



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : IRRIGATION ET DRAINAGE**

### THEME

**Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de Zelfana  
Secteur 01- (W. Ghardaïa) d'une superficie de 200 ha.**

**Présenté par**

**M<sup>r</sup> NAFA IZZEDDINE**

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

<b>Nom et prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>MEDDI Mohamed</b>	<b>Professeur</b>	<b>Président</b>
<b>SAADOUNE Samra</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>MEDJDOUB Sonia</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examineur</b>
<b>KOLAIA Djaffar</b>	<b>Assistant</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>r</sup> : YAHIAOUI SAMIR</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M<sup>r</sup> : Bourelaf Abdellatif</b>		<b>Invité</b>

**Juin2018**

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*Avant tout à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter ainsi que les conseils qu'ils m'ont prodigué sans lesquels j'avoue je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui.*

*A mes sœurs et frères*

*A toute la famille NAFÀ*

*A Mon promoteur M<sup>r</sup> YAHIAOUI Samir*

# Remerciements

*Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.*

*Je remercie fortement mon promoteur : M r S.YAHIAOUI de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.*

*Je remercie également toute les personnes qui m'ont donné les informations nécessaires pour réaliser ce mémoire.*

*Je tiens à remercier aussi :*

*Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.*

*Le corps enseignant et les étudiants de l'ENSH.*

## ملخص

يندرج الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة هذه، ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية لإقليم زلفانة بولاية غرداية، والذي يسعى إلى تحقيق مردود مُعتبر من ناحية الاستثمار، مُعبرًا عن أفضل فعالية لتقنيات السقي من جهة، تسيير أنجع ومُحافظا على الموارد المائية ونوعية التربة من جهة أخرى. وهذا لن يتحقق إلا بتبني أنظمة سقي حديثة التي فرضت فعاليتها، نذكر منها: السقي بالتنقيط والسقي بالرش الذي يعد الأكثر تطورًا في الآونة الأخيرة، نتيجة للتقدم العلمي والتكنولوجي. ومن بين ما تميزت به هذه الأنظمة من مَحاسن هو تحقيقها لاقتصاد معتبر للمياه.

## Résumé :

L'objectif de mon mémoire de fin d'études rentre dans le cadre de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués dans la région de Zelfana wilaya de Ghardaïa, l'objectif et d'atteindre un rendement élevé des productions justifiant l'investissement, traduisant d'une part une meilleure efficacité du système d'irrigation et d'autre part une meilleure gestion et préservation des potentialités : ressources en eau et ressources en sol. Cela passe par l'utilisation des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée, l'irrigation par aspersion les mieux développés avec l'évolution de la science et de la technologie. Ces systèmes présentent de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

## Abstract:

The aim of my present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management situated in the plain Zelfana wilaya of Ghardaïa in a way to attain a high investment feedback, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and ground resources from the other part. This can be achieved adoption of modern irrigation system which proved their reliability, ie: localized irrigation, aspersion irrigation which are the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like quantities saving.

# SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du secteur d'étude

I.1 Introduction :.....	2
I.2 Présentation de la zone d'étude : .....	2
I.2.1 Choix du périmètre d'étude : .....	4
I.2.2 Topographie et géologie de la zone d'étude : .....	4
I.3 Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude : .....	4
I.3.1 Caractéristiques de la station météorologique : .....	5
I.3.2 Précipitations: .....	5
I.3.3 Température : .....	5
I.3.4 L'humidité : .....	7
I.3.5 Le vent : .....	8
I.3.6 L'évaporation : .....	10
I.3.7 Nébulosité : .....	10
I.3.8 Insolation : .....	11
I.4 Indices climatiques : .....	12
I.4.1 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :.....	12
I.4.2 Indice d'aridité de Martonne (1926) : .....	13
I.4.3 Indice (Quotient) pluviométrique d'EMBERGER : .....	13
I.5. Analyse du milieu socio-économique :.....	16
I.6.Emploi :.....	17
I.7.Conclusion :.....	19

## Chapitre II : Ressources en eau et en sol

II.1 Introduction :.....	20
II.2.Ressources en eaux :.....	20
II.2.1.Eaux surfaciques :.....	20

II.2.2-Eaux souterraines :.....	21
II.2.2.1-La nappe du Complexe terminal (C.T) :.....	21
II.2.2.2-La nappe du continental intercalaire(C.I) :.....	22
II.3.Mobilisation des eaux souterraines :.....	23
II.3.1.Moyens de stockage et équipements hydrauliques. :.....	24
II.3.1.1-Bassin ou réservoir de stockage : .....	24
II.3.1.2-Equipements hydrauliques : .....	24
II.4.Qualité de l'eau d'irrigation :.....	25
II.4.1.La salinité :.....	25
II.4.2.La conductivité électrique :.....	25
II.4.3. Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :.....	26
II.4.4.Compositions chimiques de l'eau d'irrigation :.....	27
II.5.Ressources en sols : .....	29
II.6.Etude des sols : .....	30
II.6.1 Description d'un profil type des sols minéraux bruts xériques éolisés en (regs) : .....	30
II.6.1.1 Description d'un profil type : Profil N° 1.....	30
II.6.1.2 Description morphologique du profil :.....	31
II.6.1.3 Résultats analytiques : .....	31
II.6.1.4 interprétation et valeur agronomique : .....	31
II.6.2 Description d'un profil type des Sols peu évolués xériques subdésertiques modaux :..	32
II.6.2.1 Description d'un profil type : Profil N° 2.....	33
II.6.2.2 Description morphologique du profil :.....	33
II.6.2.3 Résultats analytiques : .....	34
II.6.2.4 interprétation et valeur agronomiques : .....	34
II.7.Aptitude culturale en irrigué et évaluation des terres :.....	36
II.7.1.Critères de détermination des aptitudes :.....	36
II.7.2.Aptitudes culturales en irriguée par type de sol :.....	37

II.8.Erosion :	38
II.9.Brise –vents :	38
II.10.Conclusion :	39
III.1. Introduction:	40

### Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

III.2. L'évapotranspiration :	40
III.2.1. L'évapotranspiration de référence :	41
III.2.2. L'évapotranspiration potentielle :	41
III.2.3. L'évapotranspiration réelle :	41
III.3. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration :	41
III.3.1. Méthodes directes :	42
III.3.1.1. L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique :	42
III.3.1.2. Le bac évaporant :	42
III.3.1.3. L'évaporomètre :	43
III.3.2. Méthodes indirectes :	44
III.3.2.1. Formule de Blaney et Criddle :	44
III.3.2.2. Formule de Turc :	44
III.3.2.3. Formule Modifiée de Penman_Monteith :	45
III.4. Calcul de l'évapotranspiration :	46
III.5. Étude Hydrologique :	47
III.6. Choix de la station pluviométrique :	47
III.7. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	47
III.8. Ajustement statistique des pluies :	49
III.9. Test de validité d'un ajustement :	54
III.10. Détermination de l'année de calcul :	56
III.11. Calcul des pluies efficaces (Peff):	56
III.12. Occupation des sols et choix des cultures :	57

III.13. Assolements des cultures :	58
III.14. Avantages de la rotation des cultures :	59
III.15. Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture :	60
III.15.1. Calcul de l'évapotranspiration maximale ETM :	60
III.15.2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :	60
III.15.3. Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement:	61
III.15.4. Les profondeurs d'enracinement:	62
III.16. Estimation des besoins en eau :	62
III.17. Calcul du débit spécifique :	66
III.18. Evaluation du débit caractéristique :	67
III.24 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	67
III.20. Conclusion :	68

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

IV.1 Introduction :	69
IV.2 Organisation du périmètre :	69
IV.2.1 Ilots et bornes d'irrigation:	69
IV.2.2 Taille des îlots d'irrigation :	69
IV.4 Rôle et fonction de la borne d'irrigation :	70
IV.5 Modalités de desserte de l'eau :	71
IV.5.1 Distribution d'eau à la demande :	71
IV.5.2 Distribution au tour d'arrosage :	71
IV.6 calcul du débit aux bornes :	71
IV.7 Choix du diamètre et du type des bornes :	72
IV.8 Variantes d'aménagement hydro-agricole :	73
IV.9 Choix des matériaux des canalisations :	73
IV.10 Dimensionnement hydraulique des canalisations :	74
IV.11 Dimensionnement des réservoirs de distribution :	79

IV.11.1 Dimensionnement de réservoir de stockage 01 correspondant au forage 01 : .....	79
IV.11.2 Dimensionnement du réservoir de stockage 02 correspondant au forage 02 : .....	80
IV.12 Dimensionnement d'un réseau localisée (goutte à goutte) :.....	80
IV.12.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée : .....	81
IV.12.1.1 Influence du taux de couverture du sol : .....	81
IV.12.1.2 Dose nette pratique : .....	82
IV.12.1.3 Calcul de la dose brute : .....	82
IV.12.1.4 Fréquence des arrosages : .....	82
IV.12.1.5 Durée d'arrosage par mois : .....	83
IV.12.1.6 Durée d'arrosage journalier : .....	83
IV.12.1.7 Nombre de poste : .....	83
IV.12.1.8 Surface du poste : .....	83
IV.12.2 Calculs hydrauliques : .....	84
IV.12.2.1 Conditions hydrauliques de base : .....	84
IV.12.3 Dimensionnement des canalisations du réseau : .....	85
IV.12.3 Vérification des pertes de charges : .....	86
IV.12.3.1 Calcul du diamètre de la rampe : .....	87
IV.12.3.2 Calcul de Diamètre de la porte rampe : .....	87
IV.12.3.3 Calcul des diamètres des conduites tertiaire : .....	87
IV.12.4 La pression d'eau à la borne de distribution :.....	88
IV.13 Conclusion : .....	90

## Chapitre V: Calcul technico-économique

V.1 Introduction : .....	91
V.2 Différents travaux à entreprendre :.....	91
V.3 Frais des travaux sur réseau d'irrigation :.....	91
V.3.1 Calcul du volume de déblai : .....	91
V.3.2 Calcul du volume de remblais : .....	92

V.3.3 Calcul du volume de sable : .....	92
V.4 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution : .....	94
V.5 Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales: .....	94
V.6 Conclusion : .....	95
Conclusion Général: .....	96

## ***Liste des figures***

### ***Chapitre I: analyse des conditions naturelles du secteur d'étude***

Figure I.1 : carte de situation de la zone d'étude.....	3
Figure. I.2 : Variation des températures mensuelles.....	6
Figure. I.3 : Variation Humidités relatives moyennes mensuelles.....	7
Figure. I.4 : Variation de vent mensuel.....	8
Figure. I.5 : Variation Des moyennes mensuelles de la nébulosité.....	11
Figure. I.6 : Variation Insolations moyennes mensuelles.....	11
Figure I.7: Climagramme de Gaussen.....	12
Figure I.8 : Climagramme d'EMBERGER.....	15

### ***Chapitre II : Ressources en eau et en sol***

Figure II.1: Carte des ressources en eau souterraines.....	21
Figure: II.2 Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	28

### ***Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre***

Figure III.1: schéma de bilan hydrique.....	40
Figure III.2: L'évapotranspiromètre.....	42
Figure III.3: Le bac évaporant .....	43
Figure III.4: L'évaporomètre.....	43
Figure III.5: Ajustement des pluies annuelles à la loi normal.....	51
Figure III.6 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de log-Normale.....	53
Figure III.7: Le cycle végétatif des cultures.....	59

### ***Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle***

Figure IV.1 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs.....	88
--	----

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

Figure V.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.....	92
--	----

## ***Liste des tableaux***

### ***Chapitre I: analyse des conditions naturelles du secteur d'étude***

Tableau I.1: les coordonnées (fuseau 31) de périmètre Zelfana.....	2
Tableau I.2 : coordonnées de la station météorologique de la région de GHARDAIA.....	5
Tableau I.3 : Précipitations Moyennes Mensuelles (mm).....	5
Tableau I.4: Températures mensuelles moyennes (°C).....	6
Tableau I.5: Humidités relatives moyennes mensuelles.....	7
Tableau I.6: Vitesse moyenne et Maxi des vents (m/s).....	8
Tableau I.7 :L'évaporation moyenne mensuelle.....	9
Tableau I.8 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité.....	10
Tableau I.9 : Insolations moyennes mensuelles.....	11
Tableau I.10: Données de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle.....	12
Tableau I.11 : Classification de climat selon MARTON.....	13
Tableau I.12 : Caractéristiques socio-économique de la wilaya de Ghardaïa.....	16
Tableau I.13 : Emploi dans la wilaya de Ghardaïa.....	17

### ***Chapitre II : Ressources en eau et en sol***

Tableau II.1: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	25
Tableau II.2 Classification des eaux en fonction du SAR.....	26
Tableau II.3 : Compositions chimiques de l'eau d'irrigation.....	27
Tableau II.4 : Résultats analytiques de profile n :01.....	31
Tableau II.5 : Résultats analytiques de profile n :02.....	34
Tableau II.6: Aptitudes des sols en irrigué.....	37

### ***Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre***

Tableau III.1 comparaison entre les méthodes indirectes de L'évapotranspiration.....	44
Tableau III.2 : Evapotranspiration de référence (ETo) de la zone d'étude .....	46
Tableau III.3: Caractéristiques de la station pluviométrique.....	47
Tableau III.4 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique de Ghardaïa.....	49
Tableau III.5 : Ajustement à la loi de Gauss.....	51
Tableau III.6 : Ajustement à la loi de Galton.....	53
Tableau III.7 : la table de Pearson du $\chi^2$ .....	55
Tableau III.8 : Test de validité des deux ajustements.....	56
Tableau III.9 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).....	56
Tableau III.10: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en (mm).....	57
Tableau III.11 Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.....	58
Tableau III.12: Occupation de sol en fonction des cultures.....	58
Tableau III.13: Assolements proposés.....	59
Tableau III.14: Humidité à la capacité au champ et de flétrissement.....	61
Tableau III.15 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures.....	62
Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau du Blé.....	62
Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau du Luzerne.....	63
Tableau III.18 : Calcul des besoins en eau du Pomme de terre.....	63
Tableau III.19 : Calcul des besoins en eau du Olivier.....	64
Tableau III.20 : Calcul des besoins en eau du Orge on vert.....	64
Tableau III.21 : Calcul des besoins en eau du L'haricoot.....	65
Tableau III.22 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.....	65
Tableau III.23 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.....	66
Tableau III.24 Estimation des volumes d'eau d'irrigation .....	67

### ***Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle***

Tableau IV.1 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	72
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.....	73

Tableau IV.3 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	75
Tableau IV.4 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	77
Tableau IV.5 : Diamètre de la rampe.....	87
Tableau IV.6: Diamètre de la porte rampe.....	87
Tableau IV.7: Diamètre des conduites tertiaires.....	87
Tableau IV.8: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable.....	88

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

Tableau V.1 Quantité des travaux de terrassement.....	93
Tableau V.2 : Coût des travaux de terrassement.....	93
Tableau V.3 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	94
Tableau V.5 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.....	94

## *Liste des Planches :*

**Planche N01 :** Plan de situation du périmètre de zelfana du périmètre de zelfana-secteur01- commune de Zelfana Wilaya de Ghardaïa.

**Planche N02 :** Plan de réseaux de distribution du périmètre de zelfana-secteur01- commune de Zelfana Wilaya de Ghardaïa.

**Planche N03 :** plan d'occupation de sol des cultures du périmètre de zelfana-secteur01- commune de Zelfana Wilaya de Ghardaïa.

**Planche N04 :** Profil en long de la conduite principale N :2 du périmètre de zelfana-secteur01- commune de Zelfana Wilaya de Ghardaïa.

**Planche N05 :** projection d'un réseaux localisé sur l'ilot N10 du périmètre de zelfana-secteur01- commune de Zelfana Wilaya de Ghardaïa.

## ***LISTE DES ABREVIATIONS***

**ONM** : Office nationale de météorologie.

**ANRH** : Agence nationale des ressources hydraulique.

**R.P.G.H** : Recensement général de population et d'habitat.

**D.P.S.B** : Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire.

**D.S.A**: Direction du service agricole.

**B.N.D.E.R** : Bureau nationale d'étude pour le développement rurale

### Introduction générale

L'eau sous toutes ses formes (fleuves et rivières, lacs, étangs, marais, zones humides, nappes souterraines), sont estimées à 1.400 millions de Km<sup>3</sup>, dont 97.5% des eaux sont salées (Océans et mers).

L'irrigation est le domaine d'activité qui consomme le plus d'eau. Donc l'utilisation rationnelle de l'eau en agriculture implique la connaissance des besoins en eau des cultures à travers la bonne évaluation des paramètres régissant les conditions du milieu et ceci en fonction des paramètres climatiques, édaphiques, culturales et autres liés à la parcelle.

L'extension des superficies irriguées et la modernisation de l'agriculture jouent un rôle déterminant dans le processus de développement économique et social d'un pays.

L'agriculture irriguée doit produire plus de nourriture pour répondre à la croissance des besoins mais en utilisant moins d'eau, d'énergie et de capitaux.

Le périmètre d'irrigation de Zelfana situé dans la wilaya de Ghardaïa connaît des baisses de rendements remarquables au cours de ces dernières années car l'eau disponible pour l'agriculteur est malheureusement de plus en plus rare et coûteuse.

C'est dans ce cadre que nous proposons à travers ce travail de concevoir un réseau d'irrigation capable de combler le déficit en eau des cultures existantes et projetées sur ce périmètre.

Pour la conception de notre projet d'irrigation, nous avons scindé notre travail en cinq chapitres à savoir :

Le premier chapitre qui est une description de la zone d'étude ensuite dans le deuxième chapitre il a été détaillé l'ensemble des différentes ressources en sol et en eau disponibles.

Viens alors le troisième chapitre ou on a calculé les besoins en eau des cultures ce qui sera le paramètre essentiel dans le dimensionnement hydraulique dans le quatrième chapitre.

Par la suite on est passé au choix et dimensionnement du système d'irrigation qui nous convient.

Enfin pour terminer une estimation du cout du projet a été faite.

### Chapitre I: analyse des conditions naturelles de la zone d'étude.

#### I.1 Introduction

L'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du lieu notamment le périmètre irrigué, et les facteurs qui influent sur la conception du projet, parmi eux, nous citons : les données climatiques, ainsi que les paramètres agronomiques de la zone d'étude qui vont nous permettre de prendre les dispositions nécessaires lors de la réalisation du réseau d'irrigation.

#### I.2 Présentation de la zone d'étude

La région de Zelfana, se situe géographiquement dans la partie Septentrionale de la wilaya de Ghardaïa. Le périmètre Zelfana sud relève du territoire de la commune de Zelfana dans la daïra du même nom, wilaya de Ghardaïa. Il couvre une superficie totale de 10 007 ha et se localise à environ 10 kms à vol d'oiseau au Sud-est de l'agglomération chef-lieu (ACL) de commune de Zelfana. Cette dernière est distante de 70 Km du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa. Notons enfin que le périmètre se situe à seulement à 1 km de la limite de la wilaya d'Ouargla.

Les coordonnées géographiques du périmètre sont représenté dans le tableau suivant :

**Tableau I.1:** les coordonnées (fuseau 31) de périmètre Zelfana

Périmètre	Commune	Daira	Wilaya	Surface (ha)	Coordonnées			
					1 Points	2 Points	3 Points	4 Points
Zelfana Sud	Zelfana	Zelfana	Ghardaïa	10007	04°18'04.70"E	04°19'31.77"E	04°20'08.34" E	04°21'20.49 "E
					32°19'18.33 "N	32°14'53.52"N	32°17'45.04" N	32°18'39.72 "N
					5 Points	6 Points	7 Points	8 Points
					04°30'08.66" E	04°27'50.44" E	04°23'53.14" E	04°25'43.93" E
					32°15'25.82 " N	32°15'25.82" N	32°17'57.73" N	32°19'49.92" N

Les coordonnées géographiques du périmètre sont issues du GPS projection internationale WGS84.

Le périmètre est limité géographiquement comme suit :

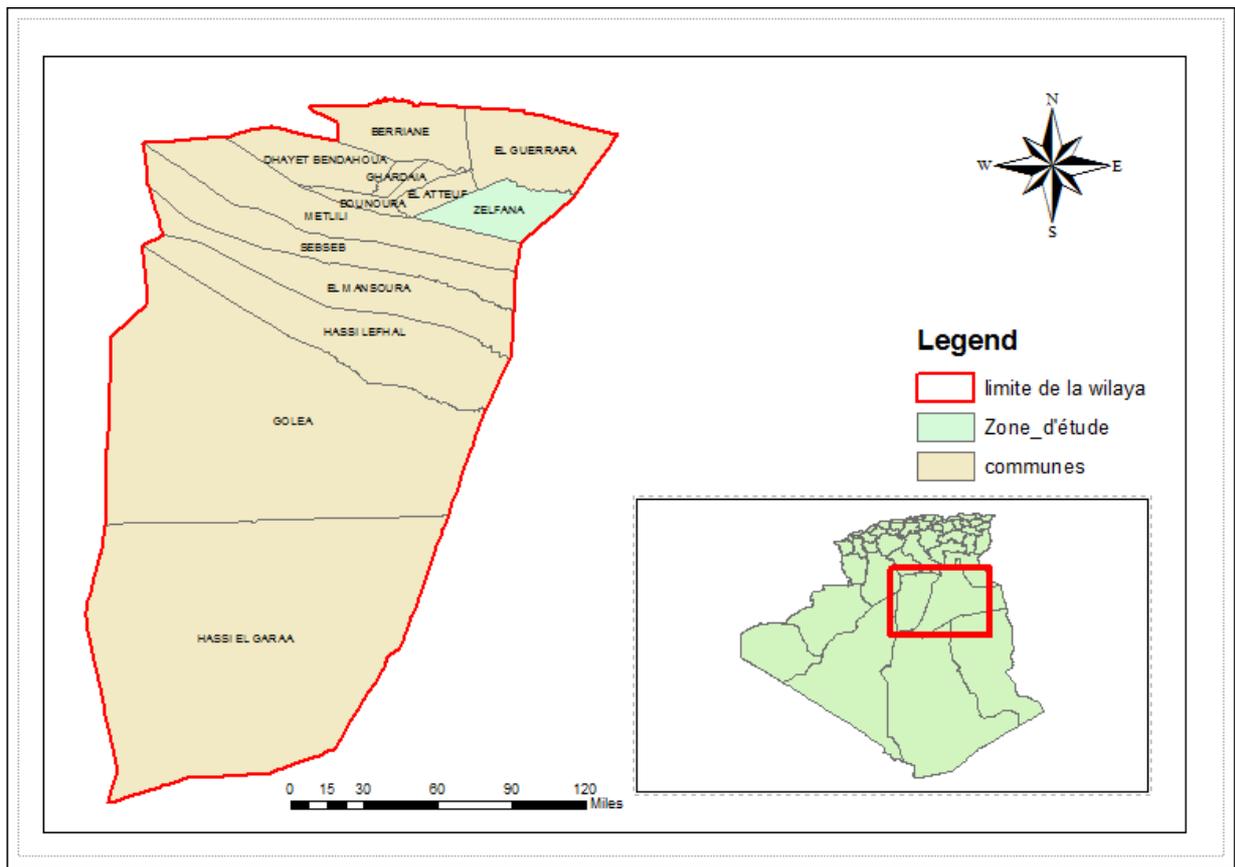
- ✓ Au nord : Un terrain nu, la route national n°49 et le gazoduc ;
- ✓ A l'est : La wilaya d'Ouargla ;
- ✓ Au sud : La commune de Metlili ;
- ✓ A l'ouest : Nebka el Arig et Oued M'zad.

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

Il y' lieu de relever que le périmètre est traversé par trois équipements d'utilité publique :

- En premier lieu : la route nationale n°49 qui traverse le périmètre d'étude en diagonale de la partie Nord-Ouest jusqu'à la partie Sud-Est ;
- En deuxième lieu : le gazoduc qui traverse le périmètre dans sa partie Nord ;
- En troisième lieu : on trouve l'alignement de ligne électrique de haute tension (HT) (Ghardaïa- Hassi Messaoud) qui traverse le périmètre parallèlement à la route national.

La situation de la zone d'étude est présentée comme suit :



**Figure I.1** : carte de situation de la zone d'étude

### **I.2.1 Choix du périmètre d'étude**

Le périmètre étudié dans ce mémoire correspond au périmètre Zelfana situé dans la commune de Zelfana (Secteur 01) qui présente une surface totale de 200 ha.

### **I.2.2 Topographie et géologie de la zone d'étude**

L'analyse du milieu physique est élaborée sur la base de l'exploitation de la documentation bibliographique et cartographique existante et des données statistiques disponibles couvrant la zone d'étude, l'ensemble étant conditionné pour consolidation par des travaux de terrain. Elle portera sur les aspects les plus significatifs, à savoir le relief, le climat, les ressources en eaux, les ressources en sols, l'érosion éventuellement et l'occupation du sol. Il s'agit de réunir toutes les informations relatives aux conditions naturelles du milieu physique et de déterminer les extrêmes conditionnant les mises en culture.

Le relief est un paramètre déterminant dans la mise en valeur agricole surtout en irrigué. Le périmètre de Zelfana sud repose sur un vaste plateau constitué pour l'ensemble par des calcaires lacustre du Pliocène Continental et des alluvions actuelles qui se résument en des dayas et encroûtements gypseux salines.

Les terrains constituant ce périmètre ont une inclinaison comprise entre 0 – 6 %, tout en signalant que ceux ayant 6 % sont rares, constituant des zones de contact entre la zone de dayas, le plateau (des ondulations) et des dépressions. Les altitudes oscillent de 300 à 340 mètres, ce qui dénote d'une morphologie presque plane.

### **I.3 Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude**

L'étude du climat, est une étape primordiale dans les projets hydro-agricoles, puisqu'elle permet de quantifier les paramètres intervenant dans le choix des cultures et le dimensionnement des réseaux d'irrigation.

Le climat est un facteur primordial qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. Tous les facteurs climatiques à savoir : température, vent, précipitation, humidité relative, nébulosité et évaporation influent sur les cultures envisagées dans leurs cycles végétatifs et sur leurs besoins en eau.

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver.

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

La présente caractérisation est faite à partir d'une synthèse climatique de 23 ans entre 1989-2012 ; à partir des données de l'Office Nationale de Météorologie.

### I.3.1 Caractéristiques de la station météorologique

**Tableau I.2 :** coordonnées de la station météorologique de la région de GHARDAIA

Station	Code de la station	X	Y	Période d'observation.	Durée d'observation
Pluviométrique Ghardaïa	130427	502.895	201.917	1989-2012	23 ans

### I.3.2 Précipitations

Les précipitations proviennent des nuages. Transportés par la circulation atmosphérique, les nuages se déplacent et sous l'effet de la pesanteur, l'eau retombe sur le sol sous forme d'eau, de neige ou de grêle (état liquide ou solide), ce sont les précipitations.

Les pluies ont un rôle primordial dans la constitution des réserves d'eau souterraine.

Cependant seule une fraction des eaux pluviales arrivant sur le sol permet de recharger les nappes souterraines.

**Tableau I.3 :** Précipitations Moyennes Mensuelles (mm).

Stations Ghardaïa	Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
	P (mm)	12.8	3.1	8.9	6.9	2.0	4.2	0.8	2.2	18.3	7.9	6.7	5.9	79,7

Source (ONM d'Alger )

La pluviométrie dans la région est extrêmement faible, puisque la moyenne annuelle enregistrée est à peine égale à 79,7 mm, avec un nombre de jours de pluies également faible (25 jours).

### I.3.3 Température

Notre région d'étude caractérisée par un climat Saharien, la température joue un rôle très important par son influence sur les autres paramètres météorologiques tel que l'évaporation et le taux de l'humidité de l'atmosphère. Le tableau ci-dessous illustre les variations de la température moyenne, minimale et maximale des stations. La place des températures, définie dans l'intervalle températures moyennes des minima et maxima, est par conséquent primordiale à connaître. Elle conditionne en effet le choix des espèces ou variétés de cultures à préconiser.

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

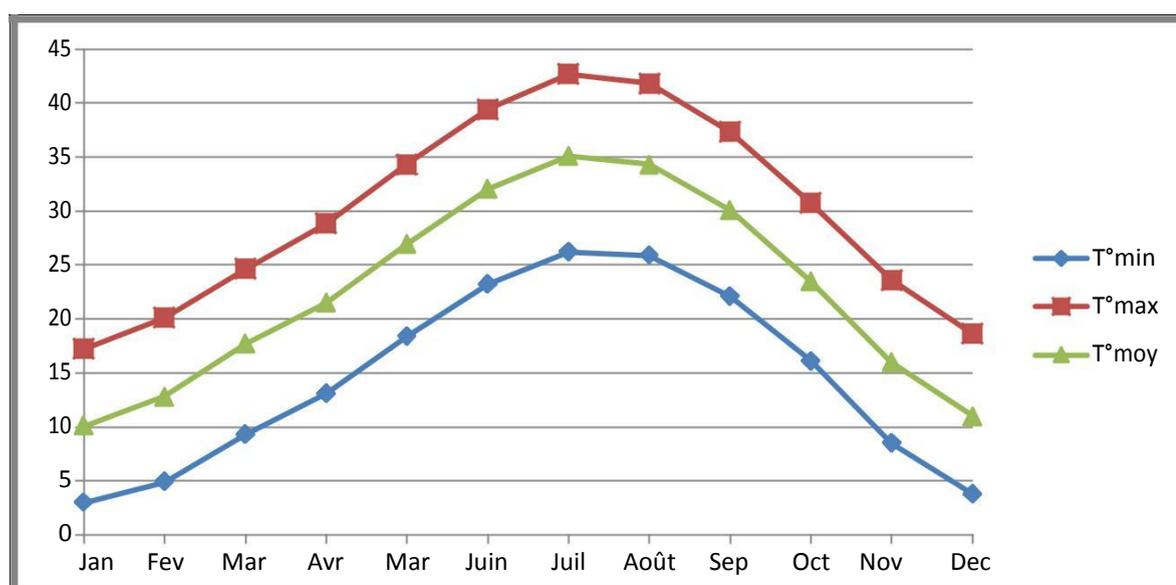
**Tableau I.4:** Températures mensuelles moyennes (°C)

T°c	Jan	Fev	Ma	Avr	Ma	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
<b>T°Mini abs</b>	<b>-0,9</b>	-0,5	2,2	4,0	7,1	11,0	20,2	20,6	13,0	7,5	1,2	0,0	-
<b>T°Maxi abs</b>	28,6	35,2	38,7	39,0	43,5	45,4	<b>47,0</b>	46,2	43,8	39,8	33,4	27,5	-
<b>T°Mini</b>	<b>3,0</b>	4,9	9,3	13,1	18,4	23,2	26,2	25,9	22,1	16,1	8,5	3,8	14,5
<b>T°Maxi</b>	17,2	20,1	24,6	28,8	34,3	39,4	<b>42,7</b>	41,8	37,3	30,7	23,6	18,6	29,9
<b>T°moy</b>	10,1	12,8	17,7	21,5	26,9	32,0	<b>35,1</b>	34,3	30,1	23,5	16,0	11,0	22,6

Source (ONM d'Alger )

Avec :             $T^{\circ}_{\min}$  : Moyenne de tous les minima observés pour chaque mois.  
                        $T^{\circ}_{\max}$  : Moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois.  
                        $T^{\circ}_{\text{moy}}$  : Moyenne mensuelle.

On représente les températures graphiquement comme suit:



**Figure. I.2 :** Variation des températures mensuelles.

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

Il ressort que la température moyenne des minima la plus basse est observée en janvier, alors que celle des maxima la plus haute en juillet. Quant à la température moyenne la plus élevée, elle est enregistrée également au mois de juillet. Aussi la saison chaude (température moyenne supérieure à 20° C) dure plus de 7 mois. Relevons enfin que les minima absolus peuvent descendre sous la barre du zéro degré, atteignant moins 0,9°C en janvier, et les maxima absolus avoisinent souvent les 47,0°C. A ces températures extrêmes, il faut connaître en plus l'amplitude thermique journalière car de nombreuses espèces végétales y sont sensibles. En effet dans les régions du sud, elle est très importante durant toute l'année.

### I.3.4 L'humidité

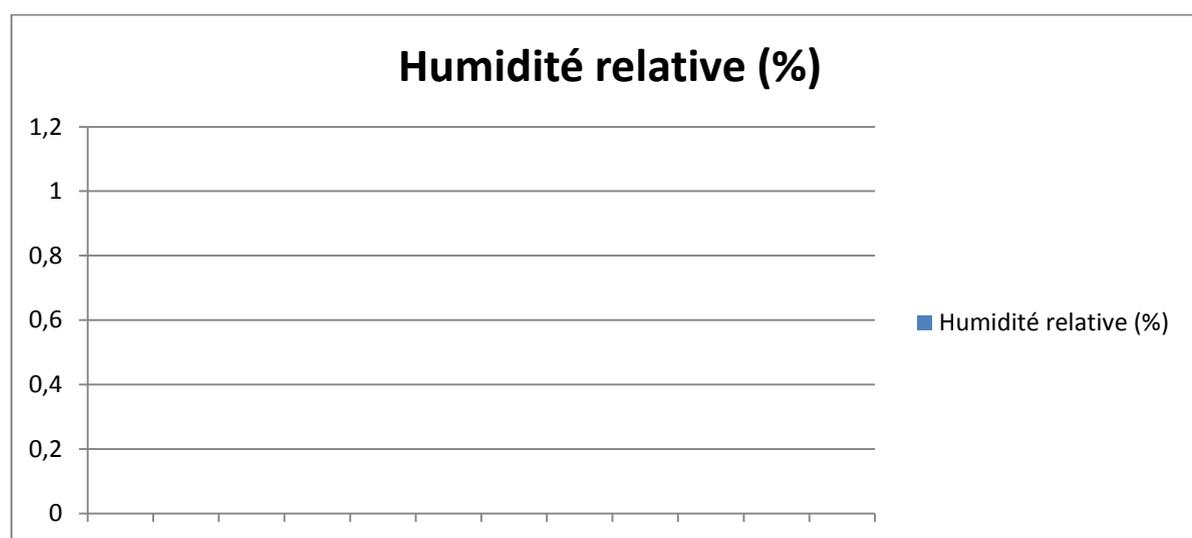
L'humidité est très importante car elle influe sur l'évaporation, elle est plus élevée en hiver qu'en été. Ceci s'explique par l'effet de la température qui est élevée en été et basse en hiver, et le maximum correspond au mois le plus froid. Le tableau suivant donne les valeurs de l'humidité moyennes mensuelles observées La région d'étude est très sèche, comme on peut le constater à travers la lecture du tableau suivant. L'humidité relative est inférieure à 50 % durant neuf mois de l'année.

**Tableau I.5:** Humidités relatives moyennes mensuelles

Stations	Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	An
Ghardaïa	H%	55	46	40	35	29	25	22	24	34	43	52	56	-

Source (ONM d'Alger )

Le mois le plus humide est Décembre caractérisé par une forte humidité de 56 % et le mois le plus sec est juillet caractérisé par une faible humidité de l'ordre de 22 %.



**Figure. I.3 :** Variation Humidités relatives moyennes mensuelles

### I.3.5 Le vent

Le vent est un autre facteur climatique important dans la caractérisation du climat par son influence directe sur les sols, la végétation et les autres facteurs tel que les précipitations et l'évapotranspiration. Il intervient aussi dans le choix de type d'irrigation.

Les vents au niveau de la région de Ghardaïa sont de deux types :

- Les vents de sable en automne, printemps et hiver de direction Nord - Ouest.
- Les vents chauds (Sirocco) dominant en été, de direction Sud - Nord ; très secs et entraînant une forte évapotranspiration.

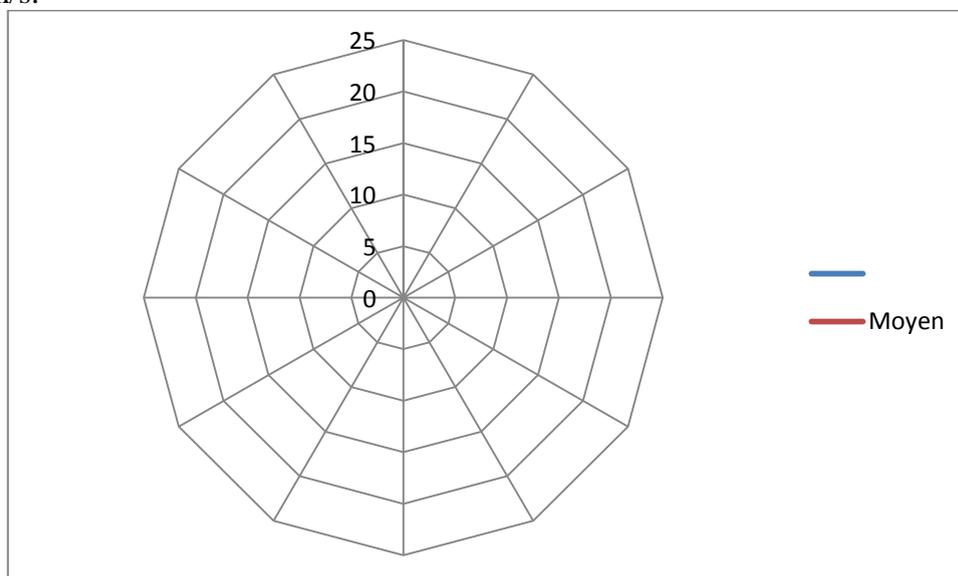
Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées à la station de Ghardaïa sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau I.6:** Vitesse moyenne et Maxi des vents (m/s).

Stations	Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Ghardaïa	Moyen	3.5	3.7	4,2	4,6	4,4	4,2	3,5	3.2	3.6	3.0	3,2	3.4
	Max	30	31	30	33	40	32	41	37	36	26	25	23

Source (ONM d'Alger )

D'après le tableau I.5 Le vent en été caractérisés seulement par son vitesse dont la valeur moyenne est de 3.71 m/s.



**Figure. I.4 :** Variation de vent mensuelle

### I.3.6 L'évaporation

Les phénomènes d'évaporation interviennent dans le cycle hydrologique dès le moment où les précipitations; sous forme liquide ou solide; atteignent la surface du sol. De plus l'humidité du sol, soit qu'elle provient des pluies récentes infiltrées à faible profondeur, soit qu'elle remonte par capillarité directement de la nappe phréatique ou par l'intermédiaire de la couverture végétale constitue un aliment important pour l'évaporation. Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous la moyenne mensuelle de l'évaporation

**Tableau I.7 :**L'évaporation moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juit	Avr	Sept	Oct	Nov	Déc	Som
mm	102.1	127.3	190.5	246.2	303.2	366	421.8	375	296.8	183.3	127.9	146	<b>2886</b>

Source (ONM d'Alger)

On remarque d'après le tableau I.7 ; que L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de **2886** mm /an, avec un maximum mensuel de **421.8** mm au mois de Juillet et un minimum de **102.1** mm au mois de Janvier

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

### I.3.7 Nébulosité

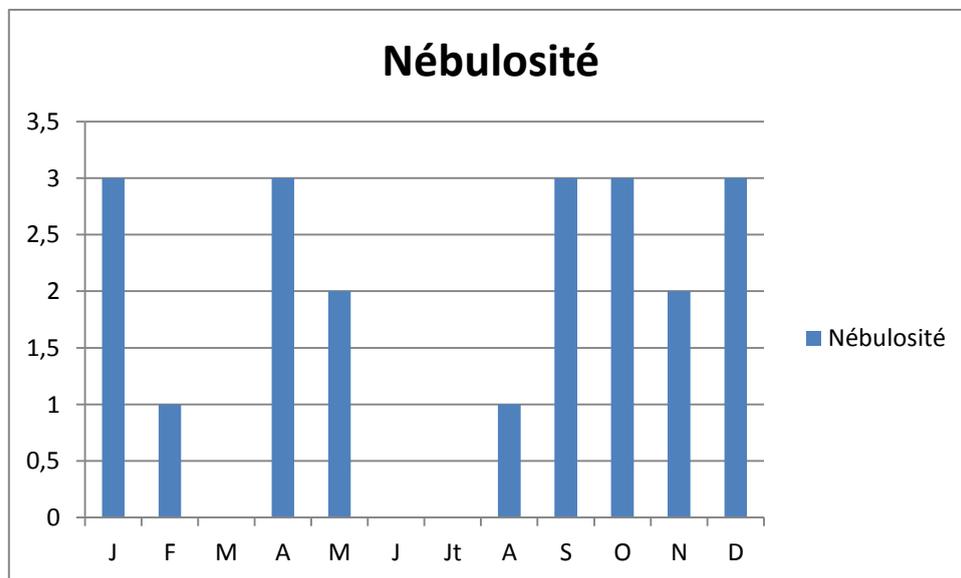
La nébulosité correspond à la fraction du ciel couvert par les nuages ou la quantité de nuage qui empêche l'ensoleillement de la surface du sol. Elle est évaluée à l'aide d'une échelle graduée de 0 à 10. Le 0 indique un ciel tout à fait clair, alors que le 10 indique un ciel totalement couvert.

Les valeurs moyennes mensuelles de la nébulosité sont représentées dans le tableau

**Tableau I.8 :** Les moyennes mensuelles de la nébulosité

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nébulosité	3	1	0	3	2	0	0	1	3	3	2	3

Source (ONM d'Alger)



**Figure. I.5 :** Variation Des moyennes mensuelles de la nébulosité

### I.3.8 Insolation

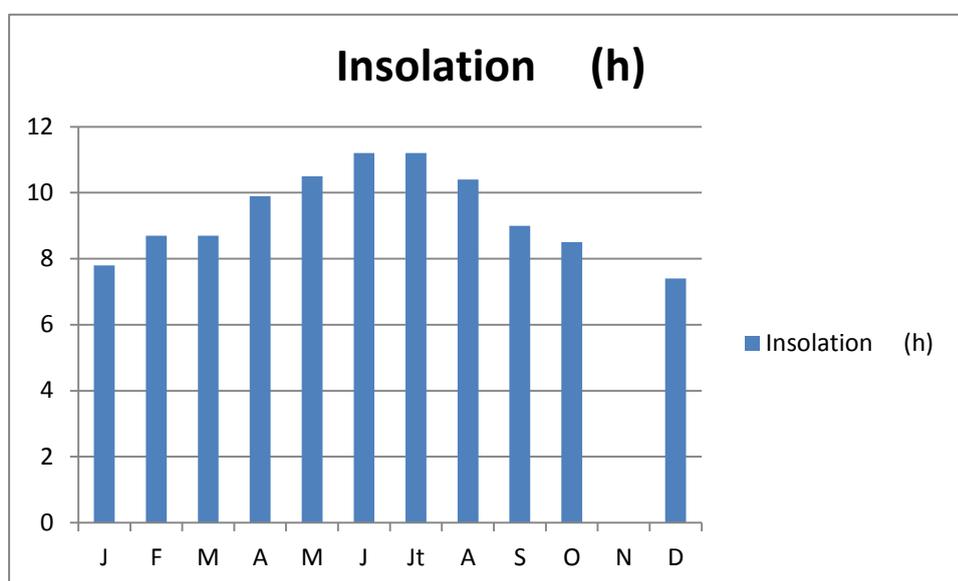
Insolation signifie la quantité d'énergie solaire reçue, mais aussi peut être synonyme d'ensoleillement, c'est-à-dire la durée d'exposition d'un site au Soleil

Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau I.9

**Tableau I.9 :** Insulations moyennes mensuelles

Stations	Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Ghardaïa	h/j	7,8	8,7	8,7	9,9	10,5	11,2	11,2	10,4	9,0	8,5	8,3	7,4

Source (ONM d'Alger)



**Figure. I.6 :** Variation Insulations moyennes mensuelle

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

La durée moyenne de l'insolation est de 283,75 heures/mois, avec un maximum de 342h durant le mois de Juillet ; et un minimum de 240h durant le mois de Décembre. La durée moyenne annuelle est de l'ordre 3405 heures/an

### I.4 Indices climatiques :

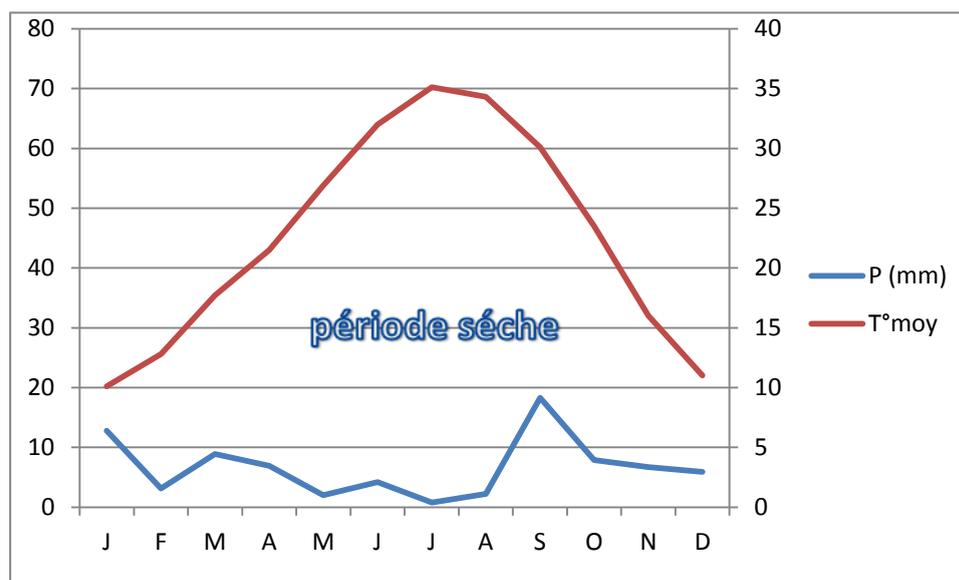
#### I.4.1 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la température est double de la pluviosité.

**Tableau I.10:** Données de la pluie moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	12,4	3,4	10,3	8,8	3,2	2,8	2,1	4,6	19	7,1	7	4,6
T°moy	10,1	12,8	17,7	21,5	26,9	32	35,1	34,3	30,1	23,5	16	11

Source (ONM d'Alger)



**Figure I.7: Climagramme de Gaussen**

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale toute l'année.

### I.4.2 Indice d'aridité de Martonne (1926)

Pour enrichir plus l'idée sur le climat d'une région, le géographe de **MARTONE** a proposé en 1923 un indice d'aridité vite devenue célèbre fondé sur le régime des précipitations et des températures selon la formule suivante:

Avec:

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

**IA** : indice climatique.

**P**: précipitation moyenne annuelle (mm/an) ;

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

**Tableau I.11** : Classification de climat selon MARTON

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

Pour la station de Ghardaia:

**P**= 85.2 mm/an

On aura **I**=3.8

**T**= 22.6°C

Selon l'indice d'aridité calculé et d'après le tableau de classification ci-dessus, on constate que la région est soumise à un type de climat **désertique** par conséquent, l'irrigation est **indispensable**.

### I.4.3 Indice (Quotient) pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique ou indice climatique d'EMBERGER sert à définir les cinq différents types (étages) de climat méditerranéen, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne, la technique est fondée sur un diagramme dressé par Mr EMBERGER

Ce quotient est défini par la formule :

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

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

---

Avec :

- **Q** : quotient pluviométrique d'EMBERGER
- **M** : la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin
- **m** : la moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin
- **P** : pluviométrie annuelle en mm

Le climagramme d'EMBERGER est représenté :

- en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid.
  - en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER.
- A.N :

$$M=42.7+273= 315.7 \text{ K}$$

$$m=3.0+273= 276 \text{ K}$$

$$Q = \frac{2000 * 85,2}{315,7^2 - 276^2} = 7,2$$

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER la valeur de  $Q = 7,25$  pour une température du mois le plus froid  $m$ , et une température du mois le plus chaud  $M$  nous donne un étage bioclimatique «**Saharien**».

Ces renseignements complètent et confirment celles obtenues précédemment par la méthode de MARTONNE

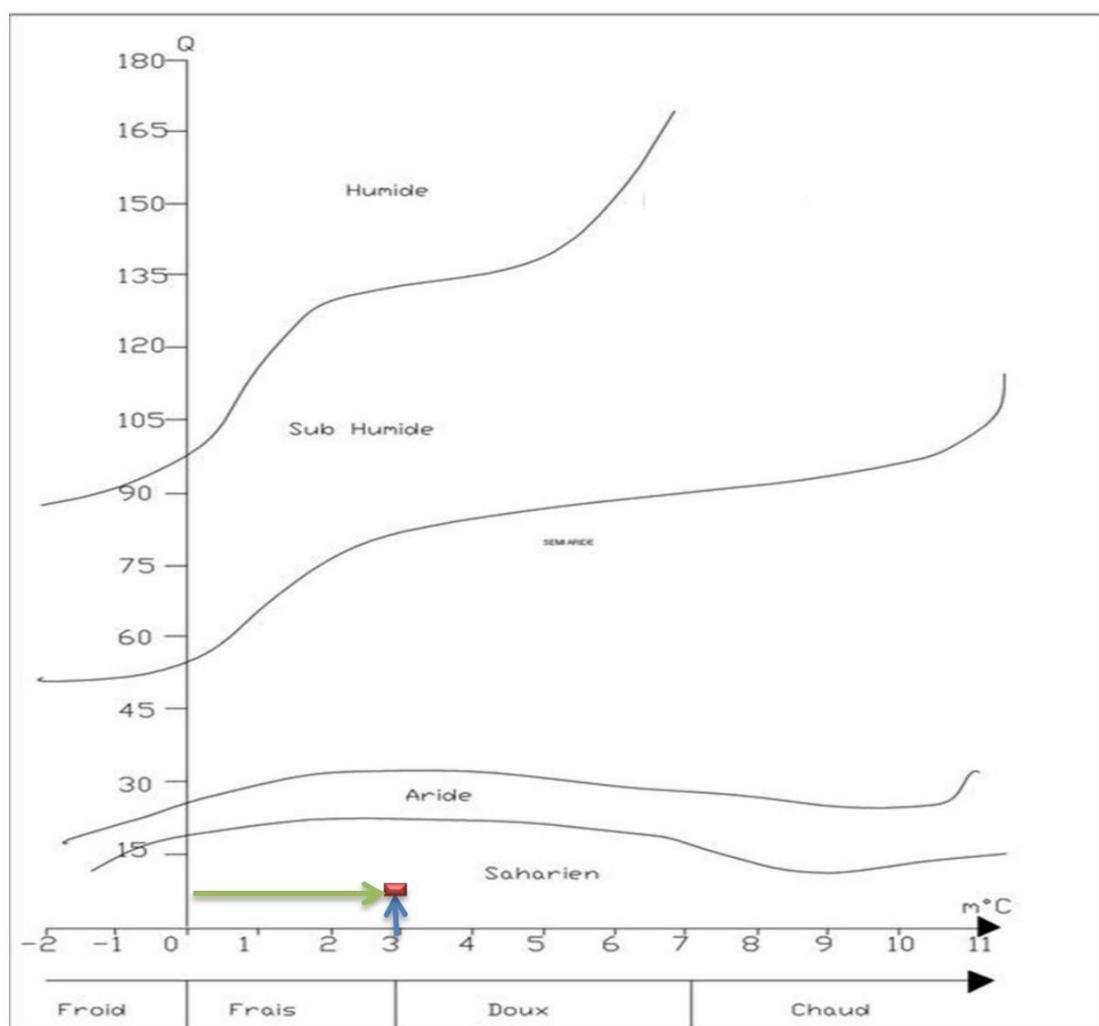


Figure I.8 : Climagramme d'EMBERGER.

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

### I.5. Analyse du milieu socio-économique

Cette analyse concerne la commune de **Zelfana** dont le territoire constitue la zone d'accueil du projet. La commune constitue en outre l'unité administrative et statistique de base dont l'approche consiste à mettre en exergue les conditions de vie et de production des populations concernées. Le but recherché est de déterminer les déficits, et de cerner donc les besoins de ces populations dans divers domaines (emploi, habitat, santé, raccordement aux réseaux, etc.). L'approche est basée sur l'analyse d'un certain nombre d'indicateurs liés aux aspects démographiques, sociaux et économiques. Concernant ce dernier aspect, une attention particulière sera accordée au secteur de l'agriculture et de l'élevage, étroitement lié aux objectifs de la présente étude. Cette analyse est basée sur des données statistiques fournies par la Direction des Services Agricoles (DSA) et la Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire (DPSB) de la wilaya.



**Tableau I.12 :** Caractéristiques socio-économique de la wilaya de Ghardaïa

Paramètre	Caractéristiques et indicateurs commune		Donnée wilaya	
Evolution population	Population RGPH 2008 (hab.)		10 161	363 598
	Population 2013 (hab.)		11 252	430 563
	Taux d'accroissement annuel (%)		2,98	2,43
Densité population	Population (hab.)		11 252	430 563
	Superficie (Km <sup>2</sup> )		1 946,23	84 660,12
	Densité (Hab. / Km <sup>2</sup> )		5,78	5,09
Répartition population par âge	0 – 4 ans	1 426 hab.		
	5 – 19 ans	3 794 hab.		
	20 – 60 ans	5 505 hab.		
	+ 60 ans	526 hab.		
			54 390 hab.	
			139 340 hab.	
			208 940 hab.	
			27 893 hab.	

Source : réalisé à partir des données DPSB (2013) et RGPH (2008).

## Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

### I.6.emploi

L'activité économique dans le M'Zab est basée sur l'exploitation par la population, des ressources du milieu. Les formes d'exploitation sont : l'agriculture, BTPH, l'industrie et le commerce, le tableau suivant résume la structure de l'emploi et l'importance des différentes activités économiques pour identifier les secteurs générateurs d'emplois et ceux qui le sont moins.

**Tableau I.13 :** Emploi dans la wilaya de Ghardaïa

Caractéristiques et indicateurs	Paramètres	Commune	Moyenne wilaya
<b>Structure</b>	P. Agée de + 15 ans	7874	286648
	Population active	3217	116319
	Nombre d'occupés	2866	103722
	STR	351	12597
	Taux d'activité	40,8%	40,5%
	Taux d'occupation	89%	89,1%
	Taux de chômage	10,9%	10,8%
<b>Occupés/BAE</b>	Agriculture 52,9%		
	BTPH 7,5%		
	Industrie 9,7%		
	Services et autres 29,9%		

Source : Réalisé à partir des données DPSB (2013).

Pour une population totale âgée de plus de 15 ans dont l'effectif est estimé à 7 874 habitants, la commune dispose d'une population active égale à 3 217 personnes, ce qui donne un taux d'activité moyen de 40,8%, valeur légèrement supérieure à la moyenne de la wilaya. Cette structure de l'emploi fait ressortir une situation satisfaisante au niveau de la commune, puisque les deux principaux indicateurs, le taux d'occupation et le taux de chômage, avec respectivement 89,1% et 10,9%, indiquent une dynamique de l'emploi au niveau communal et de la wilaya d'une manière générale.

## **Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude**

---

La répartition des occupés par BAE (branches d'activités économiques) montre que l'agriculture est de loin, l'activité dominante, statistiquement elle détient plus de la moitié des occupés (52,9%). En seconde position, le secteur des services et autres occupe une place non moins importante puisqu'il prend en charge 29,9% des occupés. Ce secteur tertiaire se caractérise en fait par la multitude d'activités (administration, services, transport, commerce, tourisme, etc.) qui le composent. On retrouve en troisième position l'industrie qui occupe une place moins importante, prenant en charge 9,7% de l'ensemble des occupés. Le BTPH faiblement représenté (7,5%), alors qu'il s'agit d'une BAE qui devrait normalement bénéficier de l'ambitieux programme de mise à niveau et d'extension des équipements et infrastructures de base, pouvant donc offrir plus d'opportunités de travail.

### **I.7.Conclusion**

La synthèse des données climatiques nous permet de distinguer que la région est

## **Chapitre I: analyse des conditions naturelles du la zone d'étude**

---

caractérisée par un climat hyper aride de type saharien, présenté par une irrégularité annuelle et interannuelle parue par une période sèche s'étale tout l'année

La plus forte température de l'ordre de 42,7 C ° est enregistrée au mois de Juin au cours duquel l'évaporation est maximale et est de 421.8 mm tandis que la plus faible température est de 3°C correspond au mois de Janvier durant lequel l'évaporation est minimale atteignant une valeur de 102.1 mm

Quant aux précipitations, la quantité maximale a été observée en Janvier avec une valeur de 10.57mm et le taux minimal de 2.1mm a été observé au mois de Juillet.

Le mois le plus humide est Décembre caractérisé par une forte humidité de 56 % et le mois le plus sec est juillet caractérisé par une faible humidité de l'ordre de 22 %. La brillance de soleil est très élevée en Juillet et dure 342 heures ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif.

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

#### II.1 Introduction

L'étude pédologique est l'une des sources essentielle pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols , définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeurs en irrigation ainsi les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols. Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

- La profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible ;
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui jouent sur les possibilités de rétention en eau ;
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et, globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages ;
- Les caractéristiques chimiques (PH, SAR, CE.....) qui influent sur l'éventail des possibilités culturales de la zone à irriguer.

La bonne connaissance du sol permet le bon choix des cultures les plus adaptées.

#### II.2.Ressources en eaux

L'eau est l'élément vital et fondamental à toute activité économique à travers la wilaya de Ghardaïa, surtout quand il s'agit de l'activité agricole. Les ressources hydriques sont soit de surface, soit souterraines.

##### II.2.1.Eaux surfaciques

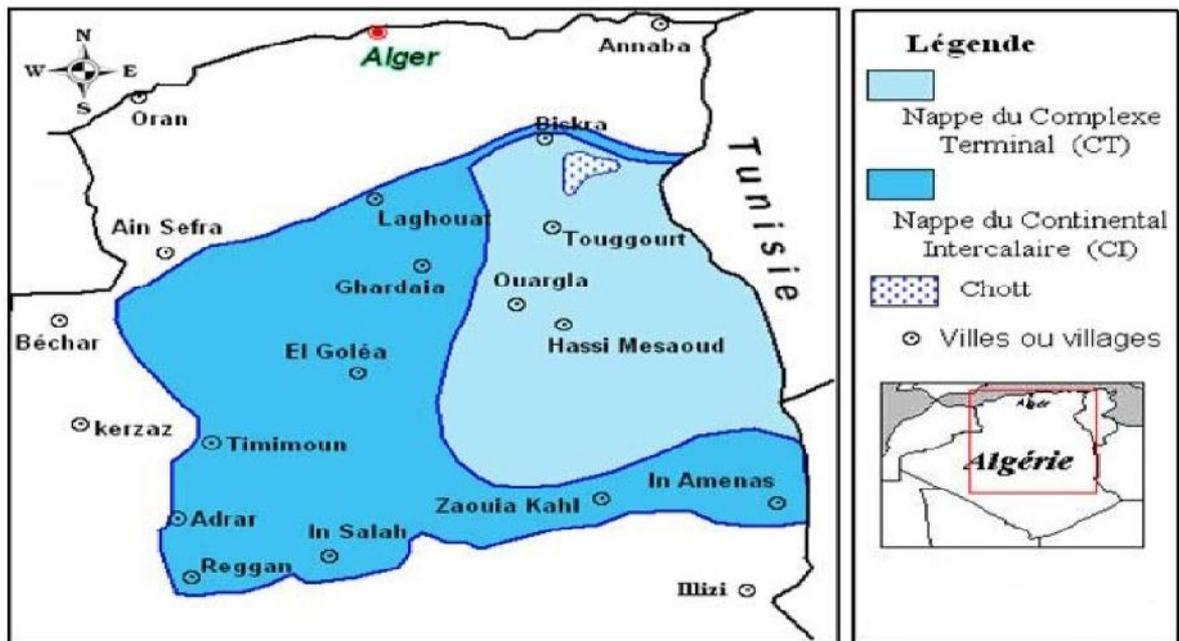
Les eaux de surface sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes ils sont générés par les inondations des oueds à régimes temporaires, sporadiques et cycliques. L'oued M'Zab, hormis les autres cours d'eau de moindre importance relative (oued Metlili, oued Touil, etc.), constitue la plus importante artère drainante de la wilaya. Ces eaux, celles de ses principaux affluents et des autres oueds, sont mobilisées par plusieurs digues qui alimentent les nappes inféro-flux exploitées surtout pour l'irrigation des palmeraies.

Ces ressources hydriques restent tout de même aléatoires du fait qu'elles dépendent des précipitations irrégulières et rares dans cette région..

Donc, dès à présent on peut affirmer que l'irrigation des périmètres ne peut en aucun cas se suffire de ce type de ressources hydriques.

### II.2.2-Eaux souterraines

Ces eaux sont issues de deux (02) nappes principales : la nappe du complexe terminal (CT) et la nappe du continental intercalaire(CI) dominante.



**Figure II.1: Carte des ressources en eau souterraines**

Source : (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002

#### II.2.2.1-La nappe du Complexe terminal (C.T)

Elle se compose de deux (02) parties séparées par l'anticlinal du M'Zab :

- ✓ Le bassin occidental, compris entre le M'Zab, la vallée de la Saoura et la flexure Atlasique.
- ✓ Le bassin oriental, limité à l'ouest par le M'Zab, au sud par les plateaux du Tademaït et du Tinrherth et se prolonge vers l'est en direction de la Tunisie et de la Libye.

La wilaya de Ghardaïa constitue globalement la zone de partage entre le bassin occidental et le bassin oriental de la nappe du complexe terminal (C.T). Du point de vue stratigraphique, on trouve à la base du complexe terminal, le Cénomaniens argilo-carbonaté. Spatialement, le

méridien passant par Ghardaïa constitue la limite d'extension du complexe terminal vers l'ouest. Le complexe terminal regroupe plusieurs aquifères, notamment le Sénonien, l'Eocène et le Mio-pliocène. Une partie des aquifères du complexe terminal possède un exutoire au niveau des chotts. Ces chotts sont partiellement alimentés par une drainance ascendante provenant des eaux souterraines. Le bilan hydraulique du complexe terminal, déjà au début des années 1970, était déficitaire d'environ 3 m<sup>3</sup>/s.

Cependant, on remarque que seule une petite partie de ce complexe (C.T) touche les limites nord/est de la wilaya de Ghardaïa.

### II.2.2.2-La nappe du continental intercalaire(C.I)

Cette nappe constitue la plus importante ressource hydrique à travers la wilaya de Ghardaïa, sur laquelle se répartissent les périmètres, objet de l'étude. Avec près de 800 000 km<sup>2</sup>, le continental intercalaire (CI) est l'un des aquifères les plus étendus de la planète. L'une de ces particularités est de constituer une ressource en eau souterraine « fossile » puisque très peu alimentée avec les conditions climatiques actuelles.

La nappe du continental intercalaire souvent appelée « Nappe de l'Albien » couvre les terrains dont l'âge va du Trias à l'Albien. A l'affleurement, le CI se présente sous la forme d'une succession de bancs gréseux, de sables fins et de niveaux argileux. La puissance de cet aquifère est généralement comprise entre 200 m et près de 1000 m. La recharge directe par les précipitations est quasi nulle tant la pluviométrie est très limitée. La seule contribution potentielle par les pluies est liée à l'épandage des crues au pied des reliefs de l'Atlas Saharien. Même si les premières estimations aboutissaient à des chiffres plus importants, les dernières modélisations (BNEDER/BRL/Ecole des Mines de Paris) aboutissent à une recharge actuelle du CI de l'ordre de 8,5 m<sup>3</sup>/s, donc très faible par rapport au volume stocké. L'exploitation de cette ressource s'apparente donc à un « gisement minier » dans lequel les prélèvements sont réalisés au détriment du stock.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique.

La nappe du continental intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au continental intercalaire, elle est Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).

- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia).

### II.3.Mobilisation des eaux souterraines

Concernant le périmètre Zelfana sud, Une situation arrêtée au 31/12/2011 par la Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire de la wilaya permet d'avoir des référents en vue d'une mobilisation des eaux souterraines pour les besoins de la mise en valeur agricole envisagée au niveau de la commune de Zelfana. Les informations disponibles se résument comme suit :

- ✓ Nombre de forages : 18 ;
- ✓ Profondeur moyenne : 1000 – 1200 m ;
- ✓ Débit moyen : 80 - 100 l/s ;
- ✓ Caractéristiques : Artésien;
- ✓ Variation débits (1970 et 1981) : + 16 l/s ;
- ✓ Rabattement (1970 et 1981) : 7,43 m ;
- ✓ Eaux mobilisées : 34,31Hm<sup>3</sup> / An ;
- ✓ Affectation eaux mobilisées : AEP (36%), AEI (21%), Irrigation (43%).

Ainsi, les possibilités pour notre périmètre d'étude (Zelfana sud dans la commune de Zelfana) sont une profondeur moyenne de 1000 - 1200 m et un débit moyen de 80 - 100 l/s. Concernant les variations des niveaux piézométriques, la région enregistre une valeur de 7,43 m, et une variation positive des débits (+ 16 l/s). Concernant l'affectation des eaux mobilisées, la part qui revient à l'agriculture est assez importante puisqu'elle représente près de la moitié (43%) du total.

Globalement, l'irrigation de ce périmètre du point de vue quantitatif et qualitatif ne devrait pas poser de problèmes majeurs.

### II.3.1. Moyens de stockage et équipements hydrauliques

#### II.3.1.1- Bassin ou réservoir de stockage

Pour recevoir l'eau pompée et pouvoir la mettre sous pression, il est préconisé la réalisation de 2 bassins d'accumulation de 750 m<sup>3</sup>. Les bassins serviront pour l'accumulation des eaux provenant des forages, et la régulation de la pression sera assurée par la pompe. Cette pompe sera branchée juste après le bassin d'accumulation, afin d'assurer la pression de service voulue pour une technique d'irrigation choisie.

#### II.3.1.2- Équipements hydrauliques

Après la réalisation des infrastructures hydrauliques (forages et bassins d'accumulation), il y a lieu de prévoir les équipements en :

- **Abris :** La construction de 2 abris pour la protection de chaque forage est nécessaire au niveau de la zone d'étude.

Les dimensions recommandées sont un abri de 7 m x 5 m x 3 m.

- **Pompes de refoulement :** Pour chaque forage, prévoir 01 pompe émergée pour alimenter les réservoirs. De même qu'il faut doter chaque bassin d'accumulation d'une pompe pour le refoulement de l'eau à travers les conduites et avoir une pression convenable pour l'irrigation.
- **Réseau de distribution :** Une étude de projet d'exécution du réseau d'irrigation est nécessaire pour définir le tracé du réseau, son dimensionnement ainsi que les ouvrages d'accompagnement (ventouse, vidange, vannes de sectionnement et bornes d'irrigation). Pour pouvoir irriguer le périmètre, il y a lieu d'installer un réseau de distribution de l'eau avec les bornes d'irrigation (03 bornes), soit une borne d'irrigation pour chaque concessionnaire.
- **Conduite d'irrigation :** Des forages vers les réservoirs.
- **Station de filtration :** L'obstruction est l'inconvénient majeur de la micro irrigation. Cette obstruction peut être d'origine physique (particules en suspension dans l'eau), chimique (précipitation de sels dissous) ou biologiques (développement de micro-organismes tels que les champignons ou bactéries). C'est la raison pour laquelle nous préconisons l'utilisation de stations de filtration qui seront installées à l'aval de chaque bassin de stockage, ceci afin d'éliminer dès le début l'origine et les causes d'obstruction physique par une filtration de l'eau.

### II.4. Qualité de l'eau d'irrigation

La vérification de la qualité de l'eau d'irrigation permet de préserver le sol et l'environnement. De plus, elle permet le bon développement des cultures.

Dans le cadre de cette étude, la qualité de l'eau souterraine qui sera utilisée pour l'irrigation a été étudiée par l'analyse des données de qualité d'eau brute.

#### II.4.1. La salinité

La salinité constitue l'aspect le plus important qui pose un problème dès l'instant où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement pouvant aller jusqu'au dépérissement de la culture.

Deux paramètres permettent d'apprécier pour une étude sommaire les risques dus à la salinité.

#### II.4.2. La conductivité électrique :

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique, selon la classification américaine

**Tableau II.1:** Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé

### II.4.3. Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

Si l'eau est riche en sodium celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ion  $Na^+$ , celle en ion  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Avec :  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  en meq/l.

Quatre classes de risque alcalin ont été définies, en relation avec le risque salin :

**Tableau II.2** Classification des eaux en fonction du SAR

Classe	S.A.R.	Risque d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

### II.4.4. Compositions chimiques de l'eau d'irrigation

Les caractéristiques chimiques de l'eau sont indispensables pour le choix des cultures et l'estimation de la dose d'irrigation, pour cela en fait des analyses sur la composition chimique de l'eau des forages existant dans la région, on présente les résultats suivant :

**Tableau II.3 :** Compositions chimiques de l'eau d'irrigation

Forage	PH	CEmmhos/cm	RS	SAR	Ca <sup>++</sup> (meq/l)	Mg <sup>++</sup> (meq/l)	Na <sup>+</sup> (meq/l)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	So <sub>4</sub> <sup>-</sup> (meq/l)
1	7.7	0.4	1.9	0.46	0.036	0.017	0.075	1.79	0.015
2	6.9	<b>0.7</b>	2.97	<b>3.38</b>	1.65	0.92	3.83	1.64	0.74

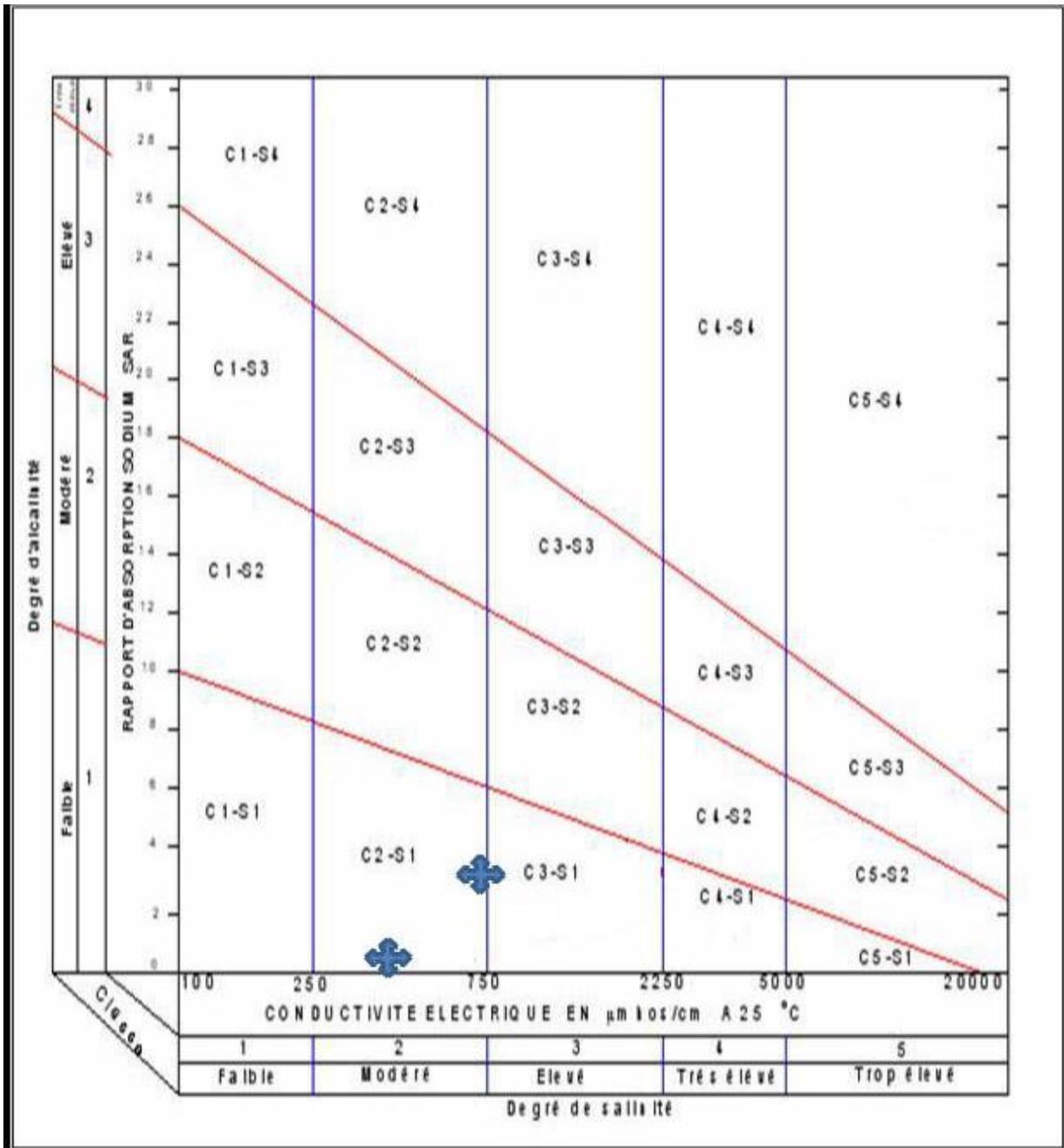
D.S.A Ghardaïa

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation, On peut distinguer que les caractéristiques analytiques de l'eau permettent de la classer comme une eau moyennement salé (C2-S1).

Ces eaux est utilisables pour l'irrigation de notre périmètre de point de vue de salinité. Mais on préconise de faire un lessivage a long terme pour lessiver les sels accumulés pendant les années.

## Chapitre II : Ressources en eau et en sol

Du point de vue d'alcalinisation, cette eau est utilisable pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être avocater.



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

### II.5. Ressources en sols

Les sols du Sahara ont pour principales caractéristiques leur régime hydrique de type aridique et leur très faible développement, liés à des valeurs extrêmes des paramètres climatiques, qui constituent des facteurs essentiels de leur évolution. En effet, le climat, avec ses caractéristiques particulières ( $P/ETP < 0,20$ , vents violents et fréquents), exerce une action prédominante sur la pédogenèse, en favorisant la formation de :

- Sols minéraux bruts d'ablation, avec concentration d'éléments grossiers (paysage de Reg).
- Sols minéraux bruts d'apport, avec concentration de sables fins (paysage dunaire).
- Sols salins et salins sodiques dans les zones basses et endoréiques où l'évaporation intense conduit à des encroûtements gypso - salins, gypseux ou gypso – calcaires.

La fraction minérale des sols irrigables est le plus souvent constituée, dans sa quasi-totalité, de sables, alors que la fraction organique est faible. Ces sols sont très peu fertiles car leur capacité de rétention en eau est très réduite. Aussi, leur capacité d'échange cationique, souvent très limitée, ne permet pas une bonne nutrition minérale des cultures. La fertilisation minérale doit être maîtrisée pour l'obtention de bons résultats agricoles.

Afin d'apprécier les ressources en sols du périmètre, il est donc question d'élaborer une cartographie pédologique pour dégager la répartition spatiale des sols suivie de l'établissement de la carte d'aptitude culturale des sols rencontrés, après une analyse approfondie des différents paramètres morpho - analytiques des sols. Sur le plan méthodologique, la cartographie suivie a consisté en une implantation des profils aux nœuds d'une grille plus au moins régulière, dont la densité était auparavant fixée par l'échelle de l'étude. Cette technique nous a conduits à la réalisation de 200 profils à travers le périmètre, tous décrits en détails et échantillonnés (cf. Annexe). Tous les profils creusés ont été décrits selon une fiche standard qui comprend :

- Les coordonnées des profils, déterminés à l'aide d'un GPS avec une projection WGS 84.
- Une description de l'environnement du profil, à savoir la géomorphologie, la lithologie (roche mère), la pente, l'aspect de surface, l'occupation actuelle du sol, l'épaisseur du profil et de chaque horizon, la composition granulométrique, les niveaux limitant s'ils existent, la couleur des horizons selon le code Menshell, la

réaction du sol au contact du Hcl dilué, la structure des sols et l'appréciation de la matière organique, ainsi que le type d'enracinement ;

- L'étude analytique au laboratoire a porté sur l'analyse granulométrique, la matière organique, le calcaire total, la conductivité électrique, la capacité d'échange cationique, le pH et les éléments fertilisants.

La classification utilisée dans le cadre de la présente étude est celle de la commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S) adoptée en Algérie.

### II.6. Etude des sols

La prospection pédologique au niveau de ce périmètre d'une superficie de dix mille (10 000) hectares et à morphologie plane à très faibles pentes, conjuguée aux analyses physico chimiques de deux cents trente-six (236) échantillons, a permis de reconnaître deux grandes unités pédologiques homogènes : les sols minéraux bruts xériques éolisés en reg (organisés d'ablation) et les sols peu évolués xériques subdésertiques modaux.

#### II.6.1 Description d'un profil type des sols minéraux bruts xériques éolisés en (regs)

##### Profils n° : 1

Ces sols à aspect de surface trop caillouteux (reg moyen à grossier composé de galets et cailloux à forme variée) se caractérisent principalement par une profondeur faible à moyenne par endroits, limitée soit par la roche mère gréseuse soit par un horizon d'accumulation de cailloux et galets de grès calcaire qu'on peut assimiler à une roche très fragmentée

##### II.6.1.1 Description d'un profil type : Profil N° 1

###### Données générales :

Géomorphologie : reflat

Pente : 0 – 3%

Occupation actuelle : terrain nu

Aspect de surface : reg moyen composé d'environ 50% de galets siliceux de 1 à 5 m de diamètre

Coordonnées : X = 04° 22' 55,3''

Y = 32° 16' 30,0''

Classification :

Classe : Sols minéraux bruts

s /classe : Sols minéraux bruts xériques

Groupe : xériques subdésertique

s /groupe : éolisés en reg

### II.6.1.2 Description morphologique du profil

0 – 34 cm : sec, couleur 7,5YR6/4, texture sablo limoneuse, structure particulière, présence d'environ 10% de cailloux, pas de racines, activité biologique nulle, matière organique non directement décelable, poreux, friable, légère effervescence à Hcl.

- 34 cm : roche mère calcaire fragmentée

### II.6.1.3 Résultats analytiques :

**Tableau II.4 :** Résultats analytiques de profile n :01

Numéro du profil		P1
Code laboratoire numéro		134
Horizons		H1
Profondeur en cm		0-34
Granulométrie (en %)	A	4,50
	LF	7,60
	LG	10,70
	SF	61,60
	SG	15,60
Caco3 Total (en %)		11,50
Caco3 Actif (en %)		3,29
CEC (en méq /100 g)		2,35
PH ( au 1/5)		8,80
C.Emmhos/cm. (1/5)		0,13
C %		0,05
MO %		0,08
Gypse %		/

Source : BENDER

### II.6.1.4 interprétation et valeur agronomique

Ces sols, minéraux bruts organisés d'ablation qu'on appelle communément reg, à aspect de surface trop caillouteux, se caractérisent principalement par :

- Une profondeur faible ne dépassant pas dans les meilleurs des cas 35 cm, Limitée soit par la roche mère calcaire soit par un horizon d'accumulation de cailloux et galets de calcaire qu'on peut assimiler à une roche fragmentée.
- Une texture dominée par la fraction sableuse (sable fin et sable grossier avoisinent 80%) avec incorporation de nombreux éléments grossiers qui rendent ces sols très

filtrants. Ce caractère de granulométrie confère à ces sols un très faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants.

- Des teneurs en calcaire actif inférieures à 10% dans tous les profils analysés.
- Une fertilité chimique très aléatoire exprimée par une capacité d'échange cationique inférieure à 10meq/100 g et des taux en matière organique inférieurs à 0,5% dans tous les profils.
- Une absence totale de salinité exprimée par des teneurs en conductivité électrique CE inférieures à 2 mmhos/cm avec un ph oscillant entre 8 et 9.

La mise en valeur de ces sols nécessite quelques aménagements préalables tels que :

- Epierrage de l'aspect de surface pour rendre les parcelles facilement mécanisables.
- Amendements organiques (fumier de bovins, d'ovins ou de camelins) et minéraux afin d'améliorer la fertilité chimique et le pouvoir de rétention de ces sols.
- Installation de brises vents pour protéger les cultures des vents secs et violents qui sont fréquents dans la région.

Après aménagement, les sols à faible profondeur pourront bien convenir aux espèces à enracinement superficiel telles que les cultures maraichères. (Poivron, piments, ail, concombre, tomate, artichaut, pastèque, carotte, etc.), et moyennement aux cultures céréalières et aux cultures fourragères.

### **II.6.2 Description d'un profil type des Sols peu évolués xériques subdésertiques modaux**

#### **Profils n° : 2**

Ces sols à aspect de surface graveleux sans contrainte pour leur mécanisation présentent un profil de type AC moyennement profond contenant plus que de traces de matière organique et constituent sur le plan physique les meilleurs sols à l'irrigation car ils ne renferment aucune contrainte majeure à leur mise en valeur à part la fertilité chimique facilement corrigeable par des amendements organiques et minéraux.

### II.6.2.1 Description d'un profil type : Profil N° 2

#### Données générales :

Géomorphologie :	replat		
Pente :	0 – 3%		
Occupation actuelle :	terrain nu		
Aspect de surface :	masque quartzeux		
Coordonnées :	X = 04° 26' 30,3''	Y = 32° 13' 15,5''	
Classification :			
Classe :	Sols peu évolués		
s /classe :	Sols peu évolués xériques		
Groupe :	xériques sub désertique		
s /groupe :	modaux		

### II.6.2.2 Description morphologique du profil :

0 – 35 cm : sec, couleur 7,5YR6/4, texture sableuse, structure particulaire, présence d'environ 3% de cailloux calcaires, quelques racines fines, activité biologique faible, matière organique non directement décelable, poreux, friable, très faible effervescence à Hcl, transition diffuse.

35 – 80 cm : sec, couleur 7,5YR7/4, texture sablo limoneuse, structure particulaire, présence d'environ 5% de cailloux calcaires, pas de racines, activité biologique nulle, matière organique non directement décelable, poreux, friable, faible effervescence à Hcl, transition nette.

- 80 cm : roche calcaire fragmentée

### II.6.2.3 Résultats analytiques :

**Tableau II.5** : Résultats analytiques de profile n :02

Numéro du profil		P2	
Code laboratoire numéro		35	36
Horizons		H1	H2
Profondeur en cm		0-35	35-80
Granulométrie (en %)	A	2,60	4,50
	LF	6,00	7,60
	LG	8,80	11,50
	SF	63,20	67,40
	SG	19,40	9,00
Caco3 Total (en %)		3,75	9,00
Caco3 Actif (en %)		/	3,17
CEC (en méq /100 g)		1,76	2,71
PH ( au 1/5)		8,65	8,30
C.Emmhos/cm. (1/5)		0,40	0,09
C %		0,13	0,05
MO %		0,22	0,08
Gypse %		/	/

**Source : BENDER**

### II.6.2.4 interprétation et valeur agronomiques

La description pédologique et les analyses physico chimiques de ces sols ont mis en exergue certaines propriétés favorables à leur utilisation, et des propriétés défavorables nécessitant des améliorations lors de la mise en culture de ces sols. Parmi les caractéristiques favorables nous citons :

- Un aspect de surface graveleux sans aucune contrainte pour les travaux du sol.
- Une profondeur moyenne permettant une diversification des cultures.
- Une granulométrie dominée par la fraction sableuse très favorable au drainage interne de ces sols.

Sur le plan chimique, les paramètres qui permettent d'apprécier ces types de sols très peu actifs et très pauvres en matière organique sont :

- La conductivité électrique.
- Le calcaire actif et le gypse.
- La fertilité chimique.
- La conductivité électrique.

Ce paramètre qui permet d'estimer la teneur globale des sels dissous présente des teneurs faibles à très faibles inférieures à 2mmhos/cm dans tous les profils analysés et qui ne présente aucun signe de salinité actuellement, mais il est conseillé de procéder à des contrôles de salure qui pourraient provenir des eaux d'irrigation.

**Le Ph :** situé entre la fourchette de 8 et 9, il est peu favorable à la nutrition des plantes mais avec les amendements organiques il pourrait s'améliorer.

**Le Calcaire actif :** ce paramètre qui a des taux très élevés peut perturber le cycle végétatif des cultures très sensibles mais dans tous les profils analysés il est soit à l'état de traces soit à des teneurs inférieures à 10% ne constituant nullement un facteur limitant pour l'absorption des oligo éléments et peut convenir à toutes les cultures.

**Le gypse :** dans tous les profils analysés ce paramètre se trouve à l'état de traces et par conséquent, il ne constitue aucune contrainte pour la mise en valeur du périmètre.

**La fertilité chimique :** ces sols caractérisés par une granulométrie grossière à faible pouvoir de rétention présentent une fertilité chimique aléatoire exprimée par des teneurs en matière organique insignifiantes ( $MO < 0,5\%$ ) et une capacité d'échange cationique très faible inférieur à 10meq/100g de sol traduisant une certaine inertie de ces sols.

Ces sols, aptes à l'irrigation, nécessitent quelques aménagement tels que : Amendements organiques ( fumier de bovins ou d'ovins) pouvant contribuer à l'amélioration de la structure de ces sols de leur pouvoir de rétention et de leur Ph, et des amendements minéraux bien évalués en quantité en fonction des besoins des cultures suivant leur cycle végétatif.

Après aménagement, ces sols moyennement profonds peuvent convenir à une large gamme de culture, particulièrement aux cultures maraichères, aux cultures fourragères, aux cultures céréalières, au palmier dattier, à l'olivier et à la vigne.

### II.7. Aptitude culturale en irrigué et évaluation des terres

Ce volet de l'étude consiste en une évaluation des terres qui se définit par la capacité par laquelle un sol est apte à produire une culture bien déterminée. Cette capacité est fonction des caractéristiques physico-chimiques du sol en question, du climat et de la qualité des eaux d'irrigation.

#### II.7.1. Critères de détermination des aptitudes

Après avoir connu les différentes unités pédologiques qui composent le périmètre d'étude et les contraintes à leur mise en valeur, il sera procédé à la synthèse de toutes les données exploitées (climatiques, pédologiques, hydrographiques, etc.) afin d'arriver à l'identification et à la délimitation des zones homogènes exprimant avec exactitude l'aptitude culturale de chaque unité pédologique. L'aptitude qui se définit par la capacité d'un sol à produire une culture sera déterminée par la méthode des contraintes (Méthode ANRH) qui tient compte des paramètres suivants :

- Niveau limitant (profondeur).
- Texture.
- Eléments grossiers.
- Conductivité électrique (salure).
- Taux de calcaire actif.
- Structure.

Le choix des cultures à introduire sera fait en fonction des caractéristiques physico chimiques des sols et des exigences de chaque culture vis-à-vis des paramètres cités, tout en tenant compte de la qualité des eaux d'irrigation. On tiendra éventuellement compte des considérations économiques qui pourraient aussi orienter ce choix.

### II.7.2. Aptitudes culturales en irriguée par type de sol

D'après les aptitudes culturales, les cultures dégagées ne peuvent être projetées qu'après des aménagements préalables au niveau du périmètre.

**Tableau II.6:** Aptitudes des sols en irrigué.

		Aptitude culturale		
Type de sol	Contrainte	bonne	moyenne	mauvaise
Sols minéraux bruts xériques éolisés en reg	Charge caillouteuse, Profondeur, Fertilité,	Cultures maraichères,	Blé, Orge, Mais, luzerne	palmier dattier
Sols peu évolués xériques sub désertiques modaux	Fertilité,	Blé, Orge, Mais, luzerne. oignons, carotte, courgette, haricot, piment poivron, artichaut, concombre, Palmier dattier, vigne, olivier		

L'orge, le blé, le maïs et les cultures maraichères et le palmier dattier peuvent donner de bons rendements sur les sols peu évolués xériques modaux, mais sur les sols minéraux bruts xériques éolisés en reg l'introduction des espèces à enracinement profond est déconseillée par manque de profondeur permettant un bon développement du système racinaire. Toutefois il est recommandé de procéder à des travaux d'amélioration tel que :

- Epierrage systématique des sols à forte charge de surface afin de rendre les parcelles facilement mécanisables.
- Amendements en engrais organiques (fumier de bovins, d'ovins ou de camelins) afin d'améliorer la structure du sol et de former un complexe organo-minérale qui pourrait augmenter la capacité de rétention en eau de ces sols.
- Installation des brises vents pour protéger les cultures des vents secs et violents qui sont fréquents dans la région.

### II.8.Erosion

Le paysage du périmètre de Zelfana sud est caractérisé par une morphologie plane avec par endroits des ondulations de la surface légèrement hautes composée d'amas de graviers et cailloux de quartz donnant naissance à un Reg, et d'autres parties plus basses (dépressions) de déflation. Comme le périmètre d'étude est loin d'oued M'zab, le phénomène de ravinement est nul. Le phénomène érosif est donc essentiellement dû à la dynamique éolienne engendrée par des vents assez forts. La présence de Nebka el Arig avec une largeur moyenne de l'ordre de 2,2 km à l'Ouest de périmètre, est considérée comme indicateur de déplacement des particules de sable (saltation) dans cette région. Dans ce cadre, la Nebka peut poser un problème pour l'ensemble du périmètre. Les processus érosifs posent des problèmes pour la mise en valeur, ils se traduisent dans l'espace par l'ensablement des cultures. La lutte contre ce phénomène néfaste reste nécessaire.

Dans ces conditions, un aménagement préalable sous la forme de mise en place de brise vents est obligatoire

### II.9.Brise –vents

Leur mise en place est motivée par la topographie du périmètre situé dans une région exposée aux vents forts pouvant occasionner l'ensablement des régions basses à tout moment durant l'année. Ces vents de sable peuvent causer des dégâts considérables aux cultures, de même qu'ils interfèrent sur l'homogénéité du périmètre. Il est par conséquent impératif d'installer des brise-vents afin d'empêcher les mouvements du sable, en évitant soit la destruction des plantes par l'action mécanique des grains, soit une accumulation plus ou moins importante du sable à l'intérieur du périmètre. Pour une meilleure protection du périmètre, le rideau sera constitué par une bande boisée. C'est une technique qui permet de renforcer la protection du périmètre contre les vents violents. Elle consiste à installer, autour du périmètre, des bandes boisées de 8 à 10 m de large et un écartement de 2 à 2,5 m entre les lignes et 2 m entre les plants. Les espèces à utiliser sont : Face au vent, une bande de deux lignes de casuarina qui a une croissance très rapide (2 m en 2 ans), et face au périmètre, une bande de deux lignes d'acacia cyanophylla. Le linéaire total en brise vents est de l'ordre de 105 Km.

### II.10. Conclusion

La prospection pédologique au niveau du périmètre a permis de donner une classification des sols en fonction de leurs caractéristiques morphologiques et physico chimiques, de déterminer les aptitudes à l'irrigation des différents types de sols, Du point de vue pédogénèse, les sols de ce périmètre présentent des similitudes. Ils sont constitués le plus souvent d'une texture grossière dont le pourcentage de sable fin et sable grossier avoisine les 80%, et ils évoluent sous un climat aride à hyperaride.

L'analyse de la ressource en eau qui provient à partir les deux forages montre qu'elle appartient à la classe C2S1

Après la réalisation des travaux d'améliorations, les principales cultures qui peuvent convenir sur ces sols, sont les cultures céréalières, les cultures fourragères, les cultures maraîchères adaptées à la texture grossière, le palmier dattier, la vigne, et l'olivier.

### Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

#### III.1. Introduction

Le besoin en eau d'irrigation ou la consommation en eau de la culture définie comme la hauteur d'eau (mm) consommé par l'évapotranspiration de la culture.

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

Le calcul des besoins en eau d'irrigation repose sur un bilan hydrique, représenté dans le schéma qui suit :

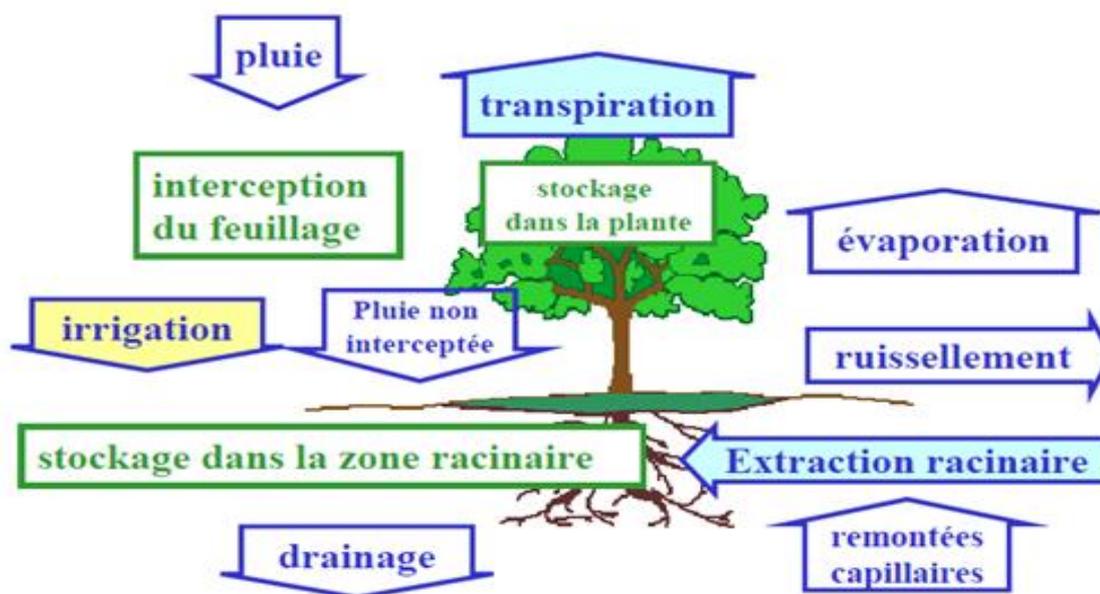


Figure III.1: schéma de bilan hydrique

#### III.2. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation, et la transpiration de celle culture. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en m<sup>3</sup>/ha/jour, en m<sup>3</sup>/ha/mois ou en m<sup>3</sup>/ha/an. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours par mois ou par an.

---

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

---

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>), L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

### III.2.1. L'évapotranspiration de référence

Est définie comme « le niveau d'évapotranspiration d'une surface implantée d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive ».

### III.2.2. L'évapotranspiration potentielle

Est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

### III.2.3. L'évapotranspiration réelle

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

## III.3. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

### III.3.1. Méthodes directes

#### III.3.1.1. L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal.



**Figure III.2: L'évapotranspiromètre**

#### III.3.1.2. Le bac évaporant

Cet appareil très simple constitué par un bassin ou un bac d'eau d'assez grande surface et assez profond où l'on mesure le changement du niveau de l'eau dû à l'évaporation permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP.



Figure III.3: Le bac évaporant

### III.3.1.3. L'évaporomètre

Est un instrument utilisé en météorologie pour mesurer la quantité d'eau s'évaporant dans l'atmosphère pendant un intervalle de temps donné , Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.

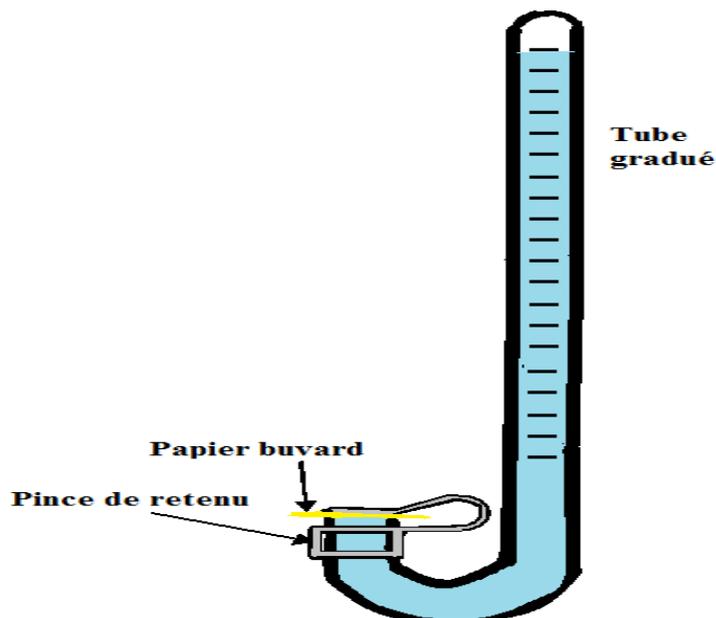


Figure III.4: L'évaporomètre

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes, il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées, et adaptées à différents climats.

### III.3.2. Méthodes indirectes

Il existe plusieurs méthodes d'estimation de l'évapotranspiration. Les méthodes empiriques (Blaney-Criddle, Turc et Thornthwaite) estiment l'évapotranspiration à partir des données climatiques, mais elles ne tiennent pas compte de tous les paramètres qui jouent sur les valeurs de l'évapotranspiration. Les formules de Blaney-Criddle et de Turc emploient la température et la durée d'ensoleillement. La formule de Thornthwaite utilise seulement la température.

**Tableau III.1:** suivant indique les données requises pour chaque méthode.

Méthode	Températ.	Humidité	Vent	Insolation	Rayonnem.	Milieu
B. Criddle	*	**	**	**		*
Turc	*	***		*	**	
Thornthwaite	*					
Penman	*	*	*	*	***	**

- Données mesurées \* \* Données estimées \*\*\* Données non essentielles

#### III.3.2.1. Formule de Blaney et Criddle

$$ETP = K(0,46t + 8,13)P \quad (0.1)$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius).

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

#### III.3.2.2. Formule de Turc :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T + 15} \quad \text{en (mm/mois) si Hr} > 50\% \quad (0.2)$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I<sub>g</sub> : Radiation globale mensuelle (cal/cm<sup>2</sup>/jour).

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

---

$$ETP=0,40(Ig+50).\left(\frac{T}{T+15}\right).\left(1+\frac{50-Hr}{70}\right) \text{ si } Hr<50\% \quad (0.3)$$

Dans laquelle :

Hr : L ;'humidité de l'air en %.

$$Ig=Iga(0,18+0,62).\frac{h}{H}$$

Avec :

Iga : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois .

$\frac{h}{H}$  : Insolation relative en heures.

### III.3.2.3. Formule Modifiée de Penman\_Monteith

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée : L'équation de Penman ( 1948 ) est basée sur le Principe de la conservation de l'énergie et tient compte de l'effet des quatre paramètres classiques : la température, l'ensoleillement, le vent et l'humidité. Pour le calcul de l'évapotranspiration, nous avons adopté la version modifiée de la formule de Penman qui a été utilisée pour l'élaboration de la carte de l'ETP de l'Algérie du Nord. Cette méthode donne l'évapotranspiration de la culture de référence ( ETo ). ETo est définie comme le taux d'évapotranspiration d'une superficie importante revêtue d'une couverture d'herbe verte de 8 à 15 cm de haut, en croissance active couvrant complètement le sol des rayons solaires et bien alimenté en eau.

La modification de la méthode de Penman proposée par la F.A.O. comprend un paramètre révisé de la fonction vent et une correction supplémentaire pour tenir compte de conditions météorologiques diurnes et nocturnes non représentatives des climats pour lesquels la fonction vent a été déterminé . La formule s'écrit sous la forme suivante :

$$ETO = \frac{0,408 \Delta (Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,34 u_2)} \quad (0.4)$$

Avec:

ETo : évapotranspiration de référence [mm jour<sup>-1</sup>],

Rn : 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]

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

$u_2$  : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [ $m\ s^{-1}$ ],

$e_s$  : pression de vapeur saturante [kPa],

$e_a$  : pression de vapeur réelle [kPa],

$e_s - e_a$  : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

$D$  : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [ $kPa\ ^\circ C^{-1}$ ],

$g$  : constante psychrométrique [ $kPa\ ^\circ C^{-1}$ ].

### III.4. Calcul de l'évapotranspiration

La détermination de l'évapotranspiration se fait par la formule de Penman-Monteith modifiée, en raison de son exactitude pour l'estimation de l'ETP.

Le calcul se fait par le logiciel CROPWAT. Où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique :

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles en degré Celsius.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

**Tableau III.2 : Evapotranspiration de référence (ET<sub>o</sub>) de la zone d'étude :**

ET <sub>o</sub> Penman-Monteith par mois - untitled								
Pays		Algérie		Station		Ghardaia		
Altitude	450	m.	Latitude	32.40	°N	Longitude	3.81	°E
Month	Temp Min	Temp Max	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET <sub>o</sub>	
	°C	°C	%	m/s	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/mois	
January	3.0	17.2	55	3.5	7.8	12.6	85.59	
February	4.9	20.1	46	3.7	8.7	16.0	107.29	
March	9.3	24.6	40	4.2	8.7	19.0	170.78	
April	13.1	28.8	35	4.6	9.9	23.1	221.86	
May	18.4	34.3	29	4.4	10.5	25.4	284.88	
June	23.2	39.4	55	4.2	11.2	26.8	262.44	
July	26.2	42.7	22	3.5	11.2	26.5	327.91	
August	25.9	41.8	24	3.2	10.4	24.2	297.95	
September	22.1	37.3	34	3.6	9.0	20.1	245.41	
October	16.1	30.7	43	3.0	8.5	16.5	169.93	
November	8.5	23.6	52	3.2	8.3	13.6	111.81	
December	3.8	18.6	56	3.4	7.4	11.5	86.76	
<b>Average</b>	<b>14.5</b>	<b>29.9</b>	<b>41</b>	<b>3.7</b>	<b>9.3</b>	<b>19.6</b>	<b>2372.60</b>	

### III.5. Étude Hydrologique

L'analyse développée dans cette partie a pour objet d'évaluer la pluviométrie du périmètre irrigué, elle permet de déterminer les pluies de fréquences données, il s'agit de définir les précipitations de courte et de longue durée, qui conditionnent l'étude de notre projet, tels que :

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

### III.6. Choix de la station pluviométrique

La période d'observation des stations pluviométriques et l'emplacement géographique de ces dernières, sont deux facteurs important à la base notre Choix de la station pluviométrique.

**Tableau III.3:** Caractéristiques de la station pluviométrique

Station Pluviométrique	Code de la station	X	Y	Période d'observation.	Durée d'observation
Ghardaïa	130427	502.895	201.917	1989-2012	23 ans

Pour l'étude hydrologique, nous avons utilisé la série pluviométrique de la station de Ghardaïa qui est proche du site et comporte une période d'observations de pluies annuelles plus longue pour la zone d'étude. «1»

### III.7. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N1 et N2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $N1 > N2$ .
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004) «3», si la relation ci-dessous est vérifiée.

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

Avec :

$$W_x = \left| \text{Rang} \right|_x$$

$W_x$  : Somme des rangs de sous-séries.

### Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

---

$$W_{\min} = \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - U_{1-\frac{\alpha}{2}} \left( \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \quad (0.5)$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1). N_1 - W_{\min}] \quad (0.6)$$

$U_{1-\frac{\alpha}{2}}$  = représente la valeur de la variable centré réduite de Gauss correspondant à une

probabilité  $1-(\alpha/2)$

On a :  $\alpha = 0.05$  ,  $1- (\alpha/2) = 0.975$

D'après la table de la table de la loi normale réduite (Touaibia, 2004)

On trouve  $U_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

**Tableau 0.4 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique de Ghardaïa.**

Rang	Série d'origine	Série Y (mm)	Série X (mm)	TRI (mm)	X union Y
1	44.6	44.6	52.2	21.6	Y
2	57.8	57.8	105.3	22.4	X
3	40.3	40.3	182.2	24.7	X
4	92.8	92.8	45.5	40.3	Y
5	112.9	112.9	150.2	44.6	Y
6	115.5	115.5	67.9	45.5	X
7	67.4	67.4	24.7	52.2	X
8	90	90	215	57.8	Y
9	78	78	58.4	58.4	X
10	64.8	64.8	65.9	59.5	X
11	21.6	21.6	59.5	64.8	Y
12	52.2		22.4	65.9	X
13	105.3			67.4	Y
14	182.2			67.9	X
15	45.5			78	Y
16	150.2			90	Y
17	67.9			92.8	Y
18	24.7			105.3	X
19	215			112.9	Y
20	58.4			115.5	Y
21	65.9			150.2	X
22	59.5			182.2	X
23	22.4			215	X

En se basant sur le test de Wilcoxon, on obtient :

$$W_x = 147, W_{\min} = 111.65, W_{\max} = 176.35$$

$$\text{Donc : } 111.65 < W_x < 176.35$$

La condition de **M' Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de **Ghardaïa** est homogène.

### III.8. Ajustement statistique des pluies

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Pour notre projet on utilise celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

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

### 0.8.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

La distribution suit la loi normale si seulement si sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \text{ (Fréquence au non dépassement)} \quad (0.7)$$

$u$  Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par  $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale
- Variable réduite de gauss  $u$
- Calcul des caractéristiques empiriques de loi  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  ;  $Cv$  ;  $Cs$
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est :  $x_{p\%} = \bar{x} + \sigma \cdot u_{p\%}$

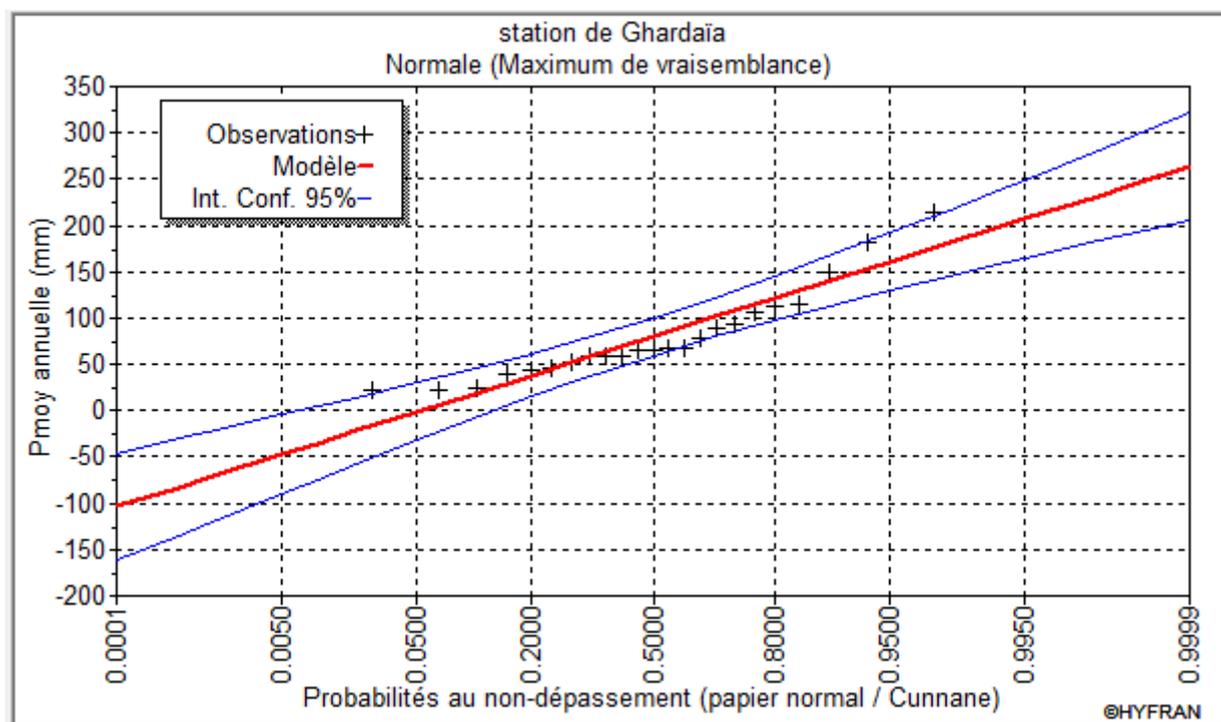
- $\bar{x}$  : Moyenne arithmétique ;
- $x_{p\%}$  : Précipitation de probabilité P% ;
- $\sigma$  : Écart type ;
- $Cv$  : Coefficient de variation ;
- $Cs$  : Coefficient d'asymétrie ;

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau III-5 et au Figure III-5

**Tableau III.5** : Ajustement à la loi de Gauss

<b>T = 1/q</b>	<b>q = F(X) (probabilité au non-dépassement)</b>				
<b>P. Retour</b>	Fréquence	Quantile Xt	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
<b>10</b>	0.90	143	14	116	171
<b>5</b>	0.80	121	12	97.7	145
<b>2</b>	0.50	79.8	10.3	59.6	99.9
<b>1.25</b>	0.2	38.3	12	14.7	61.9



**Figure 0-5:** Ajustement des pluies annuelles à la loi normal.

### 0.8.2 Ajustement à la loi log-normale (Galton)

On dit qu'une Variable aléatoire  $X$  a une distribution log normal lorsque :  $Y = \ln X$  est normal. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \quad (\text{Fréquence au non dépassement})$$

Avec la valeur réduite  $u$  est donnée par :  $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$ .

L'équation de la variable réduite présente sous forme de :  $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$  est l'équation d'une droite sur un papier Gausso-logarithmique en abscisse l'échelle gaussienne et en ordonnée l'échelle logarithmique.

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale :  $\bar{x}$  et  $\sigma$  ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique  $\overline{\ln x}$  et  $\sigma_{\ln x}$  ;
- Report des valeurs sur papier Gausso-logarithmique ;
- Détermination de la droite de Galton  $\ln xp\% = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$ .

Avec  $xp\%$  : précipitation probable à P%.

$\overline{\ln x}$  : Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\sigma_{\ln x}$  : La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

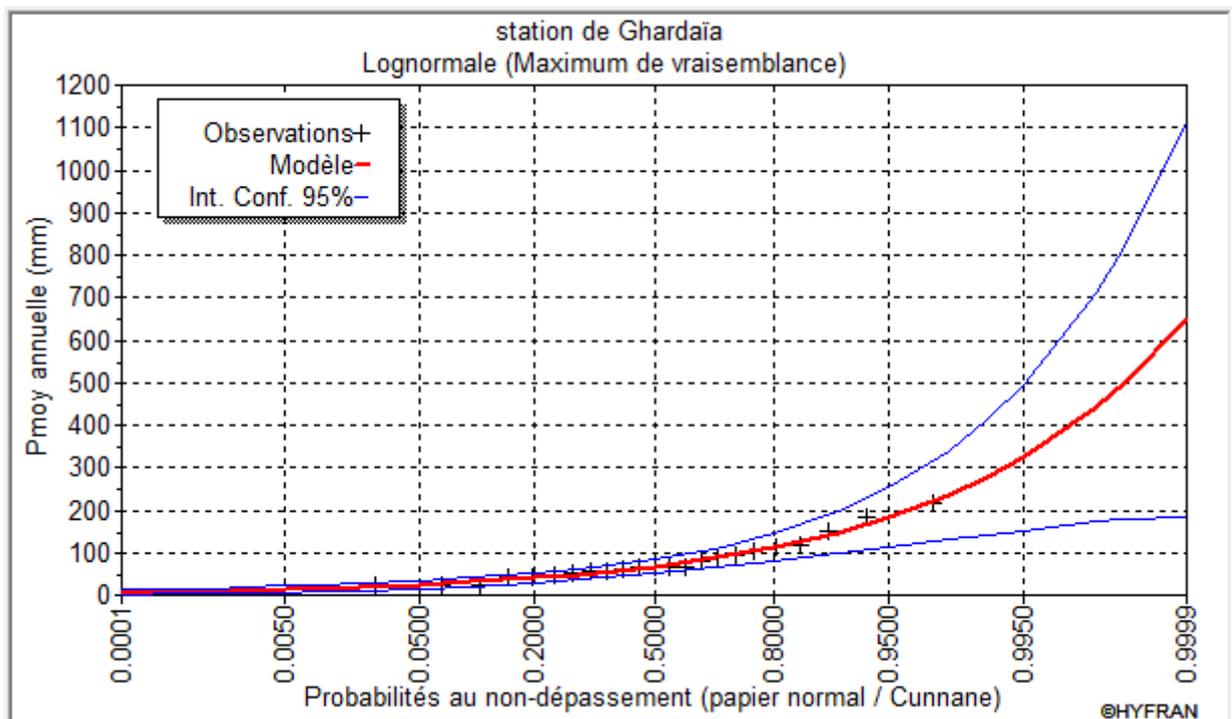
$$\delta_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30. \quad (0.8)$$

$$\delta_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30. \quad (0.9)$$

- Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau III-6 et au Figure III-6

**Tableau III.6 :** Ajustement à la loi de Galton

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
P. Retour	Fréquence	Quantile Xt	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10.0	0.90	147	25.4	96.9	196
5.0	0.80	112	16.7	79.4	145
2.0	0.50	67.2	8.53	50.4	83.9
1.25	0.20	40.2	5.98	28.5	51.9



**Figure 0.6 :** Ajustement des pluies annuelles à la loi de log-Normale

### III.9. Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré ( $\chi^2$ ).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune  $N_i$  valeurs expérimentales. Le nombre  $V_i$  est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

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

$f(X)$  : étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire

$\chi^2$ , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$$

$$\gamma : \gamma = k - 1 - m$$

Avec :

m : Nombre de paramètres de la loi, dont dépend la loi de répartition (m=2).

On calcule  $\chi^2$ , on calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma : \gamma = k - 1 - m$ .

On détermine  $\chi^2$  théorique sur la table de Pearson

Avec :  $\chi^2$  théorique = g( $\gamma, \alpha$ ).

#### 0.9.1 Test de Khi carré pour la loi Normale

- On calcule  $\chi^2$ .
- On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$
- On détermine  $\chi^2$  théorique sur la table de Pearson (voir tableau suivant)

Avec :

$$\chi^2 \text{ théorique} = g(\gamma, \alpha)$$

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0.05$  si et seulement si :  $\chi^2$  calculé <  $\chi^2$  théorique

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

**Tableau III.7** : la table de Pearson du  $\chi^2$

$\alpha$ $\gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}}=8.96 \quad \gamma=4$$

D'après la table de Pearson du  $\chi^2$  on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 8.96 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer

### 0.9.2 Test de Khi carré pour la loi log-normal (loi de Galton)

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}}= 0.43 \quad \gamma= 4$$

D'après la table de Pearson du  $\chi^2$  on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 0.43 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

**Tableau 0.8 : Test de validité des deux ajustements.**

Loi normale	Loi log normale
$\chi^2_{\text{calculé}} = 8.96$	$\chi^2_{\text{calculé}} = 0.43$
Degré de liberté $\gamma = 4$ .	Degré de liberté $\gamma = 4$

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la loi log-normale ajuste mieux la série des pluies annuelles à la station de **Ghardaïa**.

### III.10. Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle (fréquence 80%) représentative de la région.

On utilise le **Tableau 0.5** : Ajustement à la loi de Gauss.

<b>T = 1/q</b>	<b>q = F(x) (probabilité au non-dépassement)</b>				
P. Retour	Fréquence	Quantile Xt	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10.0	0.90	147	25.4	96.9	196
5.0	0.80	112	16.7	79.4	145
2.0	0.50	67.2	8.53	50.4	83.9
1.25	0.20	40.2	5.98	28.5	51.9

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

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

Théorique de 50% = 67.2 mm, et Théorique de 80% = 112 mm;

$$P_{\text{moy } 80\%} = 0.598 \times P_{\text{moy-mensuelle}}$$

**Tableau 0.9** : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq = 80%)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
<b>P<sub>moy</sub></b> (mm/mois)	<b>18.3</b>	<b>7.9</b>	<b>6.7</b>	<b>5.9</b>	<b>12.8</b>	<b>3.1</b>	<b>8.9</b>	<b>6.9</b>	<b>2</b>	<b>4.2</b>	<b>0.8</b>	<b>2.2</b>
<b>P<sub>moy80%</sub></b> (mm)	<b>10.94</b>	<b>4.72</b>	<b>4.01</b>	<b>3.53</b>	<b>7.65</b>	<b>1.85</b>	<b>5.32</b>	<b>4.13</b>	<b>1.20</b>	<b>2.51</b>	<b>0.48</b>	<b>1.32</b>

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

### III.11. Calcul des pluies efficaces (Peff)

La quantité d'eau pluviale retenue dans la zone racinaire est nommée pluie efficace (Pe) et doit être déduite des besoins totaux calculés en eau d'irrigation. «2»

On peut estimer pluies efficaces approximativement de la manière suivant :

- Méthode du pourcentage fixe (80%) : Pluie efficace (Peff) = 80 % de la pluie moyenne mensuelle.
- Méthode FAO :

$Pe = 0.8 P$  si  $P > 75$  mm/mois.

$Pe = 0.6 P$  si  $P < 75$  mm/mois.

Pour notre cas ( la région du **Ghardaïa** ),on applique la Méthode FAO

Avec :  $Pe = 0.6 P$  car :  $P < 75$  mm/mois.

**Tableau III.10: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en (mm)**

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
P (mm)	10.94	4.72	4.01	3.53	7.65	1.85	5.32	4.13	1.20	2.51	0.48	1.32
P <sub>eff</sub> (mm)	6.57	2.83	2.40	2.12	4.59	1.11	3.19	2.48	0.72	1.51	0.29	0.79

### III.12. Occupation des sols et choix des cultures

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique).

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturelle des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre d'étude périmètre Zelfana, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Pour notre périmètre le choix des cultures s'est basé comme suit :

Cultures proposées :

**Tableau III.11:** Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraîchage %	Arboriculture %	Total %
1	60	15	10	15	100
2	40	15	35	10	100
3	35	15	40	10	100

Dans notre mémoire on propose le scénario 1 qui est un scénario équilibré. La gamme des cultures proposée relatives aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau III.12** Occupation de sol en fonction des cultures

CULTURES		surface	pourcentage
Céréaliculture	Blé dur	120	60
Fourragères	Luzerne	30	15
	Orge en vert		
Maraîchage	Pomme de terre	20	10
	Haricot		
arboricoles	Olivier	30	15
<b>Total</b>		200	100%

### III.13. Assolements des cultures

Au sens agronomie, l'assolement est la répartition des cultures au cours d'une campagne culturale donnée sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole. Donc L'assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné.

Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre. Nous nous définirons la rotation par la succession des cultures sur une même sole pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté.

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

La rotation culturale est un élément important du maintien ou de l'amélioration de la fertilité des sols et donc un atout pour l'augmentation des rendements. On peut ainsi avoir des rotations biennales, triennales, quadriennale... .

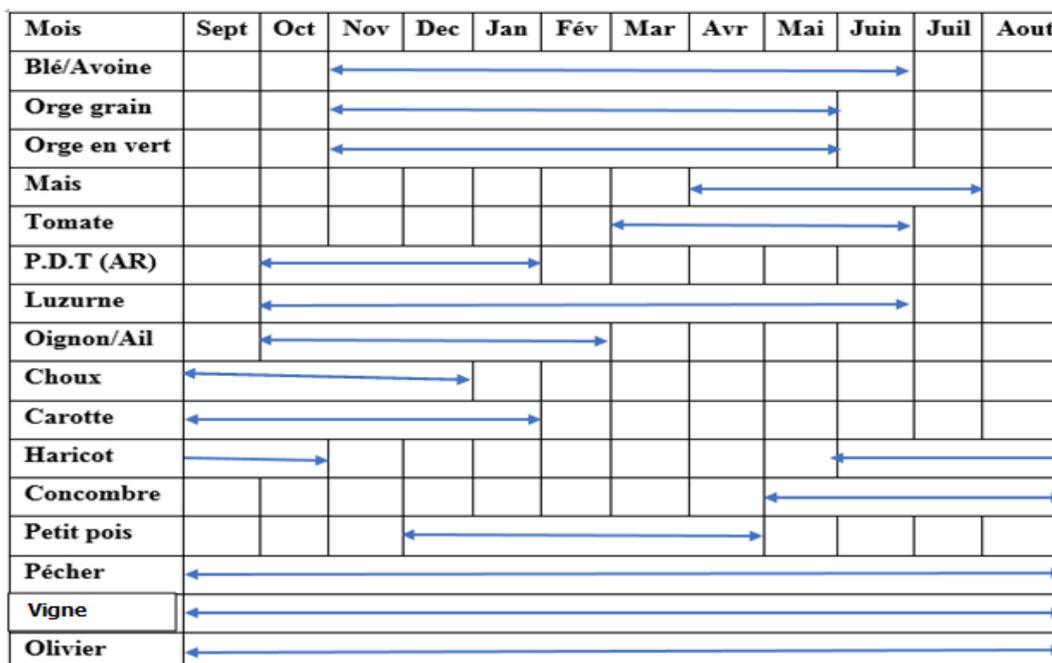
### III.14. Avantages de la rotation des cultures

La rotation culturale a un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes. Par exemple la composition des différents résidus de cultures participe à la qualité de la matière organique du sol et aussi permet d'avoir un profil du sol mieux exploré dû aux systèmes racinaires différents.

Dans notre cas, nous avons retenu le scenario, qui permet de mieux diversifier les cultures et les rotations des cultures.

**Tableau III.13:** Assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Luzerne	Blé
Pomme de terre	Haricot (s)
Olivier	Olivier



**Figure III.7:** Le cycle végétatif des cultures

### III.15. Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture

C'est la quantité d'eau nécessaire à fournir à une culture pour satisfaire les besoins en eau durant tout son cycle végétatif. Cette quantité ne comprend ni les apports naturels, ni les diverses pertes subies pendant les stockages, les transports et la distribution, ni les besoins de lessivage.

#### III.15.1. Calcul de l'évapotranspiration maximale ETM

Les besoins en eau d'une culture (ETM), représentent l'évapotranspiration maximale de la culture considérée durant un stade végétatif donné.

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ), on utilise les coefficients culturaux ( $K_c$ ), dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée comme suit :

$$ETM = K_c \cdot ET_0 \quad (0.10)$$

$K_c$  : Représente le coefficient cultural, il dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

#### III.15.2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

$$B = ETM - (P_{eff} + K \cdot RFU_{i-1}) \quad (0.11)$$

Avec :

**K** : coefficient qui dépend des conditions climatologiques égal à 1/2 ou 1/3.

**B** : besoin en eau d'irrigation (mm).

**ETM** : évapotranspiration (mm/mois).

**P<sub>eff</sub>** : pluie efficace

**RFU<sub>i-1</sub>** : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures.

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \quad (0.12)$$

**Y** : degré de tarissement.

**Da** : densité apparente (1.35).

**Z** : profondeur d'enracinement mm.

**H<sub>cc</sub>** : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (27%)

**H<sub>pf</sub>** : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (16%)

**Pe<sub>ff</sub>** : pluie efficace.

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

### III.15.3. Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement

L'humidité à la capacité au champ et de flétrissement sont deux facteurs important dans la détermination de la Réserve facilement utilisable RFU et par conséquent les besoin d'irrigation les valeurs sont représenté dans le tableau suivant : «4»

**Tableau III.14** : Humidité à la capacité au champ et de flétrissement

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

Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

### III.15.4. Les profondeurs d'enracinement

Les valeurs de profondeur d'enracinement des différentes cultures sont données par le tableau ci-dessus :

**Tableau III.15 :** Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures

	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.
<b>Blé dur</b>			0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
<b>Luzerne</b>			0.4	0.7	0.9	1	1.2	1.2	1.2	1.2		
<b>Pomme de terre</b>	0.4	0.6	0.6	0.6								
<b>Oliviers</b>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Source : bulletin FAO d'irrigation et de drainage

### III.16. Estimation des besoins en eau

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

#### Assolement 1 :

**Tableau III.16 :** Calcul des besoins en eau du Blé.

Blé/									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	18,3	6,57	245,41						
Octobre	7,9	2,83	169,63						
Novembre	6,7	2,4	111,81	0,3	27,9	0	0,4	44,72	42,32
Décembre	5,9	2,12	86,76	0,5	46,5	0	0,7	60,73	58,61
Janvier	12,8	4,59	85,59	0,6	55,8	0	0,85	72,75	68,16
Février	3,1	1,11	107,29	0,6	55,8	0	0,95	101,93	100,82
Mars	8,9	3,19	170,78	0,6	55,8	0	1	170,78	167,59
Avril	6,9	2,48	221,86	0,6	55,8	0	1,05	232,95	230,47
Mai	<b>2</b>	<b>0,72</b>	<b>256,45</b>	<b>0,6</b>	<b>55,8</b>	<b>0</b>	<b>1,02</b>	<b>261,58</b>	<b>260,86</b>
Juin	4,2	1,51	262,44	0,6	55,8	0	0,5	131,22	129,71
Juillet	0,8	0,29	327,91						
Août	2,2	0,79	297,95						

### Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

**Tableau III.17 :** Calcul des besoins en eau du Luzerne.

Luzerne									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	18,3	6,57	245,41						
Octobre	7,9	2,83	169,63						
Novembre	6,7	2,4	111,81	0,4	37,2	0	0,65	72,68	70,28
Décembre	5,9	2,12	86,76	0,7	65,1	0	0,7	60,73	58,61
Janvier	12,8	4,59	85,59	0,9	83,7	0	0,8	68,47	63,88
kFévrier	3,1	1,11	107,29	1	93	0	0,9	96,56	95,45
Mars	8,9	3,19	170,78	1,2	111,6	0	0,95	162,24	159,05
Avril	6,9	2,48	221,86	1,2	111,6	0	1,05	232,95	230,47
Mai	2	0,72	284,88	1,2	111,6	0	1,05	299,12	298,40
<b>Juin</b>	<b>4,2</b>	<b>1,51</b>	<b>262,44</b>	<b>1,2</b>	<b>111,6</b>	<b>0</b>	<b>1,15</b>	<b>301,81</b>	<b>300,30</b>
Juillet	0,8	0,29	327,91						
Août	2,2	0,79	297,95						

**Tableau III.18 :** Calcul des besoins en eau du Pomme de terre.

Pomme de terre									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	18,3	6,57	245,41	0,4	37,2	0	0,5	122,71	116,14
Octobre	7,9	2,83	169,63	0,6	55,8	0	0,7	118,74	115,91
Novembre	6,7	2,4	111,81	0,6	55,8	0	1	111,81	109,41
Décembre	5,9	2,12	86,76	0,6	55,8	0	0,75	65,07	62,95
Janvier	12,8	4,59	85,59						
Février	3,1	1,11	107,29						
Mars	8,9	3,19	170,78						
Avril	6,9	2,48	221,86						
Mai	2	0,72	284,88						
Juin	4,2	1,51	262,44						
Juillet	0,8	0,29	327,91						
Août	2,2	0,79	297,95						

### Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

**Tableau III.19 :** Calcul des besoins en eau du Olivier.

Olivier									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	18,3	6,57	245,41	1,5	139,5		0,85	208,60	202,03
Octobre	7,9	2,83	169,63	1,5	139,5		0,85	144,19	141,36
Novembre	6,7	2,4	111,81	1,5	139,5	0	0,75	83,86	81,46
Décembre	5,9	2,12	86,76	1,5	139,5	0	0,65	56,39	54,27
Janvier	12,8	4,59	85,59	1,5	139,5	0	0,65	55,63	51,04
Février	3,1	1,11	107,29	1,5	139,5	0	0,65	69,74	68,63
Mars	8,9	3,19	170,78	1,5	139,5	0	0,65	111,01	107,82
Avril	6,9	2,48	221,86	1,5	139,5	0	0,65	144,21	141,73
Mai	2	0,72	284,88	1,5	139,5	0	0,65	185,17	184,45
Juin	4,2	1,51	262,44	1,5	139,5	0	0,8	209,95	208,44
Juillet	<b>0,8</b>	<b>0,29</b>	<b>327,91</b>	<b>1,5</b>	<b>139,5</b>		<b>0,85</b>	<b>278,72</b>	<b>278,43</b>
Août	2,2	0,79	297,95	1,5	139,5		0,85	253,26	252,47

**Assolement 2 :**

**Tableau III.20 :** Calcul des besoins en eau du Orge on vert.

Orge en vert									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	18,3	6,57	245,41						
Octobre	7,9	2,83	169,63						
Novembre	6,7	2,4	111,81						
Décembre	5,9	2,12	86,76	0,3	27,9	0	0,3	26,03	23,91
Janvier	12,8	4,59	85,59	0,5	46,5	0	0,3	25,68	21,09
Février	3,1	1,11	107,29	0,5	46,5	0	0,5	53,65	52,54
Mars	8,9	3,19	170,78	0,6	55,8	0	0,5	85,39	82,20
Avril	6,9	2,48	221,86	0,6	55,8	0	0,9	199,67	197,19
Mai	<b>2</b>	<b>0,72</b>	<b>255,88</b>	<b>0,6</b>	<b>55,8</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>255,88</b>	<b>255,16</b>
Juin	4,2	1,51	262,44						
Juillet	0,8	0,29	327,91						
Août	2,2	0,79	297,95						

### Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

**Tableau III.21 :** Calcul des besoins en eau du L'haricot.

L'haricot/									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	18,3	6,57	245,41	0,7	65,1	0	0,9	220,87	214,30
Octobre	7,9	2,83	169,63	0,7	65,1	0	0,85	144,19	141,36
Novembre	6,7	2,4	111,81						
Décembre	5,9	2,12	86,76						
Janvier	12,8	4,59	85,59						
Février	3,1	1,11	107,29						
Mars	8,9	3,19	170,78						
Avril	6,9	2,48	221,86						
Mai	2	0,72	284,88	0,4	37,2	0	0,4	113,95	113,23
Juin	4,2	1,51	262,44	0,5	46,5	0	0,5	131,22	129,71
Juillet	0,8	0,29	327,91	0,5	46,5	0	0,65	213,14	212,85
Août	2,2	<b>0,79</b>	<b>297,95</b>	<b>0,7</b>	<b>65,1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>297,95</b>	<b>297,16</b>

**Tableau III.22 :** Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1

Mois	Blé	Luzerne	Pomme de terre	Arboriculture	Bes/max	Total
Septembre			116,14	202,03	202,03	318,17
Octobre			115,91	141,36	141,36	257,27
Novembre	42,32	70,28	109,41	81,46	109,41	303,47
Décembre	58,61	58,61	62,95	54,27	62,95	234,44
Janvier	68,16	63,88		51,04	68,16	183,08
Février	100,82	95,45		68,63	100,82	264,9
Mars	167,59	159,05		107,82	167,59	434,46
Avril	230,47	230,47		141,73	230,47	602,67
Mai	<b>260,86</b>	<b>298,4</b>		<b>184,45</b>	<b>298,4</b>	<b>743,72</b>
Juin	129,71	300,3		208,44	300,3	638,45
Juillet				278,43	278,43	278,43
Août				252,47	252,47	252,47

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

**Tableau III.23 :** Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2

Mois	orge en vert	Blé	l'haricot	Arboriculture	Bes/max	Total
Septembre			214,3	202,03	214,3	416,33
Octobre			141,36	141,36	141,36	282,72
Novembre		42,32		81,46	81,46	123,78
Décembre	23,91	58,61		54,27	58,61	136,79
Janvier	21,09	68,16		51,04	68,16	140,29
Février	52,54	100,82		68,63	100,82	221,99
Mars	82,2	167,59		107,82	167,59	357,61
Avril	197,19	230,47		141,73	230,47	569,39
Mai	<b>255,16</b>	<b>260,86</b>	<b>113,23</b>	<b>184,45</b>	<b>260,86</b>	<b>813,7</b>
Juin		129,71	129,71	208,44	208,44	467,86
Juillet			212,85	278,43	278,43	491,28
Août			297,16	252,47	297,16	549,63

### III.17. Calcul du débit spécifique

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture évaluée précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$qs = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ l/s/ha} \quad (0.13)$$

**Bnet :** besoin net du mois de pointe en mm/mois.

**Ni :** nombre des heures d'irrigation=24h

**Nj :** nombre de jours du mois de pointe = 30 jours

**Ei :** Efficience d'irrigation=75%

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement II)

D'où les besoins de pointe correspondent au mois d'Aout,

**Bnet = 813.7 mm/mois.**

➔  $qs = 4.18 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

**Bnet = 260.86 mm/mois.**

➔ Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

➔  $qs = 1.34 \text{ l/s/ha}$

## Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

### III.18. Evaluation du débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

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

**S** : la superficie nette à irriguer = 200 ha

$$\rightarrow Q_{car} = q_s \cdot S = 1.34 \cdot 200 = 268 \text{ l/s}$$

### III.19 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau suivant.

Assolement 2					
Culture	Superficies (ha)	Besoins nets (m <sup>3</sup> /ha)	Efficiencie	Besoins bruts (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins totaux (m <sup>3</sup> )
Orge en vert	30	6320,9	0,75	4740,675	142220,3
Blé	120	10585,4	0,75	7939,05	952686
Haricot	30	11086,1	0,75	8314,575	249437,3
Arboriculture	20	17721,3	0,75	13290,98	265819,5
<b>Besoin total</b>	<b>200</b>	<b>45713,7</b>		<b>34285,28</b>	<b>1610163,1</b>

Le volume nécessaire pour les cultures durant toute leur période végétative est de **1610163,1m<sup>3</sup>. (1.6 H m<sup>3</sup>)**

### III.20 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les besoins en eau de notre périmètre. Le choix des cultures s'est fait sur une base tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques.

Enfin, nous avons déterminé les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois de Mai, ce qui a permis de calculer le débit spécifique ( $qs = 1.34 \text{ l/s/ha}$ ) en tenant compte du débit spécifique de la culture la plus exigeante. On remarque que le volume total des besoins en eau de notre périmètre est de **1.6 H m<sup>3</sup>**.

Ce volume peut être déduit à partir des deux forages qui alimentent notre périmètre puisque le volume produit est de  $5 \text{ H m}^3 / \text{An.}$  (80 l/s) pour chaque forage

### Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

#### IV.1 Introduction

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, et de créer des conditions les plus favorables pour la croissance des plantes. Mais quel que soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème de répartir cette eau sur le sol de façon, à ce que les plantes en tirent le maximum de profit.

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différentes exploitations agricoles par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages. Dans notre périmètre, l'irrigation localisée représente la technique la plus utilisée dans la région, vu leur avantage sur les rendements des cultures, C'est dans ce contexte que notre attention dans ce chapitre s'est accentuée sur l'optimisation du réseau de distribution d'irrigation localisée.

#### IV.2 Organisation du périmètre

##### IV.2.1 Ilots et bornes d'irrigation

L'ilot d'irrigation est par définition décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une seule prise d'irrigation (borne) , qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- laisser passer ou arrêter le débit.
- Régler ce débit, ou plus exactement le limiter au module.
- Régler la pression.
- Assurer le comptage de l'eau livrée.

##### IV.2.2 Taille des îlots d'irrigation

En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70 ha.
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot).

La limitation de taille maximale des îlots répond aux critères hydrauliques et d'équipement. La limitation du nombre de parcelles par îlot répond, en outre, à critères de gestion. La plupart du

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

---

périmètre est représentée par îlots de 4 ou 6 parcelles ce qui facilite la distribution des tours d'irrigation et le comptage de consommations.

### IV.3 Implantation des bornes (Plan de bornage)

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre de bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles.

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations :
  - ✓ Une borne par îlot d'exploitations ;
  - ✓ Quatre (04) prises maximum sur une même borne soit huit parcelles au maximum ;
  - ✓ Bornes implantées en limites d'îlots ou des parcelles ;
  - ✓ Dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.
- Pour les zones à grande exploitation :
  - ✓ La borne se situe au centre de l'ilot ;
  - ✓ 4prises sur les mêmes bornes.

### IV.4 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne d'irrigation constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande, et cumulant les fonctions suivantes :

- ✓ Le vannage : desserte de l'eau à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle.
- ✓ Régulation de la pression avale
- ✓ Limitation du débit prélevé
- ✓ comptage des volumes débités par chaque prise.

### IV.5 Modalités de desserte de l'eau

Le module est l'unité de débit susceptible d'être délivrée en tête des réseaux des parcelles à irrigué. La distribution de l'eau d'irrigation est dans certains cas problématique en particulier dans les mois de pointe, car la demande ne peut dépasser la main d'eau. On distingue :

#### IV.5.1 Distribution d'eau à la demande

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit. Dans certains cas, le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu (le débit qui serait nécessaire si l'irrigation s'effectuait 24h sur 24 pendant la période de pointe).

#### IV.5.2 Distribution au tour d'arrosage

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module.

#### Tracé du réseau

Une fois qu'on a établi le plan de bornage, il est exigé de relier le plus économiquement possible les différentes bornes à l'origine du réseau. La méthode classiquement mise en œuvre comprend trois phases successives :

##### 1ere phase : tracé par proximité

Nous recherchons tout d'abord le tracé de longueur minimum ayant pour sommets les seules bornes du réseau.

##### 2ème phase : Tracé à 120°

En créant de nouveaux sommets distincts des bornes, on peut améliorer le tracé précédent en diminuant sa longueur. Les sommets ont au maximum trois arêtes incidentes et les angles des arêtes incidentes sont égaux à 120°.

##### 3ème phase : le tracé économique

Le tracé à 120° correspond au tracé de longueur minimum après création éventuelle de sommets intermédiaires distincts des bornes. Il est possible de raccourcir la longueur des conduites de diamètre important, quitte à augmenter celles de petit diamètre.

### IV.6 calcul du débit aux bornes

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S \quad (IV.1)$$

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

**Q<sub>b</sub>** = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)

**q<sub>s</sub>** = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

**S** = Superficie de l'ilot (ha)

### IV.7 Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement on admet :

- ➔ Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).
- ➔ Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- ➔ Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
- ➔ Pour les grands ilots (S>50 ha) on prévoit des bornes de type C.

**Tableau IV.1** : Type de bornes en fonction de superficies des ilots

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

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

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

Ilot	Superficie ilot (ha)	Débit (l/s)	Matériel	Diamètre de la borne (mm)
1	9,9	13,27	Fonte	100
2	10,26	13,75	Fonte	100
3	5,69	7,62	Fonte	65
4	10,3	13,80	Fonte	100
5	9,44	12,65	Fonte	100
6	9,12	12,22	Fonte	100
7	12,78	17,13	Fonte	100
8	13,44	18,01	Fonte	100
9	11,05	14,81	Fonte	100
10	8,15	10,92	Fonte	65
11	11,81	15,83	Fonte	100
12	12,01	16,09	Fonte	100
13	8,76	11,74	Fonte	100
14	7,45	9,98	Fonte	65
15	7,0	9,38	Fonte	65
16	6,63	8,88	Fonte	65
17	10,74	14,39	Fonte	100
18	13,06	17,50	Fonte	100
19	11,41	15,29	Fonte	100
20	11,00	14,74	Fonte	100

### IV.8 Variantes d'aménagement hydro-agricole

Notre secteur 01 s'étend sur une superficie totale équipée de 200 ha. La distribution de l'eau se fait à partir des réservoirs de stockage surélevés qui sont alimentés par deux forages réalisés pour notre secteur et par la suite alimentés gravitairement le périmètre par un réseau d'irrigation ramifié.

### IV.9 Choix des matériaux des canalisations

De nombreux types de matériaux sont disponibles pour constituer une conduite. On peut classer en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués : fonte, PEHD, PRV, ...etc. Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature du terrain (l'agressivité du sol), l'ordre économique (coûts de fourniture et de mise en œuvre), mais aussi de la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement et les réparations en cas de fuite.

#### ➤ Fonte

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte. Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

### ➤ PEHD (polyéthylène)

Il présente les avantages suivant :

- Ils supportent des pressions élevées ;
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain);
- Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service;
- Ils offrent une bonne flexibilité ;
- Disponible sur le marché.
- Il n'est pas trop cher dans le marché.

### ➤ Conduit en PVC (Polyvinyle de chlorure)

- Bonne résistance à la corrosion.
- Disponible sur le marché.
- Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient est le risque de rupture.

### ➤ Conduite en acier

- Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est

- la corrosion.

## IV.10 Dimensionnement hydraulique des canalisations

Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de « LABYE » nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m<sup>3</sup>/s ;

D : diamètre exprimé en mm

V : vitesse d'écoulement dans les conduites.

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

- **Vitesse admissible**

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.5 m/s.

- **Calcul des pertes de charge**

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \quad (IV.3)$$

Avec :

$h_{pu}$ : Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q : Débit en m<sup>3</sup>/s

D : Diamètre de la conduite considérée. L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière :

$$C = 1.1 \times \frac{L \times Q^M}{D^N}$$

**Tableau IV.3** : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

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

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : L=1.15 M=1.89 N=5.01.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD, nous a les caractéristiques suivantes :

Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra.

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où  $h_1$  et  $h_2$  sont les hauteurs de pressions

$V_1$  et  $V_2$  sont les vitesses d'écoulement dans A et B

$Z_1$  et  $Z_2$  sont les côtes du terrain naturel.

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

---

$\Delta H$  : sont les pertes de charge entre A et B.

Les calculs sont détaillés dans le **tableau IV.4**

**Tableau IV.4** : Calculs hydrauliques du réseau de distribution

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q(l/s)	débit Q(m3/S)	Diametre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
Res1-R1	190,8	0,1908	64,94	87,02	0,087	271,8	300	1,23	0,91	336,50	359,1	22,6	2,3
R1-B1	12	0,012	9,9	13,27	0,013	106,1	110	1,40	0,25	337,00	358,8	21,8	2,2
R1-B2	12	0,01	10,3	13,80	0,014	108,3	110	1,45	0,27	336,00	358,6	22,6	2,3
R1-R2	943,71	0,94	44,74	59,95	0,060	225,6	250	1,22	5,52	318	353,6	35,6	3,6
R2-B3	12	0,012	12,87	17,25	0,017	121,0	125	1,41	0,21	319	353,4	34,4	3,4
R2-B4	12	0,012	11,81	15,83	0,016	115,9	125	1,29	0,18	317	353,4	36,4	3,6
R2-R3	815,21	0,81521	20,06	26,88	0,027	151,1	160	1,34	9,79	300	343,6	43,6	4,4
R3-B5	12	0,012	7	9,38	0,009	89,3	90	1,48	0,35	300,3	343,2	42,9	4,3
R3-B6	12	0,012	13,06	17,50	0,018	121,9	125	1,43	0,22	299,3	343,3	44,0	4,4
Res2-R4	147,52	0,14752	135,06	180,98	0,181	392,0	400	1,44	0,66	361	374,3	23,3	2,3
R4-B7	6	0,006	10,26	13,75	0,014	108,1	110	1,45	0,13	351	374,2	23,2	2,3
R4-B8	6	0,006	5,69	7,62	0,008	80,5	90	1,20	0,12	351	374,2	23,2	2,3
R4-R5	232,22	0,23222	119,11	159,61	0,160	368,2	400	1,27	0,82	339	373,5	34,5	3,5
R5-B9	6	0,006	9,44	12,65	0,013	103,6	110	1,33	0,11	339	373,4	34,4	3,4

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q(l/s)	débit Q(m <sup>3</sup> /S)	Diametre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
R5-B10	6	0,006	9,12	12,22	0,012	101,9	110	1,29	0,11	339	373,4	34,4	3,4
R5-R6	274,15	0,27415	100,55	134,74	0,135	338,3	400	1,07	0,70	335	372,8	37,8	3,8
R6-B11	6	0,006	13,44	18,01	0,018	123,7	125	1,47	0,12	335	372,7	37,7	3,8
R6-B12	6	0,006	11,05	14,81	0,015	112,1	125	1,21	0,08	335	372,7	37,7	3,8
R6-R7	215,21	0,21521	76,06	101,92	0,102	294,2	300	1,44	1,38	328	371,3	43,3	4,3
R7-B13	6	0,006	8,15	10,92	0,011	96,3	110	1,15	0,09	328	372,6	44,6	4,5
R7-R8	317,25	0,31725	67,91	91,00	0,091	278,0	300	1,29	1,64	318	371,1	53,1	5,3
R8-B14	6	0,006	12,01	16,09	0,016	116,9	125	1,31	0,09	318	359,0	41,0	4,1
R8-B15	6	0,006	8,76	11,74	0,012	99,8	110	1,24	0,10	318	358,9	40,9	4,1
R8-R9	323,74	0,32374	47,14	63,17	0,063	231,6	250	1,29	2,09	309	369,0	60,0	6,0
R9-B16	6	0,006	6,63	8,88	0,009	86,9	90	1,40	0,16	309	368,8	59,8	6,0
R9-B17	6	0,006	7,45	9,98	0,010	92,1	110	1,05	0,07	309	368,9	59,9	6,0
R9-R10	235,08	0,23508	33,06	44,30	0,044	194,0	200	1,41	2,37	304	366,6	62,6	6,3
R10-B18	6	0,006	10,47	14,03	0,014	109,2	110	1,48	0,14	304	372,6	68,6	6,9
R10-R11	215,95	0,21595	22,59	30,27	0,030	160,3	160	1,51	3,25	298	366,5	68,5	6,9
R11-B19	6	0,006	11,41	15,29	0,015	114,0	125	1,25	0,09	298	366,5	68,5	6,8
R11-B20	6	0,006	11	14,74	0,015	111,9	125	1,20	0,08	298	366,5	68,5	6,8

### IV.11 Dimensionnement des réservoirs de distribution

Le volume du réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante.

L'irrigation se fera après remplissage du réservoir, donc à chaque fois une tranche est irriguée, on pompe l'eau du forage pour remplir le réservoir, puis on irrigue la tranche suivante.

On sait que :

$$V=Q \times T$$

Avec :

V : volume de la bache.

Q : Débit caractéristique.

T : Temps de remplissage du réservoir : 2 H

#### IV.11.1 Dimensionnement de réservoir de stockage 01 correspondant au forage 01

Q caractéristique =  $Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface partielle = 64.94 ha

Q caractéristique = **87.67 l/s**

Donc :

$$V = 87.67 \times 0.001 \times 2 \times 3600 = 631.22 \text{ m}^3$$

On prend  $V = 750 \text{ m}^3$

$$V = S \times H$$

S : section de réservoir      Avec :

D: diamètre de réservoir

H : La hauteur de réservoir : 4m

On trouve que :

$$\text{Donc } S = 187 \text{ m}^2$$

### IV.11.2 Dimensionnement du réservoir de stockage 02 correspondant au forage 02

Q caractéristique =  $Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface partielle = 135.06 ha

Q caractéristique = **180.98 l/s**

Donc :

$$V = 180.98 \times 0.001 \times 2 \times 3600 = 1303.05 \text{ m}^3$$

On prend  $V = 1500 \text{ m}^3$

$$V = S \times H$$

S : section de réservoir

a : longueur de réservoir.

b : largeur de réservoir.

H : La hauteur de réservoir. On le prend 5m.

On trouve que :

$$\text{Donc } S = 300 \text{ m}^2$$

### IV.12 Dimensionnement d'un réseau localisée (goutte à goutte)

L'irrigation localisée, concerne les cultures en ligne, nous l'appliquons dans notre cas à la parcelle contenant d'olivier.

Données générales :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°10 alimentée par la borne N° 10 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3,4 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 1.5 ha et présente une forme relativement rectangulaire.

Culture : Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoin de pointe : 278,43mm (Juillet).

Caractéristique du goutteur

- Débit nominal : 4 l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 2 m
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

### IV.12.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

#### IV.12.1.1 Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite :

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : Kr

Kr dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après [Ollier et Poirre, 1983]:

- **KELLER et KARMELI (1974)**

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \quad (\text{IV.4})$$

- **La formule de Freeman et Garzoli**

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \quad (\text{IV.5})$$

- **La formule de Decroix (CTGREF)**

$$K_r = 0.1 + C_s \quad (\text{IV.6})$$

Dans notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0.71$  selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$  selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$  selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient :  $K_r = 0.80$

$B_{jl} = B_j \cdot K_r$

$B_{jl} = ETM_c = 9.28 \cdot 0.8 = 7.42 \text{ mm/j.}$

### IV.12.1.2 Dose nette pratique

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h (Ollier & Poirée, 1981).

La dose (RFU) étant définie comme suit :

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Tel que : Hcc : humidité à la capacité au champ (27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (16%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié.

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr} \quad (IV.7)$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre : 2 goutteurs.

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre : 2m.

Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après le catalogue elle est de 1m.

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre 4m

Sa : espacement des arbres sur les rangs 4m

P = 25%

Donc :

$$RFU = (0.27 - 0.16) \cdot 1500 \cdot 2/3 \cdot 1,35 = 148.5 \text{ mm}$$

$$Dp = RFU \cdot P\% = \mathbf{37.125 \text{ mm.}}$$

### IV.12.1.3 Calcul de la dose brute

$$D_{brute} = \frac{Dp}{Cu \cdot \text{eff}} = \frac{37.125}{0.9 \cdot 0.9} = \mathbf{45.83 \text{ mm / mois}}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%

### IV.12.1.4 Fréquence des arrosages

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{37.125}{7.42} = \mathbf{5 \text{ jours}}$$

Donc on prend :  $Fr = 5$  jours.

### IV.12.1.5 Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_p * S_r * S_d}{n * q_g} \quad (\text{IV.8})$$

$S_r$  et  $S_d$  représentent respectivement l'espacement entre rang et distributeurs,  $n$  et  $q_g$  nombre et débit du goutteur (2 goutteurs et 4l/h).

$$\theta = \frac{45.83 * 4 * 2}{2 * 4} = \mathbf{45.83 \text{ heures/mois}}$$

On prend 46 heures.

### IV.12.1.6 Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{46}{5} = \mathbf{9.20 \text{ heures/jour}}$$

### IV.12.1.7 Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{9.2} = \mathbf{2.39 \text{ postes}}$$

On prend 3 postes

### IV.12.1.8 Surface du poste

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.5}{3} = 0.5 \text{ ha}$$

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et porte rampes.

### IV.12.2 Calculs hydrauliques

#### IV.12.2.1 Conditions hydrauliques de base

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

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

La variation maximale de la pression :

$q = K.H^x$  avec :  $x=0.5$  (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (IV.9)$$

Telle que :  $q(g)$  : débit nominal du goutteur

$H(n)$  pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max.)}{10}$$

$\Delta H(\max.) = 1/0.5 = 2 \text{ mce}$ .

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression alors :

$$P_{dcs} = 2 * 0,1 = 0,2 \text{ mce}$$

$$P_{dcl} = 2 - 0,2 = 1,8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$1/3 \text{ sur les porte- rampes } P_{dc} (pr) = 1,8 * 1/3 = 0,6 \text{ m c e}$$

$$2/3 \text{ sur les rampes } P_{dc} (r) = 1,8 * 2/3 = 1,2 \text{ m c e}$$

1) Le débit :

$$Q_r = Q_g * N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

Avec:

- $Q_r$  : Débit de rampe.
  - $Q_g$ : Débit du goutteur
  - $N_g/r$  : Nombre des goutteurs par rampe
  - $N_r$  : Nombre des rampes
  - $Q_{pr}$ : Débit de porte rampe
- ✓ La longueur de la rampe : 72m.
  - ✓ La longueur de la porte rampe : 140m.
  - ✓ La longueur de la conduite secondaire : 64m.

### 2) Le nombre d'arbres par rampe

$$N_{\text{arbres}} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{72}{4} = 18 \text{ arbres}$$

$$N_{\text{arbres}} = 18 \text{ arbres}$$

### 3) Nombre des goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 18 * 2 = 36 \text{ goutteurs}$$

$$N_g = 36 \text{ goutteurs}$$

### 4) Le nombre des rampes

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{140}{4} = 35 \text{ rampes}$$

$$N_{\text{rampe}} = 35 \text{ rampes}$$

### 5) Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 36 * 4 = 144 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 144 \text{ l/h}$$

### 6) Débit de la porte rampe

$$Q_{Pr} = Q_r * N_r = 144 * 35 = 5040 \text{ l/h}$$

$$Q_{Pr} = 5040 \text{ l/h}$$

### 7) Nombre de porte Rampe

Nombre de porte rampe = 1 (1 seul porte rampe).

### 8) Débit de la conduite secondaire

$$Q_{Cs1} = Q_{Pr} * N_{Pr} = 5040 * 1 = 5040 \text{ l/h}$$

$$Q_{Cs1} = 5040 \text{ l/h}$$

#### IV.12.3 Dimensionnement des canalisations du réseau

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

##### 1) La conduite tertiaire (conduite d'approche)

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses porte-rampes. Elle est en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

##### 2) Porte-rampes

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

##### 3) Les rampes

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing_r(\text{cal}) = \left[ \frac{\text{P.d.c (r)} \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{IV.10})$$

$$\varnothing_{pr}(\text{cal}) = \left[ \frac{\text{P.d.c (pr)} \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{IV.11})$$

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
- $\varnothing_r$  (cal) : le diamètre de rampes
- Pdc(pr) : la perte de charge dans la porte rampe
- $\varnothing_{pr}$  (cal) : le diamètre de porte rampe

$D_{\text{rampe}} = 10.22$  mm, on prend un diamètre normalisé : DN = 16 mm

$D_{\text{porte-rampe}} = 50.41$  mm, on prend un diamètre normalisé : DN = 75 mm

### IV.12.3 Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm.

Perte de charge selon Hazen-williams :

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \quad (\text{IV.12})$$

Ou : L : la longueur de la conduite.

Q : débit (l/h).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

$C_w = 140$  PEHD,  $L = 72$  m,  $D = 0.016$  m,  $Q = 4 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s.

$\Delta H_{\text{Rampe}} = 0.32$  m < 1.2m

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

### IV.12.3.1 Calcul du diamètre de la rampe

**Tableau IV.5 :** Diamètre de la rampe

Culture	Surface (m <sup>2</sup> )	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m) P. charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	ΔHcal (m)
Olivier	15000	72	36	144	1.2	10.22	16	0.32

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max).

### IV.12.3.2 Calcul de Diamètre de la porte rampe

On applique le même procédé que les rampes, et on trouve :

**Tableau IV.6:** Diamètre de la porte rampe

Culture	Surface m <sup>2</sup>	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	hcal(m)
Olivier	15000	140	35	5040	0.6	50.41	75	0.25

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on constate que les pertes de charges totales (0.57m) n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

### IV.12.3.3 Calcul des diamètres des conduites tertiaire

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

Avec : Q : débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s);

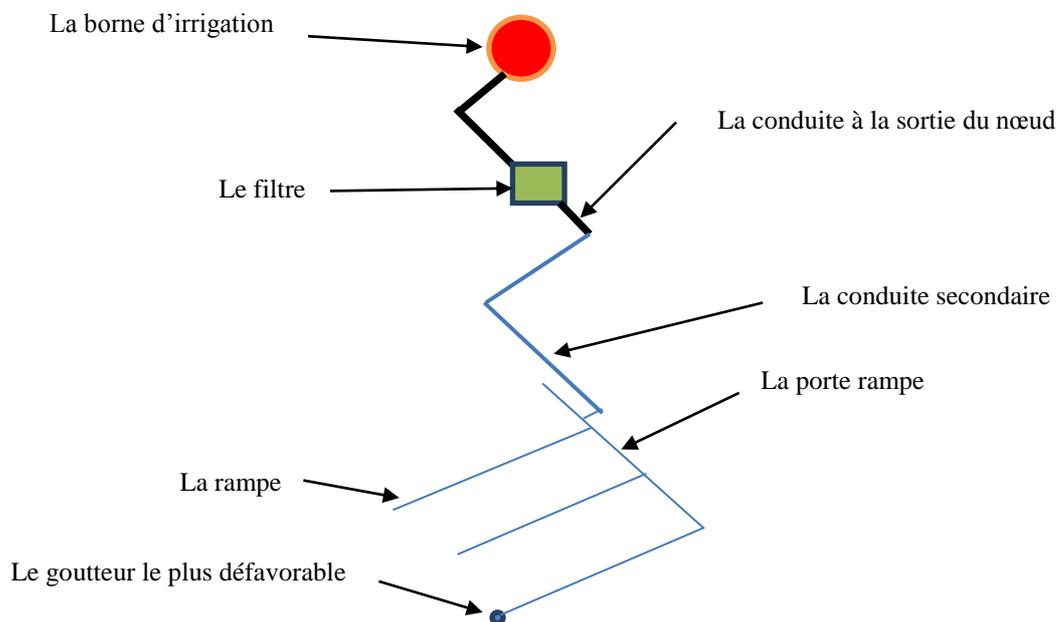
V : vitesse d'écoulement (m/s).

**Tableau IV.7:** Diamètre des conduites tertiaires

Culture	Surface m <sup>2</sup>	L(m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	15000	64	0,0014	1.05	34.82	50	0.5	0.81

### IV.12.4 La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).



**Figure IV.1** : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs

**Tableau IV.8**: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	72	140	64
Diamètre(m)	16	75	50
Débit (m <sup>3</sup> /s)	4. 10 <sup>-5</sup>	0.0014	0.0014
Pertes de charge(m)	0.32	0.25	0.81

## Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

---

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable, Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10+0.32+0.25+0.81= 11.38 \text{ m.}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.4 bars ce qui est largement suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

### IV.13 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système de distribution et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système distribution ainsi que les calculs relatifs aux bornes d'irrigation.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 20 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 200 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de distribution du périmètre d'étude.

Et finalement .Nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte. Ayant dimensionné tous les organes du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, nous avons effectué une vérification de la pression, afin d'assurer la pression nominale de 10 m.c.e dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.

### Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

#### IV.1 Introduction

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, et de créer des conditions les plus favorables pour la croissance des plantes. Mais quel que soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème de répartir cette eau sur le sol de façon, à ce que les plantes en tirent le maximum de profit.

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différentes exploitations agricoles par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages. Dans notre périmètre, l'irrigation localisée représente la technique la plus utilisée dans la région, vu leur avantage sur les rendements des cultures, C'est dans ce contexte que notre attention dans ce chapitre s'est accentuée sur l'optimisation du réseau de distribution d'irrigation localisée.

#### IV.2 Organisation du périmètre

##### IV.2.1 Ilots et bornes d'irrigation

L'ilot d'irrigation est par définition décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une seule prise d'irrigation (borne) , qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- laisser passer ou arrêter le débit.
- Régler ce débit, ou plus exactement le limiter au module.
- Régler la pression.
- Assurer le comptage de l'eau livrée.

##### IV.2.2 Taille des îlots d'irrigation

En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70 ha.
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot).

La limitation de taille maximale des îlots répond aux critères hydrauliques et d'équipement. La limitation du nombre de parcelles par îlot répond, en outre, à critères de gestion. La plupart du

périmètre est représentée par îlots de 4 ou 6 parcelles ce qui facilite la distribution des tours d'irrigation et le comptage de consommations.

### IV.3 Implantation des bornes (Plan de bornage)

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre de bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles.

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations :
  - ✓ Une borne par îlot d'exploitations ;
  - ✓ Quatre (04) prises maximum sur une même borne soit huit parcelles au maximum ;
  - ✓ Bornes implantées en limites d'îlots ou des parcelles ;
  - ✓ Dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.
- Pour les zones à grande exploitation :
  - ✓ La borne se situe au centre de l'îlot ;
  - ✓ 4prises sur les mêmes bornes.

### IV.4 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne d'irrigation constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande, et cumulant les fonctions suivantes :

- ✓ Le vannage : desserte de l'eau à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle.
- ✓ Régulation de la pression avale
- ✓ Limitation du débit prélevé
- ✓ comptage des volumes débités par chaque prise.

### IV.5 Modalités de desserte de l'eau

Le module est l'unité de débit susceptible d'être délivrée en tête des réseaux des parcelles à irrigué. La distribution de l'eau d'irrigation est dans certains cas problématique en particulier dans les mois de pointe, car la demande ne peut dépasser la main d'eau. On distingue :

#### IV.5.1 Distribution d'eau à la demande

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit. Dans certains cas, le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu (le débit qui serait nécessaire si l'irrigation s'effectuait 24h sur 24 pendant la période de pointe).

#### IV.5.2 Distribution au tour d'arrosage

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module.

#### Tracé du réseau

Une fois qu'on a établi le plan de bornage, il est exigé de relier le plus économiquement possible les différentes bornes à l'origine du réseau. La méthode classiquement mise en œuvre comprend trois phases successives :

##### 1ere phase : tracé par proximité

Nous recherchons tout d'abord le tracé de longueur minimum ayant pour sommets les seules bornes du réseau.

##### 2ème phase : Tracé à 120°

En créant de nouveaux sommets distincts des bornes, on peut améliorer le tracé précédent en diminuant sa longueur. Les sommets ont au maximum trois arêtes incidentes et les angles des arêtes incidentes sont égaux à 120°.

##### 3ème phase : le tracé économique

Le tracé à 120° correspond au tracé de longueur minimum après création éventuelle de sommets intermédiaires distincts des bornes. Il est possible de raccourcir la longueur des conduites de diamètre important, quitte à augmenter celles de petit diamètre.

### IV.6 calcul du débit aux bornes

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S \quad (IV.1)$$

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

---

**Q<sub>b</sub>** = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)

**q<sub>s</sub>** = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

**S** = Superficie de l'ilot (ha)

### IV.7 Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement on admet :

- ➔ Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).
- ➔ Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- ➔ Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
- ➔ Pour les grands ilots (S>50 ha) on prévoit des bornes de type C.

**Tableau IV.1** : Type de bornes en fonction de superficies des ilots

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

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

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

Ilot	Superficie ilot (ha)	Débit (l/s)	Matériel	Diamètre de la borne (mm)
1	9,9	13,27	Fonte	100
2	10,26	13,75	Fonte	100
3	5,69	7,62	Fonte	65
4	10,3	13,80	Fonte	100
5	9,44	12,65	Fonte	100
6	9,12	12,22	Fonte	100
7	12,78	17,13	Fonte	100
8	13,44	18,01	Fonte	100
9	11,05	14,81	Fonte	100
10	8,15	10,92	Fonte	65
11	11,81	15,83	Fonte	100
12	12,01	16,09	Fonte	100
13	8,76	11,74	Fonte	100
14	7,45	9,98	Fonte	65
15	7,0	9,38	Fonte	65
16	6,63	8,88	Fonte	65
17	10,74	14,39	Fonte	100
18	13,06	17,50	Fonte	100
19	11,41	15,29	Fonte	100
20	11,00	14,74	Fonte	100

### IV.8 Variantes d'aménagement hydro-agricole

Notre secteur 01 s'étend sur une superficie totale équipée de 200 ha. La distribution de l'eau se fait à partir des réservoirs de stockage surélevés qui sont alimentés par deux forages réalisés pour notre secteur et par la suite alimentés gravitairement le périmètre par un réseau d'irrigation ramifié.

### IV.9 Choix des matériaux des canalisations

De nombreux types de matériaux sont disponibles pour constituer une conduite. On peut classer en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués : fonte, PEHD, PRV, ...etc. Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature du terrain (l'agressivité du sol), l'ordre économique (coûts de fourniture et de mise en œuvre), mais aussi de la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement et les réparations en cas de fuite.

#### ➤ Fonte

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte. Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

### ➤ PEHD (polyéthylène)

Il présente les avantages suivant :

- Ils supportent des pressions élevées ;
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain);
- Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service;
- Ils offrent une bonne flexibilité ;
- Disponible sur le marché.
- Il n'est pas trop cher dans le marché.

### ➤ Conduit en PVC (Polyvinyle de chlorure)

- Bonne résistance à la corrosion.
- Disponible sur le marché.
- Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient est le risque de rupture.

### ➤ Conduite en acier

- Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est

- la corrosion.

## IV.10 Dimensionnement hydraulique des canalisations

Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de « LABYE » nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m<sup>3</sup>/s ;

D : diamètre exprimé en mm

V : vitesse d'écoulement dans les conduites.

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

- **Vitesse admissible**

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.5 m/s.

- **Calcul des pertes de charge**

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \quad (IV.3)$$

Avec :

$h_{pu}$ : Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q : Débit en m<sup>3</sup>/s

D : Diamètre de la conduite considérée. L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière :

$$C = 1.1 \times \frac{L \times Q^M}{D^N}$$

**Tableau IV.3** : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

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

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : L=1.15 M=1.89 N=5.01.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD, nous a les caractéristiques suivantes :

Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra.

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où  $h_1$  et  $h_2$  sont les hauteurs de pressions

$V_1$  et  $V_2$  sont les vitesses d'écoulement dans A et B

$Z_1$  et  $Z_2$  sont les côtes du terrain naturel.

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

---

$\Delta H$  : sont les pertes de charge entre A et B.

Les calculs sont détaillés dans le **tableau IV.4**

**Tableau IV.4** : Calculs hydrauliques du réseau de distribution

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q(l/s)	débit Q(m3/S)	Diametre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
Res1-R1	190,8	0,1908	64,94	87,02	0,087	271,8	300	1,23	0,91	336,50	359,1	22,6	2,3
R1-B1	12	0,012	9,9	13,27	0,013	106,1	110	1,40	0,25	337,00	358,8	21,8	2,2
R1-B2	12	0,01	10,3	13,80	0,014	108,3	110	1,45	0,27	336,00	358,6	22,6	2,3
R1-R2	943,71	0,94	44,74	59,95	0,060	225,6	250	1,22	5,52	318	353,6	35,6	3,6
R2-B3	12	0,012	12,87	17,25	0,017	121,0	125	1,41	0,21	319	353,4	34,4	3,4
R2-B4	12	0,012	11,81	15,83	0,016	115,9	125	1,29	0,18	317	353,4	36,4	3,6
R2-R3	815,21	0,81521	20,06	26,88	0,027	151,1	160	1,34	9,79	300	343,6	43,6	4,4
R3-B5	12	0,012	7	9,38	0,009	89,3	90	1,48	0,35	300,3	343,2	42,9	4,3
R3-B6	12	0,012	13,06	17,50	0,018	121,9	125	1,43	0,22	299,3	343,3	44,0	4,4
Res2-R4	147,52	0,14752	135,06	180,98	0,181	392,0	400	1,44	0,66	361	374,3	23,3	2,3
R4-B7	6	0,006	10,26	13,75	0,014	108,1	110	1,45	0,13	351	374,2	23,2	2,3
R4-B8	6	0,006	5,69	7,62	0,008	80,5	90	1,20	0,12	351	374,2	23,2	2,3
R4-R5	232,22	0,23222	119,11	159,61	0,160	368,2	400	1,27	0,82	339	373,5	34,5	3,5
R5-B9	6	0,006	9,44	12,65	0,013	103,6	110	1,33	0,11	339	373,4	34,4	3,4

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q(l/s)	débit Q(m <sup>3</sup> /S)	Diametre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
R5-B10	6	0,006	9,12	12,22	0,012	101,9	110	1,29	0,11	339	373,4	34,4	3,4
R5-R6	274,15	0,27415	100,55	134,74	0,135	338,3	400	1,07	0,70	335	372,8	37,8	3,8
R6-B11	6	0,006	13,44	18,01	0,018	123,7	125	1,47	0,12	335	372,7	37,7	3,8
R6-B12	6	0,006	11,05	14,81	0,015	112,1	125	1,21	0,08	335	372,7	37,7	3,8
R6-R7	215,21	0,21521	76,06	101,92	0,102	294,2	300	1,44	1,38	328	371,3	43,3	4,3
R7-B13	6	0,006	8,15	10,92	0,011	96,3	110	1,15	0,09	328	372,6	44,6	4,5
R7-R8	317,25	0,31725	67,91	91,00	0,091	278,0	300	1,29	1,64	318	371,1	53,1	5,3
R8-B14	6	0,006	12,01	16,09	0,016	116,9	125	1,31	0,09	318	359,0	41,0	4,1
R8-B15	6	0,006	8,76	11,74	0,012	99,8	110	1,24	0,10	318	358,9	40,9	4,1
R8-R9	323,74	0,32374	47,14	63,17	0,063	231,6	250	1,29	2,09	309	369,0	60,0	6,0
R9-B16	6	0,006	6,63	8,88	0,009	86,9	90	1,40	0,16	309	368,8	59,8	6,0
R9-B17	6	0,006	7,45	9,98	0,010	92,1	110	1,05	0,07	309	368,9	59,9	6,0
R9-R10	235,08	0,23508	33,06	44,30	0,044	194,0	200	1,41	2,37	304	366,6	62,6	6,3
R10-B18	6	0,006	10,47	14,03	0,014	109,2	110	1,48	0,14	304	372,6	68,6	6,9
R10-R11	215,95	0,21595	22,59	30,27	0,030	160,3	160	1,51	3,25	298	366,5	68,5	6,9
R11-B19	6	0,006	11,41	15,29	0,015	114,0	125	1,25	0,09	298	366,5	68,5	6,8
R11-B20	6	0,006	11	14,74	0,015	111,9	125	1,20	0,08	298	366,5	68,5	6,8

### IV.11 Dimensionnement des réservoirs de distribution

Le volume du réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante.

L'irrigation se fera après remplissage du réservoir, donc à chaque fois une tranche est irriguée, on pompe l'eau du forage pour remplir le réservoir, puis on irrigue la tranche suivante.

On sait que :

$$V=Q \times T$$

Avec :

V : volume de la bache.

Q : Débit caractéristique.

T : Temps de remplissage du réservoir : 2 H

#### IV.11.1 Dimensionnement de réservoir de stockage 01 correspondant au forage 01

Q caractéristique =  $Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface partielle = 64.94 ha

Q caractéristique = **87.67 l/s**

Donc :

$$V = 87.67 \times 0.001 \times 2 \times 3600 = 631.22 \text{ m}^3$$

On prend  $V = 750 \text{ m}^3$

$$V = S \times H$$

S : section de réservoir      Avec :

D : diamètre de réservoir

H : La hauteur de réservoir : 4m

On trouve que :

$$\text{Donc } S = 187 \text{ m}^2$$

### IV.11.2 Dimensionnement du réservoir de stockage 02 correspondant au forage 02

Q caractéristique =  $Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface partielle = 135.06 ha

Q caractéristique = **180.98 l/s**

Donc :

$$V = 180.98 \times 0.001 \times 2 \times 3600 = 1303.05 \text{ m}^3$$

On prend  $V = 1500 \text{ m}^3$

$$V = S \times H$$

S : section de réservoir

a : longueur de réservoir.

b : largeur de réservoir.

H : La hauteur de réservoir. On le prend 5m.

On trouve que :

$$\text{Donc } S = 300 \text{ m}^2$$

### IV.12 Dimensionnement d'un réseau localisée (goutte à goutte)

L'irrigation localisée, concerne les cultures en ligne, nous l'appliquons dans notre cas à la parcelle contenant d'olivier.

Données générales :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°10 alimentée par la borne N° 10 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3,4 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 1.5 ha et présente une forme relativement rectangulaire.

Culture : Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoin de pointe : 278,43mm (Juillet).

Caractéristique du goutteur

- Débit nominal : 4 l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 2 m
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

### IV.12.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

#### IV.12.1.1 Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite :

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : Kr

Kr dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après [Ollier et Poirre, 1983]:

- **KELLER et KARMELI (1974)**

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \quad (\text{IV.4})$$

- **La formule de Freeman et Garzoli**

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \quad (\text{IV.5})$$

- **La formule de Decroix (CTGREF)**

$$K_r = 0.1 + C_s \quad (\text{IV.6})$$

Dans notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0.71$  selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$  selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$  selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient :  $K_r = 0.80$

$B_{jl} = B_j \cdot K_r$

$B_{jl} = ETM_c = 9.28 \cdot 0.8 = 7.42 \text{ mm/j.}$

### IV.12.1.2 Dose nette pratique

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h (Ollier & Poirée, 1981).

La dose (RFU) étant définie comme suit :

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Tel que : Hcc : humidité à la capacité au champ (27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (16%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié.

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr} \quad (IV.7)$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre : 2 goutteurs.

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre : 2m.

Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après le catalogue elle est de 1m.

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre 4m

Sa : espacement des arbres sur les rangs 4m

P = 25%

Donc :

$$RFU = (0.27 - 0.16) \cdot 1500 \cdot 2/3 \cdot 1,35 = 148.5 \text{ mm}$$

$$Dp = RFU \cdot P\% = \mathbf{37.125 \text{ mm.}}$$

### IV.12.1.3 Calcul de la dose brute

$$D_{brute} = \frac{Dp}{Cu \cdot \text{eff}} = \frac{37.125}{0.9 \cdot 0.9} = \mathbf{45.83 \text{ mm / mois}}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%

### IV.12.1.4 Fréquence des arrosages

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{37.125}{7.42} = \mathbf{5 \text{ jours}}$$

Donc on prend :  $Fr = 5$  jours.

### IV.12.1.5 Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_p * S_r * S_d}{n * q_g} \quad (\text{IV.8})$$

$S_r$  et  $S_d$  représentent respectivement l'espacement entre rang et distributeurs,  $n$  et  $q_g$  nombre et débit du goutteur (2 goutteurs et 4l/h).

$$\theta = \frac{45.83 * 4 * 2}{2 * 4} = \mathbf{45.83 \text{ heures/mois}}$$

On prend 46 heures.

### IV.12.1.6 Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{46}{5} = \mathbf{9.20 \text{ heures/jour}}$$

### IV.12.1.7 Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{9.2} = \mathbf{2.39 \text{ postes}}$$

On prend 3 postes

### IV.12.1.8 Surface du poste

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.5}{3} = 0.5 \text{ ha}$$

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et porte rampes.

### IV.12.2 Calculs hydrauliques

#### IV.12.2.1 Conditions hydrauliques de base

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

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

La variation maximale de la pression :

$q = K.Hx$  avec :  $x=0.5$  (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (IV.9)$$

Telle que :  $q(g)$  : débit nominal du goutteur

$H(n)$  pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max.)}{10}$$

$\Delta H(\max.) = 1/0.5 = 2 \text{ mce}$ .

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression alors :

$$P_{dcs} = 2 * 0,1 = 0,2 \text{ mce}$$

$$P_{dcl} = 2 - 0,2 = 1,8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$1/3 \text{ sur les porte- rampes } P_{dc} (pr) = 1.8 * 1/3 = 0,6 \text{ m c e}$$

$$2/3 \text{ sur les rampes } P_{dc} (r) = 1.8 * 2/3 = 1,2 \text{ m c e}$$

1) Le débit :

$$Q_r = Q_g * N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

Avec:

- $Q_r$  : Débit de rampe.
  - $Q_g$ : Débit du goutteur
  - $N_g/r$  : Nombre des goutteurs par rampe
  - $N_r$  : Nombre des rampes
  - $Q_{pr}$ : Débit de porte rampe
- ✓ La longueur de la rampe : 72m.
- ✓ La longueur de la porte rampe : 140m.
- ✓ La longueur de la conduite secondaire : 64m.

### 2) Le nombre d'arbres par rampe

$$N \text{ arbres} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{72}{4} = 18 \text{ arbres}$$

$$N \text{ arbres} = 18 \text{ arbres}$$

### 3) Nombre des goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 18 * 2 = 36 \text{ goutteurs}$$

$$N_g = 36 \text{ goutteurs}$$

### 4) Le nombre des rampes

$$N \text{ rampe} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{140}{4} = 35 \text{ rampes}$$

$$N \text{ rampe} = 35 \text{ rampes}$$

### 5) Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 36 * 4 = 144 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 144 \text{ l/h}$$

### 6) Débit de la porte rampe

$$Q_{Pr} = Q_r * N_r = 144 * 35 = 5040 \text{ l/h}$$

$$Q_{Pr} = 5040 \text{ l/h}$$

### 7) Nombre de porte Rampe

Nombre de porte rampe = 1 (1 seul porte rampe).

### 8) Débit de la conduite secondaire

$$Q_{Cs1} = Q_{Pr} * N_{Pr} = 5040 * 1 = 5040 \text{ l/h}$$

$$Q_{Cs1} = 5040 \text{ l/h}$$

#### IV.12.3 Dimensionnement des canalisations du réseau

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

##### 1) La conduite tertiaire (conduite d'approche)

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses porte-rampes. Elle est en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

##### 2) Porte-rampes

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

##### 3) Les rampes

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing_r(\text{cal}) = \left[ \frac{\text{P.d.c (r)} \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{IV.10})$$

$$\varnothing_{pr}(\text{cal}) = \left[ \frac{\text{P.d.c (pr)} \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{IV.11})$$

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
- $\varnothing_r$  (cal) : le diamètre de rampes
- Pdc(pr) : la perte de charge dans la porte rampe
- $\varnothing_{pr}$  (cal) : le diamètre de porte rampe

$D_{\text{rampe}} = 10.22$  mm, on prend un diamètre normalisé : DN = 16 mm

$D_{\text{porte-rampe}} = 50.41$  mm, on prend un diamètre normalisé : DN = 75 mm

### IV.12.3 Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm.

Perte de charge selon Hazen-williams :

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \quad (\text{IV.12})$$

Ou : L : la longueur de la conduite.

Q : débit (l/h).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

$C_w = 140$  PEHD,  $L = 72$  m,  $D = 0.016$  m,  $Q = 4 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s.

$\Delta H_{\text{Rampe}} = 0.32$  m < 1.2m

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

### IV.12.3.1 Calcul du diamètre de la rampe

**Tableau IV.5 :** Diamètre de la rampe

Culture	Surface (m <sup>2</sup> )	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m) P. charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	ΔHcal (m)
Olivier	15000	72	36	144	1.2	10.22	16	0.32

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max).

### IV.12.3.2 Calcul de Diamètre de la porte rampe

On applique le même procédé que les rampes, et on trouve :

**Tableau IV.6:** Diamètre de la porte rampe

Culture	Surface m <sup>2</sup>	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	hcal(m)
Olivier	15000	140	35	5040	0.6	50.41	75	0.25

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on constate que les pertes de charges totales (0.57m) n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

### IV.12.3.3 Calcul des diamètres des conduites tertiaire

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

Avec : Q : débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s);

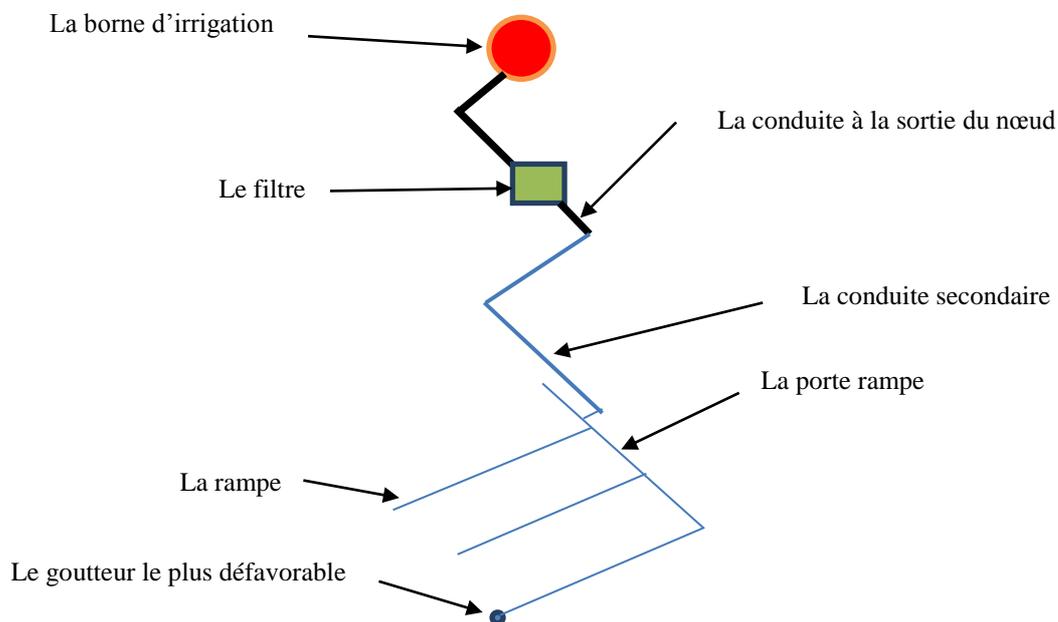
V : vitesse d'écoulement (m/s).

**Tableau IV.7:** Diamètre des conduites tertiaires

Culture	Surface m <sup>2</sup>	L(m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	15000	64	0,0014	1.05	34.82	50	0.5	0.81

### IV.12.4 La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).



**Figure IV.1** : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs

**Tableau IV.8**: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le gouteur le plus défavorable

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	72	140	64
Diamètre(m)	16	75	50
Débit (m <sup>3</sup> /s)	4. 10 <sup>-5</sup>	0.0014	0.0014
Pertes de charge(m)	0.32	0.25	0.81

## Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

---

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable, Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10+0.32+0.25+0.81= 11.38 \text{ m.}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.4 bars ce qui est largement suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

### IV.13 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système de distribution et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système distribution ainsi que les calculs relatifs aux bornes d'irrigation.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 20 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 200 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de distribution du périmètre d'étude.

Et finalement .Nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte. Ayant dimensionné tous les organes du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, nous avons effectué une vérification de la pression, afin d'assurer la pression nominale de 10 m.c.e dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.

### Chapitre V: Calcul technico-économique

#### V.1 Introduction

L'étude du devis estimatif nous permet d'avoir une idée sur la rentabilité et le coût de réalisation de notre projet, ce calcul consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations à effectuer sur le terrain, on multiplie le volume des travaux par le prix unitaire.

Donc, à travers ce chapitre, on doit faire une étude économique détaillée afin de connaître l'aspect financier (gain et pertes) de ce projet, en fonction des différentes charges intervenant, à savoir les charges d'investissement et d'exploitation.

Pour se faire il est important de quantifier l'ensemble des travaux à entreprendre et qui sont :

- Réseau de distribution.
- Travaux divers.

#### V.2 Différents travaux à entreprendre

L'organisation d'un chantier consiste à déterminer et coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir les travaux d'exécution dans les meilleures conditions possibles et les plus brefs délais.

Les étapes des différents travaux de réalisation pour un réseau d'irrigation sont :

- Implantation des tracés des tranchées sur le terrain ;
- Excavation des tranchées.
- Pose du lit de sable (épaisseur de 20cm).
- Pose des conduites.
- Epreuve de joint et de canalisation.
- Remblaiement des tranchées.
- Nivellement et compactage.

#### V.3 Frais des travaux sur réseau d'irrigation

##### V.3.1 Calcul du volume de déblai

Le largueur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite, on laisse  $a=30\text{cm}$  d'espace de chaque côté de la conduite.

$$b = D + 2a.$$

$b$  : largeur de la tranchée (m) ;

$D$  : diamètre de la conduite (m) ;

a : distance entre la conduite et le fruit de talus.

La hauteur est de :

$$H = D + h_{\text{sable}} + 0.8 \text{ (m)}$$

Avec :

D : diamètre de la conduite.

$h_{\text{sable}}$  : qui est la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres

**Le volume des déblaiements sera alors égal à**

$$V_{\text{deb}} = L \times H \times b \text{ (m}^3\text{)}$$

L : Longueur de la tranchée en (m) ;

H : profondeur de la tranchée (m).

b : largeur de la tranchée (m)

### V.3.2 Calcul du volume de remblais

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - V_{\text{cond}}$$

$$\text{Avec : } V_{\text{cond}} = \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

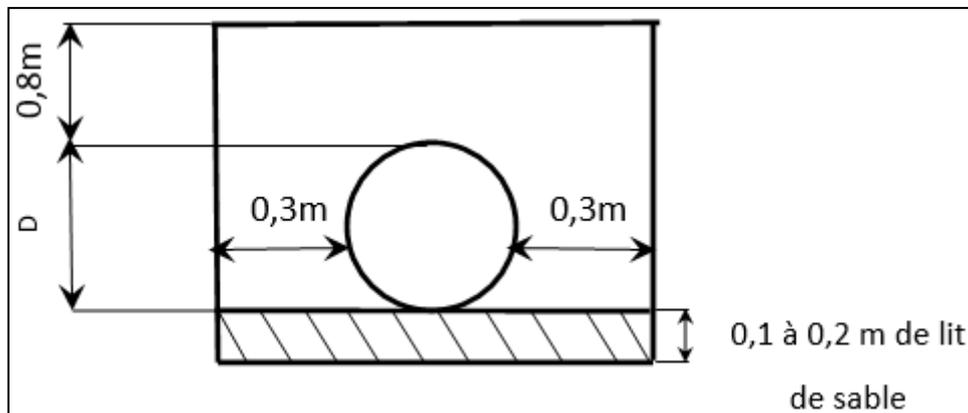
$$\text{Donc : } V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

### V.3.3 Calcul du volume de sable

Le Volume du sable nécessaire pour le lit de sable est égale à :

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times b$$

La figure si après illustre la disposition de la conduite au niveau de la tranchée :



**Figure V.1** : Disposition de la conduite dans une tranchée

## Chapitre V: Calcul technico-économique

### Calcul des différents volumes

**Tableau V.1** Quantité des travaux de terrassement.

Conduites	l (m)	h (m)	L (m)	V <sub>deb</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>cond</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>sable</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>remb</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>excédentair</sub> (m <sup>3</sup> )
Ø 90	0,7	1,0	24	16,80	0,15	3,36	16,65	0,15
Ø 110	0,8	1,0	66	52,80	0,63	10,56	52,17	0,63
Ø 125	0,8	1,0	66	52,80	0,81	10,56	51,99	0,81
Ø160	0,8	1,1	1031.16	824,93	20,72	164,9856	804,21	20,72
Ø 200	1	1,1	235.08	282,10	7,38	47,016	274,71	7,38
Ø 250	1	1,2	1267.45	1 520,94	62,18	253,49	1 458,76	62,18
Ø 315	1	1,2	508.05	660,47	39,57	101,61	620,89	39,57
Ø 400	1	1,3	653.89	915,45	82,13	130,778	833,32	82,13
Total				4 326,28	--	722,36	4 112,70	213,58

**Tableau V.2 :** Coût des travaux de terrassement.

Conduites	Unités de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	M3	4 326,28	1000	4326280
Pose du lit de sable	M3	722,36	1100	794596
Remblai de la tranchée	M3	4 112,70	600	2467620
Evacuation de terres excédentaires à la décharge	M3	213,58	500	106790
TOTAL (DA)				7695286

## Chapitre V: Calcul technico-économique

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

Les prix des conduites sont détaillés comme suit :

**Tableau V.3** : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 90	PEHD	ml	24	278,35	6680,4
Ø 110	PEHD	ml	66	416,1	27462,6
Ø 125	PEHD	ml	66	530,1	34986,6
Ø160	PEHD	ml	1031.16	868,3	895356,228
Ø 200	PEHD	ml	235.08	1 358,50	319356,18
Ø 250	PEHD	ml	1267.45	2 109	2673052,05
Ø 315	Fonte	ml	508.05	3 363	1708572,15
Ø 400	Fonte	ml	653.89	5 396	3528390,44
<b>Total (HT)</b>					9193856,65
<b>TVA (19%)</b>					1746832,76
<b>Total (TTC)</b>					10940689,4

### V.5 Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales

Le coût des bornes d'irrigation et les différentes tâches de leurs implantations sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau V.5** : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation

Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire DA	prix total DA
Borne type A (2 prise)	U	5	18500	92500
Borne type A (4 prise)	U	15	21000	315000
Brise de vent	km	6	212121	1272726
Forages	U	2	66667	133334
Abris de forages	U	2	1200000	2400000
Equipment forage	U	2	6000000	12000000
<b>Total</b>				16213560

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de :

$$CT = 7695286 + 10940689,4 + 16213560 = \mathbf{34849535 \text{ DA}}$$

Donc cout total du projet à égale **34.849.535 DA**, écrit en lettre : **Trente-quatre millions et Huit cent quarante-neuf milles et cinq cent trente-cinq dinars algériens.**

Donc pour un hectare on a :

$$\mathbf{34.849.535 / 200 = 174248 \text{ DA/ha}}$$

### V.6 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons calculé le devis estimatif et quantitatif de notre projet d'irrigation pour le périmètre de Zelfana, avec un coût total d'environ **34.849.535 DA** (Trente-quatre millions et Huit cent quarante-neuf milles et cinq cent trente-cinq dinars algériens)

---

## CONCLUSION GENERALE

---

### CONCLUSION GENERALE

L'objectif fondamental visé par l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude est de dimensionner un réseau d'irrigation du périmètre de Zelfana-secteur 01- (wilaya de Ghardaïa) d'une superficie de 200 ha, à partir de deux Forage.

Pour atteindre cet objectif, en premier lieu nous avons commencé par une étude détaillée de la région et sous différents angles a permis de classer son climat comme étant semi-aride avec une période sèche tout l'année.

Deuxièmement nous avons abordé l'étude agro-pédologie, il a été question de l'identification des ressources en sol et en eau disponibles dans notre région afin de les exploiter au mieux dans la réalisation du projet.

Puis vient alors l'estimation et le calcul des besoins en eau des cultures mises en place dans l'objectif de leur assurer une bonne alimentation en eau.

A la fin nous avons abordé le dimensionnement à la parcelle en tenant compte des techniques d'irrigation les plus appropriées dans notre cas est l'irrigation localisé (goute à goutte).

A la lumière des résultats trouvés, nous avons dû concevoir un réseau d'irrigation composé de :

D'un Linéaire de conduites de 3852 m

De 20 Bornes

2 Pompes

2 Réservoir

Brises vents

De ce fait, après avoir effectué l'estimation du cout total du projet, nous avons ressorti **34.849.535 DA (Trente-quatre millions et Huit cent quarante-neuf milles et cinq cent trente-cinq dinars algériens) DA** pour tout le projet, soit **174248 DA/ha (cent soixante-quatorze milles et deux cent quarante-huit dinars algériens/Ha)**

On conclut par conséquent que notre projet est rentable.

A la fin nous espérons que ce modeste travail soit pris en considération et constituera une base lors de l'exécution du projet.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

«1» ANRH, Données Pluviométrique. Document interne. Alger.

«2» Andre, H., (1976). Hydrométrie pratique des cours d'eau. Paris : Eyrolles, p 259.

«3» Touaibia, B., (2004) Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.

«4» Bulletin N°30 FAO Calcul des besoins en eau des cultures p40.

ANNEXES

Annexe 1

Annexe 1      Loi Normale Réduite :  $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}u^2} du$

u	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91309	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992

## Annexe 2

## Coefficients culturaux (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Canne à sucre	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Luzerne	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4 -0.6

Premier chiffre: avec forte humidité (HR min > 70%) et vent faible (U < 5 m/s).

Second chiffre: avec faible humidité (HR min < 20%) et vent fort (> 5 m/s).

## ANNEXES

### Annexe 3

**Tableau Error! No text of specified style in document. : Pluies mensuelles (Station : Ghardaïa Code : 130427). Source : ANRH Alger**

Année	sept	Oct	nov	déc	Jan	fév	mars	avr	mai	juin	juillet	aout	Total
1990	0.0	0.0	16.2	2.5	2.6	3.7	5.8	1.4	11.7	0.7	0.0	0.0	44.6
1991	4.1	0.5	3.8	5.5	8.0	0.0	22.5	3.5	9.9	0.0	0.0	0.0	57.8
1992	0.0	0.0	17.6	0.0	0.0	21.4	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	40.3
1993	0.7	11.2	3.4	0.0	5.3	0.0	62.2	1.1	0.0	8.9	0.0	0.0	92.8
1994	75.8	23.7	5.8	1.3	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	112.9
1995	33.9	8.4	5.4	6.7	13.6	24.9	21.1	0.2	0.0	0.0	1.3	0.0	115.5
1996	0.0	0.8	0.0	2.3	0.2	2.4	0.0	60.6	1.1	0.0	0.0	0.0	67.4
1997	44.1	0.0	10.4	32.4	0.0	0.0	2.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	90
1998	9.9	0.0	0.0	0.3	53.8	0.8	4.4	0.0	1.2	0.0	7.6	0.0	78
1999	0.9	0.0	24.7	27.7	0.0	0.0	3.6	0.0	6.1	1.8	0.0	0.0	64.8
2000	5.2	13.1	0.0	0.0	0.0	1.3	0.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6
2001	12.8	0.5	5.7	23.6	0.7	0.0	2.7	0.8	1.6	0.1	0.0	3.7	52.2
2002	10.1	26.6	16.9	0.0	18.4	2.6	23.5	0.2	0.0	0.1	0.0	6.9	105.3
2003	7.1	22.3	0.0	3.7	49.0	0.4	7.2	44.8	1.0	34.5	0.0	12.2	182.2
2004	0.0	0.0	21.2	3.5	6.4	1.1	0.0	0.0	0.0	3.9	1.7	7.7	45.5
2005	62.8	10.2	2.2	0.0	57.5	0.0	0.2	6.3	4.1	0.0	4.3	2.6	150.2
2006	7.7	5.8	4.4	13.6	0.1	0.0	4.1	12.3	3.4	0.0	0.0	16.5	67.9
2007	2.6	0.0	0.0	3.5	5.4	10.3	0.0	0.0	0.6	1.2	1.1	0.0	24.7
2008	79.5	30.8	8.8	7.3	59.3	1.0	10.5	0.4	0.0	17.4	0.0	0.0	215
2009	45.8	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	3.5	1.5	2.0	0.0	58.4
2010	0.5	3.5	0.0	0.0	1.5	0.0	16.9	15.0	1.5	27.0	0.0	0.0	65.9

## ANNEXES

2011	18.0	18.0	0.0	0.0	6.5	1.0	7.5	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	59.5
2012	0.0	6.0	7.0	2.0	1.2	0.0	3.7	0.7	0.0	0.0	0.1	1.7	22.4
Moyen	18.3	7.9	6.7	5.9	12.8	3.1	8.9	6.9	2.0	4.2	0.8	2.2	

### Annexe 4

#### Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 5

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur

Diamètre extérieur nominal $d_n$ (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	$d_{ext}$ (mm)	$d_{ext}$ (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

## Annexe 6

### Perte de charge Lechapt\_Calmom

#### A/ NOTATIONS - EXPLOITATION DE LA TABLE

##### Formule utilisée

$$J = L Q^M / D^N$$

où Q est en m<sup>3</sup>/s ; D en mètre ; J en mm/m  
valable pour une eau à 10° centigrades.

1 - K = 2	L = 1,863	M = 2	N = 5,33
2 - K = 1	L = 1,601	M = 1,975	N = 5,25
3 - K = 0,5	L = 1,40	M = 1,96	N = 5,19
4 - K = 0,25	L = 1,160	M = 1,93	N = 5,11
5 - K = 0,1	L = 1,100	M = 1,89	N = 5,01
6 - K = 0,05	L = 1,049	M = 1,86	N = 4,93
7 - K = 0,025	L = 1,01	M = 1,84	N = 4,88
8 - K = 0			