



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME :**

Étude d'aménagement du périmètre de Raouraoua (200 ha)  
à partir du barrage de LAKEHAL (W. Bouira).

**Présenté par :**

**GUETARI AHMED**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examineur
SAIL Nadhira	M.C.B	Examineur
KERID Rachide	M.C.A	Examineur
BENKACI Ali Tarek	M.C.A	Promoteur

**Session juillet 2024**

# Dédicaces

*Avec un grand plaisir, je dédie ce modeste travail à :*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*À tous ceux qui m'ont apporté de l'aide, de près ou de loin.*

*À tous mes proches et à ma famille.*

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## Remerciements

Bien avant toute chose, louange à Allah qui, par Sa grâce et Sa miséricorde, m'a guidé et accordé le succès pour achever ce mémoire.

Je tiens à remercier mes parents qui ont veillé sur mon éducation, ma mère, que Dieu lui fasse miséricorde, m'a donné de l'amour et m'a appris tout ce que j'ai, mon père qui a travaillé dur pour m'élever et a cru en moi pour atteindre et réaliser cet accomplissement, à vous deux sincères remerciements et amour du fond du cœur aussi longtemps que je vivrai.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude envers mon encadrant, Monsieur BENKACI Ali Tarek. Ses conseils éclairés et son soutien constant ont été cruciaux tout au long de la préparation de ce mémoire. Ses orientations précises ont guidé mes recherches de manière très bénéfique.

MERCI à AZIEZ Ouahiba pour son soutien précieux et ses précieux conseils. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers tous les enseignants de l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique (ENSH) pour leur guidance et leur soutien précieux tout au long de ma formation académique.

Pour terminer, je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué, de manière directe ou indirecte, à l'élaboration de ce mémoire, même si elles ne sont pas nommées ici. Leur contribution a été inestimable, et je leur suis profondément reconnaissant.

Je souhaite également adresser mes remerciements aux membres du jury qui auront l'honneur d'évaluer et de juger mon travail.

## ملخص

الهدف الرئيسي لهذه الرسالة هو تهيئة المنطقة الزراعية المائية لمحيط روراوة التي تمتد على مساحة 200 هكتار من مياه سد لكحل، الموجود في سهول عريب بولاية البويرة. بنمط الهدف من ذلك الإدارة الفعالة لاستخدام مياه السقي، حيث قمنا بتحليل شامل للبيانات المناخية وخصائص التربة لضمان توفير مياه السقي بشكل مستمر من حيث التدفق والضغط، وبالتالي تقدير احتياجات المياه للمنطقة.

في نهاية المشروع، تم تصميم نظام سقي مناسب يشمل السقي بالرش والسقي بالتنقيط، نظرًا لكفاءتهما في استخدام مياه السقي بشكل أكثر فاعلية. سيسهم تنفيذ الشبكة الجديدة للتوزيع في تحسين إدارة المياه وزيادة إنتاجية المحاصيل، بالإضافة إلى تحديث الزراعة في سهول عريب.

## Résumé

L'objectif principal de ce mémoire, est l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Raouraoua qui s'étend sur une superficie de 200 hectares à partir des eaux du barrage Lakhal, situé dans les plaines des Arribs dans la wilaya de Bouira. Dans le but de gérer efficacement l'utilisation de l'eau d'irrigation, nous avons effectué une analyse approfondie des données climatiques et des caractéristiques du sol, afin de garantir un approvisionnement en eau en termes de débit et de pression, et d'estimer ainsi les besoins en eau du périmètre.

Enfin du projet, un système d'irrigation adéquat a été mis projeté, comprenant l'irrigation par aspersion et par goutte-à-goutte, en raison de leur efficacité en eau d'irrigation. La projection du nouveau réseau d'adduction, contribuera à une meilleure gestion de l'eau et à l'augmentation de la productivité des cultures, ainsi qu'à la modernisation de l'agriculture dans les plaines des Arribs.

## Abstract

The main objective of this thesis is the hydro-agricultural development of the Raouraoua perimeter, covering an area of 200 hectares using water from the Lakhal dam, located in the Arribs plains in the wilaya of Bouira. In order to effectively manage the use of irrigation water, we conducted a thorough analysis of climatic data and soil characteristics to ensure a reliable water supply in terms of flow rate and pressure, and thus estimate the water needs of the perimeter.

As part of the project, an appropriate irrigation system has been planned, including sprinkler and drip irrigation, due to their efficiency in water use. The implementation of the new distribution network will contribute to better water management, increased crop productivity, and the modernization of agriculture in the Arribs plains.

## Table des matières

### Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I. Introduction .....	1
I.1. Présentation générale de la wilaya de Bouira .....	1
Situation géographique de la wilaya de Bouira .....	1
I.2 Présentation du périmètre .....	2
I.3. Aperçu géologique .....	2
I.4. Réseau hydrographique .....	4
I.5. Géomorphologie et Relief : .....	4
I.6 Étude climatologique.....	4
I.6.1. Choix de la station de référence .....	4
I.6.2. Les températures.....	5
I.6.3. Études des précipitations .....	6
I.6.4. L'humidité relative.....	6
I.6.5. Le vent .....	7
I.6.6. Le Sirocco .....	7
I.6.7. L'insolation.....	7
I.7. Calcul des indices Agro-météorologiques .....	8
I.7.1. Indice d'aridité de Martonne.....	8
I.7.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger .....	8
I.7.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen.....	9
I.8. Analyse socio-économique .....	10
<b>Conclusion</b> .....	11

### Chapitre II : Ressources en sol-Ressources en eau

<b>II.1 Introduction.....</b>	12
<b>II.2 Ressource en sol .....</b>	12
<b>II.3. Classification des sols.....</b>	12
II.3.1. Classe des sols calcimagnésiques .....	12
<b>II.4. Analyse physico-chimique des sols .....</b>	13
<b>II.5. Interprétations des résultats .....</b>	14
<b>II.6. Caractéristiques hydrodynamiques des sols.....</b>	14
<b>II.7. Détermination des aptitudes culturales des sols .....</b>	15
<b>II.8. Ressources en eau.....</b>	15
<b>II.8.1 Étude de la qualité de l'eau d'irrigation .....</b>	15
<b>II.9 Calcul de la pluie de projet .....</b>	18

<b>II.9.1 Présentation de la station pluviométrique.....</b>	<b>18</b>
<b>II.9.2. Etude des pluies moyennes annuelles .....</b>	<b>19</b>
<b>II .9.3 Étude de l’homogénéité de la série pluviométrique.....</b>	<b>20</b>
<b>II .9.4 Ajustement de la série pluviométrique .....</b>	<b>21</b>
<b>II.9.4.1 Ajustement à la loi lognormal .....</b>	<b>21</b>
<b>II.9.4.2 Ajustement à la loi normale .....</b>	<b>22</b>
<b>II.9.4.3. Test de validité d’un ajustement.....</b>	<b>23</b>
<b>II.10. Détermination de l’année de calcul .....</b>	<b>23</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>24</b>

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

III.1. Introduction.....	24
III.2. Besoin en eau du périmètre.....	24
III.2.1. Concept de l’évapotranspiration de référence : (ET <sub>0</sub> ) .....	24
III.2.2 Calcul des besoins en eau .....	26
III.3. Calcul de la pluie efficace.....	26
III.4. Calcul de la réserve en eau du sol restante .....	26
III.5 Choix des cultures .....	27
III.5.1 Occupation des sols .....	27
III.5.2 Cultures proposées.....	28
III.6 Estimation des besoins en eau des céréales .....	29
III.7 Estimation des besoins en eau des maraichères.....	31
III.8 Estimation des besoins en eau des cultures arboricoles .....	36
III.9 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :.....	37
Tableau III. 7: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l’assolement 1 .....	37
Tableau III. 8: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l’assolement 2 .....	38
III.10 Calcul du débit spécifique .....	39
<b>III.10.1 Évaluation du débit caractéristique :.....</b>	<b>39</b>
<b>III.10.2 Estimation des volumes d’eau d’irrigation.....</b>	<b>40</b>
Conclusion :	41

### **Chapitre IV : Etude du système d’adduction-distribution**

Introduction.....	42
IV.1 : Alimentation en eau du périmètre de Raouraoua .....	42
IV.2 Organisation et structure du périmètre .....	42
<b>IV.3 Calcul hydraulique des bornes .....</b>	<b>43</b>
<b>IV.3.1 Choix du diamètre de la borne.....</b>	<b>43</b>
<b>IV.3.2 Choix du type de bornes .....</b>	<b>43</b>

IV.4 Description de l'aménagement du périmètre de Raouraoua.....	44
IV.5 Etude du système de pompage.....	45
<b>IV.5.1 Généralités sur les pompes</b> .....	45
<b>IV.5.1.1 Les turbopompes</b> .....	45
<b>IV.5.1.2 Les pompes volumétriques</b> .....	46
<b>IV.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation</b> .....	46
<b>IV.5.2.1 Calcul de la hauteur géométrique Hg</b> .....	46
<b>IV.5.2.2 Calcul des pertes de charge totale</b> .....	47
IV.6 Calcul des frais d'amortissement.....	48
<b>IV.6.1 Calcul des frais d'exploitation</b> .....	48
<b>IV.6.3 Bilan total des frais et Choix du diamètre</b> .....	49
IV.7 Choix de nombre et de type de pompe .....	50
IV.8 Vérification du risque de la cavitation.....	51
IV.8 Dimensionnement du Réservoir de stockage.....	52
IV.9 description du réseau d'adduction-distribution .....	53
IV.10 Choix du matériau des conduites.....	53
IV.11 Dimensionnement du réseau de distribution.....	53
<b>IV.11.1 Vitesses admissibles</b> .....	53
<b>IV.11.2 Calcul des diamètres</b> .....	54
<b>IV.11.3 Calcul des pressions</b> .....	54
<b>IV.11.4 Estimation des pertes de charge</b> .....	54
Conclusion	57

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

<b>V. 1 Introduction</b> .....	58
V. 2 Classification des techniques d'irrigation.....	58
V. 3 L'irrigation de surface (gravitaire).....	58
<b>V. 3.1 Irrigation par bassins (submersion)</b> .....	58
<b>V.3.2 : Irrigation par ruissellement</b> .....	59
<b>V. 3. 3 Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface</b> .....	60
V. 4. L'irrigation par aspersion.....	60
V.4.1 Irrigation par Asperseurs.....	60
V. 5 L'irrigation localisée (goutte à goutte).....	62
V. 6 Choix de la technique d'arrosage.....	63
Conclusion	64

## **Chapitre VI : dimensionnement à la parcelle**

VI.1 Introduction.....	65
VI.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	65
<b>VI.2.1 Données générales</b> .....	65
<b>VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée</b> .....	65
<b>VI.2.3 Dose nette pratique</b> .....	66
<b>VI.2.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)</b> .....	66
<b>VI.2.5. Calcul de la dose réelle</b> .....	67
<b>VI.2.6 Calcul de la dose brute</b> .....	67
<b>VI.2.7 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)</b> .....	67
VI.3 Calcul Hydraulique.....	67
<b>VI.3.1 Les débits de rampes et la porte rampe</b> .....	68
<b>VI.3.2 Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe</b> .....	68
<b>VI.3.3 Vérification des pertes de charges</b> .....	69
VI.4 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	69
<b>VI.4.1 Choix de la culture</b> .....	70
<b>VI.4.2 Choix de parcelle</b> .....	70
<b>VI.4.3 Calcul de la Dose pratique RFU</b> .....	70
<b>VI.4.4 Dimensionnement de l'asperseur</b> .....	70
<b>VI.4.4.1 Choix du diamètre de la buse</b> .....	70
<b>VI.4.4.2 Calcul de la portée du jet (L)</b> .....	70
<b>VI.4.4.3 Écartement entre les rampes et arroseurs</b> .....	71
<b>VI.4.4.4 Vérification de la pluviométrie de la buse</b> .....	71
<b>VI.4.4.5 Détermination des paramètres d'arrosage</b> .....	71
<b>VI.4.5 Calculs hydrauliques</b> .....	72
<b>VI.4.5.1 Dimensionnement hydraulique des rampes</b> .....	72
<b>VI.4.5.2. Dimensionnement de la porte rampe</b> .....	73
<b>VI.4.5.3 Calcul des pertes de charge</b> .....	73
Conclusion	75

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

VII .1 Introduction .....	76
VII.2 Différents type de travaux à entreprendre .....	76
<b>VII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution</b> .....	76
<b>VII.2.2. Evaluation du cout des travaux de terrassement</b> .....	79
<b>VII.2.3. Évaluation des prix de pose des conduites</b> .....	80
<b>VII.2.4 : Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales</b> .....	80
<b>VII.5 La station de pompage</b> .....	81

<b>VII.2.7 Le réservoir de stockage.....</b>	<b>81</b>
<b>VII.2.8 Devis estimatif du projet .....</b>	<b>82</b>
Conclusion	83

## Liste des tableaux

### Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Tableau I. 1: coordonnées de la station météorologique de Ain Bassem .....	5
Tableau I. 2: Moyennes des températures mensuelles en °C (ONM Ain Bessem,1993-2018).5	
Tableau I. 3: Pluies moyennes mensuelles en mm (ONM Ain Bessem,1992-2018).....	6
Tableau I. 4: L'humidité relative moyenne mensuelle % (station Ain Bessem) .....	7
Tableau I. 5: Moyenne mensuelle de la vitesse du vent .....	7
Tableau I. 6 : L'insolation moyenne mensuelle en heurs (ONM Ain Bessem).....	7
Tableau I. 7: Classification du climat selon de Martonne .....	8

### Chapitre II : Ressources en sol-Ressources en eau

Tableau III. 1: Résultats des analyses physico-chimiques .....	13
Tableau II. 2: Propriétés hydrodynamiques des sols .....	14
Tableau II. 3: Résultats d'analyse de l'eau de barrage Lakhal. ....	16
Tableau II. 4: Risque d'irrigation en fonction de la salinité .....	16
Tableau II. 5: Résultats des analyses de l'eau du barrage Lekhal .....	17
Tableau II. 6: Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR .....	17
Tableau II. 7: caractéristiques principales de la station pluviométrique (ANRH Alger).....	18
Tableau II. 8: Répartition mensuelle et annuelle des pluies .....	19
Tableau II. 9: Caractéristiques de la série pluviométrique. ....	20
Tableau II. 10: résultat du test Mood .....	20
Tableau II. 11 Résultat de l'ajustement à la loi log-normale (Hyfran). ....	21
Tableau II. 12: Résultat de l'ajustement à la loi Normale. ....	22
Tableau II. 13: Test de validité des deux ajustements. ....	23
Tableau II. 14: les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche .....	23

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

Tableau III. 1: évapotranspiration de référence ETo calculée par le logiciel CROPWAT. ....	25
Tableau III. 2: Pluie efficace. ....	26
Tableau III. 3: Scénario d'occupation du sol du périmètre Raouraoua.....	27
Tableau III. 4: système de cultures proposées.....	28
Tableau III. 5: Assolement proposé pour le périmètre Raouraoua.....	28
Tableau III. 6: le cycle végétatif des cultures envisagées. ....	29
Tableau III. 7: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1 .....	37

Tableau III. 8: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.....	38
Tableau III. 9: Estimation des volumes d'irrigation annuels.....	40

### **Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution**

Tableau IV. 1: Choix du diamètre de la borne.....	43
Tableau IV. 2: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.....	44
Tableau IV. 3: Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.....	47
Tableau IV. 4: Calcul de frais d'investissement.....	48
Tableau IV. 5: Calcul des frais d'exploitation.....	49
Tableau IV. 6: Bilan total des diamètres choisis.....	49
Tableau IV. 7: Résultats de choix de pompe.....	51
Tableau IV. 8: Dimensions du réservoir de stockage projeté.....	52
Tableau IV. 9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	55

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

Tableau V. 1: Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface.....	56
Tableau V. 2: Avantages et inconvénients de l'aspersion.....	57
Tableau V. 3: Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.....	59

### **Chapitre VI : dimensionnement à la parcelle**

Tableau VI. 1: Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte.....	65
Tableau VI. 2: Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion.....	70

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

Tableau VII. 1: Calcul des différents volumes.....	79
Tableau VII. 2: Estimation du cout des travaux de terrassement.....	79
Tableau VII. 3: Estimation du cout de pose des conduites.....	80
Tableau VII. 4: Estimation du cout des bornes et pièces d'irrigation.....	80
Tableau VII. 5: Estimation du cout de la station de pompage.....	81
Tableau VII. 67 : Estimation de cout de réservoir de stockage.....	82
Tableau VII. 7: Devis estimatif total.....	82

## Liste des figures

### Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Figure I. 1: Situation géographique de la wilaya de Bouira. ....	1
Figure I. 2: Localisation du périmètre de Raouraoua .....	2
Figure I. 3: Carte géologique de la région de Raouraoua (B et al, 1952) .....	3
Figure I. 4: carte du réseau hydrographique de la zone d'étude .....	4
Figure I. 5: Répartition des températures moyennes. ....	5
Figure I. 6: Histogramme de la pluie moyenne mensuelle .....	6
Figure I. 7: Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	9
Figure I. 8: Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	10

### Chapitre II : Ressources en sol-Ressources en eau

Figure II. 1: Triangle des textures des sols. ....	14
Figure II. 2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation .....	18
Figure II. 3: Courbe d'ajustement des pluies aux la loi normale et log-Normale.....	22

### Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Figure IV. 1: Schéma de l'extension du périmètre de Raouraoua .....	45
---	----

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

Figure V. 1: Irrigation par bassins .....	55
Figure V. 2: Irrigation par planche. ....	55
Figure V. 3: Irrigation à la raie. ....	56
Figure V. 4: Irrigation par des asperseurs.....	57
Figure V. 5: Irrigation par pivot.....	57
Figure V. 6: Système d'irrigation goutte à goutte.....	58

### Chapitre VII : Calcul technico-économique

Figure VII. 1: Schéma d'une tranchée.....	78
---	----

### Introduction générale

Quelque soit le niveau de développement d'un pays, l'agriculture représente un secteur vital pour leur économie, car elle joue un rôle crucial dans le développement durable et la sécurité alimentaire. L'agriculture est un facteur essentiel de croissance économique, en 2018, elle représentait 4 % du produit intérieur brut (PIB) mondial et dans certains pays en développement, sa part peut dépasser 25 % du PIB.

En Algérie, elle occupe une place significative dans l'activité économique. Toutefois, les défis environnementaux et climatiques comme la faible pluviométrie et la sécheresse limitent l'atteinte des niveaux de productivité nécessaires. Afin de garantir la sécurité alimentaire, l'État algérien a mis en œuvre une stratégie visant à renforcer les capacités de production agricole.

La wilaya de Bouira est réputée pour être l'une des régions agricoles les plus importantes du pays, avec l'agriculture comme secteur prédominant. Plusieurs de ses périmètres connaissent un développement important, telles les plaines des Arribs qui possèdent un fort potentiel agricole, cependant, l'absence de systèmes d'irrigation efficaces a freiné tout développement hydro-agricole.

Ce mémoire a pour objectif de projeter un réseau d'irrigation au niveau de la plaine des Arribs secteur Raouraoua, et d'évaluer leur efficacité dans l'optimisation de l'eau, ainsi que leur impact sur la productivité et la qualité des cultures.

Notre étude se concentre donc sur l'aménagement du périmètre de Raouraoua qui couvre une superficie de 200 hectares, situé dans la wilaya de Bouira. Ce secteur est principalement approvisionné en eau par le barrage Lakehal.

Nous débuterons notre mémoire par une analyse des caractéristiques naturelles de la zone d'étude, suivie du calcul des besoins en eau pour l'irrigation et d'une évaluation du système d'adduction et de distribution.

En conclusion, notre étude inclura une estimation technico-économique du coût total du projet, visant à optimiser sa réalisation.

# **Chapitre I**

## **Présentation de la zone d'étude**

## Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

### I. Introduction

Les caractéristiques physiques d'un périmètre jouent un rôle crucial dans l'établissement d'un aménagement hydro-agricole et dans l'irrigation, étant le résultat de toutes les caractéristiques du climat qui déterminent la quantité d'eau nécessaire pour les différentes phases de croissance des plantes. Cette section présente les caractéristiques physiques de la zone d'étude, en examinant la situation géographique ainsi que les aspects géomorphologiques et bioclimatiques de la région d'étude.

Le périmètre d'étude est localisé dans la région de Raouraoua, dans la wilaya de Bouira.

### I.1. Présentation générale de la wilaya de Bouira

#### Situation géographique de la wilaya de Bouira

La wilaya de Bouira, localisée dans la région Nord de l'Algérie, couvre une superficie de 4456,26 km<sup>2</sup>. Cette wilaya est subdivisée en 12 daïras et 45 communes. Son chef-lieu se situe à environ 120 km au sud d'Alger. Géographiquement, elle est entourée par la grande chaîne du Djurdjura à l'ouest et les monts de Dirah à l'est, avec une ouverture vers la vallée de la Soummam à l'est. Les limites géographiques sont:

- Au nord : les wilayas de Tizi-Ouzou et de Boumerdes.
- À l'est : les wilayas de Bejaia et de Bordj Bou Arreridj.
- Au sud : la wilaya de M'sila.
- À l'ouest : les wilayas de Blida et de Médéa.

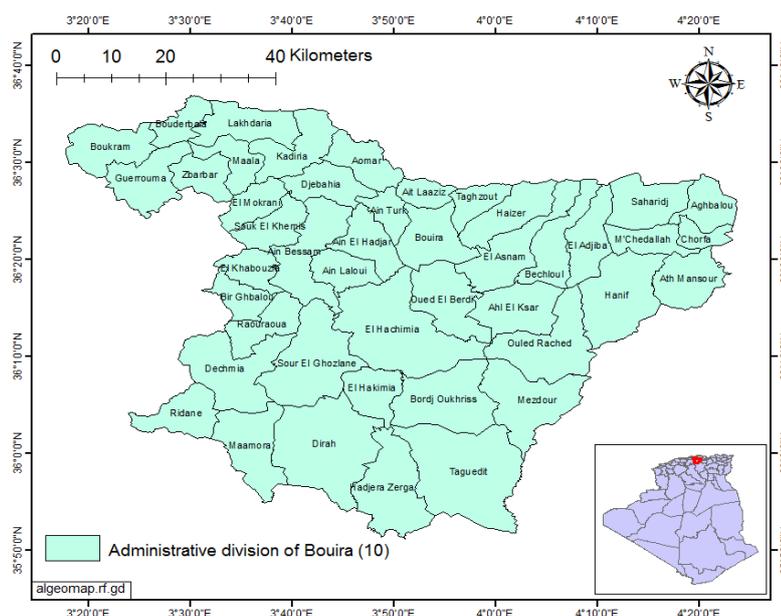


Figure I. 1: Situation géographique de la wilaya de Bouira.

## I.2 Présentation du périmètre

Le périmètre des Arribs englobe plusieurs communes de la wilaya de Bouira, et s'étend sur la commune de Ain Bessem, se divise en plusieurs secteurs parmi eux le secteur de Bir-Ghabalou (600 hectares) et celui de Raouraoua.

Dans notre étude, on s'intéresse à l'extension du périmètre d'irrigation de Raouraoua qui se situe dans la commune de Raouraoua dont la superficie étudiée est de 200 ha.

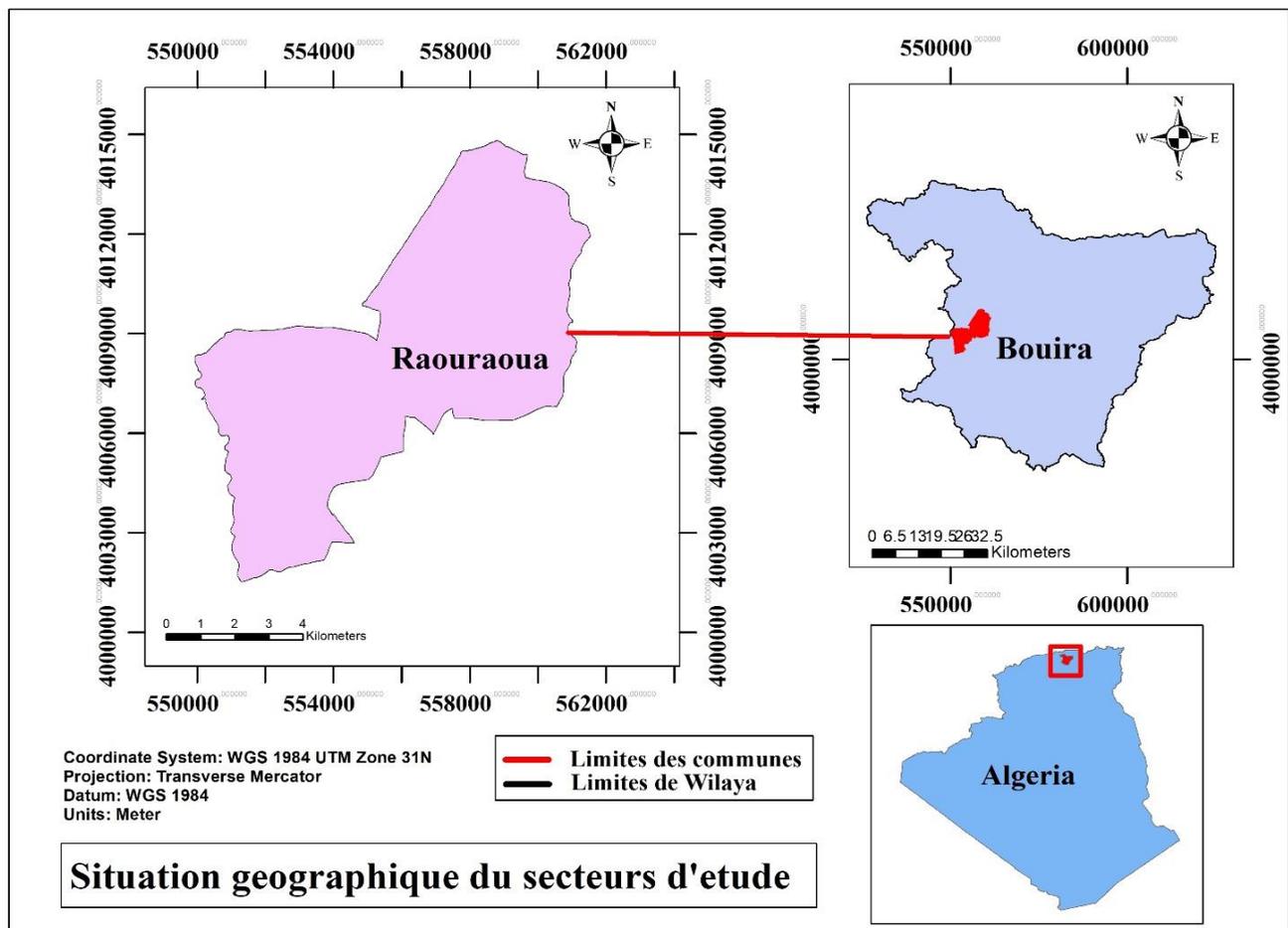
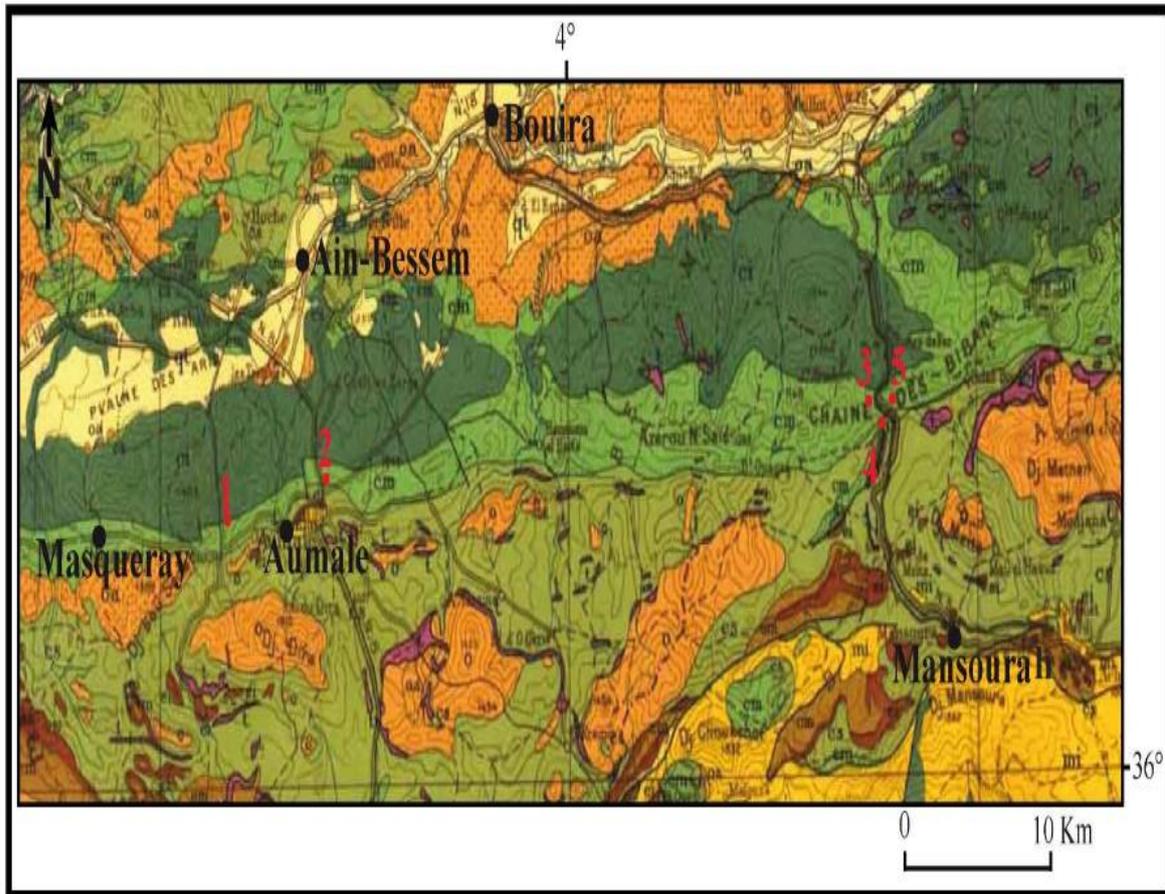


Figure I. 2: Localisation du périmètre de Raouraoua

## I.3. Aperçu géologique

La zone d'étude présente une diversité de terrains géologiques provenant de différentes époques, notamment le quaternaire et le crétacé. Ces terrains sont interrompus par des diapirs constitués de matériaux triasiques. Sur le plan structural, les sédiments du crétacé inférieur, de type flysch argilo-arénacé, sont considérés comme autochtones de l'anticlinorium des Bibans. De plus, la région est caractérisée par le front des nappes sud-telliennes et épi-telliennes constitués de roches triasiques à leur base.

Au-dessus de ces dépôts se trouvent des sédiments miocènes déposés en transgression et discordance, ainsi que des sédiments quaternaires plus récents.



### Terrains sédimentaires

qt	Quaternaire continental: alluvions, regs, terrasses
qC	Calabrien: grès marins et formations dunaires associées
qv	Villafranchien: calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges
pV	Pliocène continental et Villafranchien non séparés (pV)
pe	Pliocène continental: poudingues, calcaires lacustres
P	Pliocène marin   conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées
mp	Pontien (localement équivalent du mc)
ms	Miocène terminal marin et lagunaire: couches à Trépoli, marnes à gypse
mm	Miocène supérieur marin: calcaires, grès, argiles
mc	mc Miocène continental antépontien
mi	Miocène inférieur marin (Burdigalien)
oa	Aquitainien continental (pouvant inclure localement la base du Burdigalien)
oc	Oligocène continental (pouvant inclure localement l'Eocène sup <sup>r</sup> continental)
o	Oligocène marin incluant localement l'Eocène supérieur)
em	Eocène moyen marin
ec	Eocène moyen et inférieur continental
ei	Eocène inférieur marin
cs	cs Crétacé supérieur marin
esc	esc Crétacé supérieur continental
esm	esm Crétacé supérieur marin non subdivisé
cm	cm Crétacé moyen (marin ou lagunaire)
ct	ct Turonien
cn	cn Cénomannien
c	c Crétacé marin non subdivisé
ci	Crétacé inférieur (Vraconien à Berriasien)   ci - faciès marins normaux
cir	- rivières ou subréfluviales
cic	- continentaux ou lagunaires
cj	Crétacé et Jurassique non séparés
t	Trias marin ou lagunaire

Légende générale de la carte géologique de l'Algérie au 1/ 500.000 (BÉTIER et al. 1952).

Figure I. 3: Carte géologique de la région de Raouraoua (B et al, 1952)

## I.4. Réseau hydrographique

Le périmètre de Raouraoua se trouve sur la ligne de partage des eaux provenant du bassin versant des monts de Dirah, qui sont déversées dans l'oued Lekhal.

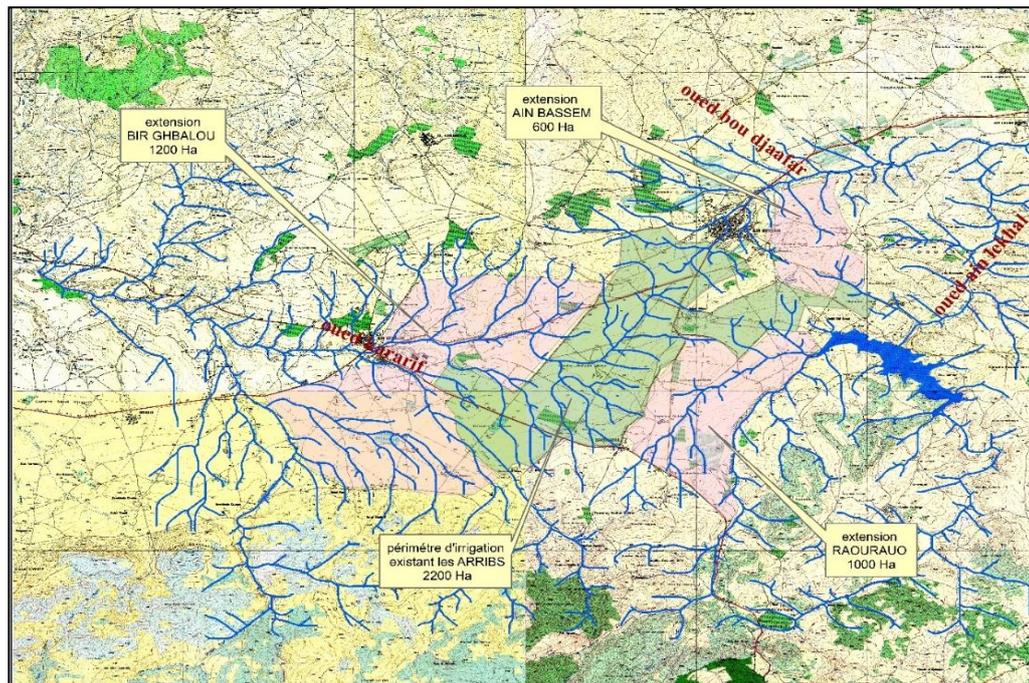


Figure I. 4: carte du réseau hydrographique de la zone d'étude

## I.5. Géomorphologie et Relief :

La plaine de Raouraoua est une zone de terres cultivables, principalement composée de sols très fertiles. Son relief est relativement varié, avec de petites collines au sud et à l'est de la ville, comprenant des sommets tels que Nouadhir à 536 m, Manaâ à 768 m, El-Maâchia à 535 m, au Sud le terrain devient relativement plat, avec des pentes inférieures à 1.5%.

## I.6 Étude climatologique

Le climat est essentiel dans la projection d'un réseau d'irrigation, car il influence directement les besoins en eau des cultures, et le développement des plantes. Les facteurs déterminants incluent les températures, l'humidité relative, ainsi que l'intensité des gelées et du sirocco.

### I.6.1. Choix de la station de référence

La sélection des stations pluviométriques pour estimer les précipitations dans le bassin versant est basée sur des critères tels que l'emplacement géographique et la période d'observation. Pour notre part, nous avons pris en considération la station de Ain Bessem, qui est localisée à 3 km à la sortie Sud sur la route Ain Bassem – El Hachimia dont les caractéristiques se résument ainsi :

Tableau I. 1: coordonnées de la station météorologique de Ain Bassem

Nom de la station	Coordonnées		Altitude (m)
	Altitude	Longitude	
AIN BESSEM	36°19'	3°32 E	748

(Source : ONM)

### I.6.2. Les températures

La température de l'air est un élément qui influence l'évolution des plantes et les besoins en eau des cultures. Le développement des plantes peut être ralenti lorsque la température de l'air est trop basse ou trop élevée. C'est pour cette raison qu'on doit connaître a priori les températures moyennes et extrêmes de chaque mois.

Tableau I. 2: Moyennes des températures mensuelles en °C (ONM Ain Bessem, 1993-2018)

mois/t°	Jan	Fèv	Mars	Avril	mai	juin	Jil	août	sept	Oct	nov	Dec	Moyenne Anuelle
<b>Max</b>	20.5	22	21.6	28.3	33.5	39	40.2	40	36.5	33.3	25.5	18	29.9
<b>Min</b>	0.9	-1.2	0.8	5.5	5.1	8	14.8	17	14	7.3	5.1	-0.4	6.4
<b>moyenne</b>	10.7	10.4	11.2	16.9	19.3	23.5	27.5	28.5	25.2	20.3	15.3	8.8	18.2

(Source : ONM Alger)

Selon le tableau I.2, on peut observer que les températures évoluent tout au long de l'année, atteignant leur niveau maximal en août et leur niveau le plus bas en décembre. Le mois le plus chaud affiche une température de 28,8°C, tandis que le mois le plus froid chute à 8,8°C.

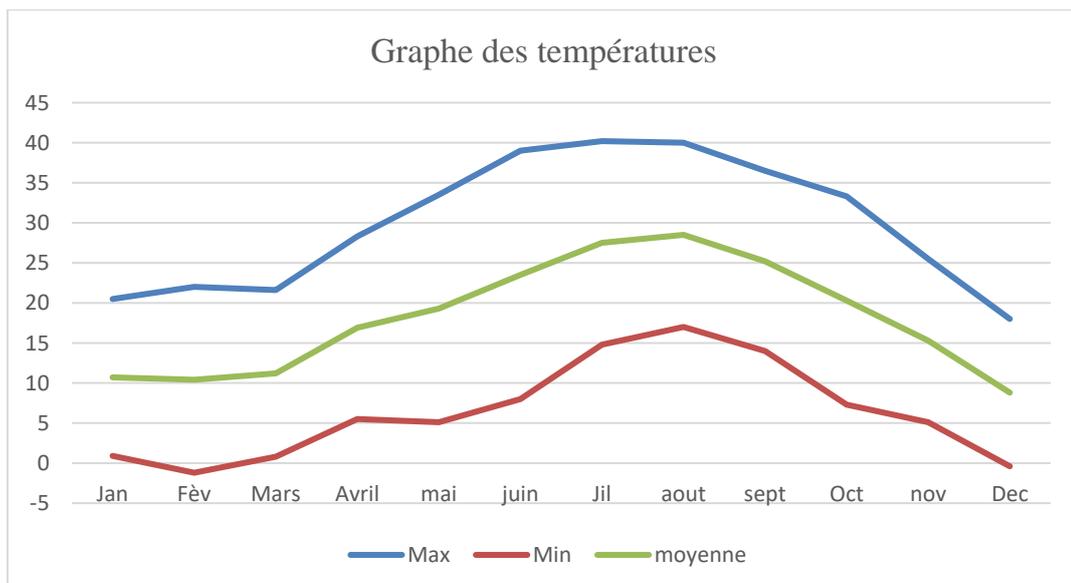


Figure I. 5: Répartition des températures moyennes.

### I.6.3. Études des précipitations

Les précipitations sont toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide que sous forme solide leur estimation permet de caractériser les mois humides et secs, et de calculer dans une première approche le déficit pluviométrique et de chaque mois.

#### Pluviométrie

Les données recueillies sont issues de la station météorologique de la commune de Raouraoua, les relevés de précipitations observées sur lesquels repose notre étude couvrent la période de 1992 à 2018, soit une période de 27 ans.

Tableau I. 3: Pluies moyennes mensuelles en mm (ONM Ain Bessem,1992-2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	annuel
Pmoy (mm)	38.9	36.6	45.8	68.3	54.5	44.2	50.1	49.1	40.5	12.1	6.0	13.9	460.0

Source : ONM AIN BESSEM

D'après le tableau n°I.3, on constate que la région de Raouraoua présente une saison sèche du mois de juin à août, caractérisée par des précipitations faibles. En revanche, les mois qui suivent enregistrent des précipitations considérables.

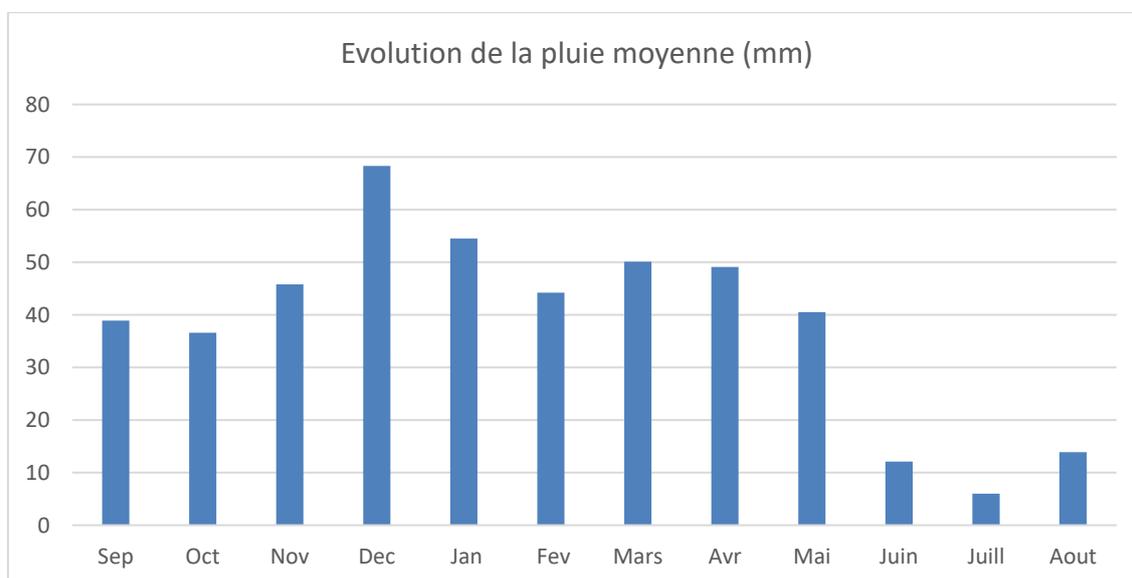


Figure I. 6: Histogramme de la pluie moyenne mensuelle

### I.6.4. L'humidité relative

La tension de vapeur réelle est le rapport entre la tension de vapeur saturante. Le tableau I-4 présente les mesures des humidités moyennes de la région d'étude.

**Tableau I. 4: L'humidité relative moyenne mensuelle % (station Ain Bessem)**

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne annuelle
Humidité relative(%)	75	73	76	69	65	55	50	53	65	72	74	79	67

(Source : ONM Alger)

Selon le tableau I.4, l'humidité moyenne annuelle est de 61%. La valeur la plus basse est observée en juillet, avec une valeur de 43%, tandis que la valeur la plus élevée est enregistrée en décembre, avec environ 80%.

### I.6.5. Le vent

Le vent joue un rôle fondamental dans le climat, en influençant l'évapotranspiration des plantes et en pouvant causer la verse des céréales, endommager les plantes et faire tomber les fruits lourds. Comprendre son impact est essentiel pour orienter et planifier l'installation de brise-vents

**Tableau I. 5: Moyenne mensuelle de la vitesse du vent**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle
Vitesse des vents (m/s)	2.4	2.8	3.1	2.7	3.3	2.6	2.9	2.5	2.6	3.1	3.0	2.1	2.8

(Source : ONM Alger)

### I.6.6. Le Sirocco

Il s'agit d'un vent chaud et sec qui vient du Sahara vers la côte. Il est extrêmement préjudiciable aux végétaux car il peut entraîner la dégradation de la plante et des baisses de rendement, donc il est essentiel de sa connaissance pour sélectionner les espèces à recommander dans le cadre de la zone.

### I.6.7. L'insolation

L'insolation, également appelée radiation solaire globale, est un indicateur climatique utilisé pour estimer la possibilité d'évapotranspiration.

**Tableau I. 6 : L'insolation moyenne mensuelle en heures (ONM Ain Bessem)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
L'insolation(h)	195	213	225	231	243	267	258	255	237	228	201	174

(Source : ONM Ain Bessem)

### I.7. Calcul des indices Agro-météorologiques

Pour déterminer le type du climat et l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes, nous avons deux facteurs essentiels : la pluviométrie et la température.

#### I.7.1. Indice d'aridité de Martonne

L'Indice d'aridité de De Maronne est défini comme suit :

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

**Avec :  $I_A$** : indice climatique.

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

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

Dans notre cas, nous avons :  $i_A = \frac{460.1}{18.2+10} = 16.31$

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

Valeurs de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Donc, La région de Raouraoua est caractérisée par un climat sec.

#### I.7.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger

L'objectif de cet indice est de déterminer l'étage bioclimatique, et son calcul se fait de la manière suivante :

$$Q = \frac{1000 \cdot p}{\left(\frac{M+m}{2}\right) \cdot (M-m)} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot p}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots I.2$$

**Q** : Quotient pluviométrique d'Emberger

**P** : Moyenne de précipitation annuelle = 167.10 mm

**M** : moyenne des températures maximales 303.05 (Kelvin).

$m$  : moyenne des températures minimales 279.55 (Kelvin).

On trouve  $Q = 66.57$

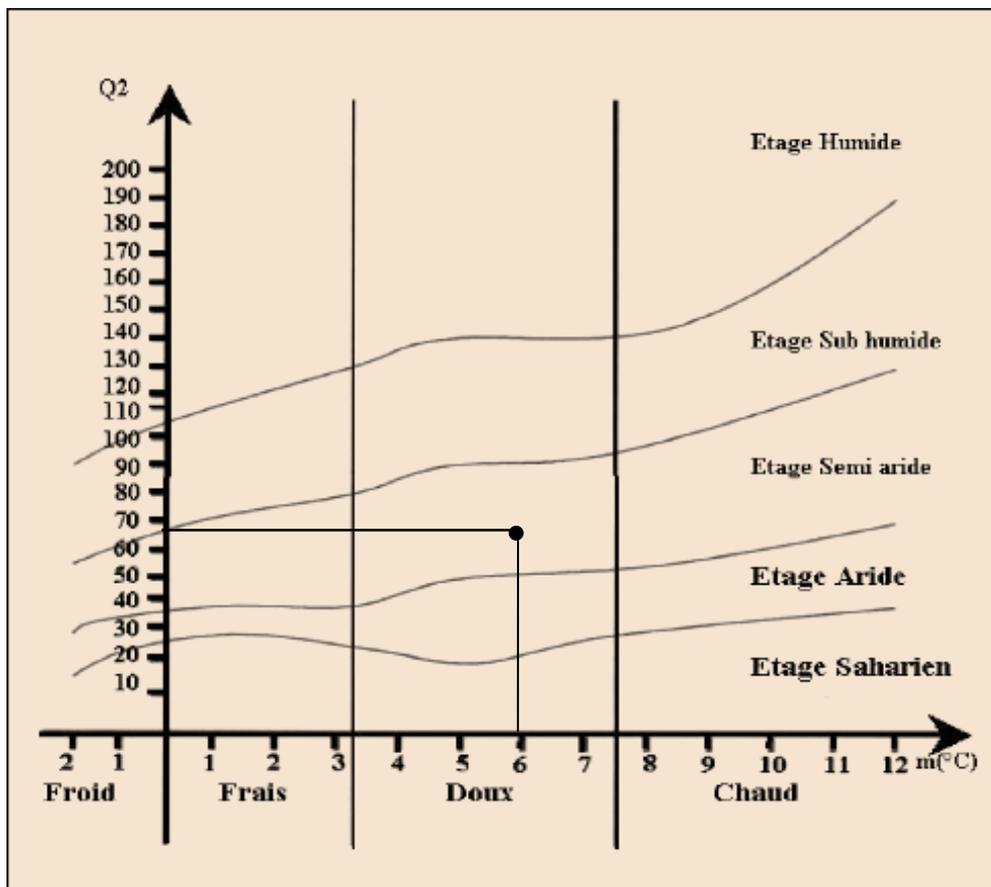


Figure I. 7: Diagramme bioclimatique d'Emberger

D'après la classification, le climat de la région de Ain Bessem est de type semi-aride, avec des hivers doux.

### I.7.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de F.Bagnouls et H.Gaussen permet de faire ressortir la période sèche au cours de l'année. Dans ce diagramme, on considère un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en °C ( $P \leq 2T$ ), c'est-à-dire quand la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures. La période s'étalant entre les abscisses des points de l'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche.

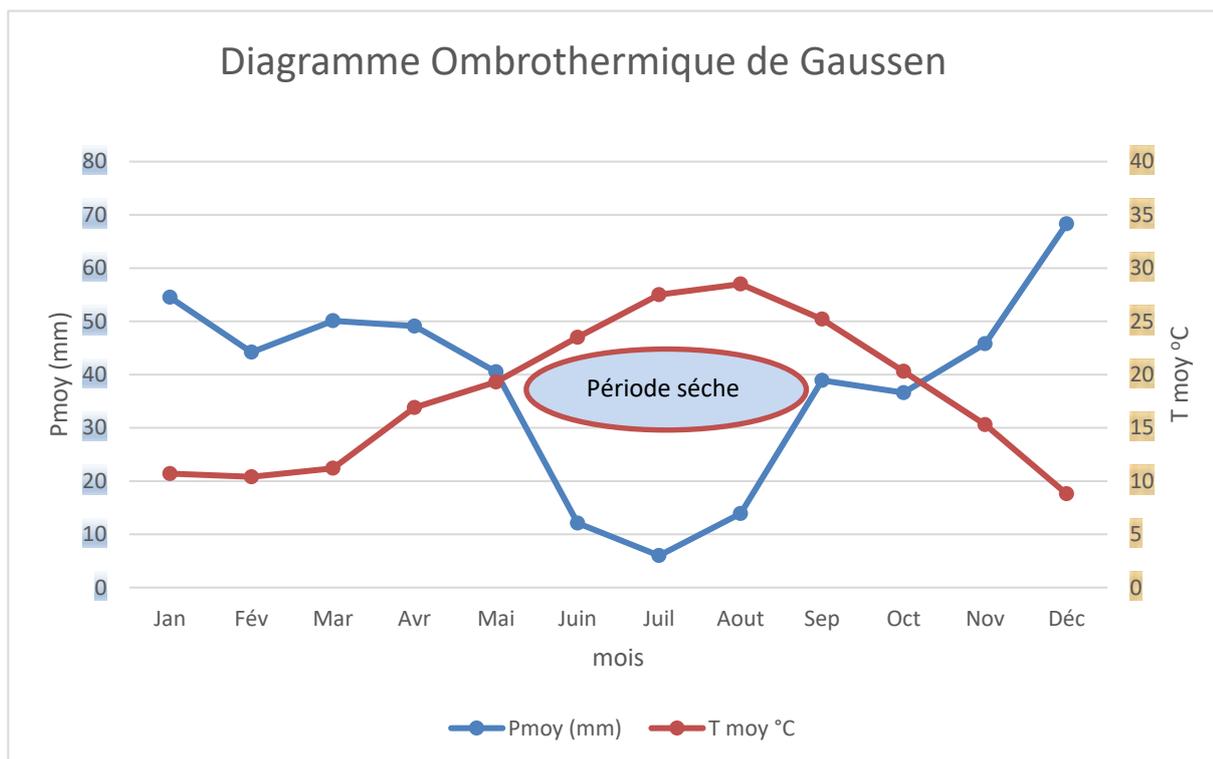


Figure I. 8: Diagramme ombrothermique de Gausse.

### Description du graphe

D'après la figure I.8, il est possible de constater que la saison sèche se prolonge généralement de début avril jusqu'à la fin octobre/début novembre, tandis que la saison humide s'étend de novembre à mars et avril.

### I.8. Analyse socio-économique

La wilaya de Bouira est une wilaya à vocation agricole où le secteur de l'agriculture connaît des développements qualitatifs et quantitatifs remarquables. La superficie agricole représente 293 544 ha de la superficie totale de la wilaya (445 434 ha), soit un taux de 65,90%. Trois (03) zones agricoles se distinguent : a. La zone de montagne : 70 652 ha, soit 24,06% de la superficie agricole totale (SAT) ; b. La zone de plaine et piémont : 133 710 ha, soit 45,5% de la SAT ; elle est représentée par les plateaux de Bouira, El Esnam et El Hachimia. c. La zone agro – pastorale : 89 183 ha, soit 30,38% de la SAT ; elle est représentée par les monts du sud de la wilaya.

Occupation actuelle du sol :

- Maraîchers : 720
- Arboricultures : 12 Hectares
- Céréales : 228 Hectares

**Conclusion**

La connaissance des conditions naturelles d'un périmètre est nécessaire avant tout projet hydro-agricole, car elle permet de projeter un système d'irrigation adéquat.

Ce chapitre nous a permis d'obtenir une vue d'ensemble de la situation géographique et climatique du périmètre de Raouraoua. Ainsi, les paramètres agro-météorologiques révèlent que notre région est soumise à un climat semi-aride, caractérisée par une saison sèche de mai à septembre et une saison froide, tempérée du mois d'octobre à avril.

À travers l'analyse de la région et de ses caractéristiques socio-économiques, on voit que le périmètre de Raouraoua présente des opportunités significatives en matière d'agriculture qui nécessitent d'être exploitées pour améliorer l'agriculture, et d'augmenter les rendements au niveau des parcelles.

# **Chapitre II**

**Ressources en sol-Ressources en eau**

## Chapitre II : Ressources en sol-Ressources en eau

### II.1 Introduction

La réalisation d'une étude pédologique permet de comprendre les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol sur un site à exploiter. Ces analyses déterminent la classe du sol en considérant la distribution des différentes caractéristiques et contraintes qu'il présente. De plus, ces propriétés influent directement sur les besoins en irrigation, ce qui impacte la gestion des arrosages en déterminant les quantités d'eau nécessaires.

### II.2 Ressource en sol

L'étude pédologique constitue une source fondamentale pour comprendre la nature et la répartition des propriétés et des limitations des sols. En ce qui concerne l'irrigation, plusieurs aspects doivent être pris en compte. On peut notamment mentionner :

- La profondeur du sol détermine l'épaisseur des couches accessibles aux racines et, par conséquent, la quantité d'eau disponible.
- La texture du sol, ainsi que sa granulométrie et la présence de cailloux, influent sur sa capacité à retenir l'eau.
- Les propriétés chimiques (PH, CE, SAR) jouent un rôle déterminant dans les choix de cultures viables dans la zone d'irrigation.

### II.3. Classification des sols

La prospection pédologique qui permet la classification des sols s'est basée sur la classification française (CPCS, France 1967). Après analyse des cartes pédologiques de la plaine des Arribs, nous avons observé que les sols de notre périmètre sont de deux types : les Vertisols et sols calcimagnésiques, ces derniers sont les plus répandus dans la zone d'étude.

#### II.3.1. Classe des sols calcimagnésiques

Les sols calcimagnésiques sont des types de sols riches en carbonates de calcium et de magnésium. Ils se distinguent par leurs textures et structures qui sont avantageuses pour l'agriculture, on les trouve sur la majeure partie du périmètre de Raouraoua.

L'examen d'un profil pédologique permet de faire une synthèse sur les caractéristiques d'un sol de façon générale.

**Profil N° 1****➤ Caractéristique morphologique**

- Classe : Sols Calcimagnésiques.
- Sous classe : sols carbonatés.
- Groupe : sols rendzines.
- Sous-groupe : Modal.
- Famille : moyennement profond.
- Serie : sur encroutement
- Situation : sud-est du périmètre.
- Pente : 1-3 % Sud-Nord.
- Occupation du sol : culture céréalière.

**II.4. Analyse physico-chimique des sols**

La réalisation d'une analyse physico-chimique en laboratoire nous a donné une meilleure compréhension des caractéristiques spécifiques de la texture et de l'hydrodynamique de notre sol. Les analyses de profil moyen sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II1 .: Résultats des analyses physico-chimiques**

<b>Horizons</b>		<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>
<b>Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)</b>		<b>0-45</b>	<b>45-78</b>	<b>78-105</b>
<b>Granulométrie</b>	Argile %	38	46.20	48.70
	Limon fin [%]	23.7	17.2	14.5
	Limon grossier [%]	15.9	11.5	10.1
	Sable fin [%]	7.7	9.3	9.5
	Sable grossier [%]	14.1	15.3	16.2
<b>Matière organique</b>	Matière organique [%]	1.4	0.6	0.1
	Carbone C [‰]	8.0	3.7	0.3
	Azote N [‰]	0.7	0.4	0.1
	C/N	11.4	9.3	5.5
<b>Solution de sol</b>	PH (1/5)	8.01	8.05	8.13
	CE ms (1/5)	0.3	0.33	0.4
<b>Réserves</b>	CaCO <sub>3</sub> total [%]	9	15	21
	CaCO <sub>3</sub> actif [%]	5.6	8.3	10.5

<b>minérales</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TOTAL %°	2.4	1.3	0.2
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Assimilable (ppm)	51	21	11

Source : Alger ONID

### II.5. Interprétations des résultats

Selon les études physico-chimiques du profil N1 les sols présentent une faible teneur en matière organique, cependant les réserves minérales sont considérables. Étant donné la conductivité électrique des profils, il n'y a pas d'excès de salinité dans les sols. la texture est généralement limono-argileuse, ceci en se basant sur la projection du triangle de texture (USDA).

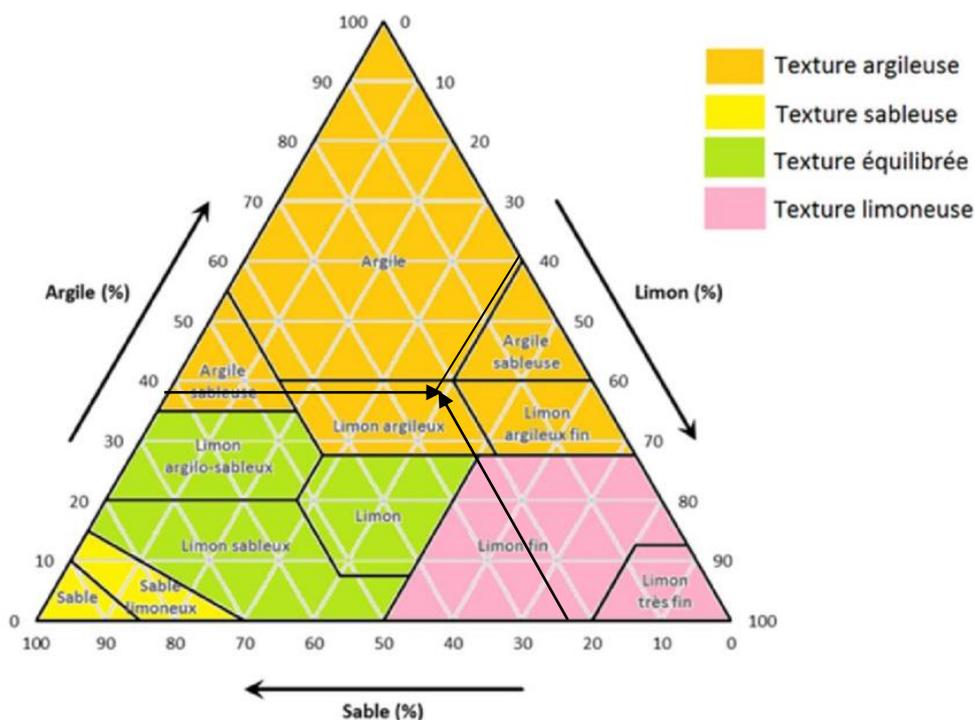


Figure II. 1: Triangle des textures des sols.

### II.6. Caractéristiques hydrodynamiques des sols

Elles représentent la masse d'eau contenue dans de sol, elles sont représentées par la capacité au champ et le point de flétrissement. Les données du sol présentées dans le tableau suivant :

Tableau II. 2: Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	LIMONEUX-SABLEUX
La perméabilité m/s	2×10 <sup>-5</sup>
Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.4
Point de flétrissement (%)	15
Capacité au champ (%)	28

Source : Alger ONID

## II.7. Détermination des aptitudes culturales des sols

L'aptitude des sols à la culture est un concept crucial en agriculture, déterminant la capacité du sol à satisfaire les exigences physiques, chimiques et biologiques indispensables à la croissance, la productivité, la reproduction et la qualité des plantes, en fonction du type de sol, du type de culture et des conditions climatiques.

Dans le contexte de notre étude, on conclut que les sols de notre périmètre ne présentent pas de restrictions spécifiques, les cultures qui peuvent être exploitées sont:

- Céréales et fourragères : Blé dur, blé tendre, orge grain, orge en vert, maïs, vesce-avoine.
- Maraichères : Pomme de terre, tomate, aubergine, carotte, courgette, salade petit pois, haricot, poivron, chou-fleur, navets, fenouil, oignon, ail.
- Arboricultures : Agrumes, olivier, pommier, amandiers, figuiers.

## II.8. Ressources en eau

Le périmètre de Raouraoua sera alimenté par le barrage de Lakhel qui dispose d'un volume de 30Hm<sup>3</sup>, qui est implanté sur l'Oued Lakehal. Les caractéristiques principales du barrage sont les suivantes :

- Une digue de 45 m de hauteur.
- Une crête d'une longueur de 600 m et de 8 m de largeur
- Un évacuateur de crue (trop plein)
- Une vidange de fond de 5 m et de 260 m de longueur.
- Quatre (04) prises d'eaux
- Une tour de prise de 35 m de hauteur et de 4 de diamètre, conçue sur la galerie de la vidange du fond.
- Cote de crête minimum 667.75 m.
- Cote normale de la retenue 684.40 m.
- Capacité du barrage : 30 millions m<sup>3</sup>.
- Volume régularisable : 17 millions m<sup>3</sup>.

Source : ANBT

### II.8.1 Étude de la qualité de l'eau d'irrigation

Avant d'entamer tout projet d'aménagement agricole, il est crucial de disposer d'une réserve d'eau d'irrigation en quantité suffisante et de qualité adéquate.

Il est donc nécessaire de procéder à une analyse approfondie afin d'identifier les éléments dont l'excès pourrait être préjudiciable aux cultures.

Les critères à vérifier pour évaluer la qualité de l'eau comprennent :

- Risque de Salinité.
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR).
- Toxicité.

La liste des résultats des analyses de l'eau du barrage Lakhal est présentée dans le tableau suivant

:

**Tableau II. 3: Résultats d'analyse de l'eau de barrage Lakhal.**

Paramètre	Résultats
PH	7.8
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	213 mg/l
Bicarbonates	155 mg/l
Potassium (k <sup>+</sup> )	13 mg/l
Sodium (Na <sup>+</sup> )	152 mg/l
Calcium (Ca <sup>++</sup> )	85.7 mg/l
Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	189 mg/l
Conductivité à 25°C	0.34 ms/cm

Source : ONID Alger

**a. Risques dus à la salinité :**

Une concentration excessive de certains sels peut être préjudiciable, voire toxique pour certaines plantes. La classification de l'eau d'irrigation dépend de la quantité de sels qu'elle contient. Pour évaluer cette quantité, on mesure la conductivité électrique, qui représente la capacité des ions à se déplacer dans l'eau et est exprimée en millimhos par centimètre à une température de 25°C. Le tableau II.4 présente la classification américaine du risque encouru par l'irrigation en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation :

**Tableau II. 4: Risque d'irrigation en fonction de la salinité**

classe	Conductivité	Risque	Observations
C1	CE ≤ 0,25	Eau de risque faible	Convient pour toutes les cultures
C2	0,25 < CE ≤ 0,75	Eau de risque moyen	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	0,75 < CE ≤ 2,25	Eau de risque élevé	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes
C4	CE > 2,25	Eau de risque très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

### b. Risques d'alcalinisation

Le sodium échangeable (Na<sup>+</sup>) exerce une influence significative sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols. À mesure que la quantité de sodium échangeable augmente, le sol devient dur et compact lorsqu'il est sec, ce qui diminue les taux d'infiltration de l'eau et de l'air et devient très nuisible aux plantes.

Le degré d'alcalinité d'une eau d'irrigation est exprimé par le SAR (Sodium Absorption Ratio). Cet indice évalue la concentration relative de sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Le SAR est défini par l'équation suivante :

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

Na : Sodium en méq/L.      Ca : Calcium en méq/L.      Mg : Magnésium en méq/L.

**Tableau II. 5: Résultats des analyses de l'eau du barrage Lekhal**

Élément	mg/l	méq/l
<b>Ca</b>	<b>85.7</b>	<b>4.83</b>
<b>Mg</b>	<b>189</b>	<b>15.75</b>
<b>Na</b>	<b>152</b>	<b>6.90</b>
<b>Conductivité mmho/cm</b>	<b>710</b>	

$$SAR = \frac{6.9}{\sqrt{\frac{4.83+15.75}{2}}} = 2.18$$

**Tableau II. 6: Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR**

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S1	SAR ≤ 10	Risque faible
S2	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S3	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S4	AR > 26	Risque très élevé

En utilisant le diagramme d'USSS 1954 suivant :

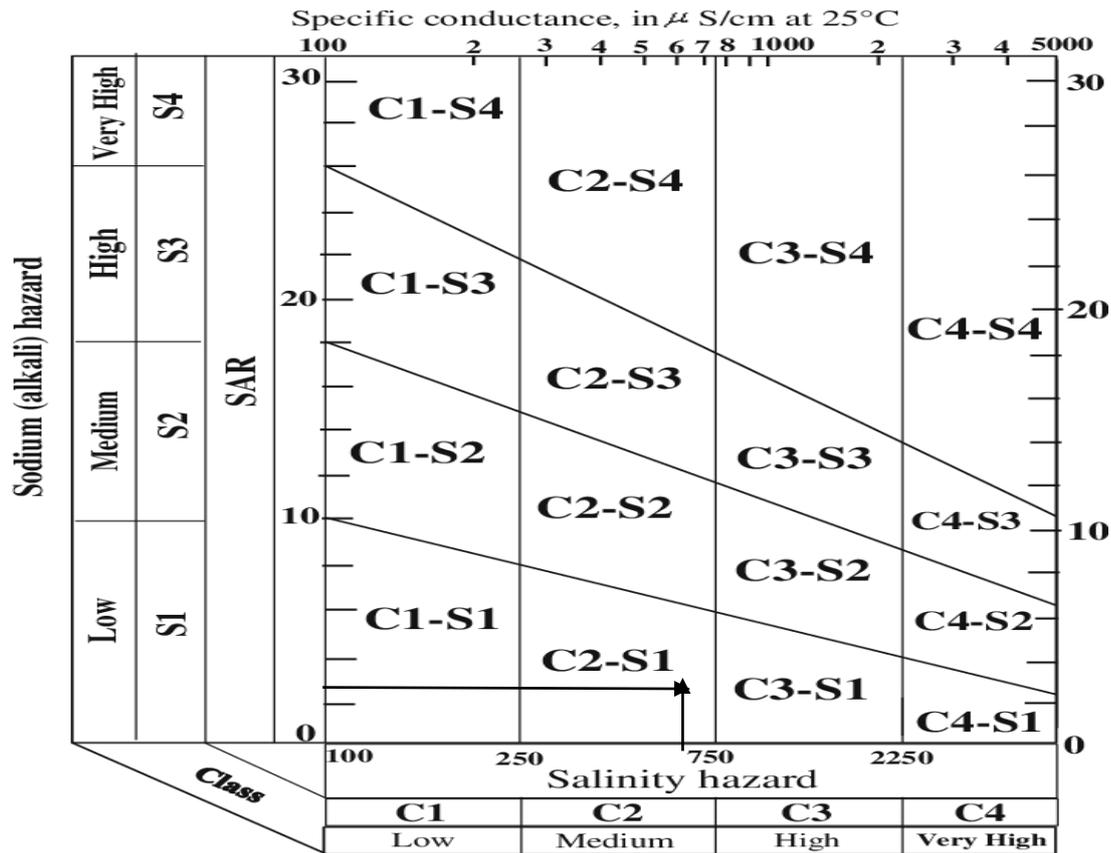


Figure II. 2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

**Commentaire des analyses**

D'après ces résultats :

- La conductivité électrique est de 710 µmhos/cm, le SAR est de 2.18, ce qui indique un faible risque de salinité et aucun risque d'alcalinisation. --L'eau est classée comme C2-S1, ce qui signifie qu'elle est adaptée pour les zones non salines. Elle peut être utilisée pour l'irrigation dans des conditions normales, et convient à une large gamme de cultures.

**II.9 Calcul de la pluie de projet**

**II.9.1 Présentation de la station pluviométrique**

La station pluviométrique retenue pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant ont été sélectionnées sur la base de l'emplacement géographique et la période d'observation.

Tableau II. 7: caractéristiques principales de la station pluviométrique (ANRH Alger).

Nom de la station	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Années observées
	Altitude	Longitude			
AIN BESSEM	36°19'	3°32 E	748	1992-2018	27

Source : ANRH

**II.9.2. Etude des pluies moyennes annuelles**

Nous avons à notre disposition un ensemble de données sur les précipitations mensuelles couvrant la période de 1992 à 2018. Ces données sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II. 8: Répartition mensuelle et annuelle des pluies**

Année	Sep	oct	nov	déc	Janv	févr	mars	avr	Mai	juin	Juil	août	Annuel
1992-1993	35,10	19,80	38,80	57,60	51,40	30,70	140,50	15,10	4,80	9,70	0,00	0,60	404.1
1993-1994	12,80	45,90	49,70	83,70	70,70	83,80	9,50	9,10	8,40	4,00	5,30	4,30	387.2
1994-1995	6,60	29,70	42,90	24,20	15,80	22,70	43,70	45,50	23,50	10,50	0,00	0,00	265.1
1995-1996	23,70	16,60	24,00	230,40	23,90	20,30	62,20	92,40	15,60	22,40	17,40	42,10	591
1996-1997	29,20	19,20	0,00	14,90	38,00	0,00	38,40	58,50	52,10	0,00	68,00	0,90	319.2
1997-1998	12,00	25,50	38,20	78,60	29,90	112,40	104,20	36,30	32,80	6,50	0,00	8,80	485.2
1998-1999	5,90	66,00	11,80	6,10	81,30	8,90	61,50	111,10	107,00	17,10	8,50	2,10	487.3
1999-2000	14,40	40,30	81,00	32,30	15,00	23,60	15,65	25,30	38,40	7,00	3,00	11,20	307.15
2000-2001	68,20	14,40	18,50	84,00	5,60	46,00	1,70	44,80	8,10	0,70	0,10	18,20	310.3
2001-2002	91,30	61,80	32,10	36,00	170,20	39,30	101,90	18,90	3,50	17,60	0,00	36,20	608.8
2002-2003	12,60	57,90	8,90	25,00	58,50	93,50	26,60	68,30	50,80	12,40	13,05	8,50	436.05
2003-2004	20,10	13,10	23,00	40,40	33,90	14,20	10,50	56,70	22,10	19,60	3,50	24,50	281.6
2004-2005	47,60	59,50	71,30	47,50	11,90	57,40	16,90	45,60	133,90	4,50	0,00	4,00	500.1
2005-2006	45,80	43,60	83,10	41,30	42,30	28,20	90,90	0,00	33,70	4,10	0,00	10,90	423.9
2006-2007	38,70	16,20	25,50	132,20	3,40	1,30	12,70	26,60	34,00	0,30	0,00	2,00	292.9
2007-2008	33,00	81,80	34,80	53,40	148,30	25,30	5,00	49,00	8,00	2,50	0,00	2,10	443.2
2008-2009	78,10	3,60	10,30	12,00	22,70	26,80	14,50	14,10	20,40	0,50	7,50	77,30	287.8
2009-2010	21,10	10,50	136,30	185,80	205,10	88,20	7,70	105,40	16,00	13,60	10,20	40,90	840.8
2010-2011	60,40	67,80	40,70	123,10	72,10	16,10	38,70	59,00	131,70	4,00	3,20	4,50	621.3
2011-2012	48,50	23,40	35,30	84,70	26,00	57,70	25,30	21,60	10,50	10,50	11,60	3,80	358.9
2012-2013	17,80	60,80	41,20	91,50	116,00	61,10	30,30	58,90	69,60	12,70	4,60	2,70	567.2
2013-2014	34,20	0,00	29,00	56,50	6,00	54,30	178,60	101,20	24,10	18,20	0,00	7,50	509.6
2014-2015	65,80	82,40	72,80	39,10	11,60	17,50	20,20	31,10	66,90	24,60	5,70	2,50	440.2
2015-2016	78,50	36,90	53,80	60,10	97,10	23,90	74,90	90,00	20,80	2,50	1,00	13,90	553.4
2016-2017	106,10	9,80	103,00	63,60	42,00	86,00	62,20	23,10	45,70	19,80	0,00	32,70	594
2017-2018	6,10	63,30	91,90	30,30	37,70	116,40	60,90	116,20	100,70	25,90	0,00	10,50	659.9
2018-2019	37,40	18,30	38,00	109,50	35,20	38,80	97,00	0,60	9,40	56,50	0,40	2,90	444,0

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

**Tableau II. 9: Caractéristiques de la série pluviométrique.**

<b>Moyenne</b>	<b>460.01</b>
<b>Écart type</b>	<b>139.8</b>
<b>Cv</b>	<b>0.304</b>
<b>P min</b>	<b>265.1mm)</b>
<b>P max</b>	<b>840.8 (mm)</b>

### II.9.3 Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Il est essentiel de vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique avant de déterminer les différentes caractéristiques des précipitations. Pour cela, on utilise le Test de Mood, qui repose sur le procédé suivant :

Soit un échantillon de  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Nous pouvons calculer sa médiane  $M$  après avoir classé l'échantillon par ordre de croissant. La médiane  $M$  est une constante telle que 50% de  $x_i$  sont inférieures et 50% de  $x_i$  lui sont supérieures.

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

(+) Pour le  $x_i > M$

(-) Pour le  $x_i < M$

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

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

$T_s$  : taille de la plus grande série de (+) ou de (-).

Les conditions du test sont les suivantes :

$N_s$  : nombre totale de séries de (+) ou de (-)

Les conditions du test sont suivantes :

$$1/2 (N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < N_s < 1/2 (N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1}) \dots\dots\dots \text{II.2}$$

$$T_s < 3.3 (\log_{10} N + 1) \dots\dots\dots \text{II.3}$$

**Tableau II. 10: résultat du test Mood**

Pmoy	404,10	387,20	265,10	591,00	319,20	485,20	487,30	307,15	310,30
	-	-	-	+	-	+	+	-	-
Pmoy	608,80	436,05	281,60	500,10	423,90	292,90	443,20	287,80	840,80
	+	-	-	+	-	-	+	-	+
Pmoy	621,30	358,90	567,20	509,60	440,20	553,40	594,00	659,90	444,00
	+	-	+	+	-	+	+	+	+

Avec  $\frac{1}{2}(N + 1 - 1,96\sqrt{N - 1}) = 9.002$  et  $\frac{1}{2}(N + 1 + 1,96\sqrt{N - 1}) = 18.99$   
 $N_s = 14$

Donc :  $9.002 < N_s = 14 < 18.99$

Et d'autre part :  $3.3(\log_{10} N + 1) = 8.07$  et  $T_s = 4$

$T_s = 4 < 3.3(\log_{10} N + 1) = 8.07$

D'après les calculs, on voit que les conditions de Mood sont vérifiées, donc la série des précipitations moyenne annuelle est homogène.

## II.9.4 Ajustement de la série pluviométrique

On peut ajuster la pluviométrie en fonction de différentes lois statistiques, mais pour notre projet, nous utilisons celle qui assure le meilleur ajustement possible. Les lois les plus couramment utilisées pour l'ajustement des pluies annuelles sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Galton ou loi log normale.

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel **HYFRAN**.

### II.9.4.1 Ajustement à la loi log-normal

La méthode consiste à transmettre les données statistiques des précipitations à une échelle différente, à savoir l'échelle du log normal. L'équation de la droite est écrite de la manière suivante :

$$\ln(X_{p\%}) = \ln(\bar{x}) + \delta \ln \times U_{p\%} \dots\dots\dots \text{II.4}$$

$X_{p\%}$  : précipitation probable à  $p\%$ .

$\ln(\bar{x})$  : Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$U_{p\%}$  : variable réduite de Gauss.

$\delta \ln$  : écart type des précipitations observées.

**Tableau II. 11** Résultat de l'ajustement à la loi log-normale (Hyfran).

P. retour T (ans)	L'écart type	Freq (q). Non Dépassement	Quantile XT (mm)	Intervalle de confiance
5	38.7	0,80	568.0	492.1 – 643.8
2.0	25.65	0.50	440.3	390 – 490.5
1.25	23.25	0.20	341.2	295.7 – 386.8

**II.9.4.2 Ajustement à la loi normale**

Cette méthode statistique s'appuie sur une distribution particulière des données de précipitations, appelée loi normale ou loi de Gauss. Cette distribution se caractérise par une courbe en forme de cloche symétrique autour de la moyenne des valeurs. La formule mathématique de cette loi est la suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \dots\dots \text{II.5}$$

Avec : Variable réduite de gauss  $u = \frac{X-x}{\sigma}$

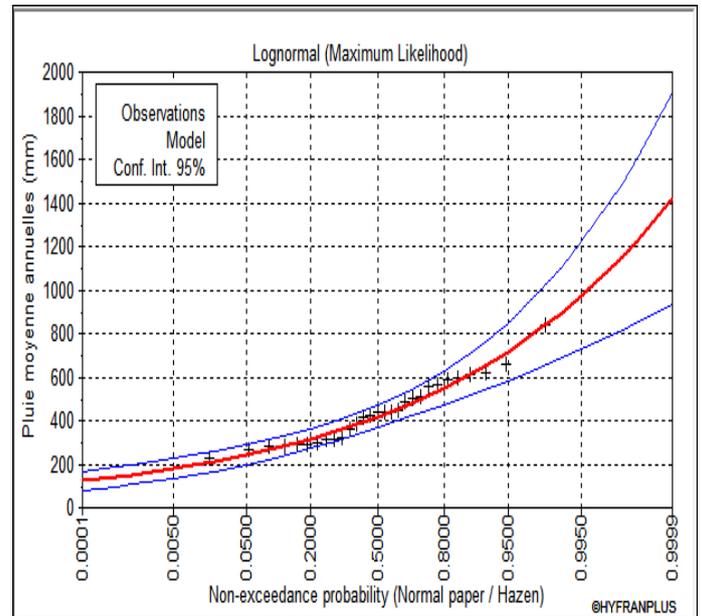
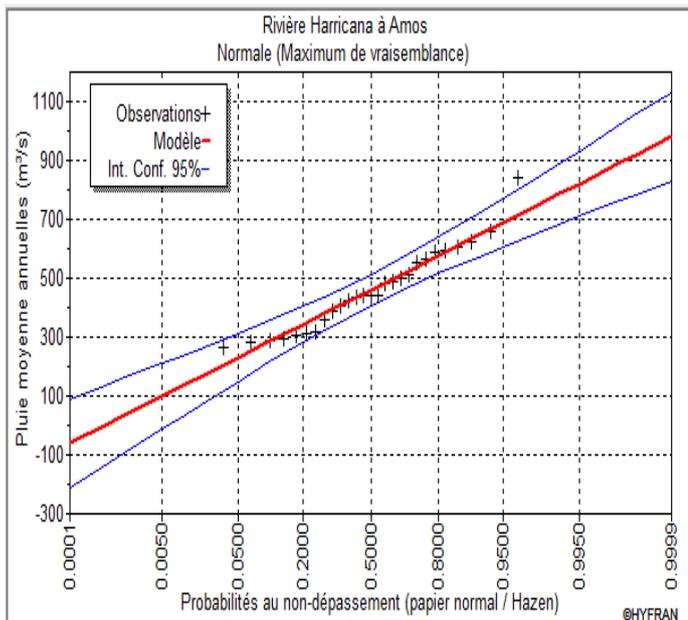
X : Moyenne

$\sigma$  : L'écart type

Pour effectuer les calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats de calcul sont détaillés dans le tableau suivant :

**Tableau II. 12:Résultat de l'ajustement à la loi Normale.**

P. retour T (ans)	L'écart type	Freq (q). Non Dépassement	Quantile XT (mm)	Intervalle de confiance
5	31.47	0,80	577.7	516.0-639.4
2.0	26.91	0.50	460	407.3 – 512.8
1.25	31.47	0.20	342.3	280.7 – 404



**Figure II. 3: Courbe d'ajustement des pluies aux la loi normale et log-Normale**

**II.9.4.3. Test de validité d'un ajustement**

Après ajustement des données par la loi, Il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin d'adopter le meilleur ajustement. Dans notre cas, nous avons a utilisé le teste de Khi carré  $\chi^2$ . Touaibia, B, (2004).

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0.05$  si et seulement si :

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

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

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{calculé}=2.81$	$\chi^2_{calculé}=3.33$
Degrés de liberté=4	
$\chi^2_{théorique}= 9.48$	

D'après les valeurs du test de Khi carré détaillées dans le tableau II.13, on peut conclure que la loi Log-normale présente un ajustement plus adéquat.

**II.10. Détermination de l'année de calcul**

L'objectif de la détermination de l'année de calcul est d'évaluer la quantité de pluie disponible pour la plante pour une probabilité de 80%, elle est calculée comme suit :

$$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \times \frac{P_{théorique (80\%) \text{ annuelle}}}{P_{théorique (50\%) \text{ annuelle}}} \dots\dots\dots \text{II.6}$$

Avec :

- $P_{80\%}^{sec}$  : la précipitation mensuelle de l'année de calcul
- $P_{moy.i}$  : La précipitation moyenne mensuelle
- $P_{80\%}$  : La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%
- $P_{50\%}$  : La précipitation théorique annuelle de fréquence 50%

D'après les résultats de l'ajustement par la loi normal on trouve :

- $P_{théorique (80\%) \text{ annuelle}}=341.2$  et  $P_{théorique (50\%) \text{ annuelle}}=440.3$

Les pluies de fréquence 80% suivant la loi Log-Normale, sont données comme suit :

**Tableau II. 14: les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche**

Mois	Sept	Oct	nov	Déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août
Pmoy (mm/mois)	38,93	37,30	45,75	65,62	54,59	44,19	47,87	50,41	41,50	11,43	7,41	15,19
Pmoy80%(mm/mois)	30,16	28,91	35,45	50,85	42,30	34,24	37,10	39,07	32,16	8,86	5,74	11,77

**Conclusion**

Dans cette partie dédiée à l'analyse des ressources en sols et en eau, une étude détaillée des sols dans l'extension du périmètre de Raouraoua a été menée. Ces sols se distinguent par leur texture limono-argileuse, ce qui les rend particulièrement favorables à des activités agricoles.

L'eau provenant du barrage Lakhel affiche une faible salinité, ce qui la rend idéale pour l'irrigation. Les analyses ainsi que le diagramme de classification de l'eau ont confirmé que cette ressource hydrique est parfaitement adaptée à cet usage.

Le périmètre de Raouraoua, présente donc des ressources considérables qui doivent être exploitées pour l'aménagement hydro-agricole de ce périmètre.

# **Chapitre III**

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

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

### III.1. Introduction

La première étape essentielle de toute planification hydro-agricole consiste à estimer les besoins en eau d'un périmètre, ceci après un choix judicieux des cultures. Cela permet de gérer efficacement l'eau dans une zone donnée en comblant le manque d'eau au niveau de la couche arable de sol. L'irrigation des plantes joue un rôle crucial dans ce processus, impliquant la libération d'eau par la transpiration des feuilles et l'évaporation du sol.

Dans ce chapitre, il est question de l'estimation des besoins en eau des plantes, qui va permettre de un dimensionnement adéquat du réseau d'adduction.

### III.2. Besoin en eau du périmètre

La compréhension des besoins en eau des cultures est fondamentale pour tout projet d'irrigation. Leur évaluation requiert une compréhension approfondie de plusieurs paramètres, notamment les caractéristiques spécifiques des plantes, ainsi que les données climatiques et pédologiques de la région concernée.

#### III.2.1. Concept de l'évapotranspiration de référence : ( $ET_0$ )

On désigne l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) comme la somme des pertes d'eau d'une végétation dense (gazon), bien arrosée, lorsque l'eau est le seul facteur limitant cette évaporation. Elle est observée lorsque le couvert végétal atteint son développement foliaire maximal (au stade de pleine croissance), couvrant efficacement le sol, qui est à sa capacité dans le champ. Dans ce cas, les besoins en eau des cultures dépendent étroitement de l'évapotranspiration du sol.

##### ➤ Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration de référence étant spécifique à chaque culture et nécessitant des mesures météorologiques complexes directes tels que le lysimètre, il est souvent plus pratique de recourir à des méthodes indirectes.

##### ❖ Les méthodes indirectes

Les méthodes utilisées permettent de déterminer l' $ET_0$  en utilisant des formules qui reposent sur des paramètres climatiques, (Turc, Blaney et Cridle, Thornthwaite, Penman).

Dan notre cas, nous avons utilisé la méthode la plus couramment utilisée et recommandée par la FAO, à savoir la méthode de Penman-Monteith Modifiée.

### ➤ Formule Modifiée de Penman\_Monteith

Parmi les diverses méthodes d'estimation de l'évapotranspiration, le modèle de Penman-Monteith qui permet d'estimer l'ET<sub>0</sub> en se basant sur des variables climatiques relativement accessibles, elle se base sur des enregistrements de l'ensoleillement, de la température, de l'humidité et de la vitesse du vent pour calculer l'évapotranspiration, elle est calculée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} \mu_2 (e_s - e_a)}{1 + \gamma(1 + 0.34t\mu_2)} \dots\dots\dots III.2$$

Avec :

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

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

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

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

μ<sub>2</sub> : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s]

e<sub>s</sub> : Pression de vapeur saturante [kPa]

e<sub>a</sub> : Pression de vapeur réelle [kPa].

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET<sub>0</sub> calculés à l'aide du logiciel Cropwat (FAO, 2008) 8.0 selon la formule de Penman-Monteith sont récapitulés dans le tableau III.1 :

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

Pays : Algérie.			Station : Ain Bessem			
Altitude : 748m.		Latitude : 36.19 °N.		Longitude : 3.32°E		
	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET <sub>0</sub>
Mois	°C	%	m/s	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/mois
Janvier	10.4	75	2.4	6.5	10.1	41.48
Février	10.7	73	2.8	7.1	13.0	51.01
Mars	11.2	76	3.1	7.5	16.5	71.12
Avril	16.9	69	2.7	7.7	19.5	107.09
Mai	19.3	65	3.3	8.1	21.6	139.62
Juin	23.5	60	3.0	8.9	23.3	165.58
Juillet	27.5	53	2.9	8.6	22.5	195.18
Août	28.5	54	2.5	8.5	21.2	181.32
Septembre	25.3	65	2.6	7.9	18.0	130.85
Octobre	20.3	72	3.1	7.6	14.6	92.38
Novembre	15.3	74	3.0	6.7	10.8	56.25
Décembre	8.8	79	2.7	6.1	9.1	33.13

### III.2.2 Calcul des besoins en eau

On définit les besoins en eau d'une culture comme la différence entre l'évapotranspiration maximale, qui est le résultat du climat et des caractéristiques des plantes (ETM), et l'apport réel des précipitations. Dans ce cas, il est essentiel de réaliser un bilan hydrique régulier à chaque étape de croissance des végétaux afin d'évaluer les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation.

Pour calculer les quantités d'eau nécessaires par irrigation, il est nécessaire de réaliser le bilan hydrique suivant pour chaque stade végétatif :

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

Où :

- **ETM**: est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à :  
 $ET_0 * K_c$
- **Kc** : le coefficient cultural de la culture considérée.
- **Peff** : est la pluie efficace.
- **RS<sub>i-1</sub>** : La réserve utile du sol du mois précédent.

### III.3. Calcul de la pluie efficace

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend des caractéristiques du sol, et de l'intensité des pluies. Dans notre cas, la pluie efficace est estimée comme suit :

$$\text{Pluies efficaces (en mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)} \dots\dots\dots III.3$$

Avec : A : coefficient de pertes généralement égal à 0.7

**Tableau III. 2:** Pluie efficace.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Pluie(mm)	38,93	36,60	45,77	68,29	54,50	44,24	50,08	49,05	40,46	12,14	6,04	13,91
P80%(mm)	30,16	28,36	35,47	52,92	42,24	34,28	38,81	38,01	31,36	9,41	4,68	10,78
Peff(mm)	21,12	19,85	24,83	37,04	29,57	24,00	27,17	26,61	21,95	6,58	3,28	7,55

### III.4. Calcul de la réserve en eau du sol restante

C'est la quantité d'eau contenue dans la tranche du sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement.

La formule suivante permet de calculer la réserve en eau du sol du mois précédent :

$$RFU = (hcc - hpf) \cdot D_a \cdot Z \cdot y \dots\dots\dots III.4$$

- **hcc** : humidité à la capacité au champ (%)
- **hpf** : humidité au point de flétrissement (%)
- **Z** : profondeur racinaire (en mm),
- **y** : coefficient qui dépend de la nature du sol (on prend  $Y=2/3$ )
- **Da** : densité apparente du sol

Dans ce cas, la réserve en eau du sol, qui est calculée en multipliant la réserve facilement utilisable (RFU) par un coefficient K.

$$RS_i = K \times RFU_{i-1} \dots \dots \dots \text{III.5}$$

K peut prendre des valeurs  $K=1$ , ou  $1/2$ ,  $1/3$  dans le cas de mois humides, ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle (Mois secs).

### III.5 Choix des cultures

La diversité agricole de la région de Rourawa et de ses environs est un atout majeur pour l'approvisionnement de la région en produits alimentaires essentiels. Les terres cultivées dans la région sont réparties entre des céréales (blé, orge), des maraichères (pomme de terre, tomates) et des arbres (oliviers, figuiers, agrumes). Plusieurs paramètres influencent le choix des cultures, ces paramètres sont :

- Le climat de la région considérée
- Le type de sol et les contraintes pédologiques
- La disponibilité des ressources en eau
- La vocation de la région et les contraintes socio-économiques.

#### III.5.1 Occupation des sols

Avant d'estimer les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est essentiel de déterminer d'abord l'occupation des terres et la répartition des cultures dans la région.

Le tableau ci-dessous présente l'occupation des sols retenue pour notre projet :

**Tableau III. 3:** Scénario d'occupation du sol du périmètre Raouraoua

Type de culture	Céréales	Maraichage	Arboriculture	Fourragère	Total
Surface occupée en %	40	40	10	10	100%
Surface occupée en ha	80	80	20	20	200ha

### III.5.2 Cultures proposées

Pour notre cas nous avons choisi les cultures suivantes :

**Tableau III. 4:** système de cultures proposées.

Céréaliculture	Culture maraichères	Culture fourragère	Culture arboricoles
Blé	Pomme de terre	Avoines	Olivier
Orge grain	Oignon/ Oignon vert		Agrumes
Orge en vert	Petit pois		
	Tomate/ Aubergine		
	Haricot/ Fèves		
	Ail/ Courgette		

### III.5.3 Assolements/rotation des cultures

L'assolement est la succession de plusieurs cultures dans le temps sur une même parcelle, elle est essentielle pour maintenir et améliorer la fertilité des sols, et d'éviter les maladies cryptogamiques.

L'assolement proposée est un assolement biennal, décrit comme suit :

**Tableau III. 5:** Assolement proposé pour le périmètre Raouraoua

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Avoine	Orge graine
Pomme de terre (S)	Haricot
Pomme de terre (AS)	Courgette
Aubergine	Ail
Choux	Tomate
Tomate	Oignon
Courgette	Petits pois
Hors assolement : Olivier	Hors assolement : Olivier
Hors assolement : Agrumes	Hors assolement : Agrumes

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau III-6 :

**Tableau III. 6:** le cycle végétatif des cultures envisagées.

Mois	Sep	Oct	nov	Déc	janv	févr	mars	avr	Mai	juin	Juil	Août
Blé			←							→		
Orge grain			←							→		
Orge en vert			←							→		
Avoine			←							→		
P.D.T (AS)							←			→		
P.D.T (S)	←				→							
Choux	←				→							
Oignon sec	←				→							
Petit pois	←				→							
Aubergine								←			→	
Ail	←				→							
Tomate							←			→		
Haricot	←	→										←
Courgette	←				→							
Olivier	←											→
Agrumes	←											→

### III.6 Estimation des besoins en eau des céréales

- Besoin en eau de blé

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85						
Octobre	28,36	19,85	92,38						
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,30	36,40	0,00	0,4	22,50	0,00
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,40	48,53	12,13	0,7	23,19	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	0,50	60,67	16,18	0,85	35,26	0,00
Février	34,28	24,00	51,01	0,60	72,80	20,22	0,95	48,46	4,24
Mars	38,81	27,17	71,12	0,60	72,80	0,00	1	71,12	43,95
Avril	38,01	26,61	107,09	0,60	72,80	0,00	1,05	112,44	85,84
<b>Mai</b>	<b>31,36</b>	<b>21,95</b>	<b>139,62</b>	<b>0,60</b>	<b>72,80</b>	<b>0,00</b>	<b>0,9</b>	<b>125,66</b>	<b>103,71</b>
Juin	9,41	6,58	165,58	0,60	72,80	0,00	0,5	82,79	76,21
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de l'orge grain :**

Mois	P80% (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85						
Octobre	28,36	19,85	92,38						
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,30	36,40	0,00	0,4	22,50	0,00
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,50	60,67	12,13	0,5	16,57	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	0,50	60,67	20,22	0,7	29,04	0,00
Février	34,28	24,00	51,01	0,60	72,80	20,22	0,9	45,91	1,69
Mars	38,81	27,17	71,12	0,60	72,80	24,27	1,05	74,68	47,51
Avril	38,01	26,61	107,09	0,60	72,80	0,00	1,05	112,44	85,84
Mai	31,36	21,95	139,62	0,60	72,80	0,00	0,8	111,70	89,75
<b>Juin</b>	<b>9,41</b>	<b>6,58</b>	<b>165,58</b>	<b>0,60</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,6</b>	<b>99,35</b>	<b>92,76</b>
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de l'avoine :**

Mois	P80% (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85						
Octobre	28,36	19,85	92,38						
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,30	36,40	0,00	0,3	16,88	0,00
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,50	60,67	12,13	0,7	23,19	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	0,50	60,67	20,22	0,8	33,18	0,00
Février	34,28	24,00	51,01	0,60	72,80	20,22	1,15	58,66	0,00
Mars	38,81	27,17	71,12	0,60	72,80	0,00	1	71,12	43,95
<b>Avril</b>	<b>38,01</b>	<b>26,61</b>	<b>107,09</b>	<b>0,60</b>	<b>72,80</b>	<b>0,00</b>	<b>0,8</b>	<b>85,67</b>	<b>59,06</b>
Mai	31,36	21,95	139,62	0,60	72,80	0,00	0,5	69,81	47,86
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de l'orge en vert :**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85						
Octobre	28,36	19,85	92,38						
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,30	36,40	0,00	0,3	16,88	0,00
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,40	60,67	12,13	0,3	9,94	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	0,50	60,67	20,22	0,5	20,74	0,00
Février	34,28	24,00	51,01	0,60	72,80	20,22	0,6	30,61	0,00
Mars	38,81	27,17	71,12	0,60	72,80	0,00	1	71,12	43,95
Avril	38,01	26,61	107,09	0,60	72,80	0,00	1,15	123,15	96,55
<b>Mai</b>	<b>31,36</b>	<b>21,95</b>	<b>139,62</b>	<b>0,60</b>	<b>72,80</b>	<b>0,00</b>	<b>1</b>	<b>139,62</b>	<b>117,67</b>
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

### III.7 Estimation des besoins en eau des maraichères

- **Besoin en eau de la tomate :**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85						
Octobre	28,36	19,85	92,38						
Novembre	35,47	24,83	56,25						
Décembre	52,92	37,04	33,13						
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12	0,40	48,53	16,18	0,50	35,56	0,00
Avril	38,01	26,61	107,09	0,80	97,07	16,18	0,85	91,03	48,24
<b>Mai</b>	<b>31,36</b>	<b>21,95</b>	<b>139,62</b>	<b>1,10</b>	<b>133,47</b>	<b>0,00</b>	<b>1,15</b>	<b>160,56</b>	<b>138,61</b>
Juin	9,41	6,58	165,58	1,10	133,47	0,00	0,85	140,74	134,16
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de la pomme de terre (As)**

Mois	P80 (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85						
Octobre	28,36	19,85	92,38						
Novembre	35,47	24,83	56,25						
Décembre	52,92	37,04	33,13						
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12	0,20	24,27	8,09	0,50	35,56	0,31
Avril	38,01	26,61	107,09	0,40	48,53	0,00	0,70	74,96	48,35
Mai	31,36	21,95	139,62	0,50	60,67	0,00	1,00	139,62	117,67
<b>Jun</b>	<b>9,41</b>	<b>6,58</b>	<b>165,58</b>	<b>0,50</b>	<b>60,67</b>	<b>0,00</b>	<b>0,75</b>	<b>124,19</b>	<b>117,60</b>
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de la pomme de terre (s)**

Mois	P80 (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	0,20	24,27	0,00	0,50	65,43	44,31
<b>Octobre</b>	<b>28,36</b>	<b>19,85</b>	<b>92,38</b>	<b>0,40</b>	<b>48,53</b>	<b>0,00</b>	<b>0,70</b>	<b>64,67</b>	<b>44,81</b>
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,50	60,67	0,00	1,00	56,25	31,42
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,50	60,67	30,33	0,75	24,85	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09						
Mai	31,36	21,95	139,62						
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de l'oignon sec**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	0,20	24,27	0,00	1,1	143,94	122,82
Octobre	28,36	19,85	92,38	0,30	36,40	0,00	1,1	101,62	81,77
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,40	48,53	0,00	0,95	53,44	28,61
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,40	48,53	16,18	0,8	26,50	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09						
Mai	31,36	21,95	139,62						
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau pour Haricot**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	0,70	84,93	0,00	0,90	117,77	96,65
Octobre	28,36	19,85	92,38	0,70	84,93	0,00	0,80	73,90	54,05
Novembre	35,47	24,83	56,25						
Décembre	52,92	37,04	33,13						
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09						
Mai	31,36	21,95	139,62						
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18	0,50	60,67	0,00	0,60	117,11	113,83
Août	10,78	7,55	181,32	0,50	60,67	0,00	0,85	154,12	146,58

- **Besoin en eau de l'ail**

Mois	P80 (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	0,20	24,27	0,00	1,10	143,94	122,82
Octobre	28,36	19,85	92,38	0,30	0,00	0,00	1,10	101,62	81,77
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,40	48,53	0,00	0,90	50,63	25,79
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,50	60,67	24,27	0,85	28,16	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09						
Mai	31,36	21,95	139,62						
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau du Choux**

Mois	P80 (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	0,20	24,27	0,00	0,75	98,14	77,02
Octobre	28,36	19,85	92,38	0,30	36,40	0,00	1	92,38	72,53
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,40	48,53	0,00	1,05	59,06	34,23
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,40	48,53	16,18	0,9	29,82	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09						
Mai	31,36	21,95	139,62						
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de la courgette**

mois	P80% (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	0,20	24,27	0,00	0,4	52,34	31,22
Octobre	28,36	19,85	92,38	0,30	36,40	0,00	0,5	46,19	26,34
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,40	48,53	0,00	0,8	45,00	20,17
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,50	60,67	16,18	0,95	31,47	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	0,50	60,67	20,22	0,6	24,89	0,00
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09						
Mai	31,36	21,95	139,62						
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau du petit pois**

Mois	P80 (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	0,3	36,40	0,00	0,5	65,43	44,31
Octobre	28,36	19,85	92,38	0,5	60,67	0,00	0,8	73,90	54,05
Novembre	35,47	24,83	56,25	0,7	84,93	0,00	1	56,25	31,42
Décembre	52,92	37,04	33,13	0,7	84,93	28,31	0,8	26,50	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	0,7	84,93	28,31	0,6	24,89	0,00
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09						
Mai	31,36	21,95	139,62						
Juin	9,41	6,58	165,58						
Juillet	4,68	3,28	195,18						
Août	10,78	7,55	181,32						

- **Besoin en eau de l'Aubergine**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85						
Octobre	28,36	19,85	92,38						
Novembre	35,47	24,83	56,25						
Décembre	52,92	37,04	33,13						
Janvier	42,24	29,57	41,48						
Février	34,28	24,00	51,01						
Mars	38,81	27,17	71,12						
Avril	38,01	26,61	107,09	0,30	36,40	12,13	0,50	53,55	14,80
Mai	31,36	21,95	139,62	0,40	48,53	0,00	0,60	83,77	61,82
Jun	9,41	6,58	165,58	0,60	72,80	0,00	0,90	149,02	142,44
Juillet	4,68	3,28	195,18	0,60	72,80	0,00	0,60	117,11	113,83
Août	10,78	7,55	181,32						

### III.8 Estimation des besoins en eau des cultures arboricoles

- **Besoin en eau de l'Olivier**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	1,50	182,00	0,00	0,85	111,22	90,11
Octobre	28,36	19,85	92,38	1,50	182,00	0,00	0,85	78,52	58,67
Novembre	35,47	24,83	56,25	1,50	182,00	0,00	0,75	42,19	17,36
Décembre	52,92	37,04	33,13	1,50	182,00	60,67	0,65	21,53	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	1,50	182,00	91,00	0,65	26,96	0,00
Février	34,28	24,00	51,01	1,50	182,00	91,00	0,65	33,16	0,00
Mars	38,81	27,17	71,12	1,50	182,00	91,00	0,65	46,23	0,00
Avril	38,01	26,61	107,09	1,50	182,00	60,67	0,65	69,61	0,00
Mai	31,36	21,95	139,62	1,50	182,00	0,00	0,65	90,75	68,80
Jun	9,41	6,58	165,58	1,50	182,00	0,00	0,80	132,46	125,88
Juillet	4,68	3,28	195,18	1,50	182,00	0,00	0,85	165,90	162,63
Août	10,78	7,55	181,32	1,50	182,00	0,00	0,85	154,12	146,58

- **Besoin en eau des Agrumes**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	30,16	21,12	130,85	1,50	182,00	0,00	0,4	52,34	31,22
Octobre	28,36	19,85	92,38	1,50	182,00	0,00	0,75	69,29	49,43
Novembre	35,47	24,83	56,25	1,50	182,00	0,00	0,75	42,19	17,36
Décembre	52,92	37,04	33,13	1,50	182,00	60,67	0,75	24,85	0,00
Janvier	42,24	29,57	41,48	1,50	182,00	91,00	0,65	26,96	0,00
Février	34,28	24,00	51,01	1,50	182,00	91,00	0,65	33,16	0,00
Mars	38,81	27,17	71,12	1,50	182,00	91,00	0,45	32,00	0,00
Avril	38,01	26,61	107,09	1,50	182,00	60,67	0,45	48,19	0,00
Mai	31,36	21,95	139,62	1,50	182,00	0,00	0,45	90,75	68,80
Juin	9,41	6,58	165,58	1,50	182,00	0,00	0,55	107,63	101,04
Juillet	4,68	3,28	195,18	1,50	182,00	0,00	0,65	146,39	143,11
Août	10,78	7,55	181,32	1,50	182,00	0,00	0,70	135,99	128,44

### III.9 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :

**Tableau III. 7:** Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois \ Cultures	sep	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	Juil	Août
Blé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,24	43,95	85,84	103,71	76,21	0,00	0
Avoine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,95	59,06	47,86	0,00	0,00	0
P.D.T (S)	44,31	44,81	31,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
P.D.T (AS)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	48,35	117,67	117,60	0,00	0
Aubergine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,80	61,82	142,44	113,83	0
Choux	77,02	72,53	34,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Tomate	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,24	138,61	134,16	0,00	0
Courgette	31,22	26,34	20,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Olivier	90,11	58,67	17,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,80	125,88	162,63	146,58
Agrumes	31,22	49,43	17,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,80	101,04	143,11	128,44
Total en (mm)	273,89	251,79	120,54	0,00	0,00	4,24	88,21	256,30	607,29	697,33	419,57	275,02
Total en(m3/ha)	2738,88	2517,86	1205,37	0,00	0,00	42,41	882,14	2562,99	6072,86	6973,29	4195,69	2750,20

**Tableau III. 8:** Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2

Mois Cultures	sep	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	Août
Orge en vert	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,15	95,81	117,11	0,00	0,00	0,00
Orge graine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,95	96,55	117,67	0,00	0,00	0
Haricot	96,65	54,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	113,83	146,57
Courgette	31,22	26,34	20,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Ail	122,82	81,77	25,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Tomate	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,24	138,61	134,16	0,00	0
Oignon	122,82	81,77	28,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Petits pois	44,31	54,05	31,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Olivier	90,11	58,67	17,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,80	125,88	162,63	146,58
Agrumes	31,22	49,43	17,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,80	101,04	143,11	128,44
Total en(mm)	539,16	406,08	140,71	0,00	0,00	0,00	89,11	240,59	511,00	361,08	419,57	421,60
Total en(m3/ha)	5391,55	4060,81	1407,07	0,00	0,00	0,00	891,06	2405,92	5110,01	3610,83	4195,69	4215,96

### III.10 Calcul du débit spécifique

Le débit fictif continu est la quantité d'eau d'irrigation requise pour répondre aux besoins de pointe est fournie sous forme d'un débit constant (fictif), disponible 22 heures par jour, pour répondre aux besoins de consommation mensuelle. Dans ce cas, on calcule le débit spécifique en fonction des besoins en eau de chaque culture évaluée auparavant, en se référant à la répartition des cultures

Après avoir analysé les deux tableaux, on choisit le débit spécifique de l'Assolement 1 car il a les besoins les plus élevés.

$$q_s = \frac{B_{\text{pointe}} \times 10 \times 1000}{3600 \times N_h \times N_j \times K} \dots\dots\dots \text{III.6}$$

Avec :

B : Besoins Net de mois de point 697.33 (mm/mois).

$q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha).

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ( $k = 0,75$ ).

$N_h$  : Nombre d'heures d'irrigation = 22 h.

$N_j$  : Nombre de jours par mois = 30 jours.

Application numérique :

$$q_s = \frac{697,33 \times 10 \times 1000}{3600 \times 22 \times 30 \times 0,75} = 3,92 \text{ l/s/ha}$$

Lorsque le débit spécifique obtenu dépasse 1,5, il existe un risque de surdimensionnement des conduites du réseau d'adduction.

Pour résoudre ce problème, on prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante (Olivier, mois de Juillet) pour le mois de Pointe, qui est égal à :

$Q_s = 0,91 \text{ l/s/ha}$ , on prend un débit spécifique de  **$Q_s = 1 \text{ l/s/ha}$** .

#### III.10.1 Évaluation du débit caractéristique :

Le calcul des débits caractéristiques permet de déterminer le débit maximal que le système de desserte devra fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, Ce débit est calculé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, comme indiqué dans la formule suivante :

$$Q_{\text{car}} = q_s \times S \dots\dots\dots \text{III.7}$$

$$Q_{\text{car}} = 1 \times 200 = 200 \text{ l/s} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

**III.10.2 Estimation des volumes d'eau d'irrigation**

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les lâchers d'eau d'un barrage ou d'une retenue et de planifier plus efficacement l'arrosage au niveau d'un périmètre. Le volume estimé des besoins en eau est calculé en multipliant les besoins bruts de la culture (en m<sup>3</sup>) par la surface cultivée du périmètre. Ces estimations sont présentées dans le tableau III.10 :

**Tableau III. 9:** Estimation des volumes d'irrigation annuels

Culture	Surface(ha)	Besoins nets(mm)	Besoins bruts(m <sup>3</sup> )	Volume d'eau (m <sup>3</sup> )
Blé	40,00	314,25	4190,06	167602,33
Orge grain	25	317,86	4238,08	105951,96
Orge en vert	15,00	258,17	3442,28	51634,15
Avoine	20	150,88	2011,72	40234,46
P.D.T (AS)	15	283,93	3785,77	56786,52
P.D.T (S)	15	120,54	1607,25	24108,81
Choux	5	183,78	2450,44	12252,20
Oignon sec	5	233,19	3109,25	15546,24
Petit pois	5	129,78	1730,43	8652,14
Ail	5	230,38	3071,75	15358,74
Aubergine	15	332,90	4438,63	66579,40
Tomate	5,00	321,01	4280,18	21400,92
Haricot	5	411,11	5481,47	27407,35
Courgette	5	77,36	1031,48	5157,42
Olivier	10	670,02	8933,65	89336,45
Agrumes	10	539,42	7192,21	71922,12
Total	200	4574,60	60994,6426	779931,20

Les besoins en eau de notre périmètre sont évalués à près de 800000 m<sup>3</sup>/an

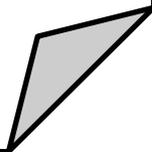
**Conclusion :**

Le choix des cultures et l'estimation des besoins en eau est une étape décisive lors d'un aménagement hydro-agricole d'un périmètre.

Dans ce chapitre, nous avons sélectionné les cultures à planter dans notre périmètre et évalué leurs besoins en eau, pour chaque culture. Cela nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en prenant en compte la culture la plus exigeante qui est l'olivier. De ce fait le débit caractéristique est de 200l/s. Ensuite, nous avons calculé les besoins totaux en eau du périmètre qui sont de l'ordre de 800 000m<sup>3</sup>/an et avons conclu que le volume régularisé du Barrage de Lakhel (10hm<sup>3</sup>) est largement suffisant pour irriguer le périmètre de Raouraoua.

# **Chapitre IV**

## **Etude du système d'adduction- distribution**



## Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

### Introduction

L'irrigation est essentielle dans l'agriculture, elle permet d'assurer un approvisionnement en eau suffisante pour les cultures, en particulier dans le cas de zones arides où les précipitations sont limitées. Pour améliorer la croissance des cultures en l'absence de pluie, différentes méthodes d'irrigation ont été élaborées, chacune adaptée à des conditions particulières et présentant des avantages variés en matière d'efficacité et de gestion des ressources en eau.

Dans ce chapitre, nous examinerons attentivement le système hydraulique du périmètre, qui nécessite la projection d'un nouveau réseau d'adduction depuis le barrage jusqu'aux parcelles.

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

Le périmètre de Raouraoua se trouve dans la plaine des Arribs il sera alimenté par le barrage de Lakhel, situé à l'est du périmètre qui a été mis en service 1987. Le volume du barrage réservé à l'irrigation est de 10 hm<sup>3</sup>. Les quantités d'eau nécessaires sont transférées par un système intégré comprenant une station de pompage, un réseau d'adduction distribution et un ouvrage de stockage.

### IV.2 Organisation et structure du périmètre

Un îlot d'irrigation constitue une unité hydro-agricole composée de parcelles, alimentée par une borne d'irrigation. Plusieurs facteurs influencent l'organisation d'un périmètre en îlots, notamment la topographie, les considérations technico-économiques, la taille et le nombre de parcelles. Pour une meilleure organisation de ces îlots, on prend les recommandations suivantes :

- Une prise par îlot d'exploitations.
- Il est permis d'installer un maximum de quatre prises sur une même borne.
- Les bornes doivent être implantées aux limites des îlots ou au centre pour les îlots de grande taille.

La borne d'irrigation est un dispositif économique, spécialement conçu pour les réseaux à la demande, qui combine les fonctions suivantes :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'îlot.
- Ajuster la pression et absorber les éventuelles variations accidentelles.
- Assure la conservation de l'eau pour un ou plusieurs utilisateurs ayant une prise personnelle.

### IV.3 Calcul hydraulique des bornes

La performance hydraulique des bornes dépend du débit qu'elles doivent fournir en amont des parcelles. Le débit que chaque borne doit pouvoir fournir pour desservir un îlot est défini de la manière suivante :

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots\dots IV.1$$

$Q_b$  = Débit de chaque îlot (l/s)

$q_s$  = Débit spécifique (l/s/ha)

$S$  = Superficie de l'îlot (ha)

#### IV.3.1 Choix du diamètre de la borne

Les diamètres des bornes d'irrigation varient principalement en fonction des débits requis pour chaque îlot, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV. 1: Choix du diamètre de la borne.**

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < (40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s})$	D= 65mm-80mm
$(40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s}) < Q \leq (80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s})$	D= 100mm
$(80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s}) < Q \leq (120 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 33.33 \text{ l/s})$	D= 150mm
$Q > (120 \text{ m}^3 \text{ ou } 33.33) \text{ l/s}$	D= 200mm

#### IV.3.2 Choix du type de bornes

Le choix de type de borne dépend de la surface généralement on admet :

- Pour les îlots comprenant entre [4 -8] parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on opte pour la borne à quatre prise (Borne de type A4).
- Dans le cas d'îlots avec deux parcelles et d'une superficie inférieure à 15ha, on utilise la borne à deux prises (borne de type A2).
- Dans le cas des îlots comprenant deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 hectares, on opte pour la borne à deux prises (Borne de type B).
- Pour les grands îlots on prévoit des bornes de type C.

Les débits des prises et des bornes sont détaillés dans le tableau IV-2.

**Tableau IV. 2: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes**

N° Ilot	superficie (ha)	Débit (l/s)	type de la borne	D bornes (mm)
1	15,1	15,1	B	65
2	5,6	5,6	A2	65
3	15,71	15,71	B	100
4	11	11	A2	65
5	4,79	4,79	A2	65
6	15,75	15,75	B	65
7	15,1	15,1	A4	65
8	10,17	10,17	A4	65
9	18,28	18,28	B	100
10	6,9	6,9	A2	65
11	13,97	13,97	A2	65
12	18,95	18,95	B	65
13	18,45	18,45	B	65
14	9,62	9,62	A2	65
15	12,16	12,16	A4	65
16	8,45	8,45	A2	65

Notre périmètre, nécessite 16 bornes A4 et A2, pour la gestion des arrosages, au niveau des parcelles.

#### IV.4 Description de l'aménagement du périmètre de Raouraoua

L'aménagement hydro-agricole des périmètres d'irrigation varie selon l'emplacement du barrage par rapport au périmètre. Pour le barrage Lakhel, une variante mixte a été projetée. Elle comprend un système de pompage en aval du barrage (cote TN=674m), refoulant l'eau vers un réservoir à une cote de 760m. Ensuite, une conduite principale partant du réservoir alimente gravitairement les parcelles de chaque îlot en aval, ce qui permet d'alimenter l'ensemble du périmètre avec des pressions adéquates.



**Figure IV. 1:Schéma de l'extension du périmètre de Raouraoua**

## **IV.5 Etude du système de pompage**

### **IV.5.1 Généralités sur les pompes**

Les pompes sont des dispositifs conçus pour transférer un liquide d'un endroit à un autre en le refoulant. Elles sont utilisées pour le déplacement de divers fluides tels que l'eau, les gaz, ou d'autres liquides. Leur mécanisme repose sur la création d'un mouvement mécanique qui augmente la pression du fluide, permettant ainsi sa circulation à travers un système. Les principes physiques de ces appareils sont basés sur la création de variations de pression afin de déplacer les liquides. Il existe différents types de pompes, tels que les pompes centrifuges, les pompes volumétriques et les pompes à engrenages, chacune ayant ses propres caractéristiques et bénéfices.

#### **IV.5.1.1 Les turbopompes**

Les turbopompes se classent en trois catégories distinctes : les pompes centrifuges, à écoulement radial ; les pompes axiales, à écoulement axial ; et les pompes semi-axiales.

- Les pompes à écoulement radial, souvent appelées pompes centrifuges, sont idéales pour générer de faibles débits sur de grandes hauteurs.

La hauteur de refoulement augmente proportionnellement au diamètre extérieur de la roue. Dans ce type de pompe, le fluide s'écoule radialement, et les pales de la roue sont des surfaces planes.

-Les pompes axiales ressemblent à des hélices, avec des pales formées par des surfaces incurvées.

Elles sont particulièrement efficaces pour augmenter les débits sur de faibles hauteurs.

-Les pompes semi-axiales sont spécialement conçues pour élever des débits importants sur de faibles hauteurs. Elles nécessitent des vitesses d'entrée relativement basses en raison de la faible hauteur de refoulement. Pour y parvenir, elles adoptent une structure de pompes hélico-centrifuges, avec des dimensions conséquentes, et les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

#### IV.5.1.2 Les pompes volumétriques

Les pompes volumétriques constituent une catégorie spécifique de pompes où l'énergie est convertie lors du refoulement, grâce à des éléments de refoulement, dans un processus périodique. Cette conversion s'accompagne toujours d'une élévation de la pression du fluide pompé.

#### IV.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

Nous envisageons l'installation d'une canalisation en acier revêtu sur une distance de 1350 mètres, avec une élévation de 45 mètres et un débit de 41,4 litres par seconde.

Avec :  $HMT = (H_a + H_{ref}) + J + Pr \dots \dots \dots 0-2$

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

$H_a$  : Hauteur d'aspiration ;

$H_{ref}$  : Hauteur de refoulement (m)

$H_g$  : Hauteur géométrique en (m) = hauteur d'aspiration+ hauteur de refoulement ;

J : Perte de charge fonction de la longueur du tuyau, des accessoires (vanne, coudes) ;

Pr : Pression résiduelle, pression à la sortie du tube de refoulement (0.5 – 1m).

##### IV.5.2.1 Calcul de la hauteur géométrique $H_g$

$H_r$  : Cote du réservoir = 760 m

$H_b$  : Cote bache : 674m

Donc  $H_g = 760 - 674 = 86m$ .

**IV.5.2.2 Calcul des pertes de charge totale**

- Calcul perte de charge linéaire :

Les pertes des charges linéaires sont calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams.

$$\Delta H_L = j = \left(\frac{3,592}{C}\right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \dots\dots\dots 0-3$$

- $\Delta H_L$  : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite, en m
- Q : Débit, en m<sup>3</sup>/s.
- D : Diamètre, en m.
- C : Coefficient de Hazen -Williams =130 pour la fonte.

- Calcul des pertes de charge singulière.

Nous estimons les pertes de charge singulière de 10% des pertes de charge linéaire :

$$\Delta H_S = 0.1 \Delta H_L \dots\dots\dots 0-4$$

- Les pertes de charge totale :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \dots\dots\dots 0-5$$

- Calcul du débit à refouler :

$$Q = Q_S \times \text{Stot} = 1 \times 200 = 200 \text{ l/s} = 0.2 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots 0-6$$

$$Q_{\text{forcé}} = Q_C \times 1.05 = 0.2 \times 1.05 = 0.21 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots 0-7$$

- Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt[3]{Q_{\text{ref}}} = \sqrt[3]{0.21} = 0.46 \text{ m} = 460 \text{ mm} \dots\dots\dots 0-8$$

On peut voir les résultats du calcul des hauteurs manométriques totales pour les divers diamètres des conduites en fontes dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV. 3: Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.**

Débit (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre (mm)	V(m/s)	Linéaire	P.charges linéaire	P.charges singulière	P.charges Totale	HMT (m)
0.21	300	2,97	2723	69,13	6,913	76,04	162,04
0.21	400	1,67	2723	17,03	1,703	18,73	104,73
0.21	500	1,07	2723	5,74	0,574	6,32	92,32
0.21	600	0,74	2723	2,36	0,236	2,60	88,60
0.21	700	0,55	2723	1,12	0,112	1,23	87,23

Le diamètre de la conduite de refoulement est sélectionné en fonction d'une analyse technico-économique : **S = coût d'investissement + coût de l'exploitation.**

**IV.6 Calcul des frais d'amortissement**

➤ **Amortissement annuel**

Les coûts d'amortissement chaque année dépendent de deux facteurs principaux : la durée d'amortissement de la conduite et le taux d'annuité. Cette relation se calcule comme suit :

$$F = Prc \times A$$

Avec :

**Prc**: Prix de la conduite en (DA) ;

**A**: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$\frac{i}{1+(1+i)^{-n}} \dots\dots\dots 0-9$$

A : frais d'amortissement (Da).

i : Taux d'annuité ; i = 8%.

n : Durée de l'amortissement de la conduite, n =30 ans.

$$A = \frac{0.08}{1-(1+0.08)^{-30}} \quad A \mathbf{0.088 = 8.88}$$

**Tableau IV. 4: Calcul de frais d'investissement.**

Diamètre (mm)	Prix de pose (DA)	Prix de ml (DA)	L(m)	Prix total (DA)	A	Frais d'amortissement(DA)
300	500	6500	2723	19 061 000	0,0888	1 692 616,8
400	650	7490	2723	22 165 220	0,0888	1 968 271,54
500	880	9300	2723	27 720 140	0,0888	2 461 548,43
600	950	12000	2723	35 262 850	0,0888	3 131 341,08
700	1100	15700	2723	45 746 400	0,0888	4 062 280,32

**IV.6.1 Calcul des frais d'exploitation**

Les frais d'exploitation sont calculés sur la base de l'énergie électrique consommée lors du pompage et ce pour la gamme de diamètres obtenue. Il est donné par la formule suivante :

$$F_{exp} = E \times e$$

Avec :

**F<sub>exp</sub>** : Frais d'exploitation (DA) ;

**E** : Énergie totale dépensée par la pompe (**Kwh**) ;

**e** : Le prix unitaire d'un kilowatt imposé par Sonalgaz (e = 4,68DA).

➤ **Puissance absorbée par la pompe**

La puissance fournie à la pompe peut être exprimée selon la formulation suivante :

$$P = \frac{(\rho \times g \times Q \times HMT)}{\eta} \dots\dots\dots 0-10$$

Où : η : Rendement de la pompe en pourcentage (η = 76%)

Q : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m<sup>3</sup>/s)

g : Accélération due à la pesanteur (9,81 m/s<sup>2</sup>)

ρ : Masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

➤ Energie consommée par la pompe

Le calcul de l'énergie consommée par la pompe s'effectue de la manière suivante :

$$E = P * t * 365 \text{ [kW/ans]}$$

t : c'est le temps de pompage par jour en (heure); est de 22 heures dans notre cas

P : puissance de la pompe en (kW).

**Tableau IV. 5: Calcul des frais d'exploitation.**

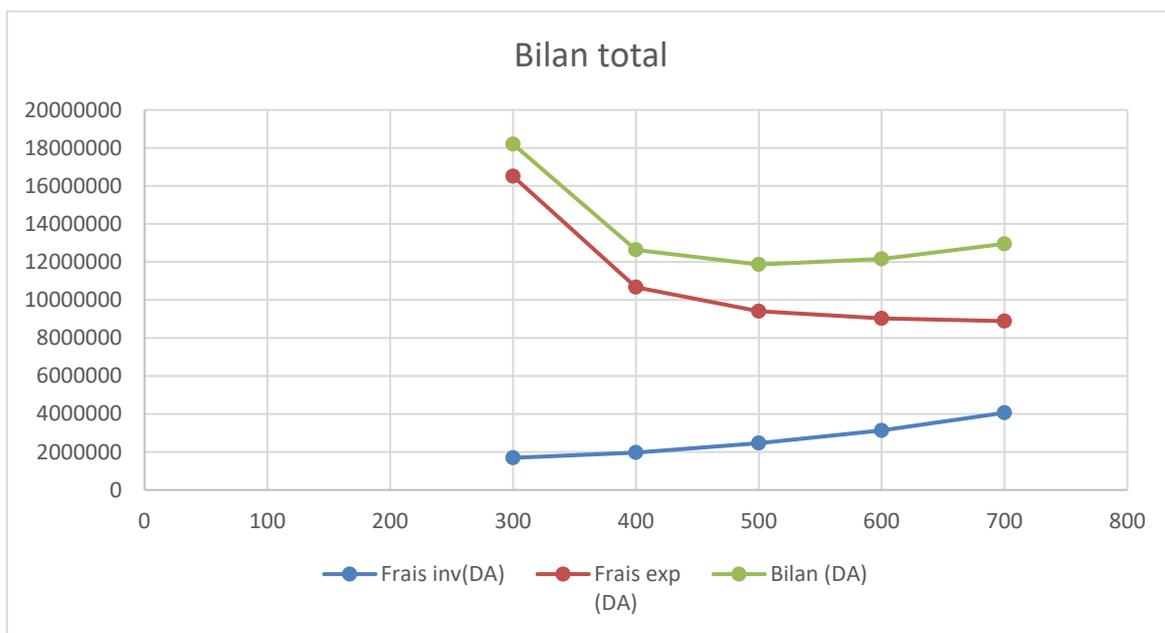
Diamètre (mm)	HMT	P (K Watt)	E (KWh/an)	F. exploi (DA)
300	162,04	439,24	3527057,09	16506627,2
400	104,73	283,89	2279614,23	10668594,6
500	92,32	250,25	2009490,93	9404417,57
600	88,6	240,16	1928519,24	9025470,06
700	87,23	236,45	1898699,03	8885911,44

### IV.6.3 Bilan total des frais et Choix du diamètre

Les frais d'exploitation et d'amortissement sont évalués pour évaluer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

**Tableau IV. 6: Bilan total des diamètres choisis**

Diamètre(mm)	Frais inv(DA)	Frais exp (DA)	Bilan (DA)
300	1692616,8	16506627,2	18 199 243,99
400	1968271,54	10668594,6	12 636 866,12
<b>500</b>	<b>2461548,43</b>	<b>9404417,57</b>	<b>11 865 966,00</b>
600	3131341,08	9025470,06	12 156 811,14
700	4062280,32	8885911,44	12 948 191,76



**Figure IV.1:** Bilan total des frais en fonction des diamètres.

### Interprétation

En se basant sur l'analyse technico-économique du graphe IV.1, on voit nettement que le diamètre optimal est de 500 mm, le débit refouler est de 0,21 m<sup>3</sup>/s avec une hauteur manométrique totale (HMT) de 93 m.

### IV.7 Choix de nombre et de type de pompe

La détermination du nombre et du type de pompes à utiliser dépend de plusieurs facteurs essentiels, parmi lesquels le débit requis, la hauteur de refoulement, le rendement, la puissance absorbée, etc.

Avant de déterminer le nombre de pompes à utiliser, il est important de prendre en considération les critères suivants :

- Nombre minimal de pompes.
- Puissance absorbée minimale.
- (NPSH) r minimal.
- Meilleur rendement.
- Vitesse de rotation élevée.

Pour sélectionner le type et le nombre de pompes répondant aux conditions mentionnées précédemment, nous avons utilisé le logiciel Caprari, et voici les résultats obtenus dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 7: Résultats de choix de pompe**

Nombre des pompes	Débit Demandé (l/s)	HMT Demandé (m)	Type de Pompe	Q pompe (l/s)	HMT pompe (m)	Puissance (KW)	$\eta$ (%)	NPSH(m)
1	210	93	-	-	-	-	-	-
2	105	93	PM 150	102	91,8	123	74	5,73
3	70	93	PM 150	70	92,32	81,8	78,4	2,74
4	52,5	93	PM 125	55,8	93,1	75,3	67,6	3,93
5	42	93	PM 125	44,1	93	53,3	75,8	2,16

Selon les résultats obtenus avec le logiciel Caprari, le système de pompage utilisé pour l'irrigation de l'extension du périmètre de Raouraoua est constitué de trois pompes centrifuges de type PM150. Nous effectuons le pompage des eaux d'irrigation dans notre périmètre en utilisant un système comprenant 3 pompes et une pompe de secours.

#### IV.8 Vérification du risque de la cavitation

La cavitation survient lorsque la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau, perturbant le courant liquide à l'entrée de la pompe. Dans les pompes centrifuges, elle est due à un manque d'énergie NPSH à l'admission. Pour protéger les pompes contre la cavitation, il faut que le NPSH disponible soit supérieur au NPSH requis.

$$\text{NPSH}_r < \text{NPSH}_d$$

Avec :

$\text{NPSH}_r$  : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur

$\text{NPSH}_d$  : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

On peut calculer le (NPSH)<sub>d</sub> en utilisant la relation suivante :

$$\text{NPSH}_d = \frac{P_{at}}{\rho g} - ZE - \Delta H_{asp} - \frac{P_v}{\rho g} - \frac{v_{asp}^2}{2g} \dots\dots\dots 0-11$$

$\frac{P_{at}}{\rho g}$  : La hauteur de pression atmosphérique calculée en mce, en fonction de la position de la station de pompage. Il est égal à 10.33 m.

$ZE$  : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.

$P_v$  : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante.

Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est recommandé de prendre une valeur de  $P_v = 20$  hPa, ce qui correspond à une valeur de  $P_v/\rho g = 0.24$ .

**V (m/s)** : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration.

**$\Delta H_{asp}$**  : perte de charge à l'aspiration.

Les pertes de charges linéaires sont utilisées pour la conduite d'aspiration. 4m à 1000m.

**Longueur asp** = 4m, donc  $\Delta H$  apparente = 0,016m.

Il existe trois pompes, ce qui signifie que le débit d'aspiration est divisé en trois parties.

On trouve que : **D**= 200 mm.

$\Rightarrow V = 4 \times 0.21 / (\pi \times 0.0314) = 6.684 \text{ m/s}$ , D'où  $V^2/2g = 2.277$ .

Finalemt : **NPSH<sub>d</sub>**=5,65 > **NPSH<sub>r</sub>**=2.84+0,5  $\Rightarrow$  Condition vérifiée.

#### IV.8 Dimensionnement du Réservoir de stockage

Afin de garantir l'approvisionnement en eau d'irrigation au moment opportun et maintenir une pression hydraulique appropriée, il est indispensable de mettre en place un réservoir de stockage. La détermination du volume de ce réservoir de stockage se fait de la façon suivante :

$$V_{\text{réservoir}} = Q_f \times T_{nf} \dots\dots\dots 0-12$$

**Avec :**

V réservoir: Volume d'eau d'irrigation (m<sup>3</sup>).

Q<sub>f</sub> : débit forcé (m<sup>3</sup>/h), Q<sub>f</sub> = 0.21m<sup>3</sup>/h.

T<sub>nf</sub> : temps de non fonctionnement, égal à 1 heure.

$$A.N : V_{\text{réservoir}} = 0.21 \times 3600 \times 1 = 756 \text{ m}^3$$

Nous choisissons un réservoir circulaire d'une capacité de 800 m<sup>3</sup> et fixons sa hauteur à 4 mètres, ce qui implique :

$$\sqrt{\frac{4 \times v}{\pi \times}} = 16\text{m} \dots\dots\dots 0-13$$

Le réservoir prévu sera circulaire en béton armé avec une capacité de 1000 m<sup>3</sup>. Ses dimensions sont les suivantes :

**Tableau IV. 8: Dimensions du réservoir de stockage projeté**

Volume (m <sup>3</sup> )	800
Hauteur (m)	4
Diamètre (m)	16
Côte du radier du réservoir (m)	760
Côte trop plein du réservoir (m)	764

### **IV.9 description du réseau d'adduction-distribution**

Le périmètre de Raouraoua est alimenté par un système gravitaire reliant le réservoir de stockage au point le plus éloigné via un réseau de conduites. Le choix du matériau de ces conduites dépend de divers paramètres.

### **IV.10 Choix du matériau des conduites**

Le choix du matériau pour les canalisations vise à optimiser la rentabilité des investissements tout en assurant un fonctionnement optimal des installations pour garantir une exploitation fiable et une disponibilité continue. Pour atteindre ces objectifs, le matériau sélectionné doit répondre à plusieurs critères essentiels : satisfaire les exigences hydrauliques en termes de débit et de pression, être facilement disponible sur le marché, et offrir un bon rapport coût-efficacité tout en étant adapté au type de sol où il sera installé.

- a) Les conduites en fonte offrent plusieurs avantages, comme une grande résistance aux contraintes internes, une protection efficace contre la corrosion et une solidité remarquable. Cependant, leur principal inconvénient réside dans leur poids élevé, ce qui peut rendre leur manipulation et leur installation plus difficiles, ainsi que dans leur coût relativement élevé.
- b) Les conduites en PEHD supportent des pressions élevées et résistent bien aux contraintes. Elles peuvent être adaptées à diverses conditions de service et offrent une bonne flexibilité. Cependant, elles présentent un risque de rupture en cas de soudure défectueuse et sont sensibles à l'écrasement.

Dans notre cas, nous choisissons les conduites en PEHD si leur diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, sinon nous optons pour des conduites en fonte.

### **IV.11 Dimensionnement du réseau de distribution**

#### **IV.11.1 Vitesses admissibles**

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites offre plusieurs avantages techniques :

- Permet de déterminer un diamètre maximum raisonnable, ce qui entraîne des économies sur le coût des canalisations.
- Évite les risques associés aux vitesses extrêmes : les vitesses élevées peuvent causer des risques d'érosion, tandis que les vitesses faibles peuvent entraîner des dépôts solides indésirables.

La vitesse autorisée est généralement comprise entre 1,0 m/s (minimum) et 2,0 m/s (maximum). La vitesse maximale autorisée dans notre réseau est de 1,5 m/s.

### IV.11.2 Calcul des diamètres

Les diamètres sont calculés en fonction des débits transportés par le tronçon de conduite et des vitesses.

La formule de continuité de Chezy nous permet d'obtenir un diamètre théorique que nous normalisons ensuite pour obtenir le diamètre nominal des conduites :

$$\sqrt{\frac{4 \times Q}{V_{adm} \times \pi}} \times 1000 \dots\dots\dots 0-14$$

Avec :

Q : débit exprimé en m<sup>3</sup>/s,

D : diamètre exprimé en mm ;

V adm : vitesse admissible = 1.5 m/s.

### IV.11.3 Calcul des pressions

Les pressions sont calculées en utilisant le principe de Bernoulli, qui explique le déplacement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \dots\dots\dots 0-15$$

- $Z_1$  et  $Z_2$  : Côte terrain naturel (m) aux points 1 et 2 (en m)
- $\frac{P_1}{\rho g}$  et  $\frac{P_2}{\rho g}$  : La hauteur de la pression (m) aux points 1 et 2
- $\frac{v_1^2}{2g}$  et  $\frac{v_2^2}{2g}$  : La hauteur représentative de la vitesse d'écoulement (m) aux points 1 et 2
- $\Delta H$  : Les pertes de charges totales (m) entre les 2 point 1 et 2

### IV.11.4 Estimation des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires, Sont calculées par la formule Hazen-williams :

$$\Delta H_L = j = \left( \frac{3,592}{C} \right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \dots\dots\dots 0$$

Avec :

- $\Delta H_L$  : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite, en m
- Q : Débit, en m<sup>3</sup> /s
- D : Diamètre, en m
- C : Coefficient de Hazen -Williams c=130

Les pertes de charges totales correspondent aux pertes linéaires augmentées de 10% afin de prendre en considération les pertes de charges singulières.

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

Tableau IV. 9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.

N° du tronçon	longueur (m)	Superficie (ha)	Débit (l/s)	Diamètre calculé (mm)	Dnormalisé (mm)	Matériau	Vitesse (m/s)	P.d.c total(m)	cote terrain aval	cote piézomé aval	Pression en bars
<b>R-ST</b>	2077,00	200,00	200,00	412,03	500,00	Fonte	1,02	4,40	698,50	755,60	5,71
<b>ST-N1</b>	50,50	200,00	200,00	412,03	500,00	Fonte	1,02	0,11	699,40	755,49	5,61
<b>N1-B1</b>	84,00	15,10	15,10	113,21	125,00	PEHD	1,23	1,27	697,00	754,22	5,72
<b>N1-N2</b>	198,60	184,90	184,90	396,17	400,00	Fonte	1,47	1,08	701,50	754,41	5,29
<b>N2-B2</b>	75,40	5,60	5,60	68,95	75,00	PEHD	1,27	2,19	702,10	752,22	5,01
<b>N2-N3</b>	433,70	179,30	179,30	390,12	400,00	Fonte	1,43	2,23	709,95	749,99	4,00
<b>N3-B3</b>	110,00	15,71	15,71	115,48	125,00	PEHD	1,28	1,79	709,00	748,20	3,92
<b>N3-N4</b>	59,72	163,59	163,59	372,64	400,00	Fonte	1,30	0,26	711,70	749,73	3,80
<b>N4-B4</b>	67,60	11,00	11,00	96,63	110,00	PEHD	1,16	1,06	712,10	748,67	3,66
<b>N4-N5</b>	194,00	152,59	152,59	359,89	400,00	Fonte	1,21	0,74	717,45	748,99	3,15
<b>N5-B5</b>	103,30	4,79	4,79	63,76	75,00	PEHD	1,08	2,25	711,40	746,74	3,53
<b>N5-N6</b>	62,00	147,80	147,80	354,20	400,00	Fonte	1,18	0,22	720,40	748,77	2,84
<b>N6-N7</b>	342,00	30,85	30,85	161,82	200,00	PEHD	0,98	1,97	726,70	746,80	2,01
<b>N7-B6</b>	71,80	15,75	15,75	115,62	125,00	PEHD	1,28	1,18	722,25	745,62	2,34
<b>N7-N8</b>	309,00	15,10	15,10	113,21	125,00	PEHD	1,23	4,68	720,20	742,12	2,19
<b>N8-B7</b>	71,80	15,10	15,10	113,21	125,00	PEHD	1,23	1,09	717,75	741,03	2,33
<b>N6-N9</b>	155,00	116,95	116,95	315,07	400,00	Fonte	0,93	0,36	715,20	748,41	3,32
<b>N9-B8</b>	112,20	10,17	10,17	92,91	110,00	PEHD	1,07	1,52	713,50	746,89	3,34
<b>N9-N10</b>	26,00	106,78	106,78	301,06	315,00	PEHD	1,37	0,16	714,00	748,25	3,42
<b>N10-B9</b>	113,00	18,28	18,28	124,57	125,00	PEHD	1,49	2,44	716,10	745,81	2,97
<b>N10-N11</b>	290,00	88,50	88,50	274,08	315,00	PEHD	1,14	1,29	711,00	746,96	3,60
<b>N11-B10</b>	110,00	6,90	6,90	76,53	90,00	PEHD	1,08	1,93	710,60	745,03	3,44
<b>N11-N12</b>	255,50	81,60	81,60	263,18	315,00	PEHD	1,05	0,98	709,70	745,98	3,63
<b>N12-N13</b>	154,40	51,37	51,37	208,82	250,00	PEHD	1,05	0,77	711,70	745,21	3,35

<b>N13-B11</b>	68,00	13,97	13,97	108,89	110,00	PEHD	1,47	1,66	712,40	743,55	3,11
<b>N13-N14</b>	340,00	37,40	37,40	178,17	200,00	PEHD	1,19	2,80	719,00	742,41	2,34
<b>N14-B12</b>	70,00	18,95	18,95	126,83	160,00	PEHD	0,94	0,49	720,10	741,92	2,18
<b>N14-N15</b>	178,00	18,45	18,45	125,14	160,00	PEHD	0,92	1,17	720,30	741,24	2,09
<b>N15-B13</b>	89,00	18,45	18,45	125,14	160,00	PEHD	0,92	0,59	720,80	740,65	1,99
<b>N12-N16</b>	234,00	30,23	30,23	160,19	200,00	PEHD	0,96	1,30	710,90	744,68	3,38
<b>N16-B14</b>	80,20	8,45	8,45	84,69	90,00	PEHD	1,33	2,05	709,80	742,63	3,28
<b>N16-N17</b>	310,00	21,78	21,78	135,97	160,00	PEHD	1,08	2,78	712,30	741,90	2,96
<b>N17-B15</b>	69,50	12,16	12,16	101,60	125,00	PEHD	0,99	0,70	711,60	741,20	2,96
<b>N17-N18</b>	204,00	9,62	9,62	90,36	110,00	PEHD	1,01	2,50	714,10	739,40	2,53
<b>N18-B16</b>	74,00	9,62	9,62	90,36	110,00	PEHD	1,01	0,91	715,90	738,49	2,26

### **Conclusion**

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation nécessite une méthodologie rationnelle afin d'assurer l'efficacité de la distribution d'eau dans les exploitations agricoles. Il s'agit d'un processus qui tient compte de différents éléments tels que la source d'eau, les réservoirs, les conduites, les bornes d'irrigation, et les caractéristiques du système d'irrigation. Il est également important de prendre en compte les exigences particulières de chaque projet lors de la sélection des matériaux et des composants du réseau.

De cette manière, le système d'adduction projeté garantira la possibilité d'utiliser divers systèmes d'irrigation, y compris ceux exigeant des pressions élevées, tels que l'aspersion. Cela permettra également de diversifier les cultures, ce qui contribuera à une amélioration globale des rendements agricoles.

# **Chapitre V**

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

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

### V. 1 Introduction

En agriculture contemporaine, l'irrigation est essentielle pour garantir un approvisionnement en eau adéquat pour les cultures, notamment dans les régions où les précipitations naturelles sont insuffisantes pour satisfaire les besoins des plantes. Afin d'améliorer la croissance des cultures sans pluie, il est primordial de bien appréhender les différentes techniques d'arrosage pour sélectionner la méthode d'irrigation la plus adaptée.

Dans ce chapitre, nous étudierons attentivement les structures et les différentes techniques d'irrigation, puis nous choisirons celle qui correspond le mieux aux spécificités de notre région.

### V. 2 Classification des techniques d'irrigation

La plupart des méthodes d'arrosage sont classées en trois catégories :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée

### V. 3 L'irrigation de surface (gravitaire)

La technique de l'irrigation de surface implique d'amener l'eau d'un point haut et de la laisser s'écouler par gravité. La distribution de l'eau au champ se fait par submersion (irrigation par bassins), par rigoles d'infiltration (à la raie) ou par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).

#### V. 3.1 Irrigation par bassins (submersion)

Les bassins se composent de cuvettes en terre, avec un fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou élevées. Ces levées ont pour but d'empêcher l'eau de pénétrer dans les champs voisins. De manière générale, cette méthode est employée pour l'irrigation des rizières situées sur des terrains plats ou des terrasses à flanc de coteau, elle ne s'adapte pas aux cultures qui craignent la submersion (pomme de terre par exemple).



**Figure V. 1: Irrigation par bassins**

### **V.3.2 : Irrigation par ruissellement**

-L'irrigation par ruissellement est une technique d'irrigation qui consiste à utiliser des rigoles pour acheminer l'eau depuis les fossés du champ. On divise la surface à arroser en bandes rectangulaires qui sont alignées en fonction de la pente naturelle du terrain.

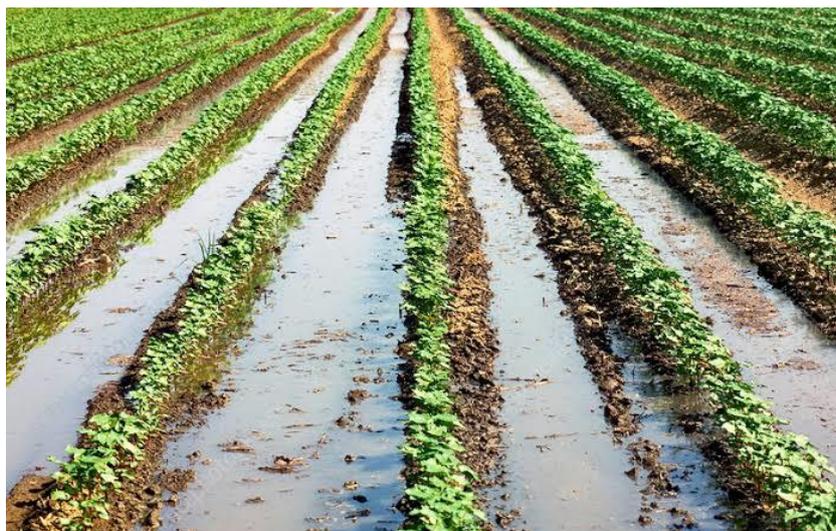
L'irrigation par planches : où l'eau est acheminée dans de grandes bandes rectangulaires aménagées.



**Figure V. 2: Irrigation par planche.**

#### **Irrigation à la raie :**

Cette méthode d'irrigation utilise des rigoles ou des raies pour distribuer l'eau à un débit relativement faible, en comparaison avec d'autres techniques. Les raies sont disposées à des intervalles d'environ 0,75 à 1 mètre, ce qui permet un ruissellement sur une petite portion de la surface du sol.



**Figure V. 3: Irrigation à la raie.**

### V. 3. 3 Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface

**Tableau V. 1: Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface.**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pas d'exigences énergétiques sont minimales.</li> <li>✓ Les coûts d'investissement sont relativement bas</li> <li>✓ Opportunité de recharger les nappes phréatiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La perte d'eau est importante.</li> <li>✓ Une efficacité restreinte</li> <li>✓ Nécessite un important investissement en temps et en main-d'œuvre.</li> <li>✓ Il est essentiel de procéder à des terrassements et des nivellements.</li> </ul>

### V. 4. L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion consiste à fournir de l'eau parvient aux cultures sous forme de des pluies. Les deux principaux moyens de cette technique sont les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. Ce système d'irrigation doit être conçu de manière à ce que l'apport d'eau soit inférieur à la capacité d'infiltration du sol, afin de réduire les pertes par ruissellement.

#### V.4.1 Irrigation par Asperseurs

L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle



**Figure V. 4: Irrigation par des asperseurs**

#### **V. 4.2 Irrigation par pivot**

Les systèmes automoteurs d'irrigation, comme les pivots et les rampes frontales, sont largement employés dans le Sahara pour l'irrigation des prairies et d'autres cultures au-dessus de la canopée. Les pivots tournent autour d'un point central, tandis que les rampes frontales ont leurs deux extrémités détachées. Le déplacement de ces systèmes automoteurs sur la parcelle et le transport de l'eau de la source jusqu'aux plantes requièrent de l'énergie. Ils permettent une grande souplesse dans l'irrigation, cependant leur utilisation peut engendrer des dépenses énergétiques plus élevées que d'autres types d'irrigation



**Figure V. 5: Irrigation par pivot.**

### V. 4.3. Les avantages et les inconvénients de l'aspersion

**Tableau V. 2: Avantages et inconvénients de l'aspersion**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Amélioration du taux d'occupation des terres.</li> <li>✓ Compatible avec tous les sols.</li> <li>✓ L'automatisation du système est possible.</li> <li>✓ Offre une oxygénation élevée à l'eau.</li> <li>✓ Il demande moins de travailleurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Le coût est extrêmement élevé.</li> <li>✓ Elle contribue à l'évaporation de l'eau et à la croissance des mauvaises herbes.</li> <li>✓ Si la vitesse du vent est élevée, l'homogénéité de l'arrosage est altérée.</li> </ul>

### V. 5 L'irrigation localisée (goutte à goutte)

Les systèmes d'irrigation développés dans les zones arides pour économiser l'eau sont ceux qui permettent d'apporter, avec un débit très faible, de l'eau aux racines à partir d'un goutteur ou diffuseur. La méthode d'irrigation au goutte à goutte implique l'introduction d'eau sous pression dans un réseau de canalisations, généralement fabriqué en PVC ou PEHD. Par la suite, cette eau est éparpillée sur le champ par un grand nombre de goutteurs disposés tout le long des rangées des plantations. Le terrain humide est celui qui se trouve à proximité immédiate des racines des plantes.



**Figure V. 6: Système d'irrigation goutte à goutte.**

### V. 5.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

**Tableau V. 3: Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Assure une efficacité d'irrigation et une économie d'eau</li> <li>✓ Elle prévient l'humidification du feuillage et restreint la propagation des mauvaises herbes.</li> <li>✓ Adapté à différents types de sols et à la majorité des cultures.</li> <li>✓ Installation sur place, donc très peu de main-d'œuvre nécessaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Accumulation de sels dans le sol</li> <li>✓ En cas d'obstruction des goutteurs, il est nécessaire de filtrer l'eau d'irrigation.</li> <li>✓ Son installation initiale implique un investissement relativement élevé.</li> </ul>

### V. 6 Choix de la technique d'arrosage

Le choix de la technique d'irrigation dépend d'une multitude de facteurs, incluant le type de culture, les conditions climatiques, la disponibilité en eau et les contraintes budgétaires. Cependant, il est également important de considérer l'impact environnemental et la durabilité de chaque méthode, ainsi que la facilité de gestion et d'entretien.

En se basant sur les caractéristiques de notre région, nous avons opté pour l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et fourragères, tandis que nous avons préféré l'irrigation au goutte-à-goutte pour les cultures maraîchères et les arbres fruitiers.

**Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons analysé en détail les différents systèmes d'irrigation, en évaluant leurs caractéristiques, avantages et inconvénients. Le goutte-à-goutte et l'aspersion se révèlent être des techniques avantageuses par rapport à d'autres méthodes d'irrigation.

Nous avons choisi des méthodes modernes pour notre étude, telles que l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et l'irrigation au goutte-à-goutte pour les cultures maraîchères et arboricoles.

# **Chapitre VI**

## **Dimensionnement à la parcelle**

## Chapitre VI : dimensionnement à la parcelle

### VI.1 Introduction

Les besoins en eau de chaque culture sont réalisés en apportant des arrosages au niveau de chaque parcelle durant tout le stade végétatif. Le dimensionnement à la parcelle nécessite en premier lieu de collecter des informations de base, telles que la taille de la parcelle, la pression de service requise, les besoins en eau des cultures et la durée maximale pendant laquelle le système peut fonctionner chaque jour.

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

#### VI.2.1 Données générales

Le système goutte à goutte sera installé sur l'îlot numéro 13 qui est alimenté par la borne B-13. Les pressions estimées sont d'environ 2 bars, ce qui est amplement suffisant dans le cas d'un réseau goutte à goutte.

L'exploitation agricole occupe une surface de 1,4 hectare, présentant une forme relativement rectangulaire et dédiée à la culture des oliviers. En juillet, elle nécessite un apport maximal de 162,63 mm. Les caractéristiques de la surface cultivée sont les suivantes :

- Longueur : 140 m
- Largeur : 100 m
- **Caractéristiques du goutteur**
  - Le nombre de goutteurs par arbre est de 2 goutteurs /arbre.
  - Débit nominal de 4 l/h.
  - Distance entre les goutteurs est de 1 à 2 mètres.

#### VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

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

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, l'eau est distribuée avec précision sur une zone limitée, réduisant ainsi significativement l'évaporation directe du sol. Pour tenir compte de cette diminution, un coefficient de réduction appelé  $K_r$  est appliqué à l'Évapotranspiration Potentielle de la Culture (ETM), qui dépend du pourcentage de la surface du sol occupée par les plantes matures, généralement autour de 60%. Son calcul peut être effectué à l'aide de différentes formules, dans notre cas nous l'avons calculé comme suit :

**Keller et Kameli :**

$$Kr = \frac{Cs}{0,85} \dots\dots\dots VI.1$$

Dans notre cas Kr est estimé à 0,7.

Donc :  $Bjl = Bj * Kr \dots\dots\dots VI.2$

$$Bj = ETMc = B_{pointe}/30 = 5,42 \text{ mm/j} \text{ et } Bjl = 3,79 \text{ mm/j.}$$

**VI.2.3 Dose nette pratique**

Dans un arrosage par goutte à goutte, il est nécessaire de déterminer une fraction ou un pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. La dose d'humidification (RFU) est définie par la hauteur d'eau P, qui représente la quantité d'eau requise pour maintenir le sol à une humidité optimale pour la croissance des cultures

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU \cdot P\% \dots\dots\dots VI.3$$

Avec :

- Hcc : humidité a la capacité au champ (28%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (15%)
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- Z : profondeur d'enracinement en (1,5m)
- Da : la densité apparente ≈ 1,4

P : Pourcentage du sol humidifié :

$$P = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr} \dots\dots\dots VI.4$$

- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre = 2
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1.5m)
- Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après la table, on a Sh = 1m.
- Sr : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.
- Sa : espacement des arbres sur les rangs = 4m

$$P = \frac{2 \times 1.5 \times 1}{4 \times 4} \approx 19\%$$

$$Dp = \frac{28 - 15}{100} \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.4 \times 0.19 = 34 \text{ mm}$$

**VI.2.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)**

$$Tr = \frac{\text{Dose nette}}{Bj} \dots\dots\dots VI.5$$

$$Tr = \frac{34}{3,79} = 8,7 \quad \text{Donc on prend un Tour d'eau de } = 8 \text{ j}$$

### VI.2.5. Calcul de la dose réelle

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$Dr = B_{jm} \times Tr \dots\dots\dots VI.6$$

$$Dr = 8 \times 3,79 = 30,35 \text{ mm}$$

### VI.2.6 Calcul de la dose brute

$$D\text{-brute} = \frac{Dr}{Eff \times Cu} \dots\dots\dots VI.7$$

Avec :

Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%, Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

$$D\text{brute} = \frac{30,35}{0,9 \times 0,9} = 37,5 \text{ mm}$$

### VI.2.7 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)

$$\theta = \frac{D\text{brute} \times Sd \times Sr}{n \times Qg} \dots\dots\dots VI.8$$

$$\text{Alors :} \quad \theta = \frac{37,5 \times 4 \times 1,5}{2 \times 4} = 28 \text{ h}$$

### VI.3 Calcul Hydraulique

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

L'écart maximal de pression:

$$dq = K \cdot x H^{x-1} \cdot dH \dots\dots\dots VI.9$$

Avec:  $x = 0,5$  (caractéristique du goutteur) ;  $q = K \cdot h^x$

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \dots\dots\dots VI.10$$

$$H(n) \text{ pression nominale } x = 0,5 \quad \text{donc} \quad 0,1 = 0,5 \frac{\Delta H(\text{max})}{10}$$

$$\Delta H(\text{max}) = 1/0,5 = 2 \text{ mce}$$

D'après la règle de Christiansen, une variation de 10 % de  $\Delta H$  singulières correspond à 0,2 m, tandis que 1,8  $\Delta H$  linéaire équivaut à 1,8 m. Ainsi, pour les rampes, cela donne 2/3 de 1,8 m, soit 1,2 m, et pour le porte-rampe, cela représente 1/3 de 1,8 m, soit 0,6 m.

### VI.3.1 Les débits de rampes et la porte rampe

Débit de la rampe :  $Q_r = N_g \times Q_{gr}$  .....VI.11

Débit de la porte rampe :  $Q_{pr} = Q_r \times N_r$  .....VI.12

➤ Nombre des arbres par rampe

$$N_{A/r} = \frac{L_r}{E_a} = \frac{100}{25} = 25 \text{ arbres} \text{ .....VI.13}$$

➤ Nombre des goutteurs par rampe

$$N = N_{A/r} \times N_g = 25 \times 2 = 50 \text{ .....VI.14}$$

➤ Nombre des rampes

$$N_r = \frac{L_{\text{terrain}}}{E_a} = \frac{140}{4} = 35 \text{ .....VI.15}$$

Alors :  $Q_r = N_g \times Q_{gr} = 50 \times 4 = 200 \text{ l/s} = 5,56 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  .....VI.16

$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 200 \times 35 = 7000 \text{ l/s} = 0,00194 \text{ m}^3/\text{s}$  .....VI.17

### VI.3.2 Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe

➤ Diamètre de la rampe

On calcule le diamètre d'une rampe de la manière suivante :

$$\phi_r = \left[ \frac{p.d.c(r).2,75}{0.478.Q(r)^{1,75}.L(r)} \right]^{-\frac{1}{4,75}} \text{ .....VI.18}$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m = 100 m Pour les rampes ; et L = 140 m Pour les porte rampes
- $\phi_r$  (cal) : le diamètre de rampes
- $\phi_{pr}$  (cal) : le diamètre de porte rampe

$$\phi_r = \left( \frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 200^{1,75} \times 100} \right)^{\left(-\frac{1}{4,75}\right)} = 12,36 \text{ mm}$$

Nous utilisons un diamètre normalisé : **DN = 16 mm.**

➤ Diamètre de porte rampe

$$\phi_{pr} = \left[ \frac{p.d.c(r).2,75}{0.478.Q(pr)^{1,75}.L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4,75}} \text{ .....VI.19}$$

$$D = \left[ \frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 7000 \times 140} \right]^{\left(-\frac{1}{4,75}\right)} = 56,91 \text{ mm}$$

Nous utilisons un diamètre normalisé : **DN = 63 mm.**

### VI.3.3 Vérification des pertes de charges

Les Perte de charge selon hazen- williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3,592}{c}\right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \dots\dots\dots\text{VI.20}$$

- $\Delta H_L$  : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite, en m
- Q : Débit, en m<sup>3</sup> /s
- D : Diamètre, en m
- C : Coefficient de Hazen -Williams c=140.

➤ **Pour les rampes**

On trouve  $\Delta H_{\text{rampe}} = 0.83 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$  (vérifiée)

➤ **Pour les porte-rampes**

$\Delta H = 1,22 \text{ m} > 0,6 \text{ m}$  ne vérifie pas

On prend un diamètre supérieur  $D=75 \text{ mm} \Rightarrow \Delta H = 0,52 \text{ m} < 0,6 \text{ m}$  (vérifiée)

**Tableau VI. 1: Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte**

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	100	140	10
Diamètre(m)	16	75	75
Débit (m <sup>3</sup> /s)	$5,56 \times 10^{-5}$	0,00194	0,00194
Pertes de charge(m)	0.83	0.52	0.04

D'après le tableau IV.1, on observe que les pertes de charges totales ( $\Delta H_t = 0,83 + 0,52 + 0,014 = 1,4 \text{ m} < 1.8 \text{ m}$ ) sont dans les limites établies par la règle de Christiansen.

### VI.4 Dimensionnement d' un réseau d' irrigation par aspersion

Le système d'irrigation par aspersion repose sur le principe d'alimenter des rampes équipées de dispositifs d'aspersion à partir d'un point de prélèvement d'eau, en utilisant un réseau de canalisations. Avant de concevoir ce système, il est impératif d'évaluer divers facteurs tels que le choix de la culture à irriguer et les caractéristiques spécifiques de la parcelle. Ces informations orientent la configuration des asperseurs, garantissant une répartition homogène de l'eau sur la surface cultivée.

### VI.4.1 Choix de la culture

La culture sélectionnée est l'orge en vert en raison de ses avantages économiques et agronomiques. L'orge en vert nécessite un apport en eau pendant les mois de Novembre à Mai, avec un besoin net maximal en mai, équivalant à **117,67** mm par mois.

### VI.4.2 Choix de parcelle

La parcelle sélectionnée pour l'irrigation par aspersion est P2, située dans l'ilot N0 2, avec une superficie de 1.2 hectare. La parcelle est rectangulaire avec des dimensions de 120m x 90m et est alimentée par la borne N°2 qui a une pression de plus de 4 bars.

**Note** : la durée du travail est de 22 heures par jour sur une période de 26 jours par mois.

### VI.4.3 Calcul de la Dose pratique RFU

$$\mathbf{RFU = Y \times (Hcc - Hpf) \times Da \times Z \dots\dots\dots VI.21}$$

- Y: degré de tarissement : égal à 2/3
- Da: densité apparente : égale à 1.4
- Z: profondeur d'enracinement mm (50 cm)
- Hcc: humidité à la capacité au champ (28%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (15%)

$$\text{A.N : } \mathbf{RFU = \frac{2}{3} \times (0.28 - 0.15) \times 1.4 \times 600 = 72.8 \text{ mm}}$$

### VI.4.4 Dimensionnement de l'asperseur

#### VI.4.4.1 Choix du diamètre de la buse

D'après la fiche technique d'un arroseur Perrot, nous avons opté pour le diamètre de 4,5 mm avec une pression de 3 bars, ce qui nous permet d'atteindre une portée théorique de 15.2 m.

#### VI.4.4.2 Calcul de la portée du jet (L)

La portée des asperseurs indique la distance maximale qu'ils peuvent couvrir avec de l'eau projetée, elle est calculée à l'aide de la formule empirique suivante :

$$\mathbf{L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots\dots\dots VI.23}$$

Avec :

- d : diamètre de la buse (mm)
- h : pression à la buse (m)

$$\mathbf{L = 3.5 \times 4.5^{0.5} \times 30^{0.25} = 14.89 \text{ m, d'après Perrot } \mathbf{L=15 \text{ m.}}$$

### VI.4.4.3 Écartement entre les rampes et arroseurs

D'après les normes américaines, le maximum d'écartement entre les lignes d'arrosage, qui varie en fonction de la vitesse du vent, est établi comme suit : Selon les vents de notre région d'étude, nous obtenons donc les valeurs suivantes :

- $E_l = 1.2 \times 15 = 18$  mètres.
- $E_a = 0.8 \times 15 = 12$  mètres.

Le réseau d'irrigation par aspersion a un écartement final de  $12 \times 18$  mètres.

### VI.4.4.4 Vérification de la pluviométrie de la buse

#### ➤ Débit de l'asperseur

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots \text{VI.24}$$

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.5 \times 10^{-5})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 30} \quad Q = 1.32 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### ➤ Vérification de la pluviométrie de l'asperseur

La relation suivante permet d'évaluer la pluviométrie horaire  $p$  en mm/h :

$$P = \frac{Q}{E_r \times E_r} \dots\dots\dots \text{VI.25}$$

$$P = \frac{1.32 \times 1000}{18 \times 12} = 6.11 \text{ mm}$$

Ainsi, le choix du diamètre de la buse garantira une pluviométrie de  $P \leq K = 7.2$  mm/h.

### VI.4.4.5 Détermination des paramètres d'arrosage

#### ➤ Calcul du tour d'eau

La durée du tour d'eau représente le temps nécessaire pour irriguer l'ensemble des parcelles.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{dose } p \times N_j}{B_{bp}} \dots\dots\dots \text{VI.25}$$

Avec :

- $N_j = 26$  jours
- Besoin de pointe = 117.67 mm
- Dose nette pratique = 72.8 mm

Donc :

$$T_{\text{eau}} = \frac{72.8 \times 26}{117.67} = 16 \text{ jours.}$$

Le calcul indique un tour d'eau de 15 jours. Soit donc 2 irrigations par mois.

#### ➤ Calcul de la dose réelle

$$D_r = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière} \dots\dots\dots \text{VI.26}$$

$$\text{A.N : } D_r = 15 \times \frac{117.67}{30} = 58.84 \text{ mm}$$

➤ **Calcul de la dose brute**

$$D_b = \frac{D_r}{\text{eff}} \dots\dots\dots\text{VI.27}$$

$$D_b = 78,5 \text{ mm}$$

➤ **Temps d'arrosage**

$$T = \frac{D_b}{p} \dots\dots\dots\text{VI.28}$$

$$\text{A.N : } T = \frac{78,45}{6,11} = 12,84 \text{ h/j}$$

Etant donné que le temps d'arrosage est de 12 heures/jour, donc chaque asperseur fonctionnera pour un seul poste.

➤ **Calcul du débit d'équipement**

$$Q_{\text{éq}} = \frac{S \times B \times 10}{N_j \times n \times T_a \times \text{eff}} \dots\dots\dots\text{VI.29}$$

- $Q_{\text{éq}}$  : débit d'équipement en  $\text{m}^3/\text{h}$ .
- S : Surface de parcelle en ha.
- B : besoin net de mois de point de mois de la culture choisi.
- T : Tour d'eau en heures.
- N : nombre de position d'un asperseur par jour.

$$\text{A.N : } Q_{\text{éq}} = \frac{1,2 \times 117,7 \times 10}{26 \times 1 \times 12 \times 0,75} = 2,3 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ Nous prenons } Q = 3 \text{ m}^3/\text{h}.$$

**VI.4.5 Calculs hydrauliques****VI.4.5.1 Dimensionnement hydraulique des rampes**

$$L_r = \text{largeur du terrain} - E_a/2 \dots\dots\dots\text{VI.30}$$

- $L_r$ : longueur de la rampe en m.
- $E_a$  : Écartement entre asperseurs dans la même rampe en m.

$$\text{A.N : } L_r = 84$$

➤ **Nombre d'asperseurs par rampe**

$$N_{\text{asp}/r} = \frac{L_r}{E_a} \dots\dots\dots\text{VI.31}$$

$$\text{A.N : } N_{\text{asp}/r} = \frac{84}{12} = 7 \text{ asperseurs par rampe}$$

➤ **Nombre de rampe**

On travaille avec une seule rampe

## ❖ Débit de la rampe

$$Q_r = Q_{asp} \times N_{asp} \dots\dots\dots VI.32$$

$$A.N : Q_r = 1.32 \times 8 = 9.25 \text{ m}^3/h = 0.0026 \text{ m}^3/s$$

## ❖ Calcul du Diamètre de la rampe

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \dots\dots\dots VI.32$$

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe,  $V \leq V_{adm}$  ;  $V_{adm} \in [0.5 : 2.5]$  m/s

On considère que  $v = 1,5$  m/s et on calcule  $D_{pr}$ .

Donc :  $D_{pr} = 46$ . mm. Le diamètre normalisé est choisi de **50 mm**.

## VI.4.5.2. Dimensionnement de la porte rampe

## ➤ Longueur de la porte Rampe

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - \frac{Er}{2} = 120 - \frac{18}{2} = 111\text{m} \dots\dots\dots VI.33$$

## ➤ Débit de porte rampe

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times N_{asp/rampe} \times N_{rampe} \dots\dots\dots VI.34$$

$$Q_{pr} = 0.0026 \text{ m}^3/s.$$

## ➤ Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \dots\dots\dots VI.35$$

$$A.N : D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0029}{\pi \times 1.5}} = 46\text{mm}$$

Le diamètre normalisé optimal est de 63mm.

## VI.4.5.3 Calcul des pertes de charge

On calculera les pertes de charges en utilisant la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{Ch}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \dots\dots\dots VI.36$$

Avec :

- J = Perte de charges linéaire en m ;
- CH : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

Pour les rampes :  $J_r = 5.51$  m

Pour les porte rampes :  $J_{pr} = 2.59$  m

**Tableau VI. 2: Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion**

<b>Conduites</b>	<b>La rampe</b>	<b>Porte rampe</b>	<b>C. tertiaire</b>
<b>Longueur(m)</b>	84	111	10
<b>Diamètre(m)</b>	50	63	63
<b>Débit (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.0026	0.0026	0.0026
<b>Pertes de charge(m)</b>	3.6	1.55	0.14

D'après le tableau VI-2, les pertes de charges totales dans tout le réseau sont de 5.3m, c'est-à-dire 19% de la pression de service qui est de 30m (3 bars), la règle de Christiansen est donc respectée.

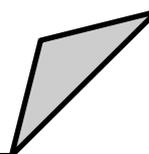
**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons étudié la conception de deux systèmes d'irrigation : le goutte à goutte pour les oliviers et l'asperseur pour la culture de l'orge. Ces techniques d'irrigation sont conçues pour optimiser l'efficacité de l'arrosage en tenant compte des besoins spécifiques de chaque culture.

En conclusion, l'adoption de ces systèmes représente une avancée significative pour une agriculture durable. En intégrant ces deux techniques d'irrigation, nous relevons les défis de la gestion des ressources en eau tout en augmentant les rendements agricoles, garantissant ainsi une meilleure rentabilité pour les agriculteurs.

# **Chapitre VII**

## **Calcul technico-économique**



## Chapitre VII : Calcul technico-économique

### VII .1 Introduction

L'étude économique et financière d'un projet d'irrigation permet de fournir les informations qui détermineront son coût et donc sa faisabilité. Les calculs technico-économiques comprennent toutes les dépenses opérationnelles et de maintenance en vue d'une évaluation détaillée de son financement et au final de planifier les investissements de manière optimale.

L'objectif principal de ce chapitre est l'estimation du coût total d'un aménagement hydro-agricole depuis le système de pompage jusqu'à l'adduction et à la distribution aux parcelles.

### VII.2 Différents type de travaux à entreprendre

#### VII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution

Les travaux d'installation de tout le chantier d'irrigation sont essentiels avant tout projet. De la préparation du terrain à l'installation des équipements d'irrigation, ils comprennent différentes étapes techniques :

##### ❖ Exécution des tranchées

L'exécution des tranchées est une phase de terrassement consistant à creuser des excavations à l'aide d'une pelle hydraulique. On dépose les matériaux excavés le long de la tranchée d'un côté, tandis que l'autre côté reste dégagé pour l'installation des conduites, on doit garantir que les tranchées sont creusées à la profondeur et à la largeur correctes, conformément aux spécifications du projet.

##### ❖ Pose du lit de sable

Dans notre situation, le lit de sable sera placé au fond de la tranchée avec une épaisseur de 15 cm. Avant de procéder à la pose des conduites, il est nécessaire d'étaler une couche uniforme de sable propre et tamisé au fond de la tranchée. Le rôle essentiel du lit de sable est de fournir un support stable et en protégeant les conduites contre les mouvements du sol.

##### ❖ Pose des conduites

En premier lieu, il est essentiel de trier les conduites pour éliminer celles endommagées lors de chocs. Les conduites sont abaissées lentement au fond de la tranchée à l'aide d'un dispositif de levage approprié, il est impératif de vérifier régulièrement l'alignement des tuyaux afin d'éviter des problèmes lors de la connexion des conduites, en vue d'obtenir un alignement correct des conduites, pour qu'elles fonctionnent de manière optimale.

### ❖ Jointage et soudure de la canalisation

Le jointage et la soudure des canalisations sont réalisés pour assurer une étanchéité adéquate et une connexion solide entre les sections des conduites, dans ce cas, il est impératif de procéder à un test de pression des conduites et des raccords avant de procéder au remblaiement. Cette évaluation se fait à l'aide d'une pompe d'essai, qui permet de remplir la conduite d'eau sous une pression équivalente à 1,8 fois celle prévue lors de son fonctionnement normal. Cela permet de détecter et de corriger toute fuite ou faiblesse dans les joints.

### ❖ Remblayage des tranchées

Le remblayage des tranchées est une opération de terrassement qui implique l'enfouissement des conduites en utilisant le matériau de remblai provenant de l'excavation. Le remblai est effectué en couches successives, chaque couche étant compactée pour éviter les affaissements futurs, et pour protéger les conduites et pour garantir la stabilité du sol au-dessus des conduites.

### ❖ Nivellement et compactage

Après le remblayage, on procède au nivellement, qui consiste à répartir les mottes de terre pour restaurer la surface du terrain à son état initial ou à une configuration spécifiée, on effectue après, le compactage afin d'augmenter la densité du sol et ainsi prévenir tout tassement ultérieur. Le compactage est crucial pour assurer que le sol reste stable et ne se déforme pas avec le temps, pour éviter d'endommager les conduites enterrées.

### ❖ Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée, calculée selon le diamètre de la conduite, assure un espace suffisant pour l'installation, est calculée en utilisant la formule suivante :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{VII.1}$$

Avec : B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

### ❖ Profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit être soigneusement déterminée pour permettre des raccordements adéquats et éviter toute interférence avec d'autres conduites. Cela garantit une installation correcte et minimise les risques de problèmes ou de dommages ultérieurs.

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{VII.2}$$

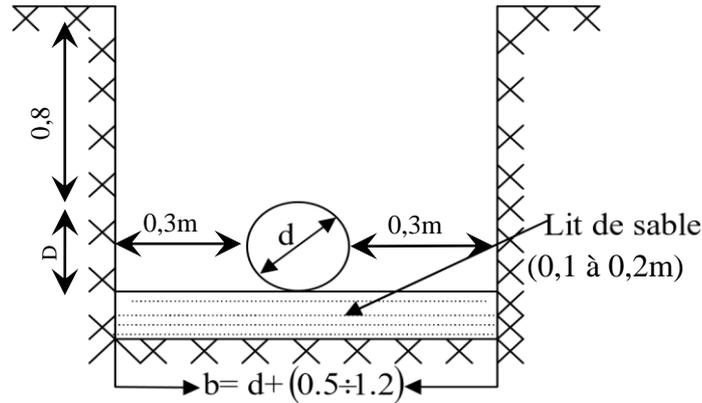
Avec :

$H_{tr}$  : profondeur de la tranchée(m).

e : hauteur du lit déposé (m)=0,1m.

**d** : diamètre de la conduite(m).

**h** : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite =0,8m.



**Figure VII. 1: Schéma d'une tranchée.**

### Les sections des tranchées

$$S_{tr} = B \times H_{tr} \dots \dots \dots VII.3$$

$H_{tr}$  : Profondeur total de la tranchée (m)

$B$  : Largeur du fond de la tranchée (m)

#### ❖ Calcul du volume du déblai

$$V_d = (B \times H_{tr}) \times L \dots \dots \dots VII.4$$

$V_d$  : Volume du déblai (m<sup>3</sup>)

$L$  : Longueur de la tranchée (m).

$B$  : Largeur de la tranchée (m).

$H_{tr}$  : La hauteur de la tranchée (m).

#### ❖ Volume occupé par les conduites

$$V_{cond} = S_c \times L \dots \dots \dots VII.5$$

$V_{cond}$  : Volume du déblai (m<sup>3</sup>)

$S_c$  : Section de la conduite (m).

$L$  : Longueur de la tranchée (m).

#### ❖ Volume du lite de sable

$$V_{sable} = h_{sa} \times L \times b \dots \dots \dots VII.6$$

$h_{sa}$  : la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres.

$L$  : Longueur de la tranchée (m).

$B$  : Largeur de la tranchée (m).

## ❖ Volume de remblais

$$V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \times L \dots \dots \dots \text{VII.7}$$

Les volumes de déblais, de sable, de remblais du réseau de distribution sont calculés et présentés dans le tableau VII.2 :

**Tableau VII. 1: Calcul des différents volumes.**

D( mm)	B(m)	H(m)	L(m)	Vdebl	V cond	Vsable	V remb
500	1,1	1,4	4850,5	7469,77	1904,79	800,33	4764,65
400	1	1,3	1103	1433,90	346,52	165,45	921,93
315	0,915	1,215	571,5	635,35	141,39	78,44	415,52
250	0,85	1,15	154,4	150,93	30,32	19,69	100,92
200	0,8	1,1	916	806,08	143,88	109,92	552,28
160	0,76	1,06	674	542,97	84,70	76,84	381,44
125	0,725	1,025	229	170,18	22,48	24,90	122,79
110	0,71	1,01	525,8	377,05	45,43	56,00	275,63
90	0,69	0,99	170	116,13	12,02	17,60	86,52
75	0,675	0,975	178,5	117,48	10,51	18,07	88,89
Total			9372,70	11819,83	2742,03	1367,23	7710,57

### VII.2.2. Evaluation du cout des travaux de terrassement

Les coûts des différents de travaux de terrassement sont détaillés comme suit :

**Tableau VII. 2: Estimation du cout des travaux de terrassement.**

Type des travaux	unité	prix unitaire da	Quantité	prix des Trav
Déblai	M3	310	11819,83	3 664 147,41
P. sable	M3	2900	1367,23	3 964 974,11
Remblais	M3	420	7710,57	3 238 437,87
Total HT				10 867 559,39
TVA (19%)				2 064 836,28
TOTAL1 TTC				12 932 396.67

Le coût total des travaux de terrassement est évalué à : 12 932 396 DA en TTC.

**VII.2.3. Évaluation des prix de pose des conduites**

Les prix de pose de la conduite de refoulement et de la conduite gravitaire sont détaillés dans le tableau VII.3

**Tableau VII. 3: Estimation du cout de pose des conduites.**

Conduite	type	Unité de mesure	prix unit en da	Quantité ml	prix da
500	Fonte	ml	8560	4850,5	41520280,0
<b>400</b>	Fonte	ml	7900	1103	8713700,0
<b>315</b>	PEHD	ml	10100	571,5	5772150,0
<b>250</b>	PEHD	ml	4500	154,4	694800,0
<b>200</b>	PEHD	ml	3200	916	2931200,0
<b>160</b>	PEHD	ml	1700	674	1145800,0
<b>125</b>	PEHD	ml	1100	229	251900,0
<b>110</b>	PEHD	ml	778,6	525,8	409387,9
<b>90</b>	PEHD	ml	490,8	170	83436,0
<b>75</b>	PEHD	ml	300	178,5	53550,0
Total HT					61 576 203,9
TVA 19%					11 699 478,7
<b>TOTAL2 TTC</b>					<b>73 275 682,6</b>

**VII.2.4 : Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales****Tableau VII. 4: Estimation du cout des bornes et pièces d'irrigation.**

Les bornes	prix unitaire da	Quantité	prix des Trav
A4	20000	3	60000
A2	13400	7	93800
B	15200	6	91200
Coudes 90	1280	2	2560
coude 45°	1190	3	3570
Vannes	12790	8	102320
Vanne sectionnement	21700	4	86800
Te	1190	6	7140
Bouchons	850	5	4250
Total HT			451 640,0
TVA 19%			85 811,6
<b>TOTAL3 TTC</b>			<b>537 451,6</b>

Le coût total des bornes et des pièces spéciales d'irrigation s'élève à 537 451,6 DA en (TTC).

### VII.5 La station de pompage

Le système de pompage est composé de plusieurs parties, incluant :

- Les travaux de génie civil.
- Les équipements hydromécaniques.
- La bêche d'aspiration.

Dans le tableau ci-dessous, vous trouverez une estimation détaillée des coûts de chaque élément :

**Tableau VII. 5: Estimation du cout de la station de pompage.**

Designation des travaux	Unite	Quantité	Prix Unitaire	Montant
<b>1)Terrassement</b>				
Déblai	M <sup>3</sup>	100	620	62 000
Remblais	M <sup>3</sup>	40	650	26 000
<b>2)Maçonneries</b>				
Béton arme	M <sup>3</sup>	78	12600	982 800
Revêtement	M <sup>2</sup>	40	900	36 000
<b>3)travaux divers</b>				
Armoire électrique	U	1	150 000	150 000
<b>4)Aménagement extérieur</b>				
Mur de cloture Loge de gardien	Forfait	1	200 000	200 000
<b>5)Equipements hydromécaniques</b>				
Pompes	U	4	700 000	2 800 000
Anti-Belier	U	1	200 000	200 000
Clapet anti retour	U	1	120000	120 000
			Total HT	4 576 800.0
			TVA 19%	869 592.00
			Total TTC	5 446 392.0

Le coût total de la station de pompage s'élève à : 5 446 392.0 DA en TTC

### VII.2.7 Le réservoir de stockage

Le réservoir est dimensionné pour une capacité de  $V=800 \text{ m}^3$ , avec un diamètre de  $D=16 \text{ m}$  et une hauteur de  $H=4 \text{ m}$ .

Les estimations détaillées des différents travaux sont présentées dans le tableau VII.7 :

**Tableau VII. 67 : Estimation de cout de réservoir de stockage**

Designation des travaux	unite	Quantité	Prix Unitaire	Montant
<b><u>Terrassement</u></b>				
Déblai	M <sup>3</sup>	95	620	58 900
Remblai	M <sup>3</sup>	70	650	45 500
Béton arme et coffrage	M <sup>3</sup>	120	12 000	1 440 000
<b>Aménagement extérieur et Divers</b>				
Portail métallique	U	1	250000	250 000
Mur de cloture	M <sup>2</sup>	48	3200	153 600
Revêtement	M <sup>2</sup>	260	1200	312 000
Total HT				2 260 000,0
TVA 19%				429 400,0
Total TTC				2 689 400

Le cout du réservoir de stockage est de : 2 689 400 DA en TTC

### VII.2.8 Devis estimatif du projet

Le devis total des travaux est présenté en détail dans le tableau ci-dessous :

**Tableau VII. 7: Devis estimatif total**

Travaux	Montant (DA)
Terrassement	12 932 396
Pose des conduites	73 275 682,6
Bornes d'irrigation et pièces spéciales	537 451,6
Station de pompage	5 446 392,0
Réservoir de stockage	2 689 400,0
Montant TTC	94 881 321,9

**Conclusion**

Dans ce chapitre, une évaluation des différents coûts liés à notre projet d'irrigation a été entamée, elle est d'une importance capitale pour estimer le cout total du projet d'aménagement de notre périmètre.

Le coût total du projet d'aménagement du périmètre de Raouraoua a été établi à la somme de : Quatre-vingt-quatorze millions huit cent quatre-vingt et un mille trois cent vingt et un dinars Algériens TTC.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Ce mémoire de fin d'étude constitue une analyse approfondie et méthodique sur l'irrigation et vise à optimiser la gestion de l'eau agricole du périmètre de Rouraoua dans la wilaya de Bouira.

Il ressort de l'analyse climatique que la région de Raouraoua présente un climat semi-aride caractérisé par des hivers doux et relativement humides, ainsi que des étés chauds et secs, avec des précipitations insuffisantes et irrégulières. Dans ce contexte, et pour soutenir le développement agricole, il devient essentiel de mettre en œuvre des aménagements hydro-agricoles efficaces et des systèmes d'irrigation adaptés.

En conséquence de cette analyse et celle du sol de notre région, nous avons pu choisir des cultures adaptées à ces conditions, telles que le blé, l'orge et certaines cultures maraichères et arboricoles. Cela nous a permis d'étudier les besoins en eau de notre zone, lesquels ont été estimés à 800 000 m<sup>3</sup> par an.

En fonction des caractéristiques spécifiques du terrain de notre région, nous avons adopté un système d'adduction mixte sous pression. Ce système combine le pompage vers un réservoir de stockage, suivi d'une distribution gravitaire vers les parcelles agricoles.

Nous avons souligné l'importance capitale d'intégrer des techniques modernes telles que l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et fourragères, ainsi que le système goutte-à-goutte pour l'arboriculture et les cultures maraichères, cette démarche globale vise à optimiser l'utilisation des ressources en eau et à soutenir une agriculture durable et productive dans notre région.

En fin de ce projet, nous avons effectué une analyse approfondie des coûts de diverses opérations de l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Rouraoua. D'après nos estimations, la valeur totale de notre projet est estimée à Quatre-vingt-quatorze millions huit cent quatre-vingt et un mille trois cent vingt et un dinars Algériens TTC, toutes taxes comprises (TTC).

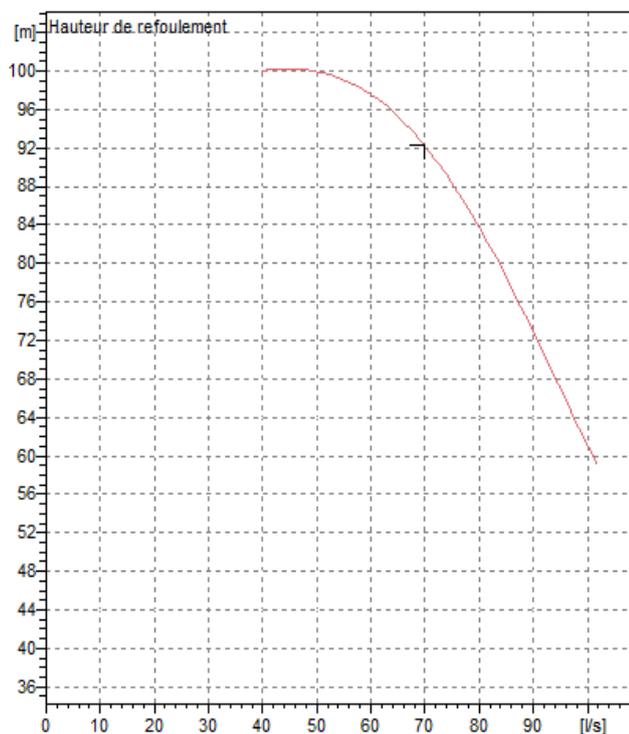
## Références Bibliographiques

- Monographie de la wilaya de Bouira, 2018
- Touaibia 2004 : Manuel d'hydrologie.
- FAO 1975. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24.
- Mathieu C., P Audoye, J. Chossat Bases techniques de l'irrigation par aspersion, Editions Lavoisier France, 2007.
- LEBOURGEOIS François, 2010: Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers Equipe Ecologie Forestière, ENGREF – 14 rue Girardet – 54042.Nancy Cedex.
- BROUWER, C., et al. Méthodes d'irrigation. FAO, Italy, 1990.
- TALBI Karima : Etude d'extension du périmètre des ARRIBS (200ha) à partir du barrage de LAKEHAL (W. BOUIRA). Blida: ENSH,2023.
- HETTAK Nesrine :Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Achaacha à partir du barrage kramis (W.Mostaganem). Blida: ENSH,2020.

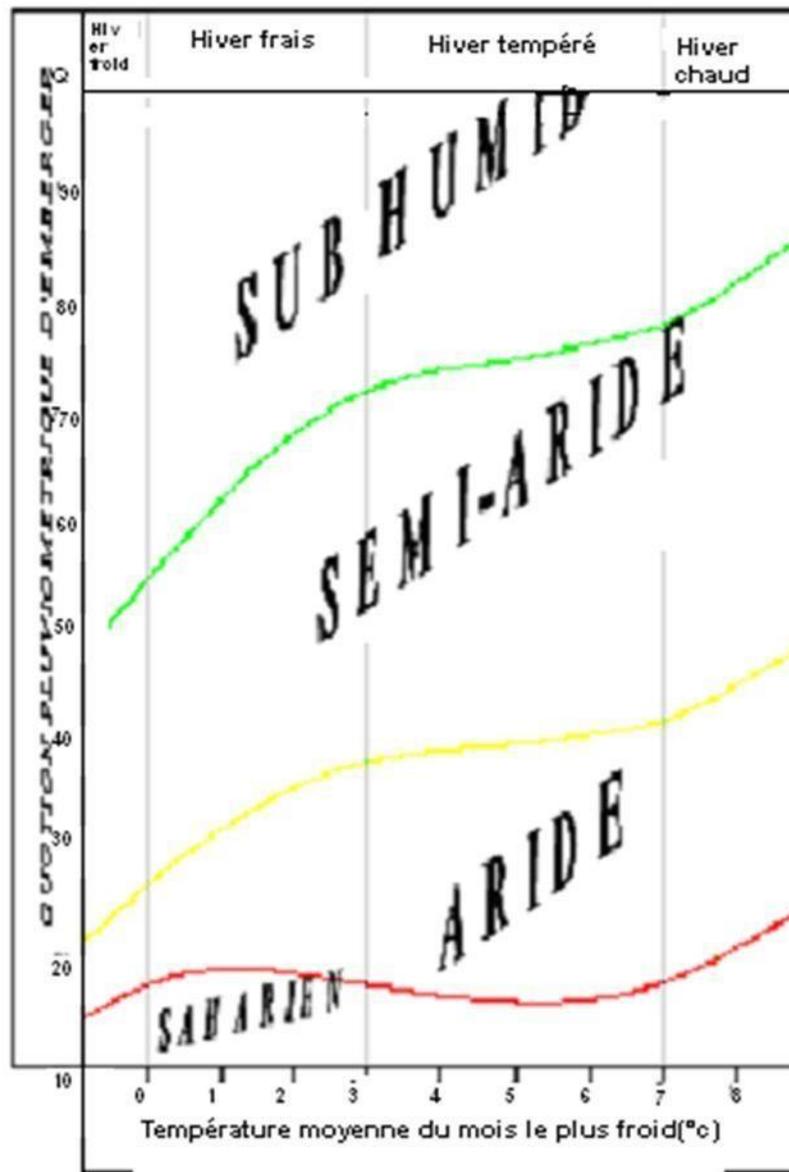
## Annexe I : Fiche technique de la pompe

Limites opérationnelles		Caractéristiques de fonctionnement			
Démarrages / h max.	5	UN/ISO 2548/C			
Température maxi. du liquide pompé	363 K	Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>				NPSH [m]
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>				
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s				
Caractéristiques générales		<b>Dimensions mm</b>			
Poids	1480 kg	A = 2420			
		B = 2042			
		C = 610			
		D = 351			
		DNa = 200			
		DNm = 150			
		E = 241			
		F = 350			
		G = 1342			
		H = 591			
		I = 870			
		L = 820			
		M = 20			
		N = 160			
		O = 42			
		P = 475			
		Q = 845			
		R = 891			
		V = 370			
Matériaux					
Corps de pompe	Fonte				
Corps d'aspiration	Fonte				
Roue	Fonte				
Bague d'usure	Fonte				
Corps d'étage	Fonte				
Chemise	Fonte				
Arbre	Acier inox				
Douille arbre	Acier inox				
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile				
Roulements à billes	Acier				
Presse-Etoupe	Fonte				
Etoupe	Tresse graphitée				

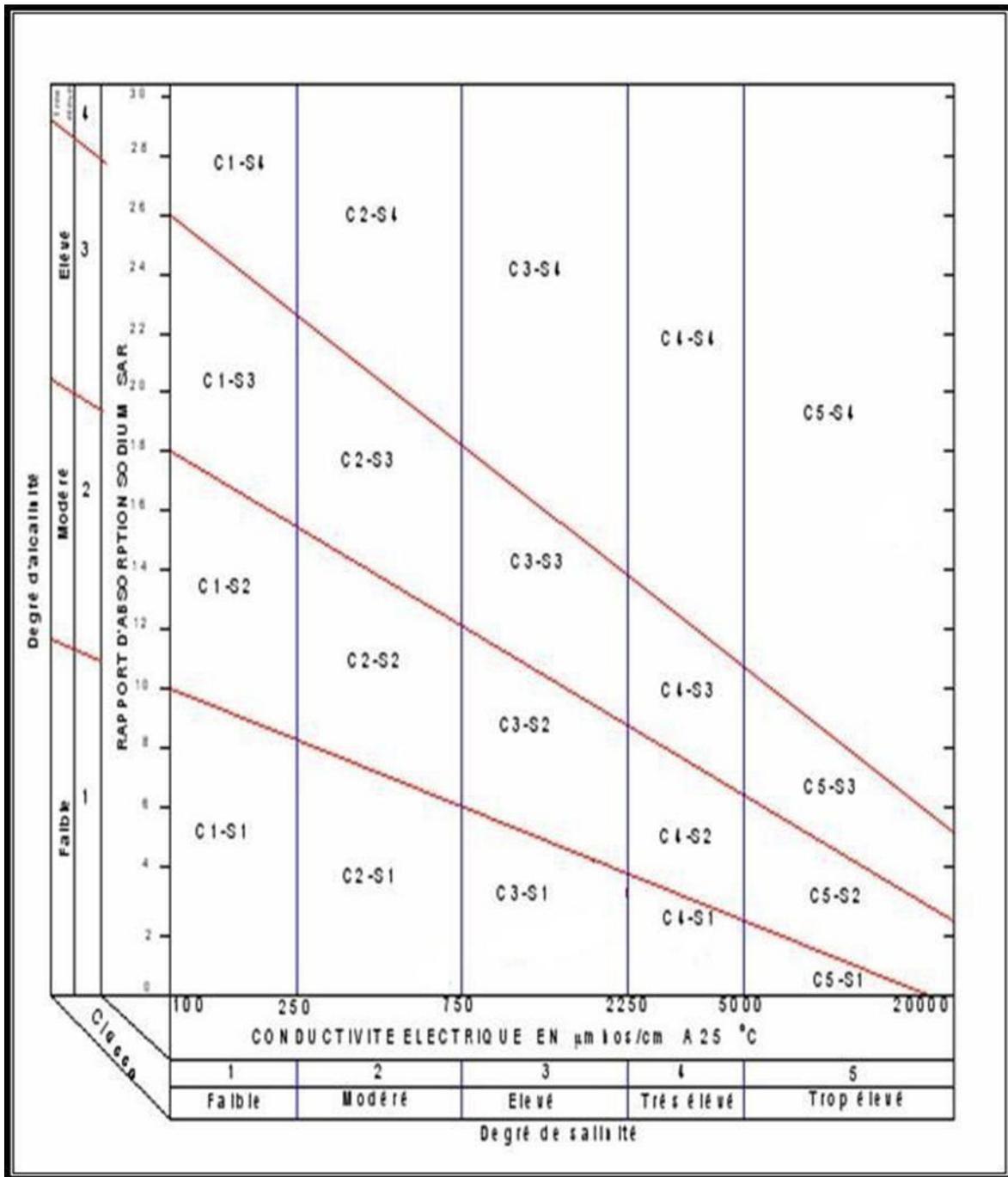
PM 150/ 4 D	
Caractéristiques requises	
Débit	70 l/s
Hauteur de refoulement	92.3 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	70 l/s
Hauteur de refoulement	92.3 m
Puissance absorbée	81.8 kW
Rendement	78.4%
Hauteur manométrique H(Q=0)	118 m
Orif. de refoulement	150 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	90 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55



**Annexe II : Classification du climat selon l'indice de Gaussen**



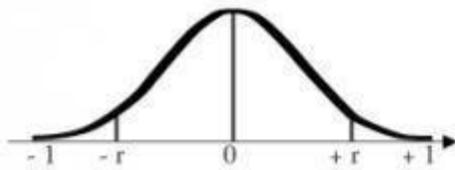
### Annexe III: Diagramme de classification des eaux d'irrigation



## Annexe IV : Nouvelle gamme des asperseur de type Perrot

Diamètres des buses	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar)	X
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5										
<b>mm</b>	<b>Portée en m</b>					<b>Distances entre arroseurs</b>									
4,2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	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
4,8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	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
5,2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	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
7,0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
<b>ZB 22/ZB 22W</b>	<b>Consommation d'eau</b>					<b>Précipitations</b>									
	(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /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
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
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
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
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
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
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

**Annexe V : Tableau de calcul de Khi carré théorique**



d.d.l. \ $\alpha$	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,9877	0,9969	0,9995	0,9999
2	0,9000	0,9500	0,9800	0,9900
3	0,8054	0,8783	0,9343	0,9587
4	0,7293	0,8114	0,8822	0,9172
5	0,6694	0,7545	0,8329	0,8745
6	0,6215	0,7067	0,7887	0,8343
7	0,5822	0,6664	0,7498	0,7977
8	0,5494	0,6319	0,7155	0,7646
9	0,5214	0,6021	0,6851	0,7348
10	0,4973	0,5760	0,6581	0,7079
11	0,4762	0,5529	0,6339	0,6835
12	0,4575	0,5324	0,6120	0,6614
13	0,4409	0,5139	0,5923	0,6411
14	0,4259	0,4973	0,5742	0,6226
15	0,4124	0,4821	0,5577	0,6055
16	0,4000	0,4683	0,5425	0,5897
17	0,3887	0,4555	0,5285	0,5751
18	0,3783	0,4438	0,5155	0,5614
19	0,3687	0,4329	0,5034	0,5487
20	0,3598	0,4227	0,4921	0,5368
25	0,3233	0,3809	0,4451	0,4869
30	0,2960	0,3494	0,4093	0,4487
35	0,2746	0,3246	0,3810	0,4182
40	0,2573	0,3044	0,3578	0,3932
45	0,2428	0,2875	0,3384	0,3721
50	0,2306	0,2732	0,3218	0,3541
60	0,2108	0,2500	0,2948	0,3248
70	0,1954	0,2319	0,2737	0,3017
80	0,1829	0,2172	0,2565	0,2830
90	0,1726	0,2050	0,2422	0,2673
100	0,1638	0,1946	0,2301	0,2540