhaitée. Cette approche implique le transfert de l'eau à travers des conduits, qui est ensuite distribuée sous forme de gouttes par le biais de goutteurs disposés le long des rangées de plantations.

##### **V.3.4.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :**

➤ **Avantages :**

- Efficacité élevée de l'irrigation.
- Possibilité d'adaptation à différents types de sols et à la plupart des cultures.
- Potentiel d'automatisation pour l'irrigation localisée.
- Nécessite moins de main-d'œuvre.
- Diminue les pertes dues à l'évaporation.

➤ **Inconvénients :**

• **Obstruction des goutteurs :**

Les particules de sable, les dépôts progressifs d'argile ou de limons, les réactions chimiques entraînant la précipitation de composés, ainsi que la prolifération de micro-organismes sont souvent identifiés comme des facteurs contribuant à l'obstruction des orifices des dispositifs d'irrigation goutte-à-goutte. Il est important de noter que l'entretien et le débouchage des goutteurs entraînent des durées et des coûts significatifs.

• **Accumulation de sels :**

L'accumulation de sels peut survenir pendant la phase d'irrigation, en particulier dans les régions arides en raison de la rareté des précipitations.



**Figure V.4 : L'irrigation par goutte-à-goutte**

**V.4. Choix de la technique d'arrosage :**

Le choix de la méthode d'irrigation est influencé par diverses contraintes scientifiques et environnementales, telles que l'évaporation, les vents, la texture et la structure du sol, la topographie naturelle (pente) ainsi que les types de cultures.

Pour les cultures maraîchères, les techniques d'irrigation de surface et par aspersion sont privilégiées. En revanche, pour les céréales, l'irrigation par aspersion demeure la seule option viable, tandis que pour les arbres, l'irrigation localisée en surface est appropriée.

Il est crucial de souligner que le choix de la méthode d'irrigation est également conditionné par des considérations économiques, notamment l'efficacité de la gestion de l'eau. À cet égard, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée s'avèrent être les options les plus économiques par rapport à l'irrigation de surface.

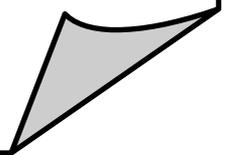
**V.5. Conclusion :**

En résumé, le choix de la méthode d'irrigation optimale nécessite une analyse approfondie des avantages et des inconvénients de chaque approche. Dans notre étude, nous avons favorisé les méthodes modernes suivantes :

- ✓ Le système goutte-à-goutte pour l'arboriculture et les cultures maraîchères.
- ✓ Le système d'aspersion pour les céréalicultures.

# **Chapitre VI**

## **Dimensionnement à la parcelle**



---

## Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

### VI.1. Introduction :

La détermination de la taille des parcelles est cruciale dans la conception d'un plan d'aménagement, et elle dépend largement du type d'irrigation choisi. Cette section se focalisera sur le processus visant à définir la taille optimale des parcelles, en considérant la méthode d'irrigation sélectionnée ainsi que les critères et limitations propres à la région géographique étudiée dans le périmètre défini.

### VI.2. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Dans cette partie, nous nous pencherons sur la planification d'un système d'irrigation localisée, en mettant l'accent sur le dimensionnement du système goutte à goutte. Il est crucial d'avoir des informations de base telles que la surface de la parcelle, les exigences quotidiennes en eau et la durée maximale de fonctionnement quotidien.

#### VI.2.1. Données générales :

Le dispositif d'irrigation sera installé sur la parcelle P 01 de l'îlot 1, alimentée par la borne B1, avec des pressions estimées à environ 4,2 bars. L'ensemble de la surface de l'exploitation couvre 4 hectares et présente une configuration principalement rectangulaire.

- **Culture :** Vignes
- **Besoin de pointe :** 157,91 mm
- **Configuration du réseau de goutte à goutte :** Espacement de 1.5 mètres sur 1.5mètres (1.5\*1.5).
  - Surface : 4 ha
  - Longueur : 257 m.
  - Largeur : 156 m.

#### Caractéristiques du goutteur :

- Débit nominal : 4 l/h ; Pression nominale : 10 m.c.e
- Nombre de goutteurs par arbre : 2
- Espacement entre les goutteurs  $\approx [1 - 2]$  mètres

#### VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisé :

##### a) Influence du taux de couverture du sol :

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, l'eau est administrée de manière précise sur une petite zone de la surface, minimisant ainsi considérablement la quantité d'eau qui s'évapore directement du sol. Pour tenir compte de cet impact, on applique un coefficient de réduction, désigné par  $K_r$ , à l'Évapotranspiration Maximale (ETM). La valeur de  $K_r$  est conditionnée par le pourcentage de la surface du sol recouvert par les plantes adultes, généralement établi à 60%. Son calcul peut être effectué au moyen de différentes formules disponibles, telles que celles présentées ci-dessous :

**Keller et karmeli (1974) :**

$$K_r = \frac{C_s}{0,85} \dots\dots\dots(VI.1)$$

**La formule de Freeman et Garzoli :**

$$K_r = C_s + 0.5 (1 - C_s ) \dots\dots\dots (VI.2)$$

Nous supposons qu'un taux de couverture de 60 % est atteint pour les arbres adultes, ce qui signifie que

- $K_r = 0.70$  selon Keller et Karmeli
- $K_r = 0.80$  selon Freeman et Garzoli

Nous utiliserons un facteur  $K_r$  égal à 0,80

Donc :

$$B_{net} = B_j \times K_r \dots\dots\dots(VI.3)$$

- $B_{net} = (157.91/30) * 0,80 = 4,21 \text{ mm/j}$

### VI.2.3. Dose nette pratique :

Une fois que les besoins journaliers sont calculés, il devient essentiel de définir une fraction ou un pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. La dose (RFU) est déterminée en fonction de la hauteur d'eau  $P$  selon l'équation suivante :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU \times P\% \dots\dots\dots (VI.4)$$

Les termes utilisés dans cette équation sont définis comme suit :

- **Hcc** : la hauteur d'eau de capacité au champ (27%),
- **Hpf** : la hauteur d'eau du point de flétrissement permanent (13%),
- **Da** : densité apparente avec une valeur de 1.4,
- **Y** : avec une valeur de 2/3,
- **Z** : représentant la profondeur des racines de la plante à 800 mm,
- **P** : représentant le taux de saturation du sol en eau.

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

$$P\% = (N \times Spd \times Sh) / (Sa \times Sr) \dots\dots\dots (VI.5)$$

Ou :

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

Cela conduit à la valeur spécifique :

- $P\% = (2 \times 2 \times 1) / (1.5 \times 1.5) = 25\%$
- $RFU = (0,27 - 0,13) \times 800 \times (2/3) \times 1,4 = 105 \text{ mm}$

Et :

- $D_{nette} = 105 \times 0,25 = 26,25 \text{ mm.}$

#### VI.2.4. Fréquence et espacement des arrosages (Fr) :

La fréquence des arrosages (tour d'eau) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$Fr = D_{nette} / B_{net} \dots\dots\dots (VI.6)$$

- $Fr = 26,25 / 4,21 = 6.24 \text{ jours.}$

Par conséquent, nous optons pour une période de 7 jours pour un cycle d'irrigation (Tour = 7 jours).

**VI.2.5. Calcul de la dose réelle :**

Nous recalculons la quantité effective :

$$D_r = B_{il} * F_r \dots\dots\dots(VI.7)$$

- $D_r = 4,21 * 7 = 29,47 \text{ mm.}$

**VI.2.6. La dose brute :**

Dbrute est calculé en utilisant la formule :

$$D_{brute} = D_r / (Eff \times C_u) \dots\dots\dots(VI.8)$$

Avec :

- une efficacité du réseau d'irrigation (Eff) de 90%.
- un coefficient d'uniformité (Cu) de 90%.
- $D_{brute} = 29,47 / (0,9 * 0,9) = 36,38 \text{ mm.}$

**VI.2.7. Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures) :**

$$T_a = (D_{brute} * S_a * S_r) / (n * Q_g) \dots\dots\dots(VI.8)$$

Où :

- **Dbrute** : représente le besoin brute calculé précédemment (36.38mm).
- **Sa et Sr** : sont les espacements entre les arbres et les rangs respectivement.
- **N** : est le nombre de goutteurs (2).
- **Qg** : est le débit du goutteur (4 l/h).
- $T_a = (36,38 * 4 * 4) / (2 * 4) = 72.76 \text{ h/mois.}$

**VI.2.8. Nombre d'arbre par hectare :**

La formule permettant de déterminer le nombre d'arbres par hectare est exprimée comme suit :

$$N_{arbr} = 1ha / S_a * S_r \dots\dots\dots(VI.9)$$

Lorsque ces valeurs sont appliquées à l'équation, le résultat obtenu est le suivant :

- $Narbr = 10000 / (4*4) = 625$  arbres.

#### VI.2.9. Nombre d'arbre par rampe :

La formule permettant de déterminer le nombre d'arbres par rampe est exprimée comme suit :

$$Narmp = Lrgp / Sa \dots\dots\dots(VI.10)$$

En substituant les valeurs dans cette équation, on obtient :

- $Narmp = 156/4 = 39$  arbres.

#### VI.2.10. Nombre des goutteurs par rampe :

La formule permettant de déterminer le nombre de goutteurs par rampe est la suivante :

$$Ng = (Lrgp / Sa) * 2 \dots\dots\dots(VI.10)$$

En utilisant ces paramètres dans l'équation, on obtient :

- $Ng = 39 * 2 = 78$  goutteurs.

#### VI.2.11. Débit d'une rampe :

La procédure pour calculer le débit d'une rampe est la suivante :

$$Qrmp = Ng * qg \dots\dots\dots(VI.11)$$

En substituant les valeurs dans cette équation, on obtient :

- $Qrmp = 78 * 4 = 312$  l/h.

#### VI.2.12. Nombre des rampes :

La procédure pour déterminer le nombre de rampes est la suivante :

$$Nrmp = Lngp / Sr \dots\dots\dots(VI.12)$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, on obtient :

- $N_{rmp} = 257/4 = 64$  rampes.

### VI.2.13. Débit de porte rampe :

La procédure pour calculer le débit de porte-rampe est la suivante :

En utilisant ces données dans l'équation, on obtient :

$$Q_{prmp} = Q_{rmp} * N_{rmp} \dots\dots\dots(VI.13)$$

- $Q_{prmp} = 312 * 64 = 19968$  l/h.

### VI.3. Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Il est crucial d'analyser les paramètres hydrauliques, notamment les dimensions, les niveaux de pression et les pertes de charge, lors du calcul hydraulique d'un système d'irrigation goutte à goutte afin de garantir une efficacité optimale de l'ensemble du réseau.

#### VI.3.1. Diamètre de la rampe :

La formule pour déterminer le diamètre de la rampe est exprimée comme suit :

$$D_{rmp} = ((J_{th} \times 2.75) / (0.478 \times Q_{rmp}^{1.77} \times L_{rgp}))^{(-1/4.77)} \dots\dots\dots(VI.14)$$

En appliquant ces valeurs dans l'équation, on obtient :

- $D_{rmp} = ((1.4 \times 2.75) / (0.478 \times 312^{1.77} \times 156))^{(-1/4.77)} = 15.48$  mm.

On choisit DN=16 mm.

Calcul des pertes de charge de la rampe :

$$J_{cal} = (0.478 \times L_{rgp} \times D_{rmp}^{-4.77} \times Q_{rmp}^{1.77}) / 2.75 \dots\dots\dots(VI.15)$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, on a :

- $J_{cal} = (0.478 \times 156 \times 16^{-4.77} \times 312^{1.77}) / 2.75 = 1.20$  m.

Les pertes de charge  $P_{dc} = 1.2$  m < 1.4, donc la condition est vérifiée.

Tableau VI.1 : Caractéristiques des rampes.

Cultures	Vignes
Lrgp(m)	156
Ng	78
Qrmp(l/h)	312
J th (m)	1.4
Dcalcu (mm)	15.48
Dn (mm)	16
J calculé (m)	1.20

### VI.3.2. Diamètre de la porte rampe :

La formule pour calculer le diamètre de la porte rampe est la suivante :

$$D_{prmp} = ((J_{th} \times 2.75) / (0.478 \times Q_{prmp}^{1.77} \times L_{ngp}))^{(-1/4.77)} \dots\dots(VI.16)$$

En appliquant ces valeurs dans l'équation, le résultat est le suivant :

- $D_{prmp} = ((0.8 \times 2.75) / (0.478 \times 19968^{1.77} \times 257))^{(-1/4.77)} = 90 \text{ mm}$

On choisit DN=90 mm.

Calcul des pertes de charge de la porte-rampe :

$$J_{cal} = (0.478 \times L_{ngp} \times D_{prmp}^{-4.77} \times Q_{prmp}^{1.77}) / 2.75 \dots\dots\dots(VI.17)$$

En utilisant ces valeurs dans la formule, le résultat obtenu est le suivant :

$$J_{cal} = (0.478 \times 257 \times 90^{-4.77} \times 19968^{1.77}) / 2.75 = 0.7 \text{ m.}$$

Les pertes de charge  $J_{cal} = 0.7 < 0.8 \text{ m}$ , donc la condition est vérifiée.

Tableau VI.2 : Caractéristiques des portes rampes.

Cultures	Vignes
$L_{ngp}(m)$	257
Nr	64
$Q_{prmp}(l/h)$	19968
J th (m)	0.8
Dcalcu (mm)	90
Dn (mm)	90
Jcalculé (m)	0.7

#### VI.4. Calcul de la pression en tête du réseau :

Afin de calculer la pression totale requise pour le bon fonctionnement du système d'irrigation goutte à goutte, il est nécessaire d'additionner les pertes de charge à travers l'ensemble du réseau et d'y incorporer la pression spécifique nécessaire pour chaque goutteur.

La formule correspondante s'exprime comme suit :

$$H = H1 + H2 \dots \dots \dots (VI.18)$$

Avec :

- **H** : représente la pression à la tête de la parcelle,
- **H1** : est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un goutteur (1 bar),
- **H2** : est la perte totale de charge,

En se basant sur les valeurs fournies :

$$H1=1 \quad \text{bar,}$$

$$H2=0.7+1.20 \text{ m,}$$

Le calcul donne :

- **H=10+1.9=11.9 m=1.2 bar.**

Ainsi, la pression de 4.2 bars est amplement suffisante pour alimenter les goutteurs et garantir leur bon fonctionnement.

**VI.5. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :**

- **Culture choisie :** Nous avons opté pour la pratique de l'irrigation afin de cultiver du blé, une céréale qui présente des avantages significatifs tant du point de vue agronomique que sur le plan économique.
- **Sélection des parcelles de l'îlot :** Le système d'irrigation par aspersion est installé sur la parcelle P10 (îlot 04), d'une superficie de 2.2 hectares. Cette parcelle est alimentée par la borne B04, et les pressions calculées pour cette borne atteignent environ 4,45 bars.

Ces valeurs de pression sont amplement suffisantes pour garantir l'approvisionnement en eau de la parcelle.

Caractéristiques de la parcelle :

- **Longueur (L) :** 200 m
- **Largeur (b) :** 110 m
- **Texture du sol :** Argilo-limoneuse
- **Efficacité d'irrigation (E<sub>as</sub>) :** 75%
- **Temps de travail :** 20 heures par jour, pendant 26 jours par mois.
- **Besoins de pointe :** 142,34 mm en Mai.
- **Perméabilité du sol :** Le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à K= 7 mm/h.

**Dose pratique :**

$$\mathbf{RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \dots \dots \dots (VI.19)}$$

- **Y :** degré de tarissement, égal à 2/3
- **D<sub>a</sub> :** densité apparente, égale à 1.4
- **Surface de la parcelle (S) :** 2,2 ha
- **Type de culture :** Blé
- **Z :** profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le blé)
- **H<sub>cc</sub> :** humidité à la capacité au champ (27%)
- **H<sub>pf</sub> :** humidité au point de flétrissement (13%).
- **RFU = 2/3 (( 27 - 13) / 100) \* 1.4 \* 0.6\* 1000 = 78.4 mm**

**VI.6. Dimensionnement théorique :****a) Calcul du diamètre de l'ajutage :**

La perméabilité du sol est notée  $K=7$  mm/h ; On établit  $p \leq k$ , où  $p$  représente la pluviométrie de la buse.

La relation est donnée par l'équation :

$$P = (1.5.d) / (1.04) \dots\dots\dots (VI.20)$$

Avec :

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

Ainsi, en résolvant cette équation, on trouve que :

- **d** =  $(7 * 1.04) / (1.5) = 4.85$  mm.

En consultant la documentation technique de l'arroseur PERROT, il est à noter que le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4,8 mm.

**b) Calcul de la portée de jet (L) :**

La portée de projection, définie comme la distance entre l'appareil émetteur et le point d'impact du jet, est un paramètre essentiel pour délimiter la zone circulaire irriguée par l'appareil. Cette grandeur est calculée selon l'équation suivante :

$$L=3 . d^{0.7} . h^{0.27} \dots\dots\dots (VI.21)$$

Où :

- **d** : représente le diamètre de la buse en mm.
- **h** : est la pression à la buse en m, dans notre cas  $P=4,0$  bars et une hauteur d'eau de 40 m.
- **L**= $3 . (4,8^{0.7}) . 40^{0.27} = 16,52$  m.

Ainsi, pour un diamètre de buse de 4,8 mm à une pression de 4,0 bars, la portée minimale sera d'environ 16,6 m, selon les spécifications de l'arroseur ZB de type Perrot.

**c) Ecartement entre les rampes et arroseurs :**

Conformément aux directives émises par les normes américaines, les écarts recommandés varient en fonction de la vitesse du vent, comme suit :

- ✓ Pour l'écart entre les lignes d'arrosage ( $E_l$ ), il est préconisé de maintenir une valeur entre 1,25L (vent faible) et 1,02L (vent fort).
- ✓ En ce qui concerne l'écart entre les arroseurs sur la rampe ( $E_a$ ), les recommandations s'étendent de 0,8L (vent faible) à 0,5L (vent fort).

Ces valeurs maximales sont associées à des conditions de vent de faible intensité, soit une vitesse inférieure à 10 km/h.

Dans notre cas, les vitesses du vent restent relativement faibles et uniformes tout au long de l'année, avec des vitesses maximales d'environ 3,1 m/s, équivalant à 11,16 km/h. Par conséquent, les valeurs utilisées sont les suivantes :

- $E_l = 1,3 * 16,6 = 21,58 \text{ m}$
- $E_a = 0,75 * 16,6 = 12,45 \text{ m}$

En standardisant ces écarts, nous obtenons les valeurs suivantes :

- $E_l = 18 \text{ m}$
- $E_a = 18 \text{ m}$
- Cela correspond à une surface mouillée de **324 m<sup>2</sup>**.

**d) Débit de l'asperseur :**

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

$$q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots(\text{VI.22})$$

- $q = 0.95 \times \frac{3.14 \times (4.8 * 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \times 40} = 0.00048 \text{ m}^3/\text{s}$
- $q = 1.64 \text{ m}^3/\text{s}$

Avec :

- $q$  : le débit de l'asperseur (m<sup>3</sup>/s).

**e) vérification de la pluviométrie de la buse :**

En adoptant l'hypothèse selon laquelle l'écartement est proportionnel à la portée, on peut estimer la pluviométrie horaire (P, en mm/h) à l'aide de la relation suivante :

$$P = \frac{q}{E_f \cdot E_a} \dots\dots\dots(VI.23)$$

Dans cette équation,

- **q** : représente le débit de l'asperseur sélectionné, où  $q = 4,8 \times 10^{-4} = 1,64 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Par conséquent, en substituant ces valeurs, on obtient :

- $P = \frac{1.64}{18.18} = 5.06 \text{ mm/h}$

Ainsi, la sélection du diamètre de la buse garantira une pluviométrie  $P \leq K = 7 \text{ mm/h}$ .

**f) Calcul du tour d'eau :**

La durée du cycle d'irrigation est définie comme le temps nécessaire pour arroser intégralement toutes les parcelles.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{DoseRFU}}{B_{\text{mm}}} N_j \dots\dots\dots(VI.24)$$

En appliquant cette formule :

- $T_{\text{eau}} = \frac{78.4}{142.34} \cdot 26 = 14.32 \text{ jours}$ .
- On prend un tour d'eau de 15 jours.
- On irrigue  $30 / 15 = 2$  fois par mois.

**g) La dose réelle :**

- **Dr** = Teau . dose journalière.
- Où : **la dose journalière** =  $142,34 / 30 = 4,74 \text{ mm/jour}$ .
- **Dr** =  $15 \times 4,74 = 71,1 \text{ mm}$ .
- En conséquence, la dose réelle est de **71,1 mm**.

**h) La dose brute :**

- $Db = \frac{\text{la dose réelle}}{0.75} = \frac{71.1}{0.75} = 94.8 \text{ mm.}$

**i) Temps d'arrosage:**

Le temps T nécessaire pour appliquer une dose d'eau par un asperseur sans excéder la capacité d'infiltration est déterminé en utilisant la relation suivante :

- $T_a = \frac{\text{dose réelle brute}}{\text{pluviométrie}} = \frac{94.8}{7} = 13.54 \text{ h}$

- $T_a = 13 \text{ h}$

Par conséquent, il sera possible d'ajuster deux cycles par jour pour un asperseur, ce qui équivaut à une durée de fonctionnement totale de 20 heures.

**j) Calcul du débit d'équipement (Q eq) :**

- $Q \text{ eq} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T \cdot n \cdot N_j \cdot \text{eff}} = \frac{2.2 \times 142.34 \times 10}{13 \times 2 \times 26 \times 0.75} = 6 \text{ m}^3/\text{h}$

**k) Calcul de l'unité d'arrosage (SU):**

La zone ou la surface arrosé par unité de mesure :

- $SU = \frac{s}{T_{\text{eau}} \cdot n} = \frac{2.2}{13 \cdot 2} = 0.08 \text{ ha}$

**l) Nombre d'asperseur requis (N asp) :**

- $N \text{ asp} = \frac{SU \cdot 10000}{E_m \cdot E_a} = \frac{0.08 \times 10000}{18 \times 18} = 3 \text{ asp}$

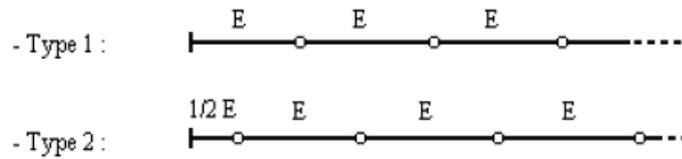
Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

- 3 Asperseurs pour 0.08 ha.
- Tel que : **la dose réelle brute** = la dose réelle / 0.75.

**VI.7. Dimensionnement hydraulique des rampes :****VI.7.1. Longueur de la rampe :**

La phase de dimensionnement fluctue d'une parcelle à l'autre en raison des dimensions de la parcelle et de la méthode de projection du réseau d'aspersion.

Deux méthodes d'installation des dispositifs d'aspersion sur la rampe sont envisagées.



**Figure VI.1 : Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.**

La longueur de la rampe est donc :

Pour le type 1 ;  $L = n.E$

Pour le type 2 ;  $L = (n + 0.5) * E$

D'où :

$$L_r = \frac{\text{Largeur de terrain}}{2} - \frac{E_a}{2} = \frac{110}{2} - \frac{18}{2} = 46 \text{ m}$$

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

$$N_{asp} = \frac{\text{Largeur}}{E_a} = \frac{L_r}{E_a} = \frac{46}{18} = 3 \text{ asperseurs.}$$

### VI.7.2. Dimensionnement de la rampe ( $Q_r$ ) :

$Q_r = \text{le débit de l'asperseur} \times \text{le nombre d'aspersion/rampe} \dots \dots \dots (\text{VI.25})$

Le débit sur la rampe :

- $Q_r = 1.64 \times 3 = 4.92 \text{ m}^3 / \text{h} = 1.36 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Le nombre de configurations de rampes possibles :

- $N_r = \frac{l_r}{E_l} = \frac{200}{18} = 11.11 = 11 \text{ rampes.}$

**VI.7.3. Calcul du diamètre de la rampe :**

Le diamètre de la rampe, noté  $D_R$ , peut être exprimé à l'aide de la formule suivante :

$$D_R = \sqrt{\frac{4 QR}{\pi V}} \dots\dots(VI.26)$$

Où :

- $V$  : représente la vitesse de l'écoulement à travers la rampe.

On suppose que :  $V \leq V_{adm}$ , avec  $V_{adm}$  compris entre 0,5 et 2,5.

En supposant que  $V = 1,5$  m/s, nous pouvons calculer  $D_R$  comme suit :

- $D_R = \sqrt{\frac{4 \times 0,00136}{\pi \times 1,5}} = 0,04161$  m, ce qui équivaut à 41,61 mm.

Il est à noter que les tuyauteries en PEHD disponibles sur le marché présentent des diamètres normalisés tels que 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160 et 200 mm.

- le diamètre normalisé ( $D_r$ ) est de 50 mm.
- $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$
- $V = \frac{4 \times 0,00136}{\pi \times (50 \times 10^{-3})^2} = 0,7$  m/s.

**VI.7.4. Calcul des pertes de charge :**

La formule classique utilisée pour déterminer l'expression générale des pertes de charge linéaires dans les conduites repose sur le modèle de Hazen-Williams, donnée par l'équation suivante :

$$J = (3,592 / CH)^{1,872} * (L / D^{4,87}) * Q^{1,872} \dots\dots(VI.27)$$

Où :

- $J$  : représente la perte de charge linéaire en mètres,
- $CH$  : est le coefficient de Hazen-Williams (compris entre 130 et 140 pour les conduites en fonte ou en PEHD),
- $D$  : correspond au diamètre de la canalisation en mètres,

- **L** : est la longueur de la conduite en mètres,
- **Q** : est le débit en 1 m<sup>3</sup>/s.

En appliquant ces paramètres à l'équation, on obtient :

- $J = (3.592 / 140)^{1.872} * (46 / 0.050^{4.87}) * 0.00136^{1.872} = 0.55 \text{ m.}$

## VI.8. Dimensionnement de la porte rampe :

### VI.8.1. Longueur de la porte rampe :

La mesure de la longueur de la porte de la rampe est déterminée par :

- $L_{pr} = 200 - \frac{18}{2} = 191 \text{ m}$

### VI.8.2. Débit de la porte rampe :

Le calcul du débit de la porte rampe se fait par :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r \dots\dots(VI.28)$$

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

- $Q_{pr} = 4.92 * 11 = 54.12 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0150 \text{ m}^3/\text{s.}$

### VI.8.3. Calcul du diamètre de la porte rampe :

La détermination du diamètre de la rampe de la porte s'effectue selon la formule suivante :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{(4 * Q_{pr})}{(\pi * V)}} \dots\dots(VI.29)$$

Où :

- **Q<sub>pr</sub>** : représente le débit en m<sup>3</sup>/s,
- **D<sub>r</sub>** : est le diamètre en mm,
- **V** : correspond à la vitesse économique de 2 m/s.

Dans notre cas, les valeurs sont les suivantes :

- $D_{pr} = \sqrt{\frac{(4 * 0.0150)}{(\pi * 2)}} = 97.7 = 110 \text{ mm.}$

Nous optons pour un diamètre normalisé de 110 mm pour la conduite en PEHD afin de minimiser les pertes de charge.

En conséquence, la relation suivante est établie :

$$V = (4 * Q_{pr}) / (\pi * D_{pr}^2) \dots\dots(VI.30)$$

En substituant les données dans cette équation, nous obtenons :

- $V = (4 * 0.0150) / (\pi * 0.110^2) = 1.57 \text{ m/s.}$

#### VI.8.4. Calcul de la perte de charge de la porte rampe :

La formule conventionnelle utilisée pour calculer l'expression générale des pertes de charge linéaires dans les conduites est dérivée du modèle Hazen Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.872} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.872} \dots\dots(VI.31)$$

Où :

- **J** : représente la perte de charge linéaire en mètres,
- **CH** : est le coefficient de Hazen-Williams (compris entre 130 et 140 pour les conduites en fonte ou en PEHD),
- **D** : correspond au diamètre de la canalisation en mètres,
- **L** : est la longueur de la conduite en mètres,
- **Q** : est le débit en 1 m<sup>3</sup>/s.

En appliquant ces valeurs à l'équation, le résultat est le suivant :

- $J = (3.592 / 140)^{1.872} * (191 / 0.110^{4.87}) * 0.0150^{1.872} = 4.22 \text{ m.}$

**Tableau VI.3 : Résultat de calcul pratique d'aspersion**

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	191	46
Diamètre (mm)	110	50
Débit (m <sup>3</sup> /h)	0,015	0,00136
Vitesse (m/s)	1,57	0,7
Perte de charge totale (m)	4,22	0.55

$\Delta H_t = 4.22 + 0.55 = 4.77 \text{ m}$  de perte charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

#### VI.8.5. Calcul de la pression en tête de réseau :

Il s'agit de la pression nécessaire pour assurer le fonctionnement optimal du dernier asperseur, calculée selon la somme des composants suivants :

$$H = H1 + H2 + H3 \dots\dots(VI.32)$$

Où :

- **H** : représente la pression à la tête de la parcelle,
- **H1** : est la pression requise pour le fonctionnement optimal d'un asperseur (fixée à 3 bars),
- **H2** : est la perte de charge totale de la rampe,
- **H3** : est la dénivelée (0 m sur un terrain relativement plat).

Ainsi, le calcul est le suivant :

- **H** =  $30 + 4,77 + 0 = 34,77 \text{ m}$ .

La pression mesurée (P) est de 3.5 bars, ce qui s'avère parfaitement adéquat compte tenu de la pression disponible à la borne, évaluée à 4,4 bars.

#### VI.9. Conclusion :

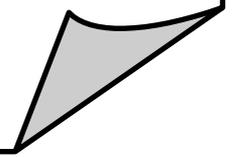
Par conséquent, une pression de 4,2 bars suffit amplement pour approvisionner les goutteurs et assurer leur bon fonctionnement.

Dans cette section, nous avons examiné la méthodologie de dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion dédié à la culture du blé, ainsi qu'un système d'irrigation goutte à goutte adapté à la culture de vigne.

L'objectif sous-jacent à l'adoption de ces systèmes est double : d'une part, la préservation des ressources hydriques pour l'irrigation, et d'autre part, l'amélioration des rendements agricoles.

# **Chapitre VII**

## **Calcul technico-économique**



---

## Chapitre VII : Calcul technico-économique

### VII.1. Introduction :

Afin d'évaluer la faisabilité financière de notre projet et d'estimer le coût global de sa réalisation, une analyse détaillée du devis estimatif est nécessaire. Cette démarche implique la quantification minutieuse de toutes les activités sur le terrain, en multipliant le volume des travaux par le prix unitaire approprié. Ainsi, cette section se focalise sur une étude économique approfondie, permettant une compréhension approfondie de la dimension financière du projet, englobant les bénéfices potentiels et les pertes. Elle prend en considération diverses dépenses, qu'il s'agisse des coûts initiaux d'investissement ou des coûts d'exploitation continus. Pour mener cette évaluation de manière précise, il est essentiel de quantifier de manière exhaustive toutes les tâches à entreprendre, notamment la mise en place du réseau de distribution et la réalisation de divers travaux nécessaires à la réussite du projet.

### VII.2. Exécution des travaux de pose de canalisation :

#### VII.2.1. Exécution des tranchées :

- Ce processus implique l'excavation de tranchées dans le sol afin de recevoir les conduites. Généralement, une pelle mécanique est employée pour réaliser cette opération.
- Les dimensions des tranchées varient en fonction du diamètre de la conduite destinée à être installée dans chaque segment. Il est crucial de creuser la tranchée avec des dimensions adéquates, garantissant ainsi la capacité d'accueil de la conduite sans compromettre sa stabilité.

#### VII.2.2. Pose de lit de sable :

- Le lit de sable constitue une couche déposée au fond de la tranchée avant l'installation de la conduite.
- Sa fonction principale est de répartir de manière uniforme les charges sur la zone de support de la conduite, contribuant ainsi à prévenir d'éventuels dommages.
- Avant de poser la conduite, il est essentiel de préparer la tranchée en éliminant les grosses pierres, en respectant les dimensions du profil en long (niveaux du sol), et en nivelant soigneusement le fond de la tranchée pour assurer une base solide à la conduite.

**VII.2.3. Remblayage des tranchées :**

- Après avoir correctement positionné la conduite dans la tranchée sur le lit de sable, on peut utiliser le matériau excavé précédemment du sol comme remblai.
- Il s'agit de remplir la tranchée avec le remblai excavé afin d'enterrer la conduite et de la stabiliser en place.

**VII.2.4. Nivellement et comptage :**

- Après avoir effectué le remblayage, il est indispensable d'effectuer le nivellement, consistant à répartir de manière uniforme les terres utilisées comme remblai, surtout s'il y a des monticules.
- Ensuite, il est nécessaire de compacter le sol, c'est-à-dire de le comprimer mécaniquement pour accroître sa densité.
- Le compactage du sol revêt une importance cruciale afin de prévenir le tassement au fil du temps, ce qui pourrait entraîner des dommages à la canalisation ou des affaissements du sol. Ces étapes sont fondamentales pour garantir la stabilité et la durabilité de l'installation de la canalisation dans le sol.

**VII.3. Calcul des volumes des travaux de distribution :****VII.3.1. Calcul du volume de terrassement :****a) Profondeur de la tranchée :**

Il est essentiel que la profondeur de la tranchée soit adéquate pour assurer la réalisation correcte des branchements spécifiques tout en évitant tout contact avec les autres conduites. La relation entre la profondeur de la tranchée ( $H_{tr}$ ) et ses composantes est définie par l'équation :

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(VII.1)}$$

Où :

- $H_{tr}$  : représente la profondeur de la tranchée.
- $e$  : est la hauteur du lit de pose.
- $d$  : est le diamètre de la conduite.
- $h$  : est la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

**b) Largeur du fond de la tranchée :**

La tranchée est dimensionnée de manière à laisser un espace de 30 cm de chaque côté de la conduite.

Ainsi, la largeur est déterminée selon l'équation suivante :

$$\mathbf{B = d + 0.6 (m) \dots\dots\dots(VII.2)}$$

Où :

- **B** : représente la largeur de la tranchée en mètres.
- **d** : est le diamètre de la conduite en mètres.

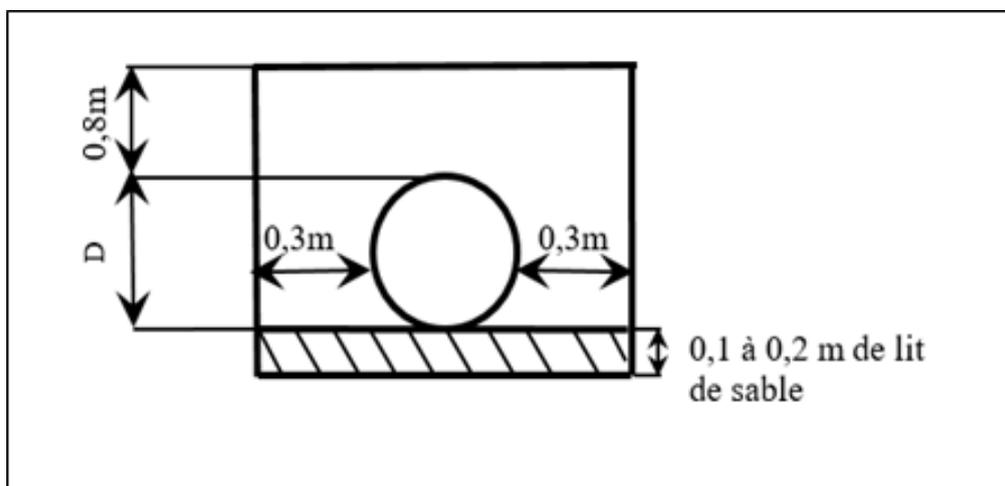


Figure VII.1 : Schéma d'une tranchée

**VII.3.2. Calcul du volume de déblai :**

Le volume d'excavation est défini comme suit :

$$\mathbf{Vdeb = L \times H \times b (m^3) \dots\dots\dots (VII.3)}$$

Où :

- **L** : Longueur de la tranchée en mètres.
- **H** : Profondeur de la tranchée en mètres.
- **b** : Largeur de la tranchée en mètres.

**VII.3.3. Calcul du volume de remblai :**

La relation entre le volume net d'excavation ( $V_{remb}$ ), le volume d'excavation brut ( $V_{deb}$ ), et le volume occupé par la conduite ( $V_{cond}$ ) est exprimée comme suit :

$$V_{remb} = V_{deb} - V_{cond} \dots \dots \dots (VII.4)$$

Où :

$$V_{cond} = \frac{(\pi \times D^2)}{4} \times L \dots \dots \dots (VII.5)$$

Donc :

$$V_{remb} = V_{deb} - \frac{(\pi \times D^2)}{4} \times L \dots \dots \dots (VII.6)$$

**VII.3.4. Calcul du volume de sable :**

Il est calculé comme suivant :

$$V_{sable} = b_{sable} \times L \times b \dots \dots \dots (VII.7)$$

**a. Calcul des différents volumes :**

**Tableau VII.1 : Quantité des travaux de terrassement.**

D (mm)	B (m)	H (m)	L (m)	V deb	S cond	V cond	V rembl	V sable
63	0.663	0.963	57	36.39	0.638	0.178	36.212	3.779
75	0.675	0.975	57	37.51	0.658	0.252	37.258	3.847
90	0.69	0.99	39	26.64	0.683	0.248	26.392	2.691
110	0.7	1	131	91.7	0.7	1.029	90.671	9.17
125	0.725	1.025	726	539.51	0.743	8.909	530.601	52.635
160	0.75	1.05	359	282.71	0.787	6.344	276.366	26.925
200	0.8	1.1	586	515.68	0.88	18.410	497.27	46.88
315	0.9	1.2	3231	3489.48	1.08	228.39	3261.09	290.79
500	1.1	1.4	9506	14639.24	1.54	1866.499	12772.741	1045.66
<b>Somme</b>				<b>19658.86</b>		<b>2130.259</b>	<b>17528.601</b>	<b>1482.377</b>

## b. Coût des travaux de terrassement :

Tableau VII.2 : Coût des travaux de terrassement.

Désignation de travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant (DA)
Déblai	m <sup>3</sup>	19659	450	8846550
Lit de sable	m <sup>3</sup>	1482	1200	1778400
Remblai	m <sup>3</sup>	17529	300	5258700
<b>Total</b>				<b>15883650</b>
<b>TVA (19%)</b>				<b>3017893.5</b>
<b>Montant TTC</b>				<b>18901543.5</b>

## VII.4. Facture des différents types des conduites du réseau de distribution :

Les tarifs pour les conduites sont comme suivants :

Tableau VII.3 : Facteur des différents types des conduites du réseau de distribution.

Conduite	Type	Unité de mesure	Prix unitaire (DA)	Quantité ml	Prix (DA)
63	PEHD	ml	169.65	57	9670.05
75	PEHD	ml	238.68	57	13604.76
90	PEHD	ml	314.15	39	12251.85
110	PEHD	ml	626	131	82006
125	PEHD	ml	771	726	559746
160	PEHD	ml	1229	359	441211
200	PEHD	ml	1952	586	1143872
315	PEHD	ml	7403	3231	23919093
500	FONTE	ml	19513.76	9506	185497802.6
<b>Total</b>					<b>211679257</b>
<b>TVA (19%)</b>					<b>40219058.83</b>
<b>Montant TTC</b>					<b>251898315.8</b>

**VII.5. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales :****Tableau VII.4 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.**

Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total (DA)
Les bornes d'irrigation	17	100000	1700000
Les vannes	9	12000	108000
Venthaus	1	13000	13000
<b>Prix HT</b>			<b>1821000</b>
<b>Prix TTC</b>			<b>2166990</b>

**VII.6. Tableau des devis de projet :**

Travaux	Prix (DA)
Terrassement	18901543.5
Conduites	251898315.8
Bornes et pièces	2166990
<b>Prix TTC</b>	<b>272966849.3</b>

Le coût global du projet, en tenant compte de l'ensemble des transactions financières, se situe approximativement à : **272966849.3 DA**

**VII.6. Conclusion :**

L'analyse des volumes de travail a conduit à l'établissement d'une estimation du coût total du projet. Une planification détaillée des travaux s'avère cruciale pour garantir une exécution efficace. Selon nos conclusions, le coût total du projet est évalué à 272966849.3 DA, soit deux cent soixante-douze millions neuf cent soixante-six mille huit cent quarante-neuf dinars et trois centimes.

Ce montant est jugé adéquat pour la réalisation du projet.

# Conclusion générale

La région étudiée se situe dans un climat aride caractérisé par des hivers chaud et relativement humides, ainsi que des étés chauds et secs. Cependant, les précipitations sont insuffisantes et mal réparties. Afin de stimuler le développement agricole, il est essentiel de mettre en place un aménagement hydro-agricole et des systèmes d'irrigation efficaces.

L'analyse des sols et de l'eau d'irrigation révèle une variété de sols présentant différents potentiels agronomiques, ce qui nécessite une approche prudente en matière d'irrigation, en particulier en ce qui concerne le drainage.

Après avoir choisi les cultures, nous avons évalué les besoins en eau globaux ainsi que ceux de chaque parcelle, une étape cruciale dans la conception du système d'irrigation et de transport.

Le système d'irrigation retenu comprend des conduites enterrées en fonte et en PEHD, équipées de bornes d'irrigation. Nous avons souligné l'importance d'incorporer des techniques d'irrigation spécifiques, telles que la pulvérisation pour les céréales et l'irrigation goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage, car l'amélioration des rendements dépend essentiellement de l'utilisation de systèmes d'irrigation efficaces.

Une analyse des coûts a été effectuée pour chaque élément du projet, englobant les coûts associés aux conduites, aux bornes, aux vannes, ainsi qu'aux installations d'irrigation goutte-à-goutte et par aspersion. Cette évaluation a été réalisée en suivant une méthodologie uniforme pour l'ensemble des parcelles. Au final, cette évaluation a mis en évidence que la mise en œuvre de notre projet nécessite des couts estimés à hauteur de 272966849.3DA (Dinars Algériens)

# Références bibliographiques

**Bureau d'étude HICHAM.**

**Bulletin N°33 FAO** Calcul des besoins en eau des cultures.

**BOUZADA NACERA 2012.** Caractérisation géochimiques des eaux souterraines utilisées dans l'irrigation dans les plaines du Chélif.

**BOULAINÉ, J 1957.** Etude des sols des plaines du chellif. Thèse Doctorat, Alger.

**HENNIA. (2007).** Contribution à la gestion qualitative des eaux souterraines dans les zones semi-arides, Application au moyen chellif occidental. Thèse de Magister, université Hassiba Ben Bouali.

**LECHAA Mohamed Tahar 2020.** Dimensionnement d'un réseau de drainage d'un périmètre de 350 Ha à OUM DROU wilaya de chellif (M.CHELLIF) Blida. ENSH.

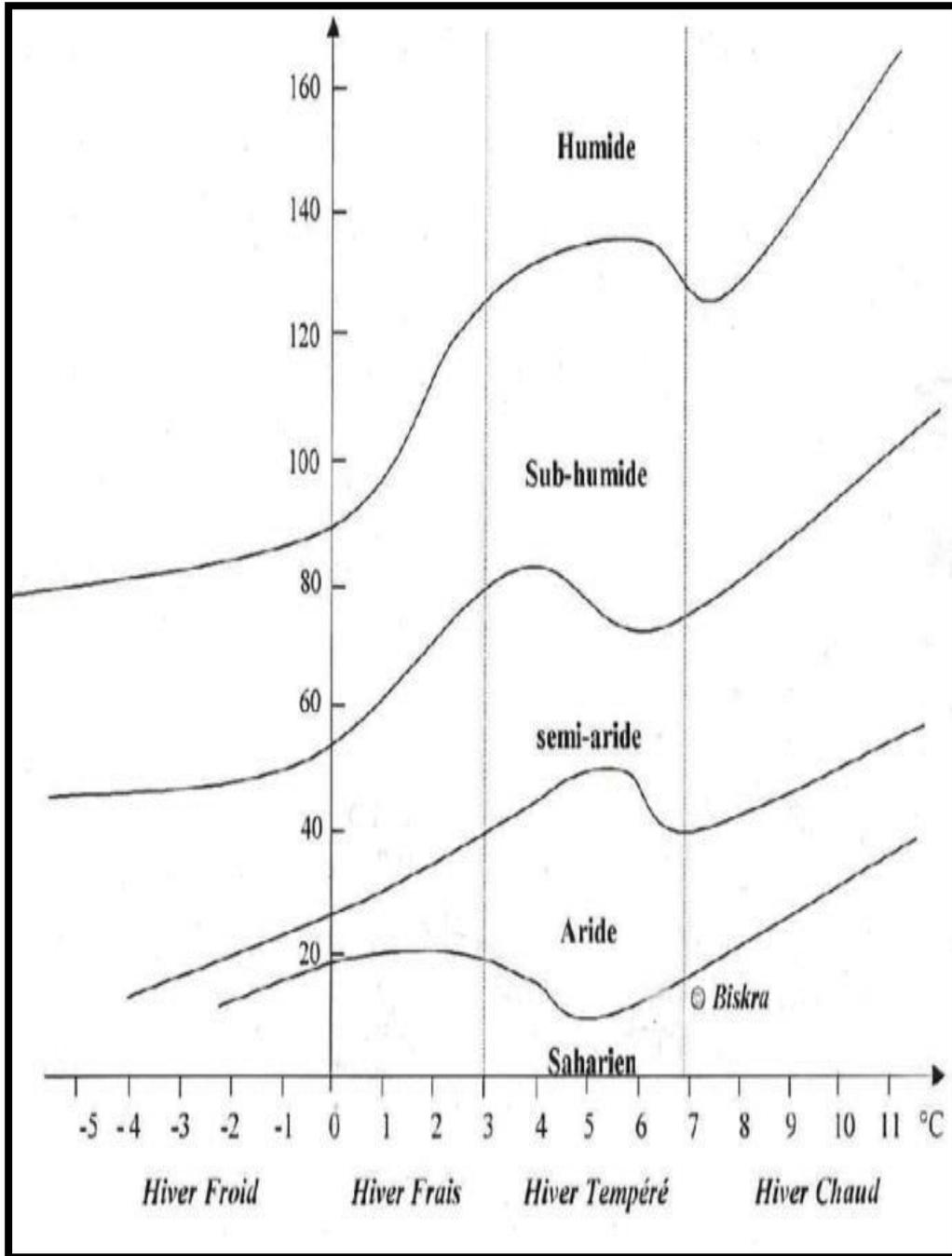
**MIEZRIG Amari 2020.** Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation (secteur d'oum drou) à partir du barrage D'OUUM DROU (W.CHELLIFF) Blida. ENSH.

**Mémoire technique 2005.** Etude de réaménagement et de l'extension du périmètre du moyen chellif.

**ONID.** La situation socio-économique de la wilaya de chellif (Document).

# Annexes

Annexe 01 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.



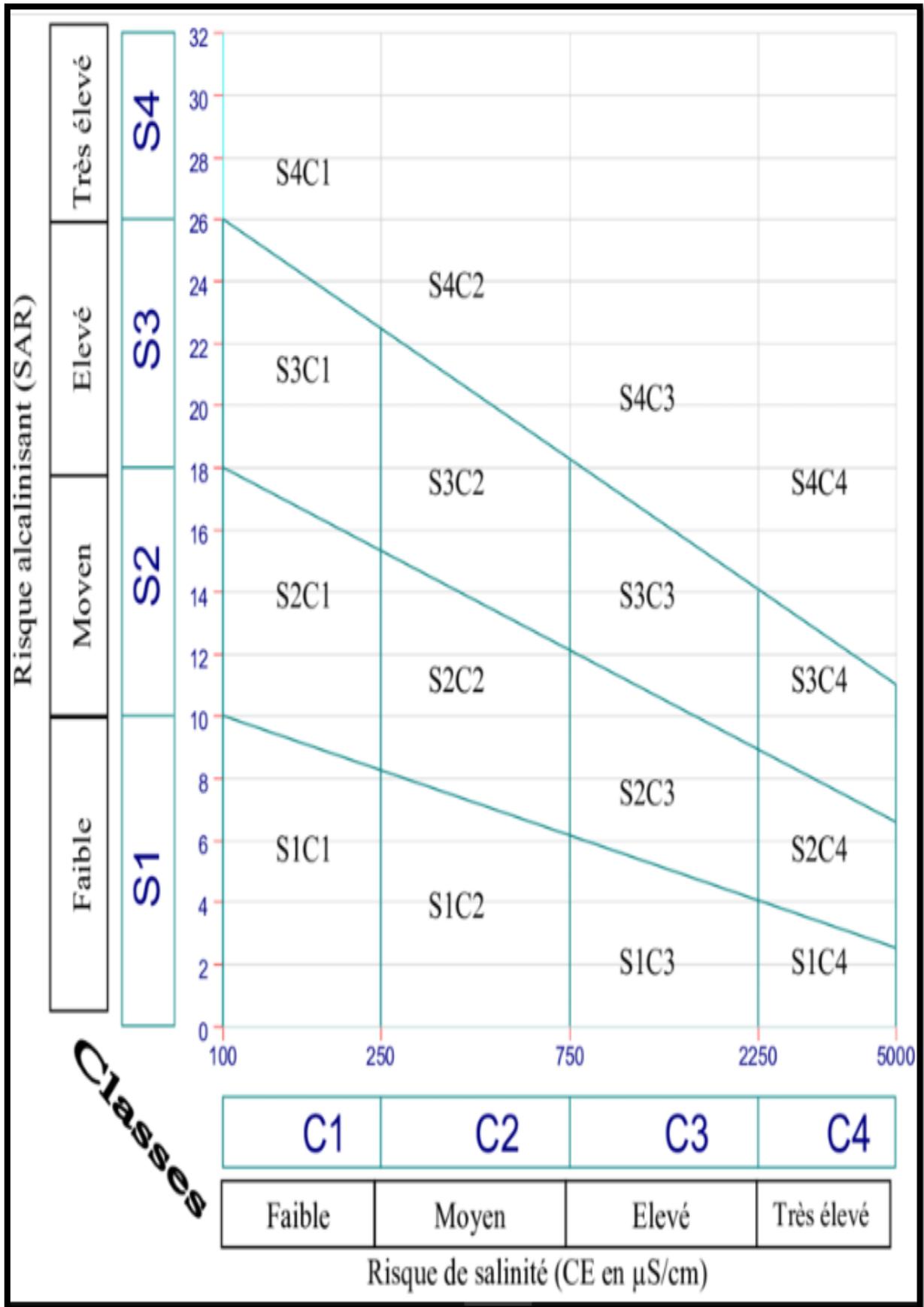
## Annexe 02 : Classification des zones homogène du périmètre moyen Chellif

ZONE	LOCALISATION	CARACTERISTIQUES	APTITUDES
1= Alluvions récentes profondes, non salées de texture équilibrée.	Le long des principaux Oueds. Alluvio-alluviales de la plaine des MEDJADJAS .	Texture limono argileuse à argilo limoneuse. Plus grossier dans les zones d'épandage, éventuellement quelques traces d'hydromorphie ou salinité en profondeur . Bonne perméabilité CE < 2 mmhos/cm en surface	Toutes cultures adaptées aux conditions climatiques
2= Alluvions récentes de texture fine l'émergent salées et/ou tirsifiées	Zones représentées sur l'ensemble du périmètre. Mais surtout dans la plaine d'Ech-Chleff, (à l'exclusion de la plaine des MEDJADJAS)	Texture argilo limoneuse en rive gauche de la plaine d'Ech-Chleff le caractère salin est net en profondeur. En rive droite s'y ajoute le caractère vertique . Ces sols présentent souvent des horizons drainant au delà d'un mètre CE < 4 mmhos/cm.	Toutes cultures adaptées aux conditions climatiques si on dispose de la maîtrise des eaux .
3= Alluvions récentes et anciens fortement tirsifiées.	Disséminées dans tout le périmètre Abondantes en rive droite de la plaine d'Ech-Chleff (confluent Ouahrane- Cheliff). autour de la cuvette de Boukader. Dans les zones de piémont (plaine d'Oued Fodd) et dans la partie orientale de la plaine des MEDJADJAS ;	Texture argilo limoneuse. Structure très grossier avec faces vertique des 40 ou 50 cm de profondeur. CE < 4 mmhos/cm sur alluvions récentes (confluent Ouahrane- cheliff). elle s'accroît avec la profondeur . Très faible porosité et très faible perméabilité .	Cultures adaptées aux sols lourds: Riz, Céréales (orge, blé) cultures fourragères (vesce avoine). Cultures maraîchères éventuelles (choux, sur les sols moins lourds, pastèque et melons) .
4= Alluvions salées	Confluent des Oueds Sly et Cheliff. Piémont Nord-ouest de la plaine d'Ech-Chleff (souala) Plaine de plaine de Bir-Saf-Saf.	Texture équilibrée. 4 < CE < 7 mmhos/cm dès la surface. croissant en profondeur. Localement argileuse (Bir-Saf-Saf)	Cultures adaptées aux sols salés : Coton, Sorgho fourrage, Orge, radis, épinard, carotte. Luzerne sauf sur terres trop lourdes
5= Alluvions fortement salées et tirsifiées.	Exclusivement observées dans la plaine de Boukader .	Texture argileuse à très argileuse. Nombreuses faces vertique des 4 cm. Porosité très faible dès que le réseau de fentes de retrait est refermé . CE > 7 mmhos/cm	-Riz Certaines cultures fourragères irriguées après dessalage et expérimentation
6= Alluvions anciennes et sole de piémont Non tirsifiées.	Périphérie des plaines d'Ech-Chleff , Oued farset et Oued Fodda Majorité des sols de la plaine des MEDJADJAS et des extensions Este Ouest	Sols de texture argilo limoneuse à argileuse. Bien structurés Drainage externe facilité par la pente naturel . Bonne perméabilité Zones moins sensibles aux gelées	Toutes cultures adaptées aux conditions climatiques
7= Sols sur croûtes et encroûtements Calcaires	Exclusivement sur les bordures du périmètre et dans la plaine des MADJADJAS.	Sols de texture argilo limoneuse à argileuse. Bien structurés Présentant des accumulations Calcaires vers 50 cm	Cultures céréalières et fourragères Arboriculture peu sensible au calcaire actif Cultures maraîchères

Source: O.N.I.D chellif



Annexe 04 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation



## Annexe 05 : Spécifications techniques des conduites en PEHD

### 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	***

(Setif pipe. Société de transformation plastique)

## Annexe 06 : 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	P (bar) 2,5	P (bar) 3,0	P (bar) 3,5	P (bar) 4,0	P (bar) 4,5							
	Portée en m					Distances entre arroseurs											
mm																	
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

**ANRH** : Agence National des Ressources en eau.

**PEHD** : Polyéthylène haute densité .

**ONID** : Office National de l'irrigation et du drainage.

**ONM** : Office National de Météorologie.