

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option** : Conception des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

### **Thème** :

DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION D'UN  
PERIMETRE DE 100 HA (COMMUNE DE GUERNINI WILAYA DE  
DJELFA) A PARTIR D'UN FORAGE

**Présenté par** : M<sup>r</sup> ZIANE Fayçal

**Devant les membres du jury** :

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>r</sup> RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
M <sup>me</sup> AZIEZ Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examineur
M <sup>r</sup> KERID Rachid	M.A.A	Examineur
M <sup>r</sup> KOLIAÏ Djaffar	Ingénieur en chef	Promoteur

Décembre 2016

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et d'amour :*

*Avant tout à mes chers parents pour le soutien immense qu'ils n'ont cessé de me prodiguer  
durant toutes ces années ;*

*A mes sœurs Hayat et Nasma ;*

*A mes tantes et oncles ;*

*A mes cousins Ali et Badr-Eddine.*

*Spéciale dédicace à mes chers amis et collègues : Yassine, Hamoudi, Moh, Haroun, Nazih,  
Missoum et Abdou sans qui, ces années d'études n'auront pas été si joyeuses.*

*Sans oublier mon vieil ami Abd-Essalam.*

*Fayçal ZIANE*

## Remerciements

*Avant tout, je remercie le bon dieu qui a illuminé mon chemin et m'a donné la force et le courage pour achever mon cursus universitaire et ce modeste travail.*

*Je remercie également mes parents pour leur soutien indéfectible sans qui je n'en serais pas là aujourd'hui.*

*Je tiens à remercier chaleureusement notre chef de département Mr Habbouche pour tout ce qu'il a fait pour moi durant mes années d'études à l'ENSH, et mon promoteur Mr Koliaï d'avoir bien voulu m'encadrer dans mon mémoire de fin d'études, je leur exprime mes vifs remerciements.*

*Je ne voudrais pas manquer de remercier tous les enseignants de l'ENSH, qui ont veillé à nous inculquer la meilleure formation possible, en particulier Mme Aziez et Mr Rassoul, ainsi que tout le staff de l'ENSH et toutes les personnes qui m'ont aidé dans mon parcours étudiant.*

*Enfin, j'aimerais exprimer mes profonds respects aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.*

## ملخص :

عملنا يبدأ بدراسة عامة (مناخ، تربة ومياه) للمنطقة المعنية. هذا يدخل ضمن نطاق دراسة استغلال المساحات المسقية في منطقة قرنيني (الجلفة) باستخدام أفضل تقنيات السقي من أجل الحصول على عائد أفضل والحفاظ على الموارد المائية ونوعية التربة. لهذا، سوف نستخدم أفضل الطرق لحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل مع الحفاظ على توزيع جيد للمردود للحصول على إنتاجية جيدة مع خفض التكلفة.

## Résumé :

Notre travail commence par une étude générale (climat, sol et eau) de la région concernée. Il entre dans le cadre de l'étude et du suivi de l'exploitation des espaces irrigués dans la région de Guernini (Djelfa) par l'utilisation des techniques d'irrigation adéquates dans le but de faire face au déficit hydrique prononcé et l'obtention d'un bon rendement tout en préservant les ressources en eau et la qualité du sol. Pour cela, nous utiliserons les meilleures méthodes de calcul des besoins en eau des cultures avec la préservation d'un bon rendement de répartition pour obtenir une bonne productivité culturale avec un moindre coût.

## Abstract :

Our work begins with a general study (climate, soil and water) of the region concerned. It is part of the study and monitoring of the exploitation of irrigated areas in the region of Guernini (Djelfa) by the use of better irrigation techniques with a view to achieving better yields and preserving water resources and soil quality. To do this, we will use the best methods of calculating crop water requirements with the preservation of a good distribution efficiency to have a good cultural productivity with a lower cost.

## Sommaire

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

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude (périmètre d'irrigation)

Introduction	2
I. 1. Présentation géographique	2
I. 1. 1. Wilaya de Djelfa	2
I. 1. 2. Commune de Guernini	3
I. 1. 3. Zone d'étude (périmètre d'irrigation)	4
I. 2. Etude climatologique :	4
I. 2. 1. Précipitations	4
a. Pluviométrie mensuelle et annuelle	4
b. Régime saisonnier	5
I. 2. 2. Températures	6
a. Températures moyennes	7
b. Températures moyennes extrêmes	7
c. Amplitude annuelle moyenne	8
I. 2. 3. Autres facteurs climatiques	8
a. Humidité relative	8
b. Vent	9
c. Insolation	9
d. Orages	10
I. 3. Classification du climat	10
I. 3. 1. Indice d'aridité de Martonne	10
I. 3. 2. Quotient pluviométrique d'Emberger	11
I. 3. 3. Diagramme ombro-thermique de Gaussen	13
Conclusion	14

### Chapitre II : Ressources en eau

Introduction	15
II. 1. Aperçu sur la géologie et l'hydrogéologie de la région	15
II. 1. 1. Géologie	15
II. 1. 2. Hydrogéologie	15
a. Nappe albienne	15
b. Alimentation/écoulement	16
II. 2. Eaux superficielles	16
II. 3. Eaux souterraines	16
II. 3. 1. Nappes superficielles	16
II. 3. 2. Nappes profondes	16
II. 4. Qualité de l'eau d'irrigation	17
II. 4. 1. Analyse de l'eau du forage	18
II. 4. 2. Limites admissibles	19
a. Conductivité électrique	20
b. SAR (Sodium Adsorption Ratio)	20

Conclusion	22
------------	----

### Chapitre III : Ressources en sol

Introduction	23
III. 1. Etude pédologique	23
III. 1. 1. Classification des sols	23
III. 1. 2. Description du profil pédologique	24
III. 1. 3. Caractères analytiques et interprétations	25
III. 2. Aptitudes culturales	26
Conclusion	28

### Chapitre IV : Etude hydrologique

Introduction	29
IV. 1. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique	29
IV. 2. Etude fréquentielle des pluies annuelles	31
IV. 2. 1. Ajustement à la loi normale (loi de Gauss)	32
IV. 2. 2. Ajustement à la loi log-normale (loi de Galton)	35
IV. 3. Test de validité des ajustements par la loi de Khi2	38
IV. 3. 1. Test de validité de l'ajustement à la loi normale	38
IV. 3. 2. Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale	39
IV. 4. Détermination de l'année de calcul	39
Conclusion	40

### Chapitre V : Besoins des cultures en eau d'irrigation

Introduction	41
V. 1. Régime d'irrigation	41
V. 2. Besoins en eau du périmètre	41
V. 3. Evapotranspiration	41
V. 3. 1. Evapotranspiration de référence (ET <sub>0</sub> ou ETP)	42
V. 3. 2. Evapotranspiration réelle (ETR)	42
V. 3. 3. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration	42
a. Méthodes directes	42
b. Méthodes indirectes	43
V. 3. 4. Calcul de l'évapotranspiration	44
V. 4. Pluies efficaces	45
V. 5. Occupation du sol et Choix des cultures	46
V. 6. Besoins en eau d'irrigation	47
V. 6. 1. Dose d'irrigation de l'olivier	48
V. 6. 2. Dose d'irrigation du piment	48
V. 6. 3. Dose d'irrigation de la pastèque	49
V. 6. 4. Dose d'irrigation de la tomate	49
V. 7. Débit caractéristique	50
Conclusion	51

### Chapitre VI : Techniques d'irrigation

Introduction	52
VI. 1. Techniques d'irrigation	52

VI. 1. 1. Irrigation de surface	52
a. Irrigation par ruissellement	52
b. Irrigation par submersion	53
VI. 1. 2. Irrigation par aspersion	54
VI. 1. 3. Irrigation localisée (goutte à goutte)	55
VI. 2. Choix des techniques d'arrosage	56
VI. 2. 1. Contraintes naturelles	56
a. Evaporation	56
b. Vent	56
c. Pente	56
VI. 2. 2. Contraintes techniques	56
VI. 2. 3. Contraintes agronomiques	57
Conclusion	57

## Chapitre VII : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Introduction	58
VII. 1. Types de réseaux d'irrigation	58
VII. 2. Matériaux des conduites	59
VII. 3. Réseau de distribution	60
VII. 3. 1. Principe du tracé d'un réseau de distribution	60
VII. 3. 2. Mode du tracé et implantation des bornes	60
VII. 3. 3. Rôle et fonction d'une borne d'irrigation	61
VII. 3. 4. Découpage du périmètre en îlots d'irrigation	61
VII. 3. 5. Débits caractéristiques des différentes parcelles	62
VII. 3. 6. Dimensionnement du réseau de distribution	63
VII. 4. Réseau d'irrigation localisée	64
VII. 4. 1. Composition de l'installation	64
a. Point de fourniture d'eau	64
b. Unité de tête	64
c. Conduite principale	65
d. Conduite secondaire	65
e. Porte rampes	65
f. Rampes	65
g. Distributeurs	66
VII. 4. 2. Entretien du réseau et des installations	68
a. Lutte contre le colmatage organique	68
b. Lutte contre le colmatage chimique	68
c. Purge des canalisations	68
VII. 4. 3. Contrôle de l'installation	69
VII. 4. 4. Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée	69
Données générales	69
Besoins des cultures en eau d'irrigation	70
Réserve facilement utilisable	71
Dose nette	71
Dose brute	71
Fréquence d'arrosage	72
Durée d'arrosage	72
Surface du poste	72

Nombre de rampes	72
Nombre d'arbres par rampe	72
Nombre de goutteurs par rampes	73
Débit de la rampe	73
Débit du porte-rampes	73
Débit de la conduite secondaire	73
Conditions hydrauliques	73
Diamètre de la rampe	74
Perte de charge de la rampe	74
Diamètre du porte-rampes	74
Perte de charge du porte-rampes	75
Diamètre de la conduite secondaire	75
Perte de charge dans la conduite secondaire	75
VII. 7. Dimensionnement du bassin de stockage	75
VII. 8. Choix de la pompe	75
Conclusion	78

## Chapitre VIII : Etude technico-économique

Introduction	79
VIII. 1. Devis estimatif et quantitatif du réseau d'irrigation	79
VIII. 2. Volumes de terrassement	80
VIII. 2. 1. Largeur de la tranchée	80
VIII. 2. 2. Profondeur de la tranchée	80
VIII. 2. 3. Volume de déblai	81
VIII. 2. 4. Volume du lit de sable	81
VIII. 2. 5. Volume de remblai	81
VIII. 3. Devis estimatif et quantitatif des travaux de terrassement	82
VIII. 4. Coût total du projet	82
VIII. 5. Rentabilité du projet	82
Conclusion	83
Conclusion générale	84



## Liste des tableaux

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude (périmètre d'irrigation)

<b>Tableau 1</b> : Localisation et coordonnées géographiques du périmètre	<b>4</b>
<b>Tableau 2</b> : Répartition mensuelle des pluies	<b>5</b>
<b>Tableau 3</b> : Répartition saisonnière des pluies	<b>5</b>
<b>Tableau 4</b> : Répartition des températures minimales, maximales et moyennes par mois	<b>6</b>
<b>Tableau 5</b> : Moyenne mensuelle d'humidité relative de l'air	<b>8</b>
<b>Tableau 6</b> : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent (m/s)	<b>9</b>
<b>Tableau 7</b> : Nombre moyen d'heures d'insolation	<b>10</b>
<b>Tableau 8</b> : Classes de l'indice d'aridité de Martonne	<b>11</b>

### Chapitre II : Ressources en eau

<b>Tableau 1</b> : Caractéristiques des forages en service localisés à Guernini	<b>17</b>
<b>Tableau 2</b> : Résultats d'analyses de l'eau du forage de notre périmètre d'étude	<b>18</b>
<b>Tableau 3</b> : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	<b>20</b>
<b>Tableau 4</b> : Classification des eaux en fonction du SAR	<b>21</b>

### Chapitre III : Ressources en sol

<b>Tableau 1</b> : Aptitudes culturales	<b>27</b>
---	-----------

### Chapitre IV : Etude hydrologique

<b>Tableau 1</b> : Caractéristiques de la station pluviométrique	<b>29</b>
<b>Tableau 2</b> : Test d'homogénéité	<b>30</b>

<b>Tableau 3</b> : Résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi normale	<b>32</b>
<b>Tableau 4</b> : Résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi log-normale	<b>35</b>
<b>Tableau 5</b> : Répartition mensuelle des précipitations à 80%	<b>40</b>

## **Chapitre V : Besoins des cultures en eau d'irrigation**

<b>Tableau 1</b> : Valeur de l'évapotranspiration de référence calculée par la méthode de Penmann- Montheih, exprimée en mm/jour	<b>45</b>
<b>Tableau 2</b> : Pluviométrie moyenne et efficace pour chaque mois	<b>46</b>
<b>Tableau 3</b> : Occupation du périmètre par les différentes cultures	<b>46</b>
<b>Tableau 4</b> : Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation de l'olivier.	<b>48</b>
<b>Tableau 5</b> : Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation du piment.	<b>48</b>
<b>Tableau 6</b> : Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation de la pastèque.	<b>49</b>
<b>Tableau 7</b> : Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation de la tomate	<b>49</b>
<b>Tableau 8</b> : Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures en mm/mois	<b>50</b>
<b>Tableau 9</b> : Besoins annuels totaux des cultures en m <sup>3</sup>	<b>51</b>

## **Chapitre VII : Dimensionnement du réseau d'irrigation**

<b>Tableau 1</b> : Débits caractéristiques des différentes parcelles	<b>62</b>
<b>Tableau 2</b> : Caractéristiques des nœuds/bornes d'irrigation	<b>63</b>
<b>Tableau 3</b> : Caractéristiques des conduites de distribution	<b>63</b>
<b>Tableau 4</b> : Résultats des calculs relatifs au choix de la pompe	<b>76</b>

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

<b>Tableau 1</b> : Facture pro forma de l'essentiel des pièces du réseau d'irrigation	<b>79</b>
---	-----------



## Liste des figures

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude (périmètre d'irrigation)

<b>Figure 1</b> : Localisation de la wilaya de Djelfa	<b>2</b>
<b>Figure 2</b> : Localisation de la commune de Guernini dans la wilaya de Djelfa	<b>3</b>
<b>Figure 3</b> : Histogramme des variations mensuelles des précipitations (mm)	<b>5</b>
<b>Figure 4</b> : Régime saisonnier moyen des précipitations	<b>6</b>
<b>Figure 5</b> : Variation mensuelle des températures minimales, maximales et moyennes	<b>7</b>
<b>Figure 6</b> : Répartition du taux d'humidité par mois	<b>9</b>
<b>Figure 7</b> : Diagramme bioclimatique d'Emberger	<b>12</b>
<b>Figure 8</b> : Diagramme ombro-thermique de Gaussen	<b>13</b>

### Chapitre II : Ressources en eau

<b>Figure 1</b> : Forage de notre périmètre d'étude	<b>19</b>
---	-----------

### Chapitre III : Ressources en sol

<b>Figure 1</b> : Photos de la surface et de la morphologie du sol de notre périmètre	<b>24</b>
---	-----------

### Chapitre IV : Etude hydrologique

<b>Figure 1</b> : Résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi normale	<b>34</b>
<b>Figure 2</b> : Résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi log-normale	<b>37</b>

## **Chapitre VI : Techniques d'irrigation**

**Figure 1** : Irrigation par submersion **53**

**Figure 2** : L'irrigation par aspersion **54**

## **Chapitre VII : Dimensionnement du réseau d'irrigation**

**Figure 1** : Représentation du réseau de distribution avec les pressions et les débits **64**

**Figure 2** : Distributeur d'eau **66**

**Figure 3** : Caractéristiques de la pompe choisie **67**

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

**Figure 1** : Schéma d'une tranchée **80**

## Liste des planches

**Planche 1 :** Plan de situation du périmètre de Guernini

**Planche 2 :** Plan du réseau de distribution du périmètre de Guernini

**Planche 3 :** Plan d'occupation du sol du périmètre de Guernini

**Planche 4 :** Plan du réseau d'irrigation localisée du périmètre de Guernini

**Planche 5 :** Profil en long de la conduite principale du réseau de distribution du périmètre de Guernini

## Introduction générale

L'eau est une ressource essentielle à la vie. Elle fait l'objet d'utilisations très diverses par l'homme. Indispensable dans la production agricole, énergétique et industrielle.

Fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière économique et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi à trouver des solutions innovantes pour répondre à une demande sans cesse croissante.

Dans le domaine de l'irrigation, la solution consiste à identifier les futurs projets, en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui permettent l'utilisation rationnelle et efficace des volumes d'eau disponibles.

C'est dans ce contexte qu'on a entrepris une étude qui consiste à dimensionner le réseau d'irrigation du périmètre de Guernini, en utilisant la technique du goutte à goutte et en puisant dans un forage de la région dans le but d'assurer un bon recouvrement du périmètre d'une façon uniforme et économique, assurer une irrigation de qualité et garantir un bon rendement des cultures.

**CHAPITRE I :**  
**Présentation de la**  
**zone d'étude**  
**(périmètre**  
**d'irrigation)**



## Introduction

Ce chapitre portera sur la description générale de la zone d'étude en englobant sa situation géographique, topographique, climatique et surtout hydraulique.

### I. 1. Présentation géographique

#### I. 1. 1. Wilaya de Djelfa

La wilaya de Djelfa est une wilaya des hauts-plateaux, à 300 km au Sud d'Alger. Elle s'étale sur les plaines steppiques qui rattrapent le piémont Sud de l'Atlas tellien et ses limites sont :

- Au Nord les wilayas de Tissemsilt et Médéa ;
- A l'Est les wilayas de M'Sila et Biskra ;
- A l'Ouest les wilayas de Laghouat et Tiaret ;
- Et au Sud les wilayas de Ouargla et Ghardaïa.

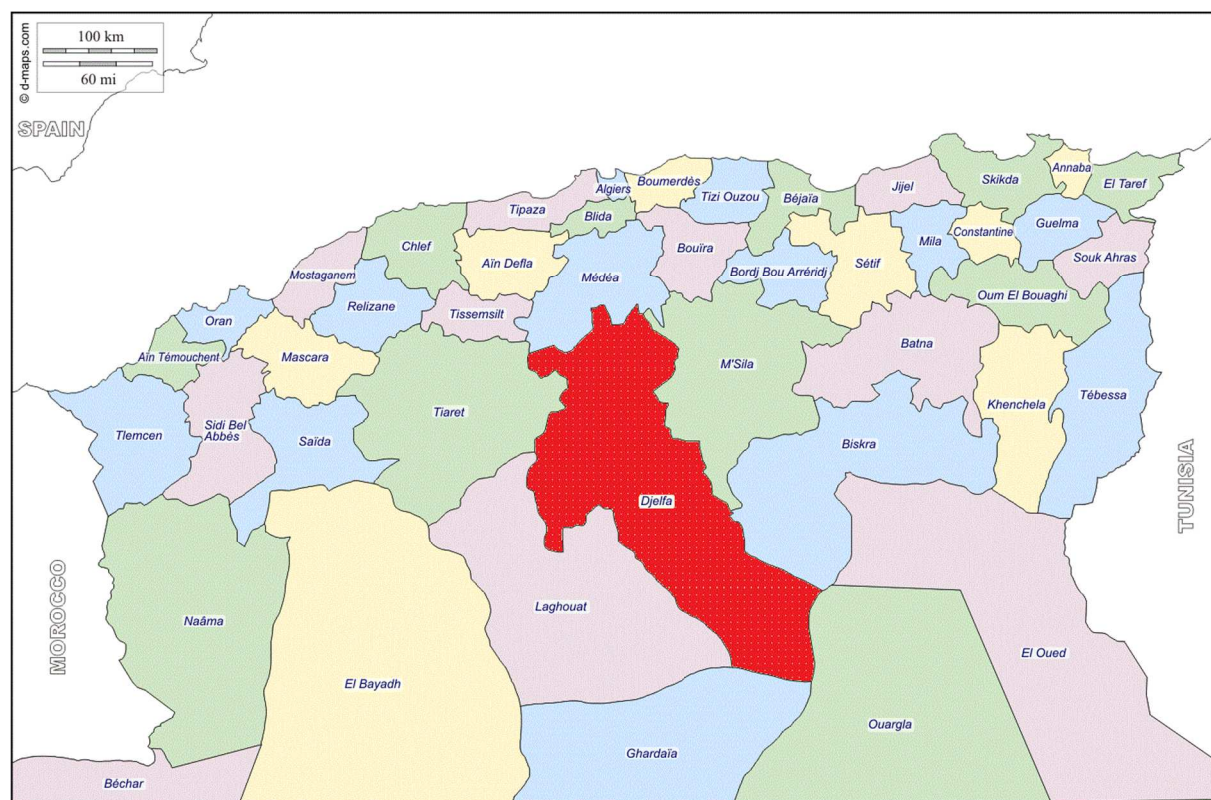


Figure 1 : Localisation de la wilaya de Djelfa

La wilaya se compose de 12 daïras et 36 communes. Elle est connue pour la qualité de son mouton et les vastes espaces d'alfa.

Vaste de 32 256,35 km<sup>2</sup>, son climat continental est marqué par des hivers froids et humides et des étés secs et chauds. Néanmoins, les paysages et les reliefs y sont relativement variés. Les forêts y occupent notamment 8 % du territoire. C'est un département à vocation pastorale ; la steppe y domine et le cheptel ovin est le plus important du pays (certains l'estiment à plus de 4 millions de têtes). Le marché de Djelfa est l'un des principaux marchés ovins d'Algérie.

### I. 1. 2. Commune de Guernini

Guernini, la deuxième commune de la daïra d'Aïn Oussera, est une petite bourgade située à 35 kilomètres au sud-ouest du chef-lieu de daïra, et à 82 kilomètres au nord-ouest du chef-lieu de wilaya. Cette petite commune de 5 000 habitants, issue du découpage administratif de 1984, s'étale sur une superficie de 523,90 km<sup>2</sup>.

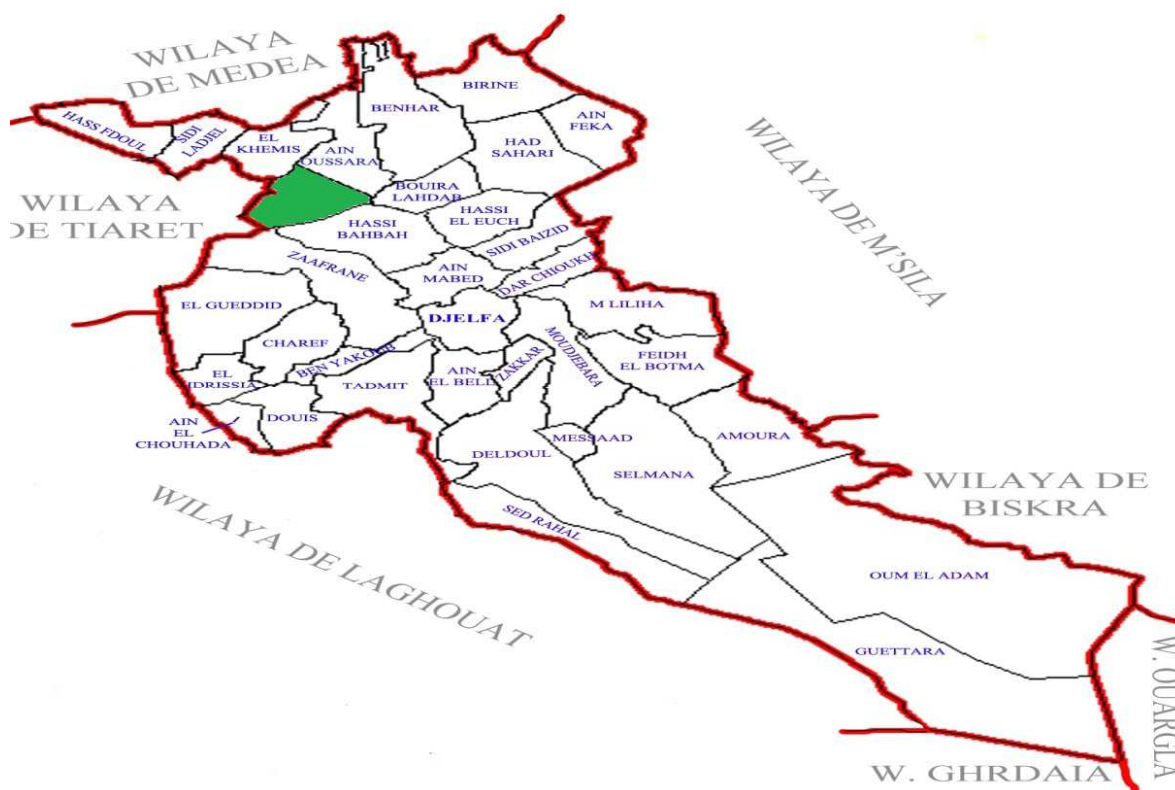


Figure 2 : Localisation de la commune de Guernini dans la wilaya de Djelfa

### I. 1. 3. Zone d'étude (périmètre d'irrigation)

La zone d'étude d'une superficie de 100 ha, est située dans la partie Sud-ouest à environ 12 Km du chef-lieu de commune de Guernini.

**Tableau 1** : Localisation et coordonnées géographiques du périmètre

Wilaya	Daïra	Commune	Surface (ha)	Coordonnées géographiques			
				X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
Djelfa	Aïn Oussara	Guernini	100	2°50'32,04''	2°50'34,75''	35°05'12,55''	35°05'15,6''

## I. 2. Etude climatologique

L'étude du climat permet d'établir des calculs précis du déficit hydrique en rapport avec chaque mois de l'année et chaque culture proposée.

Cela est encore plus important pour les cultures en irriguée dans la mesure où la climatologie nous permet de quantifier les apports en eau d'irrigation pour chaque culture et donc de connaître les superficies qui pourraient être irriguées en fonction de la quantité d'eau mobilisée pour l'irrigation et des cultures qui sont proposées.

Les facteurs climatiques qui conditionnent de façon très étroite les conditions de développement des cultures en cours de l'année, sont analysés ci-après afin de déceler les facteurs favorables ou défavorables dans la zone d'étude et d'en quantifier leurs effets probables sur le développement des cultures.

La caractérisation du climat dans la zone du projet s'appuie sur les données provenant de la station météorologique ONM de Djelfa, considérée comme la station la plus proche et dont les informations sont les plus fiables.

### I. 2. 1. Précipitations

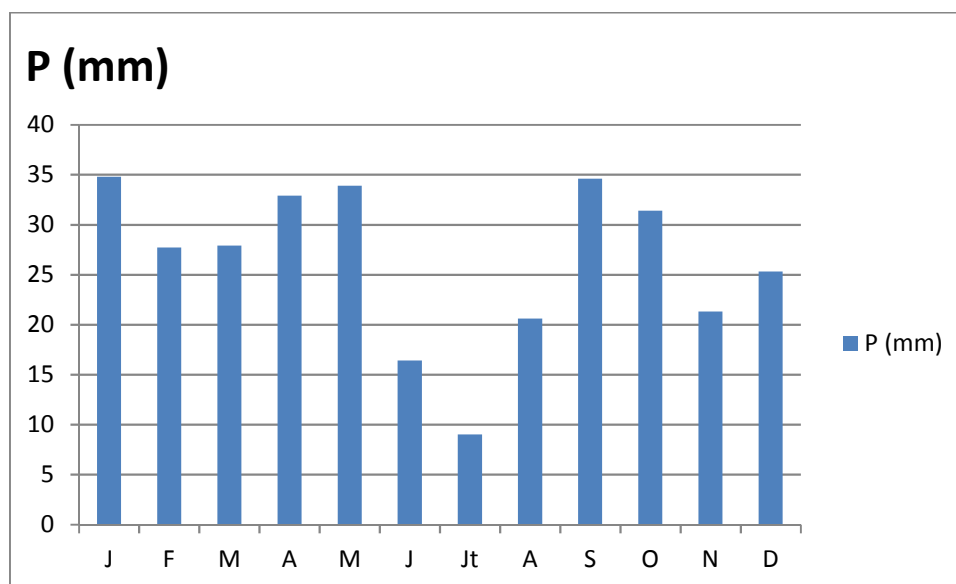
#### a. Pluviométrie mensuelle et annuelle

La pluviométrie moyenne annuelle est de 315,8 mm. La distribution mensuelle nous révèle que les mois de juin et juillet sont relativement les périodes les moins pluvieuses (les plus sèches), le maximum des pluies étant enregistré en Janvier (34,8 mm).

**Tableau 2** : Répartition mensuelle des pluies

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P (mm)	34,8	27,7	27,9	32,9	33,9	16,4	9	20,6	34,6	31,4	21,3	25,3	315,8

Source : ONM Djelfa



**Figure 3** : Histogramme des variations mensuelles des précipitations (mm)

### b. Régime saisonnier

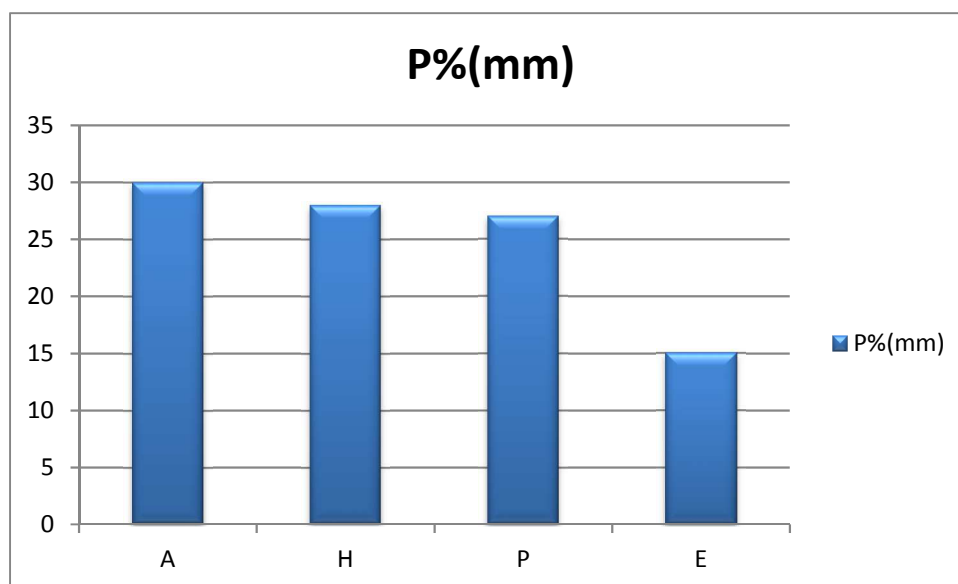
Le développement des cultures pérennes et herbacées est étroitement lié au régime saisonnier des pluies. En période estivale, les pluies enregistrées sont faibles, il faut prévoir l'irrigation.

**Tableau 3** : Répartition saisonnière des pluies

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Moyenne annuelle
P (mm)	94,7	87,8	87,3	46	315,8

Source : ONM Djelfa

En définitif, les caractéristiques des pluies dans notre région sont l'irrégularité interannuelle et saisonnière et la violence des orages.



**Figure 4 :** Régime saisonnier moyen des précipitations

Le régime saisonnier est de type A-H-P-E (Automne - Hiver - Printemps - Eté).

## I. 2. 2. Températures

Les températures constituent un des facteurs majeurs caractéristiques du climat semi-aride. Le tableau 4 illustre les variations de la température moyenne, les moyennes des minima et les moyennes des maxima enregistrées à la station de Djelfa pour la période allant de 1990 à 2012.

**Tableau 4 :** Répartition des températures minimales, maximales et moyennes par mois

Températures en ° C

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
T <sub>min</sub>	0,4	0,9	3,5	6	10,6	15,5	18,9	18,3	14,2	9,8	4,6	1,6	8,69
T <sub>max</sub>	9,9	11,6	15,4	18,2	23,7	30,2	34,3	33,4	27,2	21,4	14,5	10,5	20,86
T <sub>moy</sub>	4,7	6	9,4	12,2	17,3	23,1	26,7	26,2	20,7	15,4	9,3	5,7	14,72

Source : ONM (1990-2012)

### a. Températures moyennes

La température a un rôle important dans le développement de la végétation. A Guernini la température moyenne annuelle est de  $14,72^{\circ}\text{C}$ , ce qui correspond à une région froide ( $T < 20^{\circ}\text{C}$ ). La saison chaude s'étale sur 5 mois.

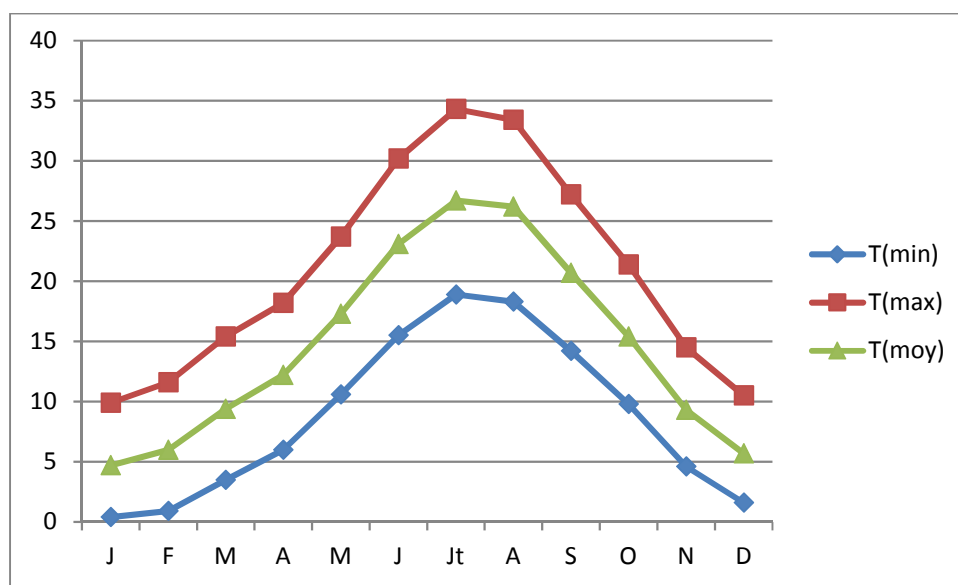
Le gel est important à Guernini (43,7 jours).

Plus importantes sont les températures extrêmes, particulièrement les températures estivales dont les valeurs élevées caractérisent ce type de climat semi-aride.

Les deux facteurs essentiels à considérer pour la croissance et le développement végétal se rapportent à :

- L'intensité et la durée du froid hivernal (période de dormance hivernale) ;
- La sécheresse estivale.

Au mois de Janvier et Février, la température moyenne oscille entre  $0,4$  et  $0,9^{\circ}\text{C}$ , par contre en été elle est élevée ( $> 22^{\circ}\text{C}$ ).



**Figure 5 :** Variation mensuelle des températures minimales, maximales et moyennes

### b. Températures moyennes extrêmes

Pour mieux appréhender les variations thermiques dans notre région, il est utile de se pencher sur les valeurs extrêmes mensuelles car ce sont leurs effets qui agissent directement sur la vie végétale.

Emberger a montré l'importance de la moyenne des minima du mois le plus froid. Cette valeur représente les conditions thermiques limites survenant régulièrement durant le froid hivernal.

La plus basse température des minima est observée en Janvier (0.4° C). Quant à la température des maxima, la plus élevée est de 34.3° C observée au mois de Juillet.

A ces températures, il faut connaître en plus l'amplitude thermique journalière car de nombreuses espèces végétales y sont sensibles.

### c. Amplitude annuelle moyenne

L'amplitude thermique annuelle est définie par la différence entre la température du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid. La station de Djelfa présente un écart élevé de 33.9° C. L'amplitude est donc importante ce qui indique le caractère aride de notre zone.

Il faut noter aussi que la surface du sol est soumise aux grandes variations de la température journalière et saisonnière.

## I. 2. 3. Autres facteurs climatiques

### a. Humidité relative

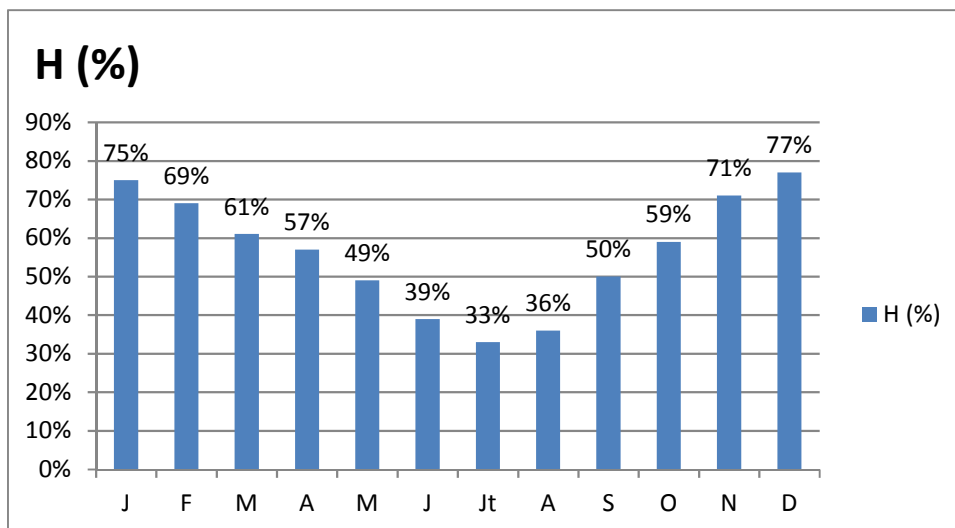
L'appréciation de ce facteur est traduite par le rapport en pourcentage (%) de la tension de la vapeur d'eau à la tension maximale correspondant à la température. Elle exprime en réalité l'état hydrométrique de l'atmosphère qui varie beaucoup au cours de la journée.

**Tableau 5 :** Moyenne mensuelle d'humidité relative de l'air

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
H (%)	75	69	61	57	49	39	33	36	50	59	71	77	56,33

Source : ONM (1990-2012)

L'humidité relative est faible et varie quotidiennement et annuellement par les effets des températures élevées et des amplitudes thermiques importantes, généralement elles varient de 33% au mois de Juillet jusqu'à 77 % au mois de Décembre.



**Figure 6 :** Répartition du taux d'humidité par mois

### b. Vent

Le vent est le composant climatique le plus marquant dans la région saharienne, c'est un facteur important à considérer dans l'agriculture, il joue un rôle essentiel dans le phénomène de pollinisation, comme il peut provoquer le flétrissement de certaines espèces végétales sensibles à la sécheresse.

**Tableau 6 :** Moyenne mensuelle de la vitesse du vent (m/s)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
Vent (m/s)	3,9	4	4,1	4,4	4,1	3,5	3,4	3,1	3,3	3,4	3,8	4	3,75

Source : ONM (1990-2012)

La lecture du tableau ci-dessus, montre que durant toute l'année la vitesse des vents est supérieure ou égale à 3,75m/s (station Djelfa), et par conséquent notre région est exposée à ces vents et à l'ensablement engendré par leur force.

### c. Insolation

Le facteur de l'insolation traduit la durée du jour. Il influe directement sur la vie végétale en écourtant la durée du cycle végétatif des cultures.



**Tableau 7** : Nombre moyen d'heures d'insolation

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
Insolation (h/j)	5,9	7	7,8	8,7	9,5	10,4	10	9,8	8,3	7,7	6,6	5,5	8,1

Source : ONM (1990-2012)

L'insolation est importante à Guernini, sa moyenne annuelle est de 8,1 heure/jour.

#### d. Orages

Dans la zone d'étude, le nombre de jours d'orages est de 28.8 jours/an, ils se manifestent surtout pendant les périodes estivales et automnales.

### I. 3. Classification du climat

Pour la classification du climat, on utilise les indices climatiques, qui reposent sur la température et la pluviométrie de la zone.

Par indices, on entend une codification du climat par des formules dans le but de voir l'interférence des différents facteurs de ce climat et leurs effets sur les cultures. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels : pluviométrie et température.

Les indices les plus connus sont ceux de Martonne (1926) et Emberger (1932).

#### I. 3. 1. Indice d'aridité de Martonne

Cet indice caractérise l'aridité du climat, il tient compte de la température moyenne annuelle (T en ° C) et de la pluviométrie annuelle P (mm) :

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

I : Indice d'aridité de Martonne ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : Température moyenne annuelle (° C).

**Tableau 8** : Classes de l'indice d'aridité de Martonne

Valeurs de I	Etage climatique	Irrigation
< 5	Désertique	Indispensable
5 à 10	Très sec	Indispensable
<b>10 à 20</b>	<b>Sec</b>	<b>Souvent Indispensable</b>
20 à 30	Relativement humide	Parfois utile
> 30	Humide	Inutile

**Indice d'aridité de notre zone d'étude :**

$$P = 315,8 \text{ mm}$$

$$T = 14,72^\circ \text{ C}$$

$$\text{Donc : } I = 12,78$$

Selon la classification de Martonne, le climat de notre zone d'étude est **sec**, par conséquent l'irrigation est souvent indispensable.

**I. 3. 2. Quotient pluviométrique d'Emberger**

Le quotient pluviométrique d'Emberger est défini par la formule suivante :

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

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (Kelvin) ;

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (Kelvin).

**Quotient pluviométrique de notre zone d'étude :**

$$P = 315,8 \text{ mm}$$

$$M = 34,3^\circ \text{ C} = 307,3 \text{ Kelvin}$$

$$m = 0,4^\circ \text{ C} = 273,4 \text{ Kelvin}$$

Donc :  $Q = 32,08$

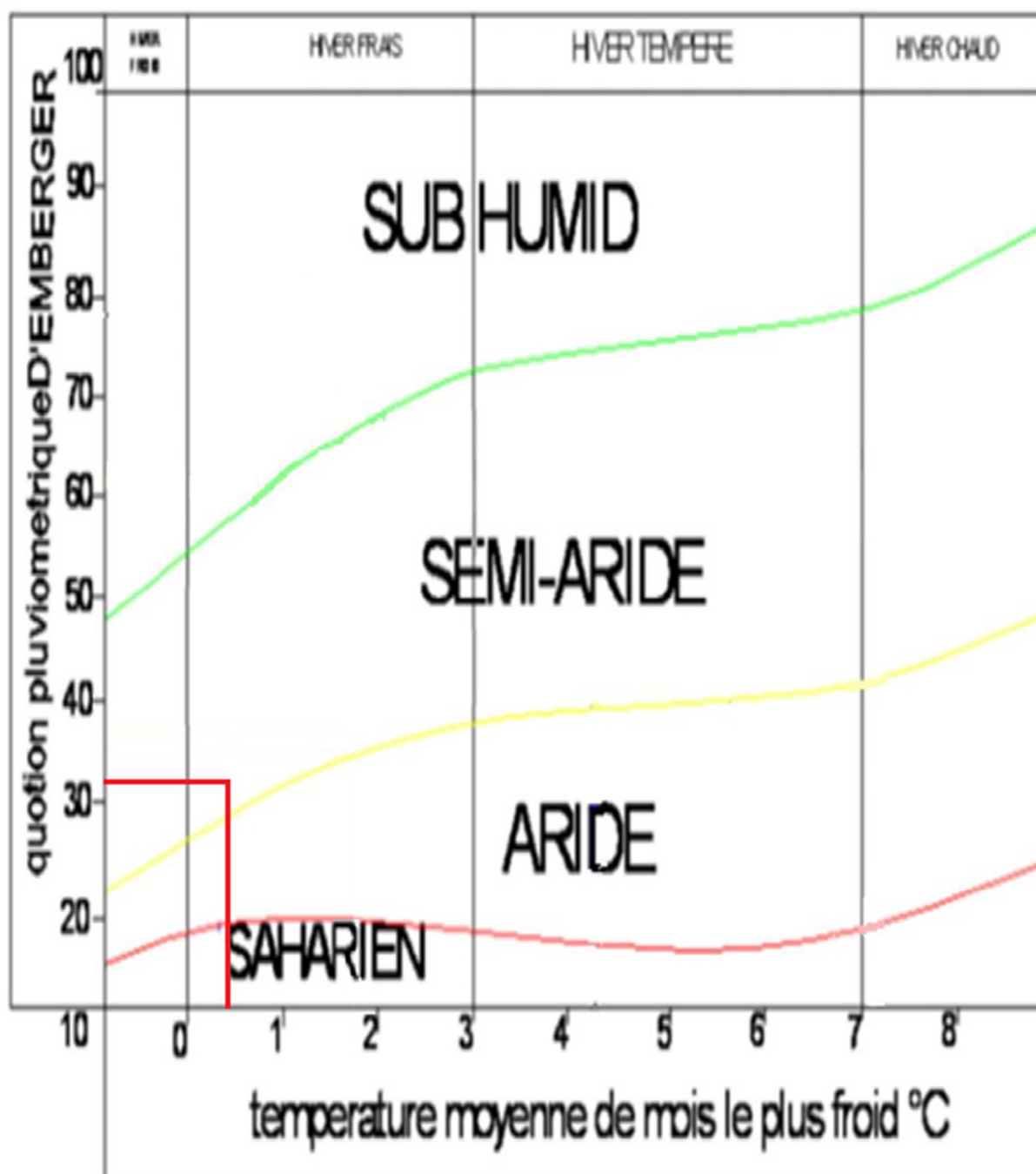
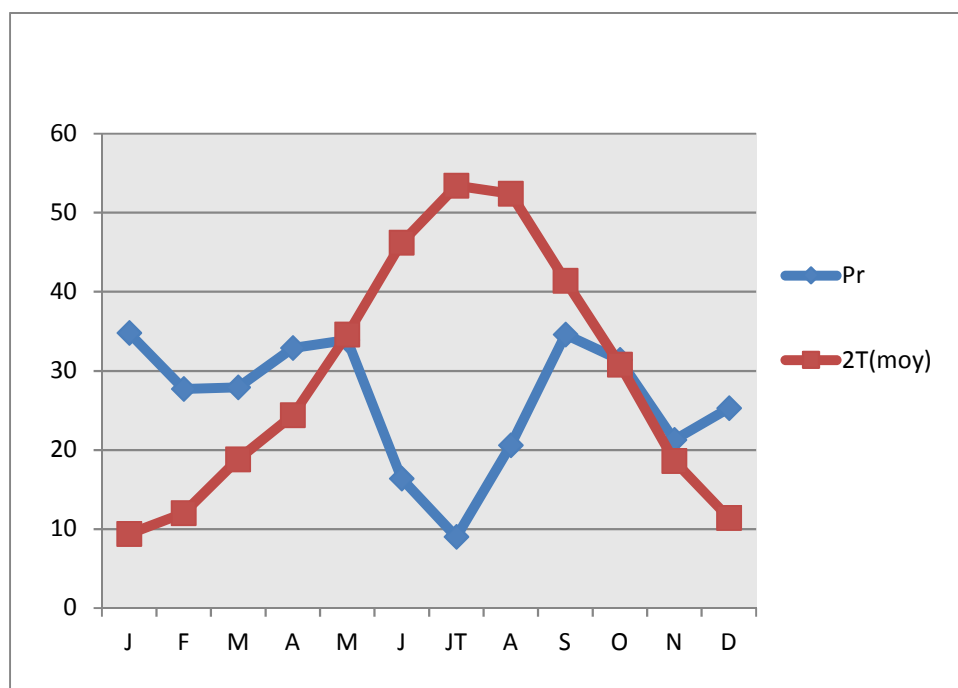


Figure 7 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région est située dans : Semi-aride.

### I. 3. 3. Diagramme ombro-thermique de Gaussen

Ce diagramme est une méthode graphique où sont portés en abscisse les mois et en ordonnées à droite les précipitations et à gauche les températures à une échelle double de celle des précipitations ( $P = 2T$ ).



**Figure 8 :** Diagramme ombro-thermique de Gaussen

#### Description du graphe :

Pour la station de Djelfa, le diagramme ainsi élaboré montre que la période sèche s'étale sur six mois (avril-septembre).

La saison sèche occupe le reste de l'année, ce qui se traduit par une demande en eau durant ce cycle.

## Conclusion

L'examen des données climatiques de la station de Djelfa met en évidence une nette prédominance d'une saison chaude à peine troublée par des orages.

Le climat de Guernini est de type semi-aride, l'hiver est court et tempéré par contre la saison sèche est longue.

Les effets combinés de la température, la faiblesse de l'humidité et le vent chaud et sec font que le pouvoir évaporant est élevé.

Dans ce contexte l'activité agricole peut se développer, on tenant compte les conditions climatiques cités auparavant.

# **CHAPITRE II :**

## **Ressources en eau**

## Introduction

Avant d'entamer l'étude d'aménagement hydro-agricole de notre périmètre, il faut localiser et quantifier les ressources en eau de la zone d'étude. Pour cela et à travers ce chapitre on va essayer de donner le maximum d'informations sur les ressources en eau de la région de Guernini, ces données vont nous aider à choisir la culture et la technique d'irrigation adéquate.

## II. 1. Aperçu sur la géologie et l'hydrogéologie de la région

Avant d'aborder le paramètre déterminant des ressources en eau, il est nécessaire de donner un aperçu sur la géologie et l'hydrogéologie locales.

### II. 1. 1. Géologie

Les principales formations géologiques qu'on trouve dans la région de Djelfa sont essentiellement l'ère quaternaire et l'ère tertiaire :

- L'ère quaternaire : constituée de dépôts d'alluvions limono-sableux et d'accumulations sableuses. On localise le quaternaire dans les dépressions situées en altitude ;
- L'ère tertiaire : formée essentiellement de crétacé, il se manifeste en générale par :
  - L'Albien ;
  - Le Mio-pliocène (tertiaire continental).

### II. 1. 2. Hydrogéologie

Les caractéristiques du climat semi-aride et le faible taux d'humidité se répercutent sur l'hydrographie de la zone. Il n'existe en effet pas de cours d'eau permanents. L'écoulement des oueds est temporaire. Il ressort que, dans notre zone d'étude la nappe de l'albien est la nappe la plus captée et exploitée.

#### a. Nappe albienne

En hydrogéologie, la nappe albienne est définie par les formations continentales du crétacé inférieur comprises entre le néocomien et le cénomaniens qui sont constitués de sables et de grès avec des intercalations d'argiles. La base est constituée par les terrains primaires du paléozoïque, le toit est formé le plus souvent par des dépôts du crétacé supérieur et le turonien et parfois des terrains tertiaires ou quaternaires.

## **b. Alimentation/écoulement**

Ces nappes sont fossiles, c'est à dire que la réalimentation de la nappe se fait par infiltration des eaux des pluies et de ruissellement des oueds, donc la disponibilité en eau souterraine est liée à la recharge de la nappe.

**Au terme de cette analyse de la géologie et hydrogéologie locales, on retient que la mobilisation des eaux superficielles pour une utilisation en agriculture est pratiquement impossible, le recours à la mobilisation des eaux souterraines devient donc inévitable.**

## **II. 2. Eaux superficielles**

Le périmètre d'étude fait partie d'un étage bioclimatique semi-aride caractérisé par une pluviométrie irrégulière et la rareté des écoulements ce qui signifie que les ressources en eau superficielle sont minimales, il doit donc recourir à l'exploitation des eaux souterraines pour satisfaire ses besoins en eau d'irrigation.

## **II. 3. Eaux souterraines**

### **II. 3. 1. Nappes superficielles**

Comme les ressources en eau de ces nappes superficielles dépendent des précipitations pour leur recharge, leur alimentation est faible et leur reconstitution prend beaucoup de temps.

Ainsi, la solution durable consiste à opter pour les nappes profondes qui peuvent assurer la demande en eau exigée par les cultures.

### **II. 3. 2. Nappes profondes**

Dans la zone d'étude, le réservoir aquifère existant le plus exploité est celui de la nappe de l'Albien. La formation de cette nappe, est constituée essentiellement par les formations continentales du crétacé inférieur comprises entre le néocomien et le cénomaniens qui sont constitués de sables et de grès avec des intercalations d'argiles. La base est constituée par les terrains primaires du paléozoïque. Les débits des forages sont bons de l'ordre de 25 l/s.



**Tableau 1** : Caractéristiques des forages en service localisés à Guernini

Nom du forage	Débit mob. (m <sup>3</sup> /j)	Débit exp. (l/s)	Heures de pompage (h/j)	Jours de pompage (Nb)	Profondeur (m)	Nappe captée
Guernini <b>G1</b>	864	10	12	30	100	Albienne
Guernini <b>G2</b>	2419,2	28	12	30	100	Albienne
Guernini <b>Zc1</b>	2332,8	27	12	30	200	Albienne
Guernini <b>Zc2</b>	1900,8	22	12	30	250	Albienne
Guernini <b>Zc3</b>	1900,8	22	12	30	250	Albienne
Guernini <b>UP1</b>	3024	35	12	30	135	Albienne
Guernini <b>UP2</b>	2592	30	12	30	200	Albienne
Guernini <b>UP3</b>	2592	30	12	30	200	Albienne
Guernini <b>IRR1</b>	3456	40	12	30	186	Albienne
Guernini <b>IRR2</b>	3456	40	12	30	200	Albienne
Guernini <b>IRR3</b>	3456	40	12	30	200	Albienne
Guernini <b>G1 Agricul.</b>	777,6	9	12	30	150	Albienne
Guernini <b>G2 Agricul.</b>	777,6	9	12	30	200	Albienne
Guernini <b>F4</b>	2160	20	12	30	200	Albienne

Source : DRE Djelfa 2014

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

Il faut que l'eau exploitée pour l'irrigation réponde à certains critères de qualité qui garantissant le bon développement des plantes, et qui permet d'éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement et le système d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :

- La concentration totale en sels dissous ;
- Le rapport de Sodium par rapport aux autres cations ;
- La présence de Bore et d'autres éléments toxiques.

### II. 4. 1. Analyse de l'eau du forage

En ce qui concerne la qualité physico-chimique de l'eau, un échantillonnage a été prélevé à partir du forage de notre périmètre d'étude dont les analyses ont été effectuées au laboratoire du BNEDER (Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural). Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2** : Résultats d'analyses de l'eau du forage de notre périmètre d'étude

Analyses	Unité	Résultats
PH		7,79
Conductivité	mMho	0,71
Calcium (Ca ++)	mg/l	48,96
Magnésium (Mg ++)	mg/l	85,68
Bicarbonate (HCo3-)	mg/l	283,53
Carbonate (Co3--)	mg/l	19,92
Chlorure (Cl -)	mg/	88,75
Résidu sec	g/l	0,5

Source : Laboratoire d'analyse des sols et eaux (BNEDER)

- **Salinité :**

Cette eau présente une faible salinité (0,71 mMho/cm). L'irrigation à partir de cette eau ne constitue aucun danger sur les cultures.

- **Acidité :**

Cette eau présente un pH neutre de 7,79. Cet élément ne constitue aucun risque d'acidité ou d'alcalinité sur le sol.

- **Chlorure :**

Cet élément est la cause des brûlures des feuilles ou le dessèchement des tissus foliaires. L'eau analysée présente une concentration en chlore de 88,75 mg/l et par conséquent il n'y a pas de risque pour la végétation.

- **Bicarbonates :**

Les bicarbonates posent un problème même en très faible concentration en période de très faible humidité et de forte évaporation. L'échantillon analysé présente une concentration en

bicarbonates de l'ordre de 283,53 mg/l, ce qui est assez suffisant pour qu'il y ait un dépôt blanc de calcaire sur les feuilles.

- **Calcium et magnésium :**

Ces deux éléments ne constituent aucune contrainte sur les plantes.



**Figure 1 :** Forage de notre périmètre d'étude

D'après ces résultats, cette eau présente l'avantage d'avoir un PH neutre de 7,79, ce qui signifie que cet élément ne constitue aucun risque d'acidité ou d'alcalinité sur le sol.

L'échantillon d'eau prélevé présente une salinité très faible (0,71 mMho/cm). Cette eau ne présente aucun risque sur le sol et pour l'agriculture.

En ce qui concerne le résidu sec, l'échantillon d'eau prélevé à partir de ce forage présente un résidu sec de 0,5 g/l.

#### **II. 4. 2. Limites admissibles**

La classification des eaux suivant la qualité chimique a été établi selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, celui de la conductivité électrique CE, et le rapport d'adsorption du Sodium SAR.

### a. Conductivité électrique

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

**Tableau 3** : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique (mMho/cm)	Qualité de l'eau
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

C1 : convient pour toutes les cultures ;

C2 : convient pour les plantes moyennement tolérantes ;

C3 : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes ;

C4 : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

### b. SAR

Le taux de sodium adsorbé est un paramètre permettant d'estimer le degré de saturation du complexe d'échange cationique (CEC) en ions Sodium. En anglais, le "Sodium Adsorption Ratio" ou SAR, d'une eau constitue un critère d'appréciation de son pouvoir alcalinisant. Sa formule chimique est la suivante :

$$S.A.R. = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca^{2+} + Mg^{2+})}}$$

$$SAR = 4,8$$

**Tableau 4** : Classification des eaux en fonction du SAR

Classe	SAR	Risque
<b>S1</b>	<b><math>SAR \leq 10</math></b>	<b>Risque faible</b>
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

S1 : l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable ;

S2 : l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevée. Par contre, l'eau peut être utilisée dans les sols sableux ayant une bonne perméabilité ;

S3 : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols. L'utilisation d'amendements tels que le gypse pourraient être nécessaires pour échanger les ions sodium. De plus, les pratiques culturales augmentant le drainage seront requises plus fréquemment ;

S4 : cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation.

C1-S1 : eau de bonne qualité. Précautions avec les plantes sensibles ;

C1-S2, C2-S1 : qualité moyenne à bonne à utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers) ;

C2-S2, C1-S3 : qualité moyenne à médiocre à utiliser avec précaution. Nécessité de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse ;

C1-S4 : qualité médiocre à mauvaise. Exclure les plantes sensibles et les sols lourds ;

C2-S3, C3-S2 : utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse ;

C2-S4, C4-S2 : qualité mauvaise. A n'utiliser, avec beaucoup de précautions, que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes ;

C3-S3 : risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensables ;

C3-S4 : qualité très mauvaise. A n'utiliser que dans des circonstances exceptionnelles ;

C4-S4: eau déconseillée pour l'irrigation.

L'eau répond à la classification **C2-S1**, c'est-à-dire qu'elle présente un risque moyen de salinité ( $CE = 0,71$  mMho/cm) et un risque alcalin faible ( $SAR = 4,8$ ). Donc, elle est conventionnellement bonne pour l'irrigation sans apport d'éléments chimiques améliorants.

## Conclusion

L'analyse de cette eau montre que son utilisation pour l'irrigation ne présente aucune contrainte dans le domaine agricole.

# **CHAPITRE III :**

## **Ressources en sol**

## Introduction

Le sol agricole est la partie superficielle de l'écorce terrestre qui, grâce à sa structure et sa composition physico-chimique est en mesure d'assurer un développement normal des végétaux cultivés.

Cette définition pratique permet de considérer le sol soit comme un milieu de culture, soit comme le simple support des plantes cultivées, ces dernières ont besoins d'eau pour vivre. Ce besoin est mis en évidence en culture non irriguée par la différence des rendements obtenus les années sèches et les années pluvieuses.

L'étude sol-eau-plante, et la combinaison sol-eau doit produire un milieu adapté à la plante cultivée. Il ne suffit pas d'apporter de l'eau aux cultures pour qu'ils produisent des récoltes, il faut aussi en apporter assez pour que les plantes cultivées arrivent à maturité.

En effet, en ce qui concerne l'alimentation en eau des plantes, le sol joue essentiellement un rôle de réservoir. Les caractéristiques de ce réservoir et son mode de fonctionnement sont essentiels à connaître dans un périmètre d'irrigation, et il s'agit - pour un ingénieur - de bien dimensionner le réseau de distribution et - pour les usagers - de bien utiliser l'eau mise à leur disposition.

### III. 1. Etude pédologique

L'étude pédologique est une étape essentielle pour bien encadrer la nature, les caractéristiques et les contraintes relevant des sols.

Dans le cas de l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considération. 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 joue sur la rétention de l'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 et CE) qui influent sur les possibilités culturales de la zone à irriguer .La bonne connaissance des sols permet le bon choix des cultures.

#### III. 1. 1. Classification des sols

Du point de vue géomorphologique, le périmètre d'étude est caractérisé par une surface topographique plane, avec des pentes relativement faibles. Il est caractérisé par une prédominance des terrains essentiellement sableux.





**Figure 1** : Photos de la surface et de la morphologie du sol de notre périmètre

Le périmètre d'étude est caractérisé par une unité pédologique homogène (voir figure 1). Il s'agit des **sols peu évolués** identifiés sur la base d'une description morphologique du profil lors de la prospection sur le terrain et complété par une caractérisation analytique.

Les sols peu évolués sont des sols jeunes qui se distinguent par une faible altération des minéraux et une faible teneur en matière organique laquelle se superpose généralement au substrat minéral sans former de complexes organo-minéraux. Ces sols ont des origines diverses liées au climat, à l'érosion ou encore aux apports extérieurs.

Cette classe de sol est observée sur la totalité du périmètre, elle se caractérise par :

- Un aspect de surface d'environ 10 % de charge caillouteuse ;
- Des profondeurs inférieures à 100 cm ;
- Une texture sableuse.

#### **Classification (CPCS) :**

- Classe : sols peu évolués ;
- Sous classe : sols peu évolués xérique ;
- Groupe : sols gris subdésertiques ;
- Sous-groupe : faiblement salins.

### **III. 1. 2. Description du profil pédologique**

#### **Données générales :**

- Pente : 0-3 % ;
- Altitude : 880 m ;
- Géomorphologie : plateau (steppe) ;
- Aspect de surface : sans charge caillouteuse ;

- Végétation : Artemisiaherbaalba (Chih), Artemisiacampestris (D'gouft) ;
- Erosion : hydrique.

#### Description morphologique :

- **Horizon 1 (0 - 40 cm) :** horizon sec, couleur 6/6 7,5 YR, texture sableuse, structure granulaire et grumeleuse, pas de taches, présence de quelque racines, activité biologique nulle, sol pauvre en matière organique, poreux, très friable, effervescence faible à HCl, transition nette.
- **Horizon 2 (40 - 100 cm) :** horizon peu humide, couleur 5/6 7,5 YR, texture sableuse, structure granulaire et grumeleuse, pas de taches, pas de racines, activité biologique nulle, sol pauvre en matière organique, poreux, friable, effervescence faible à HCl, transition nette.
- **Horizon 3 (> 100 cm) :** roche mère.

### III. 1. 3. Caractères analytiques et interprétations

L'interprétation des résultats des analyses de sols a été effectuée en référence aux normes d'interprétation de la FAO.

Les résultats d'analyses des échantillons des sols (effectués par le BNEDER) ont été interprétés conformément aux normes techniques utilisées par FAO, en précisant les aptitudes culturales et le choix des cultures adaptées à la zone ainsi que les actions nécessaires à entreprendre pour l'amélioration de la structure des sols.

Ces sols profonds, renferment au sein de leur profil type les caractéristiques suivantes :

- **La granulométrie**

Une texture sableuse, indiquent que le sol est léger, bien aéré, facile à travailler, favorable à la culture.

- **Le calcaire actif**

Des teneurs en calcaire nulle, favorable aux cultures.

- **Le calcaire total**

Le périmètre à étudier est caractérisé par un sol non calcaire. Son absence totale a pour conséquence une acidification progressive, plus ou moins rapide suivant le contexte pédoclimatique, qu'il est nécessaire de compenser par des apports réguliers d'amendements basiques (chaulage), sa présence confère au sol des caractéristiques spécifiques en terme de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique, favorable.

- **L'alcalinité**

Des pH fortement alcalins à travers tout le profil (8,74 pour l'horizon H1 et 8,84 pour l'horizon H2), défavorable pour les cultures. La valeur du pH varie avec l'état hydrique du sol, sa température, la présence ou non d'une culture en période de croissance active soit avec les saisons. Ainsi le pH a tendance à baisser au printemps et en automne et à augmenter en hiver.

- **La salure**

Des conductivités électriques inférieures 0,10 mMho/cm pour les deux horizons, ces valeurs indiquent une absence de salinité (sol non salé), très favorable.

- **La matière organique**

Des taux de matière organique faibles, ils ne dépassent pas 1,81 %.

- **La fertilité chimique**

Des capacités d'échange cationique faibles à moyennes (maximum 8,84 méq/100g). Nous pouvons dire que la fertilité chimique est liée à la disponibilité des éléments nutritifs des végétaux et aux problèmes de toxicité et les proportions de cations sur le complexe argileux humique.

- **Le gypse**

Le sol est non gypseux.

### III. 2. Aptitudes culturales

Les aptitudes culturales sont obtenues à partir des normes utilisées par l'ANRH, ont été identifiées en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques telles que : la granulométrie, la profondeur du sol, la texture, le pH (alcalinité), le calcaire actif, le gypse, la salure (conductivité électrique), la matière organique et la fertilité chimique.

Ces sols profonds à texture sableuse, sont favorables pour une éventuelle utilisation agricole à haut rendement par leur présence dans une zone à climat aride a semi-aride.

Ces aptitudes culturales sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 1** : Aptitudes culturales

Propriétés physico-chimiques	Culture	Aptitudes culturales		
		Bonne	Moyenne	A exclure
- Aspect de surface, c'est un plateau (steppe) ; - Bonne profondeur (< à 100 cm) ; - Charge caillouteuse d'environ 10 % ; - Présence de structure du sol ; - Granulométrie (texture sableuse) ; - PH varie entre 8,74 et 8,84 ; - Calcaire actif nulle (sol non calcaire) ; - CE < 0,10 mMho/cm ; - MO < 0,52 % ; - CEC < 8,07 méq/100g.	Plantations fruitières	Olivier		A exclue pour le reste des arbres fruitiers
	Cultures maraîchères	Artichaut, Tomate, Oignons, Ail, Pomme de terre, Navet, Aubergine, Piment, Carotte, Laitue, Chou-fleur, Epinard, Poivron, Melon, Pastèque		
	Cultures fourragères céréalières, et industrielles	Luzerne, Bersim, Sorgo, Maïs, Blé dur, Blé tendre, Orge, Arachide, Coton, Betteraves à sucre		

## Conclusion

L'analyse des résultats de l'étude du sol montre que ce dernier présente des potentialités appréciable du point de vue profondeur, texture, salure et calcaire actif, mais certaines contraintes se manifestent, celles relatives à :

- La pauvreté du sol en matière organique ;
- La fertilité chimique médiocre ;
- Un pH fortement alcalin, pour cela il faut prévoir l'utilisation des engrais acidifiants afin de rabaissée le pH.

Suite à ces analyses, nous concluons que ce type de sol est apte à la mise en valeur en irrigué.

# **CHAPITRE IV : Etude hydrologique**

## Introduction

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, l'étude porte sur la détermination de l'année de calcul, l'homogénéisation des séries pluviométriques et l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

### IV. 1. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

La caractérisation du climat dans la zone du projet s'appuie sur les données provenant de la station météorologique ONM de Djelfa, considérée comme la station la plus proche et dont les informations sont les plus fiables.

**Tableau 1** : Caractéristiques de la station pluviométrique

Station	Latitude	Longitude	Altitude
ONM Djelfa	34°41''	3°15''	1144 m

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique (annexe 1), le test de Wilcoxon est utilisé, la vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

- Division de la série complète en deux sous séries : X et Y tel que n et m représentent respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $m > n$  ;
- Constituer par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant, à ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

Le tableau 2 détaille le procédé du test d'homogénéité.

**Tableau 2** : Test d'homogénéité

Rang	Série d'origine (mm)	Série X (mm)	Série Y (mm)	TRI	X union Y
1	347,0	347,0	278,0	143,7	X
2	326,0	326,0	292,0	192,1	Y
3	143,7	143,7	200,0	200,0	Y
4	346,0	346,0	192,1	211,6	Y
5	380,0	380,0	211,6	225,4	X
6	378,0	378,0	251,0	238,4	Y
7	333,4	333,4	249,3	241,8	Y
8	341,0	341,0	369,5	249,3	Y
9	468,3	468,3	238,4	251,0	Y
10	329,0	329,0	368,1	278,0	Y
11	509,1	509,1	289,7	284,4	Y
12	293,4	293,4	284,4	289,7	Y
13	225,4	225,4	411,0	292,0	Y
14	395,0	395,0	361,0	293,4	X
15	487,0	487,0	330,7	326,0	X
16	278,0		241,8	329,0	X
17	292,0			330,7	Y
18	200,0			333,4	X
19	192,1			341,0	X
20	211,6			346,0	X
21	251,0			347,0	X
22	249,3			361,0	Y
23	369,5			368,1	Y
24	238,4			369,5	Y
25	368,1			378,0	X
26	289,7			380,0	X
27	284,4			395,0	X
28	411,0			411,0	Y
29	361,0			468,3	X
30	330,7			487,0	X
31	241,8			509,1	X

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

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

$W_x$  : somme des rangs des  $X_i$



$$W_{\min} = \frac{(n-1)(n+m+1)}{2} - 1,96 \sqrt{\frac{nm(n+m+1)}{12}}$$

$$W_{\max} = \frac{(n-1)(n+m+1)}{2} + 1,96 \sqrt{\frac{nm(n+m+1)}{12}}$$

n : taille de l'échantillon X

m : taille de l'échantillon Y

$$W_x = 120 \quad W_{\min} = 90,42 \quad W_{\max} = 189,58$$

90,42 < 120 < 189,58 : la condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station pluviométrique de Djelfa est homogène.

## IV. 2. Etude fréquentielle des pluies annuelles

L'étude des précipitations annuelles se fait à travers les lois d'ajustement, ces lois sont nombreuses et ne peuvent être appliquées à un échantillon que si les conditions d'homogénéité-stationnarité sont réunies, parmi ces lois on distingue :

- Loi de **Gauss** ou loi normal, et loi de **Galton** ou loi log-normale ;
- Loi de **Fuller** ou loi exponentielle ;
- Loi **Gamma**, et loi de **Pearson I** et **III** ;
- Loi de **Gumbel** ou loi doublement exponentielle.

Ces lois comportent deux à trois paramètres estimés par différentes méthodes :

- Méthode des moments ;
- Méthodes du maximum de vraisemblance ;
- Méthodes du maximum d'entropie.

Les critères de choix sont d'abord liés à un ajustement graphique, ensuite à un test de dispersion, l'allure des points sur le graphe détermine si l'on doit accepter ou rejeter la loi.

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.

### IV. 2. 1. Ajustement à la loi normale (loi de Gauss)

L'ajustement des séries pluviométriques à la loi normale s'adapte bien aux pluies moyennes annuelles.

Le procédé de calcul consiste à :

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

Dans notre étude, il sera utile de connaître les variations annuelles des précipitations pour une période de retour de 5 ans.

Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel HYDROLAB.

**Tableau 3** : Résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi normale

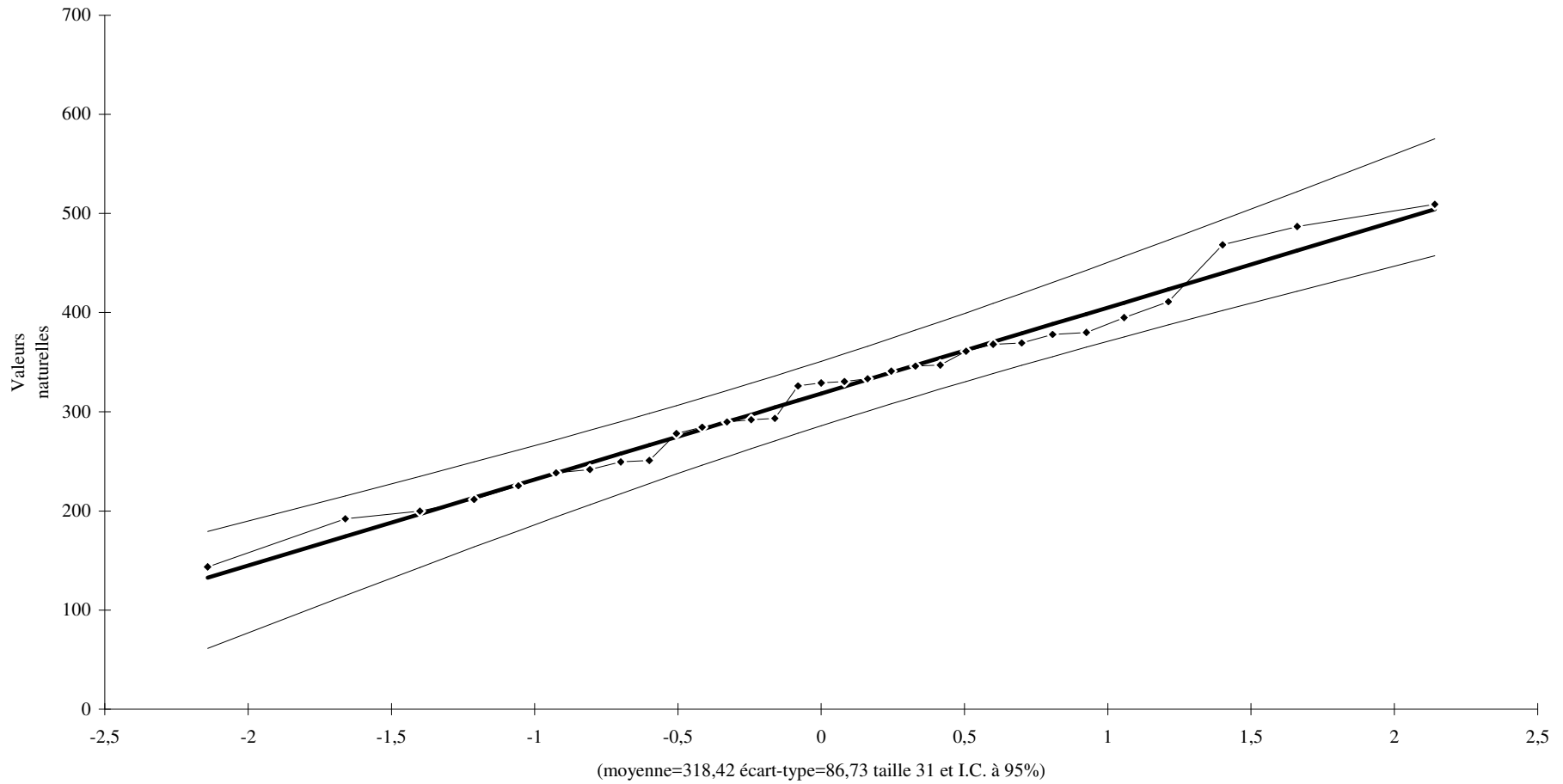
Ajustement à une loi de Gauss								
Taille n= 62		Moyenne= 318,416129		I.C. à (en%)= 95			U Gauss= 1,9604	
Ecart-type= 86,0135258								
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
347,0	143,7	1	0,0161	-2,142	143,7	132,7	61,3	179,5
326,0	192,1	2	0,0484	-1,661	192,1	174,4	114,6	215,1
143,7	200,0	3	0,0806	-1,401	200,0	196,9	143,1	234,7
346,0	211,6	4	0,1129	-1,211	211,6	213,4	163,6	249,3
380,0	225,4	5	0,1452	-1,057	225,4	226,7	180,0	261,3
378,0	238,4	6	0,1774	-0,925	238,4	238,2	194,0	271,8
333,4	241,8	7	0,2097	-0,807	241,8	248,4	206,3	281,3
341,0	249,3	8	0,2419	-0,700	249,3	257,7	217,4	290,0
468,3	251,0	9	0,2742	-0,600	251,0	266,4	227,6	298,3
329,0	278,0	10	0,3065	-0,506	278,0	274,6	237,1	306,2
509,1	284,4	11	0,3387	-0,416	284,4	282,4	246,1	313,9
293,4	289,7	12	0,3710	-0,329	289,7	289,9	254,6	321,4
225,4	292,0	13	0,4032	-0,245	292,0	297,2	262,8	328,8

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROLOGIQUE

395,0	293,4	14	0,4355	-0,162	293,4	304,4	270,7	336,2
487,0	326,0	15	0,4677	-0,081	326,0	311,4	278,3	343,6
278,0	329,0	16	0,5000	0,000	329,0	318,4	285,9	351,0
292,0	330,7	17	0,5323	0,081	330,7	325,4	293,3	358,5
200,0	333,4	18	0,5645	0,162	333,4	332,5	300,6	366,2
192,1	341,0	19	0,5968	0,245	341,0	339,6	308,0	374,1
211,6	346,0	20	0,6290	0,329	346,0	346,9	315,4	382,2
251,0	347,0	21	0,6613	0,416	347,0	354,5	322,9	390,8
249,3	361,0	22	0,6935	0,506	361,0	362,3	330,6	399,7
369,5	368,1	23	0,7258	0,600	368,1	370,4	338,5	409,2
238,4	369,5	24	0,7581	0,700	369,5	379,1	346,8	419,4
368,1	378,0	25	0,7903	0,807	378,0	388,4	355,6	430,5
289,7	380,0	26	0,8226	0,925	380,0	398,7	365,1	442,9
284,4	395,0	27	0,8548	1,057	395,0	410,1	375,5	456,8
411,0	411,0	28	0,8871	1,211	411,0	423,5	387,6	473,3
361,0	468,3	29	0,9194	1,401	468,3	439,9	402,1	493,8
330,7	487,0	30	0,9516	1,661	487,0	462,5	421,8	522,2
241,8	509,1	31	0,9839	2,142	509,1	504,2	457,4	575,5

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	245,4	202,7	278,5	245,4	0,200	1,3
0,5	0,000	318,4	285,9	351,0	318,4	0,500	2,0
0,8	0,841	391,4	358,3	434,1	391,4	0,800	5,0

Ajustement à une loi Normale



**Figure 1** : Résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi normale

### IV. 2. 2. Ajustement à la loi log-normale (loi de Galton)

L'ajustement de la série pluviométrique à la loi log-normale a été effectué à l'aide du logiciel HYDROLAB.

**Tableau 4** : Résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi log-normale

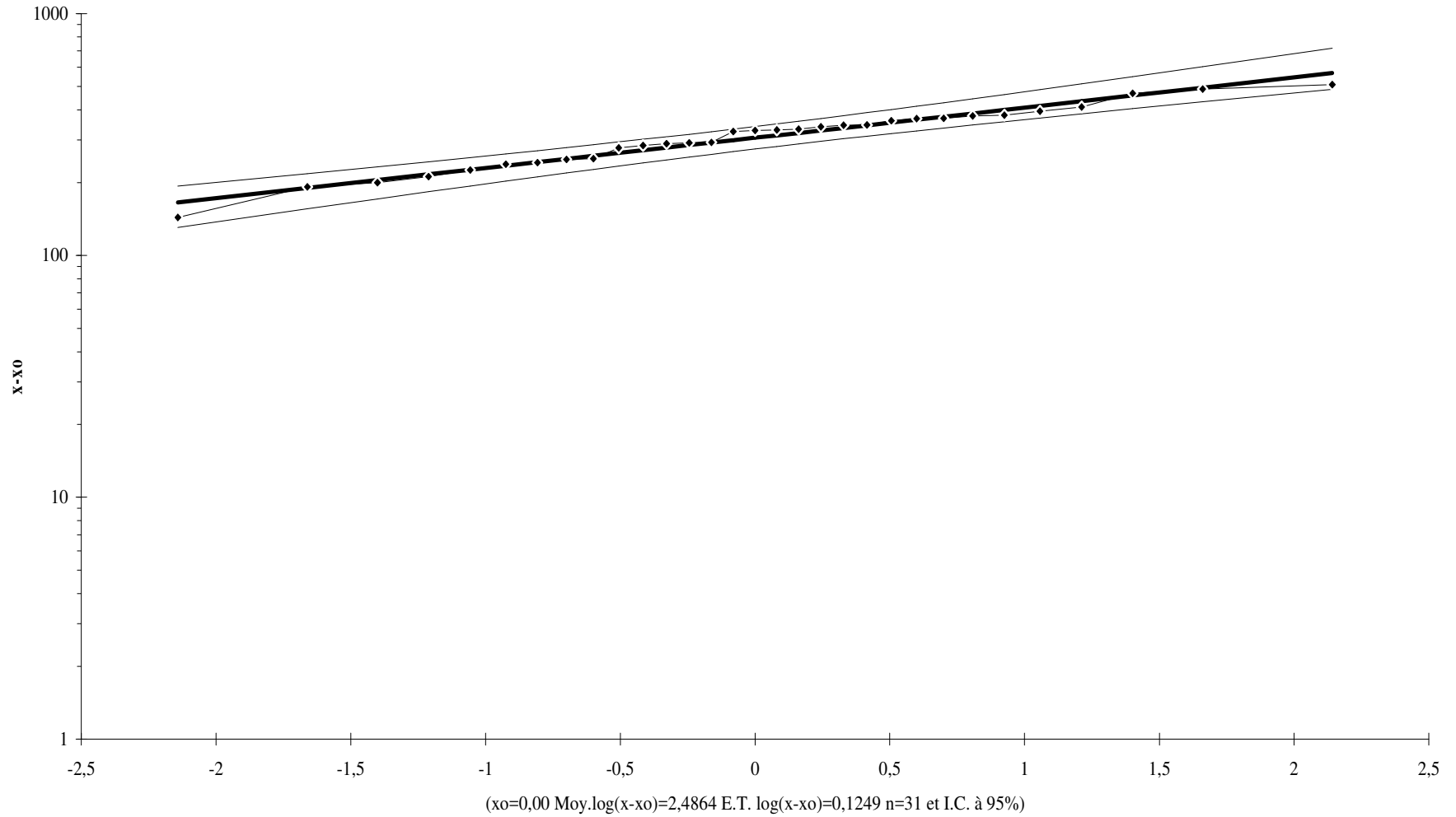
Ajustement à une loi Log-normale								
Taille n= 31		Moy.log(x- xo)= 2,486420624					U Gauss= 1,960	
xo= 0		E.T. log(x- xo)= 0,124895854		I.C. à (en%)= 95				
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
347,0	143,7	1	0,016	-2,142	143,7	165,6	130,7	193,3
326,0	192,1	2	0,048	-1,661	192,1	190,1	155,9	217,6
143,7	200,0	3	0,081	-1,401	200,0	204,9	171,4	232,2
346,0	211,6	4	0,113	-1,211	211,6	216,3	183,4	243,7
380,0	225,4	5	0,145	-1,057	225,4	226,1	193,7	253,6
378,0	238,4	6	0,177	-0,925	238,4	234,9	202,9	262,6
333,4	241,8	7	0,210	-0,807	241,8	243,0	211,3	271,0
341,0	249,3	8	0,242	-0,700	249,3	250,6	219,2	279,0
468,3	251,0	9	0,274	-0,600	251,0	257,9	226,8	286,7
329,0	278,0	10	0,306	-0,506	278,0	265,0	234,1	294,4
509,1	284,4	11	0,339	-0,416	284,4	272,0	241,1	302,0
293,4	289,7	12	0,371	-0,329	289,7	278,8	248,0	309,6
225,4	292,0	13	0,403	-0,245	292,0	285,7	254,8	317,3
395,0	293,4	14	0,435	-0,162	293,4	292,5	261,6	325,1
487,0	326,0	15	0,468	-0,081	326,0	299,5	268,4	333,1

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROLOGIQUE

278,0	329,0	16	0,500	0,000	329,0	306,5	275,1	341,4
292,0	330,7	17	0,532	0,081	330,7	313,7	282,0	350,0
200,0	333,4	18	0,565	0,162	333,4	321,1	288,9	359,1
192,1	341,0	19	0,597	0,245	341,0	328,8	296,1	368,6
211,6	346,0	20	0,629	0,329	346,0	336,9	303,4	378,7
251,0	347,0	21	0,661	0,416	347,0	345,4	311,1	389,6
249,3	361,0	22	0,694	0,506	361,0	354,5	319,1	401,3
369,5	368,1	23	0,726	0,600	368,1	364,2	327,6	414,2
238,4	369,5	24	0,758	0,700	369,5	374,8	336,7	428,5
368,1	378,0	25	0,790	0,807	378,0	386,6	346,7	444,5
289,7	380,0	26	0,823	0,925	380,0	399,9	357,8	463,0
284,4	395,0	27	0,855	1,057	395,0	415,4	370,4	485,0
411,0	411,0	28	0,887	1,211	411,0	434,2	385,5	512,2
361,0	468,3	29	0,919	1,401	468,3	458,6	404,5	548,2
330,7	487,0	30	0,952	1,661	487,0	494,2	431,8	602,4
241,8	509,1	31	0,984	2,142	509,1	567,4	485,8	718,9

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	240,6	208,8	268,5	240,6	0,200	1,3
0,5	0,000	306,5	275,1	341,4	306,5	0,500	2,0
0,8	0,841	390,4	349,9	449,8	390,4	0,800	5,0

Ajustement à une loi Log-normale



**Figure 2** : Résultats de l'ajustement de la série pluies moyennes annuelles à la loi log-normale

### IV. 3. Test de validité des ajustements par la loi de Khi<sup>2</sup>

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 :

$$V_i = N \int_{X_i}^{X_{i+1}} f(X) dX = N [F(X_{i+1}) - F(X_i)]$$

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 :

$$\chi^2 = \sum (n_i - v_i) / v_i$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

P : nombre de paramètres dont dépend la loi de répartition (P=2). On calcule  $\chi^2$

On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$

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

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

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0,01$  si et seulement si :  $\chi^2$  calculé <  $\chi^2$  théorique.

#### IV. 3. 1. Test de validité de l'ajustement à la loi normale

$$\chi^2 \text{ calculé} = 5,3 \quad \gamma = 4$$

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

$$\chi^2 \text{ théorique} = 11,34$$

$$\chi^2 \text{ calculé} = 2,55 < \chi^2 \text{ théorique} = 11,34$$

Donc l'ajustement est à considérer.



### IV. 3. 2. Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale

$$\chi^2 \text{ calculé} = 7,45 \quad \gamma = 3$$

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

$$\chi^2 \text{ théorique} = 7,85$$

$$\chi^2 \text{ calculé} = 7,45 < \chi^2 \text{ théorique} = 7,85$$

**D'après le test de  $\chi^2$ , la série des pluies moyennes annuelles s'ajuste à la loi normale mieux qu'à la loi log-normale.**

### VI. 4. Détermination de l'année de calcul

La détermination de l'année de calcul a pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80% de l'année de calcul de  $P_{80\%}$ ).

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

$$P_{80\%}^{\text{mensuelle}} = P_{\text{moy}}^{\text{mensuelle}} \times \frac{P_{80\%}^{\text{annuelle}}}{P_{50\%}^{\text{annuelle}}}$$

$$P_{80\%}^{\text{annuelle}} = 254,73 \text{ mm}$$

$$P_{50\%}^{\text{annuelle}} = 159,20 \text{ mm}$$

$$P_{80\%}^{\text{mensuelle}} = 1,6 P_{\text{moy}}^{\text{mensuelle}}$$

**Tableau 5** : Répartition mensuelle des précipitations à 80%

Moi	$P_{\text{moy}}$ (mm/mois)	$P_{\text{moy } 80\%}$ (mm/mois)
Janvier	32,4	25,91
Février	27,1	21,65
Mars	28,9	23,13
Avril	30,9	24,74
Mai	35,0	28,02
Juin	19,4	15,49
Juillet	9,3	7,46
Août	20,7	16,53
Septembre	31,4	25,16
Octobre	29,5	23,59
Novembre	26,2	20,94
Décembre	27,7	22,12
	<b>318,4</b>	<b>254,73</b>

## Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons pu dégager les principales caractéristiques hydrologiques et statistiques de la zone d'étude.

Pour ce qui est de l'analyse statistique des pluies annuelles, on doit noter que le test de Khi carré a montré un ajustement acceptable avec les deux lois (normale et log-normale), la comparaison entre les deux lois a montré une meilleure adéquation de la loi normale par rapport à la loi log-normale. Ce qui nous a conduits à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement du réseau d'irrigation.

**CHAPITRE V :**  
**Besoins des cultures**  
**en eau d'irrigation**

## Introduction

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

### V. 1. Régime d'irrigation

Le régime d'irrigation est défini comme étant l'ensemble du nombre de doses d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures au cours de toute leur période de végétation dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

### V. 2. Besoins en eau du périmètre

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme la dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

La pièce de base pour la quantification des besoins en eau du périmètre est le calendrier des cultures, établi par des agronomes. Il présente les différentes cultures occupant le sol à chaque instant de l'année, on prend soin d'indiquer le taux de surface couvert par chaque culture sur la base des enquêtes menées par les brigades concernées. L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

### V. 3. Evapotranspiration

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

Pour déterminer l'évapotranspiration de la culture ( $ET_c$ ) on utilise l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de telle sorte que le taux d'évapotranspiration ( $mm/j$ ) reflète les conditions climatiques locales.

### V. 3. 1. Evapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub> ou ETP)

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau, où le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

On peut la définir comme étant le taux de l'évapotranspiration d'une surface de gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

### V. 3. 2. Evapotranspiration réelle (ETR)

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration, le plus souvent elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$ETR_{\text{CULTURE}} = ET_0 * K_C$$

$K_C$  : coefficient cultural qui dépend du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

### V. 3. 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 deux types de méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration :

- Méthodes directes ;
- Méthodes indirectes.

#### a. Méthodes directes

- **Evapotranspiromètre 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 couvert de végétation.

- **Bac évaporant :**

Cet appareil très simple 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.

- **Evaporomètre piche :**

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.

## **b. Méthodes indirectes**

Ces méthodes permettent de calculer l'ETP à partir de formules ne comportant que des données climatiques.

- **Formule de Blaney-Criddle :**

A la suite de nombreuses expérimentations, Blaney et Criddle ont estimé que la température et la durée du jour étaient les facteurs déterminants de l'évapotranspiration potentielle. Ils ont proposé la formule suivante :

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

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour ;

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois) ;

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).

- **Formule de Turc :**

Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \frac{T}{T+15}$$

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm) ;

T : Température moyenne mensuelle (° C) ;

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

Remarque :

- Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.
- Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \frac{T}{T+15} \left(1 + \frac{50-H_r}{70}\right)$$

H<sub>r</sub> : humidité de l'air en %.

- **Formule de Penman :**

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station. La formule est la suivante :

$$ETP = p'(t) \frac{R_n}{L} + \sigma \frac{E_a}{p(t) + \sigma}$$

R<sub>n</sub> : rayonnement net (climatique) ;

E<sub>a</sub> : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air ;

L : chaleur latente de vaporisation (2,5.10<sup>6</sup> J/kg) ;

σ : constante psychrométrique ;

p'(t) : valeur de la dérivée de la fonction de pression partielle de la vapeur d'eau saturante en fonction de la température.

### V. 3. 4. Calcul de l'évapotranspiration

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

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT basé sur la méthode de Penman et Montheit modifiée.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les données climatiques mensuelles de la station météorologique, à savoir :

- Les températures moyennes en degré Celsius ;
- L'humidité relative de l'air exprimé en % ;
- L'insolation journalière en heure ;
- La vitesse du vent en km/jour.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  sont représentés dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Valeur de l'évapotranspiration de référence calculée par la méthode de Penmann-Montheih, exprimée en mm/jour

Month	Avg Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ET0 mm/day
January	6.6	80	3.9	5.2	9.5	1.22
February	7.2	76	3.6	6.3	12.7	1.62
March	10.1	73	4.0	7.1	16.5	2.40
April	11.9	69	4.4	7.8	19.9	3.18
May	16.9	65	4.0	9.3	23.5	4.37
June	22.8	55	3.4	11.0	26.4	6.03
July	26.4	44	3.3	11.4	26.6	7.22
August	26.4	49	3.0	10.7	24.4	6.55
September	21.2	62	3.0	8.6	19.2	4.46
October	16.6	69	3.4	7.2	14.5	3.02
November	10.7	78	3.7	5.4	10.1	1.68
December	7.4	82	3.9	4.6	8.4	1.15
<b>Average</b>	<b>15.3</b>	<b>67</b>	<b>3.6</b>	<b>7.9</b>	<b>17.6</b>	<b>3.58</b>

#### V. 4. Pluies efficaces

Définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, percolation en profondeur,...

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.



Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliserons la méthode du pourcentage fixé. Dans notre cas on fixe le pourcentage à 80 % (on considère que 20 % des précipitations sont des pertes par ruissellement de surface et percolation en profondeur).

**Tableau 2 :** Pluies efficaces pour chaque mois

Moi	$P_{\text{moy } 80\%}$ (mm/mois)	$P_{\text{eff}}$ (mm/mois)
Janvier	25,91	20,73
Février	21,65	17,32
Mars	23,13	18,50
Avril	24,74	19,79
Mai	28,02	22,42
Juin	15,49	12,39
Juillet	7,46	5,97
Août	16,53	13,22
Septembre	25,16	20,13
Octobre	23,59	18,87
Novembre	20,94	16,75
Décembre	22,12	17,70
	<b>254,73</b>	<b>203,79</b>

## V. 5. Occupation du sol 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 et agro-pédologique).

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

- 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.

L'occupation du sol retenue pour le projet est présentée dans le tableau 3.

**Tableau 3 :** Occupation du périmètre par les différentes cultures

Culture	Surface (ha)
Olivier	31
Piment	18,4
Pastèque	26,6
Tomate	24
Surface totale	100

## V. 6. Besoins des cultures en eau d'irrigation

Le besoin en eau d'irrigation **B**, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal aux besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage), percolation profonde, inégalité de répartition,...).

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

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

**ETP** : évapotranspiration (mm/jour) ;

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

**RFU** : réserve facilement utilisable.

$$\mathbf{RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) D_a \times Z}$$

**Y** : degré de tarissement ;

**H<sub>cc</sub>** : humidité à la capacité au champ ;

**H<sub>pf</sub>** : humidité au point de flétrissement ;

**D<sub>a</sub>** : densité apparente ;

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

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

A partir de l'abaque des caractéristiques hydriques du sol on tire la réserve utile et les humidités pondérales (à la rétention  $H_{cc}$  et au flétrissement  $H_{pf}$ ) selon la texture du sol. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

### V. 6. 1. Dose d'irrigation de l'olivier

**Tableau 4 :** Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation de l'olivier.

Mois	$K_c$	$ET_0$ (mm/jour)	$ET_0$ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	$P_{eff}$ (mm/mois)	RFU (mm/mois)	B (mm/mois)
Jan.	0,65	1,19	35,7	23,2	20,2	0	3,0
Fév.	0,65	1,58	47,4	30,8	16,9	0	13,9
Mars	0,65	2,38	71,4	46,4	18,0	0	28,4
Avril	0,65	3,14	94,2	61,2	19,3	0	41,9
Mai	0,70	4,38	131,4	92,0	21,9	0	70,1
Juin	0,70	6,02	180,6	126,4	12,1	0	114,3
Juillet	0,70	7,29	218,7	153,1	5,8	0	147,3
Août	0,70	6,59	197,7	138,4	12,9	0	125,5
Sep.	0,70	4,46	133,8	93,7	19,6	0	74,0
Oct.	0,65	3,01	90,3	58,7	18,4	0	40,3
Nov.	0,65	1,65	49,5	32,2	16,3	0	15,8
Déc.	0,65	1,12	33,6	21,8	17,3	0	4,6
							<b>679,2</b>

La période déficitaire s'étend sur 12 mois.

### V. 6. 2. Dose d'irrigation du piment

**Tableau 5 :** Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation du piment.

Mois	$K_c$	$ET_0$ (mm/jour)	$ET_0$ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	$P_{eff}$ (mm/mois)	RFU (mm/mois)	B (mm/mois)
Jan.		1,19	35,7		20,2		
Fév.	0,30	1,58	47,4	14,2	16,9	23	0
Mars	0,60	2,38	71,4	42,8	18,0	23	1,8
Avril	0,95	3,14	94,2	89,5	19,3	0	70,2
Mai	0,85	4,38	131,4	111,7	21,9	0	89,8
Juin	0,80	6,02	180,6	144,5	12,1	0	132,4
Juillet		7,29	218,7		5,8		
Août		6,59	197,7		12,9		
Sep.		4,46	133,8		19,6		
Oct.		3,01	90,3		18,4		
Nov.		1,65	49,5		16,3		
Déc.		1,12	33,6		17,3		
							<b>294,2</b>

La période déficitaire s'étend sur 4 mois (de mars à juin).

### V. 6. 3. Dose d'irrigation de la pastèque

**Tableau 6 :** Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation de la pastèque.

Mois	$K_c$	$ET_0$ (mm/jour)	$ET_0$ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	$P_{eff}$ (mm/mois)	RFU (mm/mois)	B (mm/mois)
Jan.		1,19	35,7		20,2		
Fév.		1,58	47,4		16,9		
Mars		2,38	71,4		18,0		
Avril	0,40	3,14	94,2	35,52	19,3	23,0	0
Mai	0,70	4,38	131,4	78,54	21,9	6,8	0
Juin	0,95	6,02	180,6	123,69	12,1	14,1	37,0
Juillet	0,80	7,29	218,7	119,28	5,8	0,0	98,2
Août		6,59	197,7		12,9		
Sep.		4,46	133,8		19,6		
Oct.		3,01	90,3		18,4		
Nov.		1,65	49,5		16,3		
Déc.		1,12	33,6		17,3		
							<b>135,2</b>

La période déficitaire s'étend sur 2 mois (de juin à juillet).

### V. 6. 4. Dose d'irrigation de la tomate

**Tableau 7 :** Résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation de la tomate

Mois	$K_c$	$ET_0$ (mm/jour)	$ET_0$ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	$P_{eff}$ (mm/mois)	RFU (mm/mois)	B (mm/mois)
Jan.	0,80	1,19	35,7	19,44	20,2	23	0
Fév.	1,00	1,58	47,4	40,50	16,9	23	0,6
Mars	1,10	2,38	71,4	70,62	18,0	0	52,6
Avril	1,10	3,14	94,2	97,68	19,3	0	78,4
Mai	0,80	4,38	131,4	89,76	21,9	0	67,9
Juin	0,60	6,02	180,6	78,12	12,1	0	66,0
Juillet		7,29	218,7		5,8		
Août		6,59	197,7		12,9		
Sep.		4,46	133,8		19,6		
Oct.		3,01	90,3		18,4		
Nov.		1,65	49,5		16,3		
Déc.		1,12	33,6		17,3		
							<b>265,5</b>

La période déficitaire s'étend sur 5 mois (de février à juin).

## V. 7. Débit caractéristique

Le but est de définir les débits que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture évalués précédemment, il est calculé :  $B_{\text{pointe}}$

$$Q_{\text{carc}} = q_s \times S$$

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

$S$  : superficie totale à irriguer.

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

$B_{\text{pointe}}$  : besoin total du mois de pointe (mm/mois) ;

$K$  : efficacité d'irrigation  $\approx 90\%$  ;

$N_h$  : nombre d'heures d'irrigation = 20h ;

$N_j$  : nombre des jours du mois de pointe = 30 jours.

**Tableau 8** : Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures en mm/mois

	Olivier	Piment	Pastèque	Tomate	Total
Jan.	3,0			0	<b>3</b>
Fév.	13,9	0		0,6	<b>14,5</b>
Mars	28,4	1,8		52,6	<b>82,8</b>
Avril	41,9	70,2	0	78,4	<b>190,5</b>
Mai	70,1	89,8	0	67,9	<b>227,8</b>
Juin	114,3	132,4	37,0	66,0	<b>349,7</b>
Juillet	147,3		98,2		<b>245,5</b>
Août	125,5				<b>125,5</b>
Sep.	74,0				<b>74</b>
Oct.	40,3				<b>40,3</b>
Nov.	15,8				<b>15,8</b>
Déc.	4,6				<b>4,6</b>
					<b>1374</b>

D'après le tableau précédant, les besoins de pointe correspondent au mois de juillet, soit 349,7 mm/mois, donc :

$$q_s = 1,8 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique calculé est supérieur à la norme qui est de 1,5 l/s/ha, ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement.

Dans ce cas, on a deux méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

On prend en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante (l'olivier).

$$q_s = 0,76 \text{ l/s/ha}$$

**Tableau 9** : Besoins annuels totaux des cultures en m<sup>3</sup>

Culture	Surface (ha)	Besoins en mm/an	Besoins annuels en m <sup>3</sup>
Olivier	31	1 767,6	54 795,60
Piment	18,4	662	12 180,80
Pastèque	26,6	392,8	10 448,48
Tomate	24	470,4	11 289,60
			<b>88 714,48</b>

## Conclusion

A travers ce chapitre, on a pu déterminer les besoins en eau d'irrigation des cultures de notre périmètre. On a remarqué que le mois de pointe était le mois de juillet sur lequel on s'est basé pour estimer les besoins en eau du périmètre.

# **CHAPITRE VI :**

## **Techniques d'irrigation**

## Introduction

Quel que soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage,...) et son mode de transport (canaux, conduits sous pression,...), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

Cependant, le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre à ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage et compatibilité avec les contraintes de de la région d'étude.

### VI. 1. Techniques d'irrigation

- Irrigation de surface ;
- Irrigation par aspersion ;
- Irrigation localisée, micro-irrigation ou goutte à goutte.

#### VI. 1. 1. Irrigation de surface

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la réparation de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol.

La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration et capillarité), fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.

#### a. Irrigation par ruissellement

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour que le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.

##### Avantages :

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés ;
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau ;
- Possibilité de lessivage sans risques d'érosion ;
- Matériel d'irrigation assez simple.

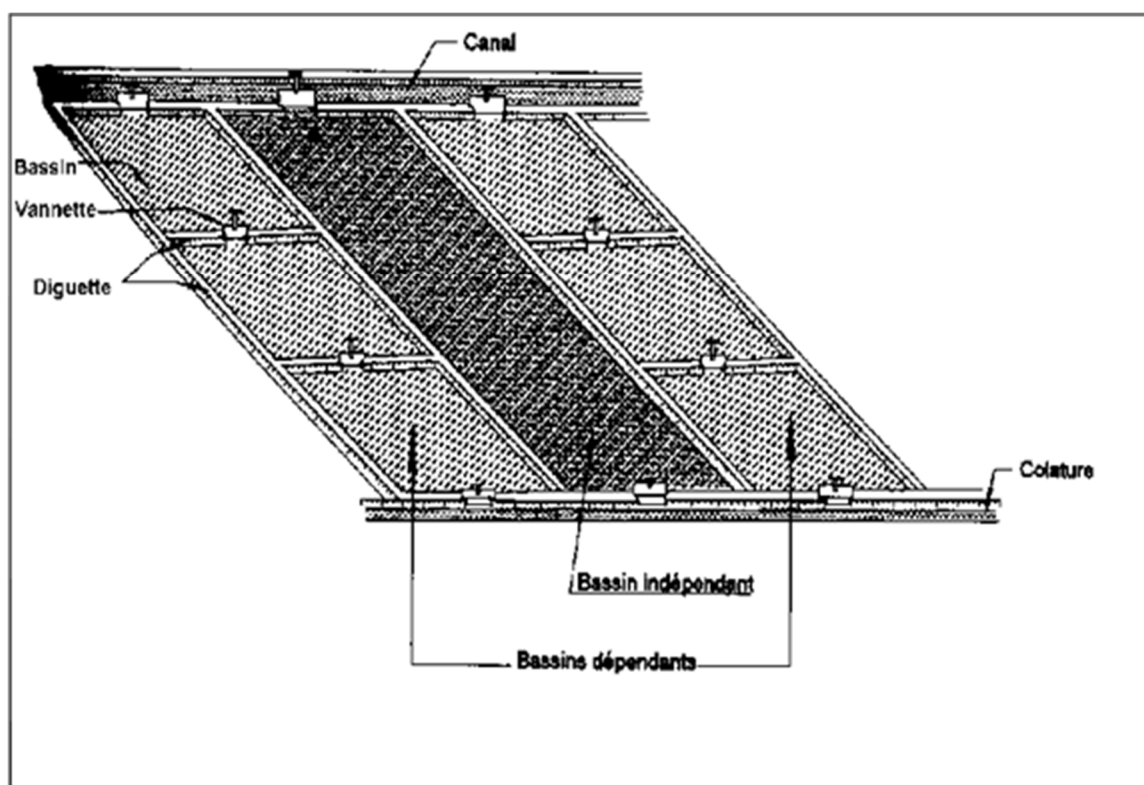


**Inconvénients :**

- Temps d'irrigation important ;
- Nécessité de nivellement et son entretien ;
- Pertes importantes d'eau.

**b. Irrigation par submersion**

Elle se pratique en recouvrant le sol avec une couche d'eau épaisse qui séjournera le temps nécessaire pour qu'elle s'infiltré à la profondeur utile. Cette profondeur est en fonction des besoins nécessaire à la croissance des plantes. Cette méthode reste valable dans le cas des terrains perméables et de pente inférieure à 2 %.



**Figure 1 :** Irrigation par submersion

**Avantages :**

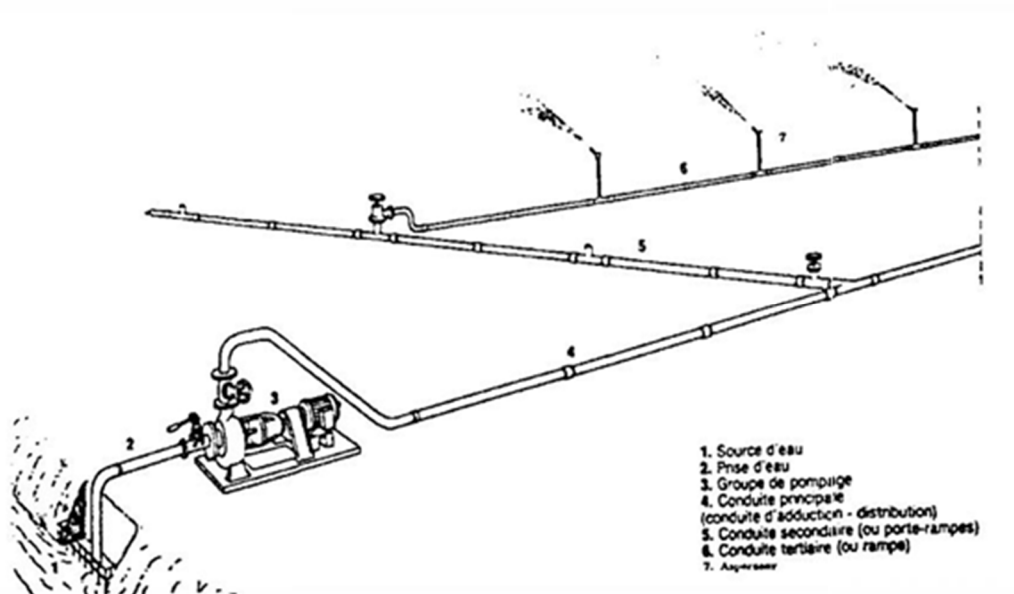
- Destruction des adventices ;
- Protège contre le gel.

**Inconvénients :**

- Tassement du sol ;
- Diminution de la porosité d'où diminution de la perméabilité ;
- Nécessite l'assainissement ;
- Manque d'aération.

**VI. 1. 2. Irrigation par aspersion**

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce au différents asperseurs alimentés en eau sous pression.



**Figure 2 :** L'irrigation par aspersion

**Avantages :**

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer ;
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres ;
- Permet une économie d'eau importante ;
- Met à disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre ;
- Possibilité d'automatisation du système ;
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

**Inconvénients :**

- Coût très élevé (prix d'achat du matériel très important) ;
- Intense évaporation si les gouttes d'eau sont fines ;
- Tassement du sol ;
- Favorise le développement des mauvaises herbes ;
- Le déplacement des conduites après arrosage peut être difficile ;
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse du vent est importante.

**VI. 1. 3. Irrigation localisée (goutte à goutte)**

L'eau parvient aux cultures au moyen de tuyaux muni de goûteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit.

**Avantages :**

- Une économie d'eau très importante : la perte du moyen de transport est minime ;
- L'évaporation, le ruissèlement et la percolation profonde sont réduits par rapport aux autres systèmes d'irrigation ;
- Les économies d'énergie : une petite unité de puissance est requise par rapport aux systèmes d'irrigation par aspersion ;
- La réduction des mauvaises herbes et les maladies : En raison de la surface mouillée limitée ;
- Peut-être automatisée ;
- Engrais et produits chimiques peuvent être appliqués avec de l'eau à travers le système d'irrigation ;
- Amélioration de la production sur des terres marginales : sur un terrain vallonné, des systèmes de micro-irrigation peuvent fonctionner sans les eaux de ruissèlement et sans ingérence du vent ;
- Une économie de mains d'œuvre (système fixe) ;
- Insensibilité aux vents forts ;
- Elle permet un dosage régulier en engrais ;
- L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

**Inconvénients :**

- La gestion de ces microsystèmes d'irrigation a normalement des besoins d'entretien plus élevés. Les particules de sol, d'algues, ou des dépôts minéraux peuvent obstruer les dispositifs d'émission ;
- Dommages potentiels causés par des animaux, les rongeurs et les insectes peuvent causer des dommages à certains composants ;

- Coût d'investissement élevé ;
- Contrôle difficile des goutteurs ;
- Risque d'obstruction des goutteurs ;
- Risque de salinisation ;
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée.

## VI. 2. Choix des techniques d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation adéquate, il est nécessaire de connaître les contraintes suivantes :

### VI. 2. 1. Contraintes naturelles

#### a. Evaporation

La région de Guernini est caractérisée par une évaporation élevée, en particulier durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau importante.

#### b. Vent

Le vent est le facteur déterminant dans le choix de la technique d'irrigation, notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles à moyennes.

#### c. Pente

Le périmètre de Guernini est caractérisé par une faible pente (0 à 3%), donc cette dernière ne présente pas de contraintes particulières.

### VI. 2. 2. Contraintes techniques

- Qualification de la main d'œuvre requise ;
- Entretien du matériel d'irrigation.

### **VI. 2. 3. Contraintes agronomiques**

Les types de cultures envisagées pour le périmètre de Guernini sont constitués d'arboriculture (oliviers) et de cultures maraichères (piment et tomate). Pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation localisée comme technique d'irrigation pour notre périmètre.

### **Conclusion**

En tenant compte des conditions climatiques de la région de Guernini, de la nature du sol de notre périmètre d'étude, de ses aptitudes culturales et du faible volume d'eau disponible, on opte pour la technique d'irrigation localisée (le goutte à goutte), vue ses avantages par rapport aux autres techniques, notamment en matière d'économie d'eau.

**CHAPITRE VII :**  
**Dimensionnement**  
**du réseau**  
**d'irrigation**

## Introduction

Le réseau d'irrigation est l'ensemble des ouvrages hydrauliques qui permettent l'acheminement de l'eau d'irrigation jusqu'aux différentes cultures du périmètre agricole. L'objectif de ce chapitre est le choix du réseau d'irrigation adéquat et la détermination de ses paramètres hydrauliques. La culture choisie pour cette étude est l'oléiculture car c'est la culture la plus adéquate au climat semi-aride de la région de Guernini.

### VII. 1. Types de réseaux d'irrigation

- Réseau d'irrigation par canaux à ciel ouvert : l'eau est amenée par des canaux à ciel ouvert, soit en terre ou avec revêtements qui ont généralement des sections trapézoïdale ou circulaire, il est conçu en vue de la pratique de l'irrigation de surface au niveau des parcelles cultivées ;
- Réseau d'irrigation par conduites sous pression : il est constitué de conduites sous pression, généralement enterrées, il est conçu en vue de la pratique de l'irrigation par aspersion ou l'irrigation localisée.

#### Choix du type de réseau d'irrigation :

Le choix du type de réseau d'irrigation est conditionné par le relief et la technique d'arrosage adoptée. C'est pour cette raison que notre choix s'est porté sur l'irrigation par conduites sous pression.

Ce réseau présente les avantages suivants :

- Pertes d'eau par évaporation et infiltration négligeables ;
- Utilisation rationnelle et économique de l'eau d'irrigation ;
- Il peut être adapté à n'importe quel relief ;
- Possibilité d'automatisation.

Son inconvénient majeur est le coût élevé.

## VII. 2. Matériaux des conduites

- **Conduites en acier :**

Utilisées pour les débits élevés, résistent aux fortes pressions (supérieures à 10 bars), assemblées bout à bout par soudure et caractérisées par une bonne étanchéité mais sensibles à la corrosion ;

- **Conduites en fonte :**

Elles résistent aux chocs et à la pression (25 bar) mais lourdes, elle nécessite un engin de levage ; caractérisées par une grande étanchéité, une durée de vie assez longue, un bon coefficient d'écoulement hydraulique mais un coût de revient assez élevé ;

- **Conduites en amiante-ciment :**

Constituées d'un complexe de fibres d'amiante dispersées dans un liant hydraulique qui est du ciment, caractérisées par des parois très lisses, un bon coefficient d'écoulement hydraulique et une bonne résistance mécanique ;

- **Conduites en PVC :**

Polychlorure de vinyle, léger, facile à poser mais sensible aux chocs et à l'écrasement ;

- **Conduites en PEBD :**

Les tubes PEBD (polyéthylène basse densité) sont très légers avec de bonnes qualités mécaniques (souplesse, facilité de raccordement, étanchéité, flexibilité, ...). Ils sont conditionnés en rouleaux et offrent ainsi des avantages nettement supérieurs sur les matériaux métalliques. Les tubes PEBD pour l'irrigation existent du diamètre 20 mm au diamètre 90, en rouleaux de 50, 100 et 200 mètres ;

- **Conduites en PEHD :**

Les tubes PEHD présentent les mêmes avantages que les tubes PEBD et peuvent en plus supporter une contrainte minimale exigée de 10 MPa à 20° C durant plus de 50 ans.

### Choix des matériaux des conduites :

Le choix de l'un de ces matériaux est conditionne par :

- Le diamètre ;
- La pression de service ;
- Le critère économique ;



- Les conditions de pose des conduites ;
- La disponibilité dans le marché ;
- La technique d'arrosage.

Notre choix s'est porté sur le PEBD pour les conduites de petits diamètres (rampes) et le PEHD pour les diamètres plus grands (porte-rampes, conduites secondaires et conduite principale).

### VII. 3. Réseau de distribution

Le réseau de distribution est un système de conduites connectées entre elles. L'eau est distribuée à partir de ce réseau qui doit être dimensionné de telle façon à assurer le débit maximal et la pression suffisante à chaque parcelle.

#### VII. 3. 1. Principe du tracé d'un réseau de distribution

Pour tracer un réseau de distribution il faut :

- Tracer les conduites principales de telle façon qu'on puisse prévoir les conduites secondaires ;
- Choisir les emplacements des bornes de distribution ;
- Déterminer le sens de l'écoulement.

#### VII. 3. 2. Mode du tracé et implantation des bornes

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projeteur. Le réseau étant en effet destiné à amener l'eau en un certain nombre de points, il est préférable d'étudier d'abord les tracés des conduites et après on place les bornes.

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. 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.

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivant :

- Une prise par ilot d'exploitations ;

- Bornes implantées en limites d'îlots ;
- Prendre en considération la possibilité d'une modification de la structure foncière.

### VII. 3. 3. Rôle et fonction d'une borne d'irrigation

Une borne d'irrigation assure les fonctions suivantes :

- Le vannage ;
- La stabilisation de la pression ;
- La limitation du débit ;
- Le comptage du volume d'eau délivré.

### VII. 3. 4. Découpage du périmètre en îlots d'irrigation

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitations.

Trois modèles d'îlots ont été définis :

- **Grand parcellaire (> 10 ha) :**

Le découpage en îlots est guidé par les dispositions types du matériel envisageable pour l'irrigation de la parcelle. On recherche une géométrie de l'îlot permettant de pratiquer différents modes d'irrigation, y compris le gravitaire dans de bonnes conditions techniques et économiques. L'îlot idéal a les caractéristiques suivantes :

- Forme géométrique ;
- Borne placée au point haut ;
- Largeur : 400 à 600 m, avec borne centrée ;
- Longueur : 500 à 1000 m ;
- Surface maximale : 40 ha.

- **Petit parcellaire (5 ÷ 10 ha) :**

En petit parcellaire, les critères de dimensions de la parcelle restent identiques à ceux définis précédemment pour le grand parcellaire, mais généralement ils ne sont pas contraignants : la longueur et la largeur de la parcelle restent inférieures aux limites

précédemment définies ; sauf dans quelques cas de parcelles de forme très irrégulières (parcelles très longues et très étroites) ;

- **Micro parcellaire (< 5 ha) :**

Le micro parcellaire se caractérise par des parcelles exploitées par plusieurs familles séparément ou en commun en petites superficies (quelques centaines de mètres carrés à 1 ou 2 hectares).

La situation foncière du périmètre de Guernini est très hétérogène, la taille des parcelles et des exploitations est très variable.

### VII. 3. 5. Débits caractéristiques des différentes parcelles

Le dimensionnement du réseau de distribution nécessite la détermination des débits caractéristiques des différentes parcelles qui constituent le périmètre d'étude.

Le calcul des débits caractéristiques des différentes parcelles s'effectue à partir de la formule suivante :

$$Q_{\text{carac}} = q_s * S$$

$q_s$  : débit spécifique du mois de pointe de la culture la plus exigeante (l/s/ha) ;

$S$  : surface de la parcelle (ha).

Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tableau 1 :** Débits caractéristiques des différentes parcelles

Parcelle	Surface (ha)	Débit caractéristique (l/s)
S1	11	8,36
S2	5,8	4,41
S3	10	7,6
S4	6	4,56
<b>S5</b>	<b>10</b>	<b>7,6</b>
S6	6,5	4,94
S7	11	8,36
S8	8,3	6,31
S9	9,4	7,14
S10	9,4	7,14
S11	6,4	4,86
S12	6,2	4,71
<b>S</b>	<b>100</b>	<b>76</b>

### VII. 3. 6. Dimensionnement du réseau de distribution

L'acheminement des eaux vers les différentes parcelles se fait gravitairement dans des conduites en PEHD, le secteur se compose de 12 parcelles avec des surfaces variant de 5,8 ha à 11 ha, voir planche 2.

Le dimensionnement a été fait à l'aide du logiciel EPANET dont les figures et tableau ci-après représentent le réseau et les résultats des calculs.

**Tableau 2 :** Caractéristiques des nœuds/bornes d'irrigation

État des Nœuds du Réseau				
ID Nœud	Altitude m	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 2	896	12,77	909,00	13,00
Noeud 3	891	12,16	907,54	16,54
Noeud 4	887	12,54	904,54	17,54
Noeud 5	882	14,67	902,09	20,09
Noeud 6	874	14,29	898,74	24,74
Noeud 7	867	9,58	896,00	29,00
Bâche 1	914	-76,00	914,00	0,00

**Tableau 3 :** Caractéristiques des conduites de distribution

État des Arcs du Réseau					
ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit.
Tuyau 1	588	250	76,00	1,55	8,51
Tuyau 2	244	250	63,23	1,29	5,97
Tuyau 3	244	200	51,07	1,63	12,29
Tuyau 4	343	200	38,53	1,23	7,14
Tuyau 5	380	160	23,86	1,19	8,83
Tuyau 6	266	110	9,58	1,01	10,27

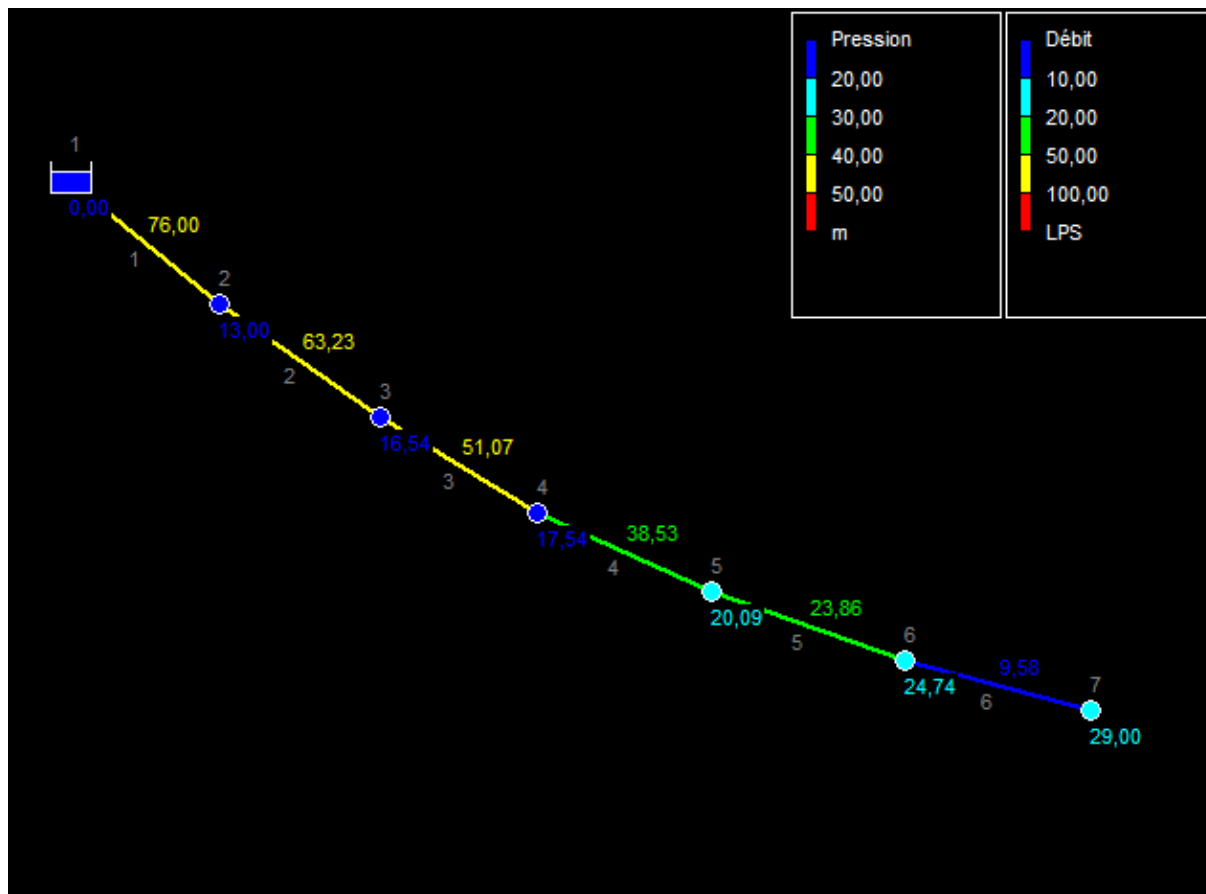


Figure 1 : Représentation du réseau de distribution avec les pressions et les débits

## VII. 4. Réseau d'irrigation localisée

### VII. 4. 1. Composition de l'installation

#### a. Point de fourniture d'eau

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée d'un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre.

#### b. Unité de tête

Reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants.

Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des portes rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier, c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale et envoyée dans le réservoir, s'y enrichit en engrais puis est réinjectée dans la conduite principale.

Avoir un bon filtre principal est une chose primordiale dans toutes les unités de tête. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permettant un nettoyage par contre-courant, est le meilleur moyen, mais avec de l'eau claire, un simple filtre à tamis est suffisant.

Quand l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés dessableurs.

### **c. Conduite principale**

C'est la conduite qui relie le point de fourniture d'eau aux conduites secondaires. Elle peut être en PEHD.

### **d. Conduite secondaire**

C'est la conduite qui relie la conduite principale aux porte-rampes. Elle peut être en PEHD.

### **e. Porte rampes**

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

### **f. 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.

Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

Il existe d'autres types de rampes qui assurent à la fois le transport et la distribution de l'eau, par exemple les rampes (ou gaines) poreuses ou perforées (à simple ou double section).

## g. Distributeurs

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers. Ils peuvent être des goutteurs à très faible débit (quelques l/h), dont il existe de très nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).



**Figure 2 :** Distributeur d'eau

### Choix d'un distributeur :

En irrigation localisée, le choix du goutteur est important car de lui va dépendre le bon fonctionnement hydraulique de l'installation, l'alimentation hydrique satisfaisante de la culture, la pérennité des équipements, le niveau de filtration et la qualité de maintenance à assurer. C'est la prise en compte d'un certain nombre d'éléments qui permet à l'utilisateur de définir son choix d'une manière objective à savoir :

- La qualité de l'eau :

C'est un élément essentiel dont vont dépendre les risques de colmatage des distributeurs.

- Eaux de mauvaise qualité :

Sont généralement des eaux de surface (rivières, canaux, lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique. Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit. Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uniforme, ayant un débit de 4 l/h.

De même, si l'on doit utiliser des goutteurs autorégulant, on choisira préférentiellement ceux qui sont à chicanes avec la longueur de cheminement la plus

grande possible. En effet, après un certain temps de fonctionnement, il se produit un effet d'empreinte de la membrane au contact du relief de cheminement entraînant une diminution de la section de passage.

- Eaux de bonne qualité :

Dans ce cas, tous les goutteurs peuvent être utilisés à condition d'adapter la finesse de filtration à chacun d'eux.

- La nature du sol :

La nature du sol permet de choisir entre mini diffuseurs et goutteurs.

Dans certains sols très filtrants, sableux ou caillouteux comportant une nature grossière, pour lesquels la diffusion latérale de l'eau est faible, ainsi que dans

Certains sols argileux comportant des argiles gonflantes dont la dessiccation entraîne la formation de fentes.

Pour tous les autres types de sol, des goutteurs de 2 ou 4 l/h conviennent, d'autant que les investissements nécessaires sont dans ce cas plus faibles.

- La nature des cultures :

Pour les cultures pérennes, telles que les fruitiers ou l'installation est fixe, les distributeurs en ligne ou en dérivation sur la rampe peuvent être envisagés.

Par contre, dans le cas des cultures annuelles ou les rampes doivent être enroulées ou déroulées lors de la mise en place de la culture et pour la récolte, on évitera les goutteurs en dérivation, au bénéfice des goutteurs en ligne, des goutteurs intégrés dans la rampe et des gaines souples.

#### **Différents types des distributeurs :**

- **Goutteur :**

Les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.

- **Gaine :**

Destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers ; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.

- **Tube poreux :**

La paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.



- **Mini diffuseur :**

Ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

## VII. 4. 2. Entretien du réseau et des installations

L'entretien du réseau comprend un ensemble d'opérations périodiques qui doivent être effectuées par l'exploitant pour assurer la pérennité de son installation ; surveillance du fonctionnement et du nettoyage des filtres, lutte contre les risques de colmatage, purge régulière du réseau et curage du bassin de stockage.

### a. Lutte contre le colmatage organique

Le développement des algues et des dépôts créés par les bactéries sont la cause de bouchages importants, Il peut être contrôlé de façon peu coûteuse en maintenant une concentration de chlore tel que :

- Pour les algues une concentration de chlore de 1 à 5 mg/l de façon continue ou de 10 à 20 mg/l pendant 20 minutes à la fin de chaque irrigation ;
- Pour les bactéries ferrugineuses 1 ppm de Cl au-dessus du nombre de ppm de fer présent (ceci peut varier en fonction de la quantité de bactéries). L'efficacité de l'injection de Cl dépend de la valeur du PH de l'eau, il est nécessaire d'utiliser plus de Cl pour des valeurs élevées de PH.

### b. Lutte contre le colmatage chimique

Les principaux risques de colmatage chimique ont pour origine des dépôts de calcaire dans ou à la sortie du distributeur. L'injection dans le réseau d'une solution d'acide du commerce (36° baumé, densité 1,33) à une concentration de 2 à 5 ‰ en volume (2 à 5 litres d'acide par m<sup>3</sup> d'eau) permet généralement une lutte efficace.

### c. Purge des canalisations

La purge des canalisations est un élément important dans la maintenance des réseaux. Elles sont effectuées de l'amont vers l'aval en commençant par la canalisation principale puis les canalisations secondaires et les rampes. Il est nécessaire de purger :

- Lors de la première mise en eau et après chaque réparation ;
- En début et en fin de campagne ;
- En cours de campagne.

### VII. 4. 3. Contrôle de l'installation

On doit calculer l'uniformité des débits d'une installation lors :

- De la réception de l'installation pour s'assurer de sa conformité aux spécifications minimales imposées ;
- Des campagnes d'irrigation successives pour suivre l'évolution du colmatage des distributeurs.

### VII. 4. 4. Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée

Pour le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée, notre choix s'est porté sur la parcelle **S5** dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Forme rectangulaire ;
- Largeur : 250 m, avec borne centrée ;
- Longueur : 400 m ;
- Surface : 10 ha ;
- Occupation du sol : oliviers.

### Données générales

#### Données relatives à la culture :

- Espacement entre arbres : 4 m ;
- Espacement entre rangs d'arbres : 4 m.

#### Données relatives aux goutteurs :

- Débit nominal : 4 l/h ;

- Pression nominale : 10 mce ;
- Nombre de goutteurs par arbre : 2 ;
- Espacement entre goutteurs d'un même arbre : 1 m ;
- Temps de fonctionnement de l'installation : 20 h/j.

## Besoins des cultures en eau d'irrigation

### Influence du taux de couverture du sol :

L'irrigation localisée est utilisée principalement pour les cultures en ligne ou, une partie seulement de la surface est occupée par les plantes. On doit donc, pour calculer les besoins en eau appliquer à ces chiffres un coefficient de réduction  $K_r$ , ou coefficient de couverture.

On peut estimer le coefficient de réduction  $K_r$  par l'une des formules suivantes :

- Formule de Keller et Karmeli (1974) :  $K_r = \frac{CS}{0,85}$  plafonné à 1
- Formule de Freeman et Garzoli :  $K_r = CS + 0,5 (1 - CS)$
- Formule de Decroix :  $K_r = 0,1 + CS$  plafonné à 1

$CS$  étant le taux de couverture du sol par la culture (à un stade déterminé de son cycle), représente la fraction de la surface du sol réellement couverte par le feuillage des plantes en projection vertical.

Pour notre cas, on considère un taux de couverture égal à 60 % (pour les arbres adultes), et on utilise la formule de Keller et Karmeli étant la plus efficace.

$$K_r = \frac{Cs}{0,85} = \frac{0,6}{0,85} = \mathbf{0,71}$$

$$B_{\text{net}} = B_{\text{pointe}} * K_r$$

$B_{\text{pointe}}$  : besoins des cultures en eau d'irrigation pour le mois de pointe.

$$B_{\text{net}} = 147,3 * 0,71 = \mathbf{104 \text{ mm/mois} = 3,5 \text{ mm/jour}}$$

**Réserve facilement utilisable**

$$RFU = \frac{2}{3} RU * Z$$

RU : réserve utile en eau d'un sol ;

Z : profondeur d'enracinement = 1,2 m.

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) * D_a * Z$$

$H_{cc}$  : humidité à la capacité au champ ;

$H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement ;

$D_a$  : densité apparente du sol ;

RU = **85 mm/mois** (annexe 2)

$$RFU = \frac{2}{3} 85 * 1,2 = \mathbf{68 \text{ mm/mois}}$$

**Dose nette**

$$D_{nette} = RFU * P$$

P : pourcentage du sol humidifié = 20 % (annexe 3).

$$D_{nette} = 68 * 0,2 = \mathbf{13,6 \text{ mm/mois}}$$

**Dose brute**

$$D_{brute} = \frac{D_{nette}}{C_u}$$

$C_u$  : coefficient d'uniformité = 90 %

$$D_{brute} = \frac{13,6}{0,9} = \mathbf{15,1 \text{ mm/mois}}$$

### Fréquence d'arrosage

$$Fr = \frac{D_{nette}}{B_{nette}} = \frac{13,6}{3,5} = 3,9 = \mathbf{4 \text{ jour/mois}}$$

### Durée d'arrosage

$$\theta = \frac{D_{brute} * E_g * E_r}{n * q * Fr} = \frac{15,1 * 1 * 4}{2 * 4 * 4} = 1,89 = \mathbf{2 \text{ h/jour}}$$

$E_g$  : écartement entre deux goutteurs d'un même arbre ;

$E_r$  : écartement entre rampes ;

$n$  : nombre de goutteurs par arbre ;

$q$  : débit du goutteur.

### Surface du poste

Pour une meilleure gestion du système d'irrigation et une bonne économie de l'eau, le périmètre est divisé en 12 parcelles, et chaque parcelle en 2 postes.

$$S_p = \frac{S_5}{2} = \frac{10}{2} = \mathbf{5 \text{ ha}}$$

$S_5$  : surface de la parcelle 5.

### Nombre de rampes

$$\text{Nombre de rampes} = \frac{\text{Largeur de la parcelle}}{E_r} = \frac{250}{4} = 62,5 = \mathbf{62 \text{ rampes}}$$

### Nombre d'arbres par rampe

$$\text{Nombre d'arbres} = \frac{\text{Longueur de la rampe}}{\text{Ecartement entre arbres}}$$

Longueur de la rampe = Largeur du poste = **200 m**

$$\text{Nombre d'arbres} = \frac{200}{4} = \mathbf{50 \text{ arbres}}$$

**Nombre de goutteurs par rampes**

Nombre de goutteurs = Nombre d'arbres \* Nombre de goutteurs par arbre = 50 \* 2

Nombre de goutteurs = **100 goutteurs**

**Débit de la rampe**

Débit de la rampe = Débit du goutteur \* Nombre de goutteurs = 4 \* 100 = 400 l/h = **0,4 m<sup>3</sup>/h**

**Débit du porte-rampes**

Débit du porte-rampes = Débit de la rampe \* Nombre de rampes = 0,4 \* 62 = 24800 l/h

Débit du porte-rampes = **24,8 m<sup>3</sup>/h**

**Débit de la conduite secondaire**

Débit de la conduite secondaire = Débit du porte-rampes \* Nombre de postes = 24,8 \* 2

Débit de la conduite secondaire = 49600 l/h = **49,6 m<sup>3</sup>/h**

**Conditions hydrauliques**

Variation maximale de la pression :

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H_n} \Rightarrow \Delta H = \frac{1}{x} \frac{\Delta q}{q} H_n$$

$\Delta q$  : variation maximale du débit entre goutteurs ;

$x$  : coefficient de régularisation (caractéristique du goutteur = 0,5) ;

$H_n$  : pression nominale = 10 mce.

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

$$\Delta H = \frac{1}{0,5} * 0,1 * 10 = 2 \text{ mce}$$

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

$$P_{dc_s} = 0,1 * \Delta H = 0,1 * 2 = \mathbf{0,2 \text{ mce}}$$

$$P_{dc_l} = \Delta H - P_{dc_s} = 2 - 0,2 = \mathbf{1,8 \text{ mce}}$$

Répartition des pertes de charge sur les rampes et les porte-rampes :

$$2/3 \text{ sur les rampes } P_{dc_r} = \mathbf{1,2 \text{ mce}}$$

$$1/3 \text{ sur les porte-rampes } P_{dc_{pr}} = \mathbf{0,6 \text{ mce}}$$

### Diamètre de la rampe

$$\mathcal{O}_r(\text{cal}) = \left[ \frac{P.d.c(r) \times 2,75}{0,478 \times Q(r)^{1,75} L(r)} \right]^{\frac{1}{4,75}} = \left[ \frac{1,2 * 2,75}{0,478 * 400^{1,75} * 200} \right]^{\frac{-1}{4,75}} = \mathbf{18,47 \text{ mm}}$$

$$\mathcal{O}_r(\text{norm}) = \mathbf{20 \text{ mm}}$$

### Perte de charge de la rampe

$$P_{dc} = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L = \frac{0,478}{2,75} 20^{-4,75} * 400^{1,75} 200 = \mathbf{0,82 \text{ m}}$$

### Diamètre du porte-rampes

$$\mathcal{O}_{pr}(\text{cal}) = \left[ \frac{P.d.c(pr) \times 2,75}{0,478 \times Q(pr)^{1,75} L(pr)} \right]^{\frac{1}{4,75}} = \left[ \frac{0,6 * 2,75}{0,478 * 24800^{1,75} * 250} \right]^{\frac{-1}{4,75}} = \mathbf{102,46 \text{ mm}}$$

$$\mathcal{O}_{pr}(\text{norm}) = \mathbf{110 \text{ mm}}$$

**Perte de charge du porte-rampes**

$$P_{dc} = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L = \frac{0,478}{2,75} 110^{-4,75} * 24800^{1,75} * 250 = \mathbf{0,43 \text{ m}}$$

**Diamètre de la conduite secondaire**

$$\varnothing_{cs}(\text{cal}) = \sqrt{\frac{4Q_{cs}}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 * 49,6}{\pi * 1,25 * 3600}} = \mathbf{118,46 \text{ mm}}$$

v : vitesse de l'eau dans la conduite d'approche, on suppose v = 1,25 m/s.

$$\varnothing_{cs}(\text{norm}) = \mathbf{125 \text{ mm}}$$

**Perte de charge dans la conduite secondaire**

$$P_{dc} = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L = \frac{0,478}{2,75} 125^{-4,75} * 49600^{1,75} * 425 = \mathbf{1,33 \text{ m}}$$

**VII. 7. Dimensionnement du bassin de stockage**

$$V_b = Q_{p-r} * N_{p-r} * \theta$$

$Q_{p-r}$ : débit du porte-rampes ;

$N_{p-r}$ : nombre de porte-rampes ;

$\theta$  : durée d'arrosage.

$$V_b = 24,8 * 2 * 2 = 99,2 \text{ m}^3 = \mathbf{100 \text{ m}^3} = \mathbf{10 * 10 * 1 \text{ m}^3}$$

**VII. 8. Choix de la pompe**

Le choix de la pompe est conditionné par deux paramètres essentiels :

- La hauteur manométrique totale HMT exprimée en m ;
- Le débit de la pompe Q.



$$HMT = h_{tot} + Hg$$

$H_{tot}$  : perte de charge totale en m ;

$Hg$  : hauteur de dénivellation en m.

$$h_{tot} = h_{sing} + h_{lin}$$

$$h_{sing} = 0,1 h_{lin}$$

$$h_{tot} = 1,1h_{lin}$$

$$hl = \frac{0.001052 * L * Q^2}{D^{4.772}}$$

L : longueur de la conduite du forage ;

D : diamètre de la conduite,  $D = \sqrt[4]{Q}$  ;

Q : débit dans la conduite.

**Tableau 4** : Résultats des calculs relatifs au choix de la pompe

D (m)	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$h_{lin}$ (m)	$h_{sing}$ (m)	$h_{tot}$ (m)	Hg (m)	HMT (m)
0,2	210	0,025	0,59	0,052	0,65	170,33	170,98

Les caractéristiques de notre pompe ont été déterminées à l'aide du logiciel Caprari (figure 2).

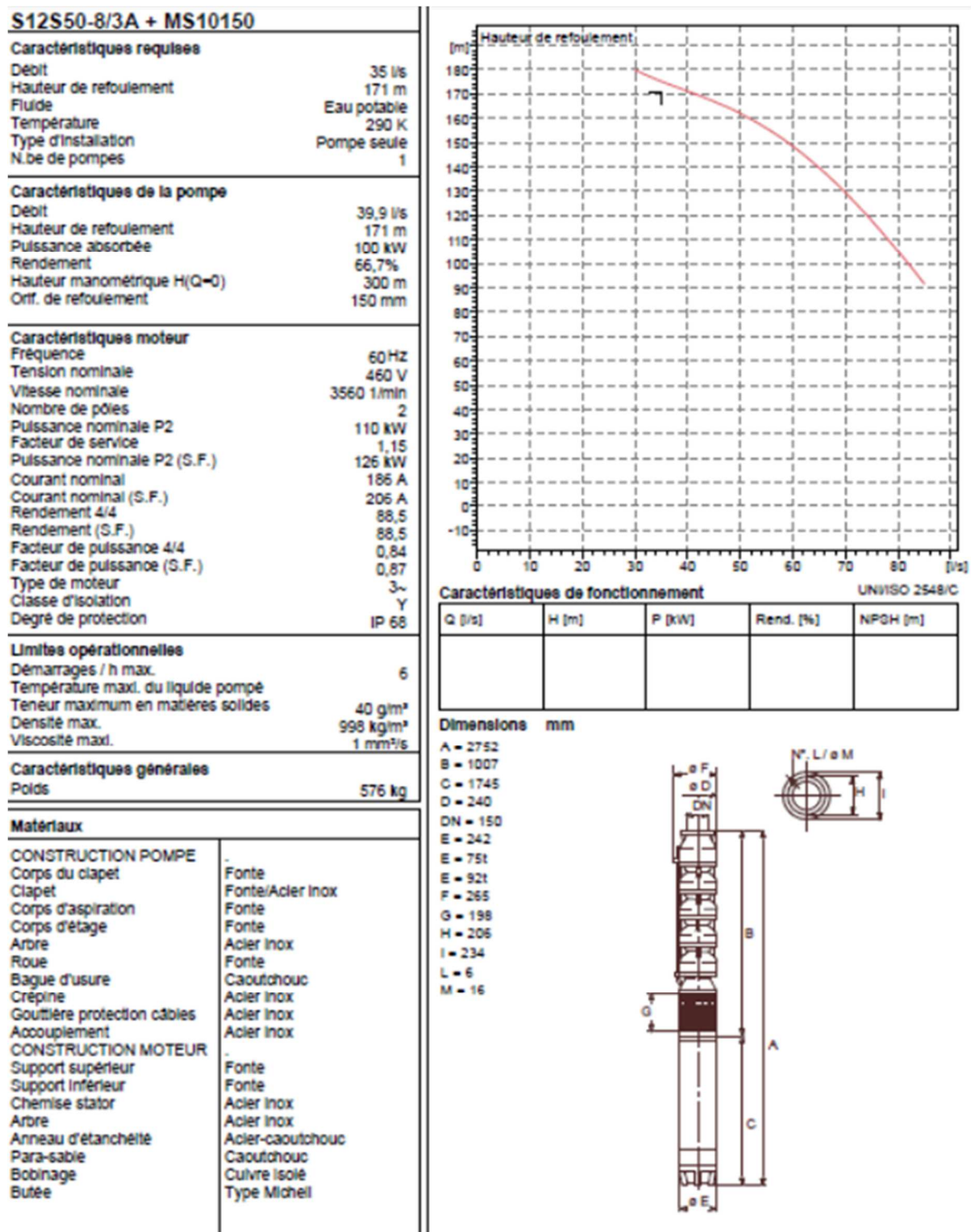


Figure 3 : caractéristiques de la pompe choisie

## Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons dimensionné les différents organes du réseau d'irrigation localisée projeté sur la parcelle S5 du périmètre de Guernini.

# **CHAPITRE VIII :**

## **Etude technico- économique**

## Introduction

L'étude économique d'un projet est indissociable de son étude technique, car ce sont ses résultats qui vont nous orienter vers la faisabilité économique du projet.

Dans le cadre de notre travail, l'étude qui va suivre a pour but de donner une estimation générale du coût d'un projet de réseau d'irrigation localisée d'un périmètre de 100 ha dans la région de Guernini.

### VIII. 1. Devis estimatif et quantitatif du réseau d'irrigation

L'essentiel des pièces du réseau d'irrigation est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau 1** : Facture pro forma de l'essentiel des pièces du réseau d'irrigation

Article	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Tube PEBD Ø20	ml	12 400	30,78	381 672
Tube PEHD Ø110	ml	516	665,64	343 470
Tube PEHD Ø125	ml	300	843,99	253 197
Tube PEHD Ø160	ml	380	1 382,45	525 331
Tube PEHD Ø200	ml	587	2 162,92	1 269 634
Tube PEHD Ø250	ml	832	3 357,81	2 793 698
Vanne Ø200	Unité	1	18 000,00	18 000
Vanne Ø125	Unité	1	13 000,00	13 000
Vanne Ø110	Unité	1	12 000,00	12 000
Goutteur réglable	Unité	6200	6,13	38 006
Filtre	Unité	1	17 186,50	17 187
Bassin de stockage	m <sup>3</sup>	100	4 000,00	400 000
Pompe	Unité	2	450 000,00	900 000
				<b>6 965 195</b>

Total 1 = 6 965 195 DA

## VIII. 2. Volumes de terrassement

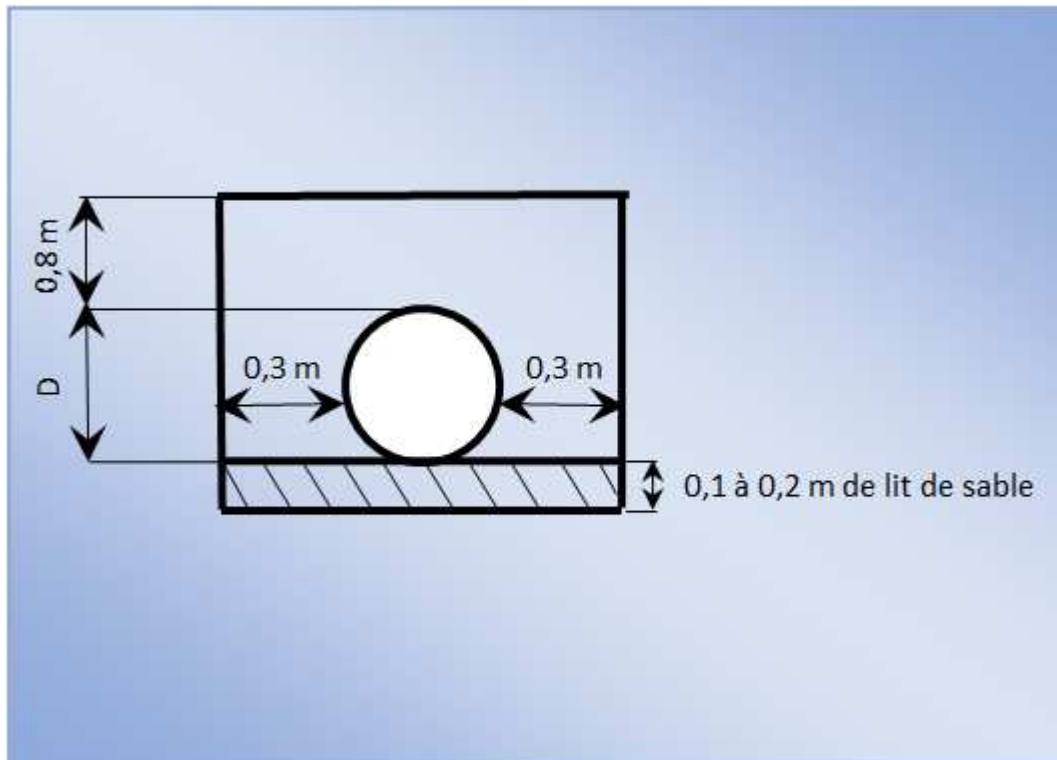


Figure 1 : Schéma d'une tranchée

### VIII. 2. 1. Largeur de la tranchée

La pose en terre des conduites s'effectue dans une tranchée dont la largeur de fond B est donnée par la formule suivante :

$$B = \varnothing + (0,50 \div 1,20)$$

$\varnothing$  : diamètre de la conduite.

$$B_1 = 0,25 + 0,60 = \mathbf{0,85 \text{ m}}$$
 sur une distance de 832 m ;

$$B_2 = 0,20 + 0,60 = \mathbf{0,80 \text{ m}}$$
 sur une distance de 244 m.

### VIII. 2. 2. Profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

$$H = e + \varnothing + h$$

e : hauteur du lit de pose (m) ;

$h$  : hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

$H_1 = 0,10 + 0,25 + 0,80 = \mathbf{1,15\ m}$  sur une distance de 832 m ;

$H_2 = 0,10 + 0,20 + 0,80 = \mathbf{1,10\ m}$  sur une distance de 244 m.

### VIII. 2. 3. Volume de déblai

$$V_d = B * H * L$$

$L$  : longueur de la conduite, et de la tranchée.

$$V_d = (0,85 * 1,15 * 832) + (0,80 * 1,10 * 244) = \mathbf{1028\ m^3}$$

### VIII. 2. 4. Volume du lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 10 cm sur le fond de la tranchée, donc c'est une surface constante tout le long de la tranchée, on calcule le volume du lit de sable en utilisant la formule suivante :

$$V_s = B * e * L = 0,10 (0,85 * 832 + 0,80 * 244) = \mathbf{90,24\ m^3}$$

### VIII. 2. 5. Volume de remblai

On obtient le volume de remblai en déduisant le volume du lit de sable ainsi que le volume occupé par la conduite du volume de déblai :

$$V_r = V_d - (V_s + V_c)$$

$V_c$  : volume occupé par la conduite.

$$V_c = \frac{\pi \varnothing^2}{4} L = \frac{\pi}{4} (0,25^2 * 832 + 0,20^2 * 244) = \mathbf{48,51\ m^3}$$

$$V_r = 1028 - (90,24 + 48,51) = \mathbf{889,25\ m^3}$$

### VIII. 3. Devis estimatif et quantitatif des travaux de terrassement

**Tableau 2** : Facture pro forma des travaux de terrassement

Désignation des travaux	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai en terrain	m <sup>3</sup>	1028,00	350,00	359 800
Pose du lit de sable	m <sup>3</sup>	90,24	800,00	72 192
Remblaiement de la tranchée	m <sup>3</sup>	889,25	250,00	222 313
				<b>654 305</b>

Total 2 = 654 305 DA

### VIII. 4. Coût total du projet

Le coût total du projet est estimé à :

Total = Total 1 + Total 2 = **7 619 500 DA**

### VIII. 5. Rentabilité du projet

La reproduction de l'olivier pour l'obtention d'olives de table et de son huile est assurée par la bouture d'un rameau vert, dégarni de ses feuilles et mis en terre.

L'olivier a quatre âges :

- L'olivier ne porte ses premières olives qu'à partir de l'âge de **5 ans** ;
- L'olivier atteint sa pleine rentabilité vers un âge situé entre **20 et 30 ans**, selon les espèces ;
- Par la suite, cette rentabilité se poursuit jusqu'à l'âge de **150 ans** environ, après quoi le rendement de l'olivier décroît lentement ;
- Arrivé à un âge avancé (plusieurs centaines d'années), l'olivier se meurt.

La production de l'olive est biennale, cela veut dire que la récolte est meilleure un an sur deux. Dans une oliveraie, il est évidemment possible d'avoir des oliviers à forte rentabilité les années paires, et d'autres pour les années impaires.

La quantité d'olives sur un olivier arrivé à maturité tourne autour de **15 à 30 kilos par an**, mais il peut arriver que cette production atteigne les **150 kilos**.

Il faut entre **5 et 7 kilos** d'olives pour produire **1 kilo (environ 1,1 litre)** d'huile d'olive vierge, c'est-à-dire extraite par des procédés mécaniques uniquement.



Un olivier permet donc de produire en moyenne **3 à 5 litres** d'huile d'olives par an.

Et dans une oliveraie moyenne, le rendement à l'hectare s'élève à environ **300 kilos d'huile par hectare**. Sachant que la superficie du poste 1 de la parcelle dont on a dimensionné le réseau d'irrigation (parcelle 5) est de **5 hectares**, et que le prix moyen du litre d'huile d'olives est de **600 DA**, la récolte de notre parcelle rapporterait :

$$5 \text{ ha} * 300 \text{ kg} * 1,1 \text{ l} * 600 \text{ DA} = \mathbf{990\ 000 \text{ DA/an}}$$

En tenant compte du fait que l'olivier ne commence à porter ses premières olives qu'à partir de l'âge de **5 ans** :

$$5 + \frac{7\ 619\ 500}{990\ 000} = \mathbf{12,7 \text{ ans}}$$

Nous pouvons espérer rentrer dans les frais du projet après environ 12 ans d'exploitation.

## Conclusion

D'après la projection du coût du réseau que nous avons obtenue, on remarque que l'estimation financière du réseau d'irrigation localisée est assez importante. Ce coût élevé est dû à l'utilisation d'une grande quantité de conduites de grands diamètres et d'accessoires assez coûteux, mais en tenant compte des potentialités qu'offre l'irrigation localisée, le projet devrait rentrer dans ses frais à moyen ou long terme.

## Conclusion générale

L'aménagement hydro-agricole du périmètre de Guernini dans la wilaya de Djelfa avec un réseau d'irrigation localisée alimenté à partir d'un forage était l'objet de notre étude.

L'eau est la contrainte principale au développement agricole, car le déficit hydrique marqué, pendant la saison à forte demande en eau, impose la mise en place de cultures ne nécessitant pas beaucoup d'eau. La région de Guernini est caractérisée par un climat semi-aride, avec une nécessité d'irrigation pendant la période sèche.

Le périmètre de Guernini présente des caractéristiques physiques, pédologiques et des conditions socio-économiques propices à l'irrigation.

Au cours des différentes parties de notre travail, nous avons abordé les étapes importantes de la réalisation d'un système d'adduction et d'irrigation. Ayant déterminé les besoins en eau des cultures, ce qui nous a permis de connaître les besoins totaux du périmètre, ensuite nous avons projeté un réseau d'adduction et un système de distribution vers les différentes parcelles à partir d'un réservoir d'accumulation d'eau. Nous avons pu concevoir une desserte gravitaire plus économique et nous avons dimensionné un réseau d'irrigation par goutte à goutte, vu les nombreux avantages que présente cette technique d'irrigation.

Enfin, on remarque que le coût du projet du réseau d'irrigation du périmètre de Guernini est assez élevé mais rentable à moyen terme.

## Références bibliographiques

- L. Vermeiren ; G. Jobling ; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : **L'irrigation localisée : calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement**
- Bulletin n°30 FAO : **Calcul des besoins en eau des cultures, 1983**
- Bulletin n°24 FAO : **Les besoins en eau des cultures, 1975**
- Jean Robert Tiercelin : **Traité de l'irrigation, technique et documentation, 1998**
- Aziez W. : **Cours d'irrigation et de drainage 5<sup>ème</sup> année, ENSH Blida**
- Veschambre D. et Vaysse P. : **Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro-irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA 1980**

# **ANNEXES**

**Annexe 1 : Série pluviométrique 1984-2014**

Année	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Total	Total cumulé
1981	73,0	12,0	1,0	34,0	15,0	42,0	20,0	73,0	48,0	17,0	5,0	7,0	347,0	347
1982	11,0	60,0	75,0	32,0	0,0	16,0	15,0	20,0	26,0	16,0	9,0	46,0	326,0	673
1983	0,7	2,0	18,0	11,0	30,0	5,0	38,0	6,0	9,0	19,0	1,0	4,0	143,7	817
1984	4,0	66,0	30,0	37,0	48,0	12,0	65,0	1,0	59,0	13,0	10,0	1,0	346,0	1163
1985	40,0	32,0	31,0	52,0	23,0	47,0	75,0	13,0	36,0	13,0	6,0	12,0	380,0	1543
1986	19,0	35,0	81,0	35,0	59,0	34,0	14,0	23,0	12,0	22,0	41,0	3,0	378,0	1921
1987	4,0	9,0	55,0	23,0	18,0	38,0	14,0	32,0	62,0	55,0	1,4	22,0	333,4	2254
1988	26,0	9,0	20,0	37,0	14,0	8,0	9,0	36,0	50,0	53,0	7,0	72,0	341,0	2595
1989	11,0	18,0	41,0	18,0	117,0	0,3	30,0	65,0	84,0	61,0	13,0	10,0	468,3	3063
1990	14,0	4,0	14,0	35,0	24,0	52,0	74,0	39,0	35,0	16,0	9,0	13,0	329,0	3392
1991	33,0	117,0	20,0	22,0	60,0	11,0	57,0	49,0	122,0	6,0	11,0	1,1	509,1	3902
1992	19,0	1,4	24,0	21,0	8,0	71,0	40,0	14,0	39,0	12,0	16,0	28,0	293,4	4195
1993	25,0	5,0	19,0	15,0	50,0	52,0	20,0	7,0	10,0	1,4	4,0	17,0	225,4	4420
1994	96,0	78,0	28,0	8,0	46,0	13,0	50,0	11,0	6,0	46,0	0,0	13,0	395,0	4815
1995	13,0	49,0	4,0	30,0	91,0	74,0	58,0	57,0	51,0	27,0	5,0	28,0	487,0	5302

1996	16,0	3,0	1,0	27,0	39,0	5,0	1,0	87,0	43,0	9,0	2,0	45,0	278,0	5580
1997	77,0	11,0	55,0	17,0	7,0	26,0	5,0	35,0	38,0	2,0	0,0	19,0	292,0	5872
1998	28,0	5,0	3,0	9,0	61,0	24,0	25,0	9,0	3,0	13,0	3,0	17,0	200,0	6072
1999	25,0	29,0	26,0	69,0	0,0	0,0	1,2	10,0	27,0	3,0	0,4	1,5	192,1	6264
2000	63,0	8,0	15,0	23,0	60,0	12,0	0,2	4,0	3,0	0,0	0,4	23,0	211,6	6476
2001	78,0	28,0	12,0	17,0	11,0	5,0	2,0	38,0	5,0	6,0	13,0	36,0	251,0	6727
2002	8,0	15,0	38,0	36,0	53,0	45,0	13,0	18,0	15,0	3,0	5,0	0,3	249,3	6976
2003	6,0	41,0	41,0	54,0	6,0	0,5	29,0	33,0	97,0	4,0	7,0	51,0	369,5	7346
2004	38,0	28,0	39,0	42,0	2,0	21,0	13,0	7,0	1,4	35,0	12,0	0,0	238,4	7584
2005	64,0	49,0	19,0	26,0	50,0	43,0	3,0	47,0	37,0	1,1	19,0	10,0	368,1	7952
2006	17,0	0,7	19,0	41,0	5,0	27,0	73,0	29,0	31,0	16,0	13,0	18,0	289,7	8242
2007	32,0	38,0	12,0	4,0	6,0	3,0	15,0	0,4	39,0	33,0	24,0	78,0	284,4	8526
2008	45,0	74,0	10,0	24,0	72,0	44,0	48,0	55,0	12,0	11,0	15,0	1,0	411,0	8937
2009	69,0	5,0	27,0	30,0	16,0	62,0	19,0	35,0	45,0	29,0	5,0	19,0	361,0	9298
2010	10,0	52,5	11,4	9,1	12,3	37,2	32,8	56,3	32,1	26,9	30,2	19,9	330,7	9629
2011	10,1	29,7	21,9	19,2	0,8	9,0	37,0	48,8	8,2	30,8	1,7	24,6	241,8	9871

## Annexe 2 : Caractéristiques hydriques des 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 3 : Guide d'estimation du pourcentage du sol humidifié (P)**

**GUIDE D'ESTIMATION DE P**

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface )

Ecartement entre rampes S <sub>1</sub> en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m														
	en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0	
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40





Annexe 5 : Coefficient cultural  $K_c$  de différentes cultures

2. COEFFICIENTS CULTURAUX ( $K_c$ )

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière 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
Banancier subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Mais grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Oignon vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité ( $HR_{min} > 70\%$ ) et vent faible ( $U < 5$  m/sec).  
 Second chiffre : avec faible humidité ( $HR_{min} < 20\%$ ) et vent fort ( $> 5$  m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

**Annexe 6 : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures**

Cultures	z (m)
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraichères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

**Annexe 7 : Tarifs des tubes PEHD du groupe CHIALI parus le 15 mars 2016**

Code	Désignation Article	UM	Prix MI HT	Prix MI TTC
110030201	TUBE PEHD Ø 20 PN 10 EP. 2.0 mm	ML	34,32	40,15
110030251	TUBE PEHD Ø 25 PN 10 EP. 2.0 mm	ML	43,78	51,23
110070321	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 32 PN10 EP. 2.0 mm	ML	55,10	64,47
110070401	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 40 PN 10 EP. 2.4 mm	ML	83,50	97,69
110070501	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 50 PN10 EP. 3.0 mm	ML	128,66	150,53
110070631	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 63 PN10 EP. 3.8 mm	ML	203,83	238,48
110070751	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 75 PN 10 EP. 4.5 mm	ML	289,41	338,61
110070901	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 90 PN10 EP. 5.4 mm	ML	381,88	446,80
110071101	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 110 PN10 EP. 6.6 mm	ML	568,93	665,64
110071251	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 125 PN10 EP. 7.4 mm	ML	721,36	843,99
110071601	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 160 PN10 EP. 9.5 mm	ML	1 181,58	1 382,45
110072001	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 200 PN10 EP. 11.9 mm	ML	1 848,65	2 162,92
110072501	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 250 PN10 EP. 14.8 mm	ML	2 869,93	3 357,81
110073151	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 315 PN10 EP. 18.7 mm	ML	4 322,93	5 057,83
110074001	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 400 PN10 EP. 23.7 mm	ML	6 936,23	8 115,39
110075001	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 500 PN10 EP. 29.7 mm	ML	10 783,03	12 616,15
110076301	TUBE PEHD EAU PE100 Ø 630 PN10 EP. 37.4 mm	ML	17 077,20	19 980,32