

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR  
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرابوي"

ⵎⵓⵔ ⵙⵉⵎⵓⵔ ⵙⵉⵎⵓⵔ ⵙⵉⵎⵓⵔ ⵙⵉⵎⵓⵔ

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : IRRIGATION ET DRAINAGE**

### **THEME :**

ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU  
PERIMETRE DE DJORF IRRIGUE A PARTIR  
DU FORAGE DE Labiod sisi cheikh (W D' EL-BAYADH)

**PRESENTE PAR :**

**Mr. ALAMI Ibrahim**

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mr. RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
Mme. AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examinateur
Mr. KERID Rachid	M.A.A	Examinateur
Mme. DJOUDAR HALLAL Dahbia	M.C.A	Promotrice

**Session décembre 2021**

# Dédicace :

*Du fond du cœur, je dédie cette thèse en signe d'amour, de respect et de reconnaissance :*

***A mes chers parents :***

*Pour leur soutien, patience et leurs sacrifices durant mes études et durant ce projet. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferais toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir que dieu le tout puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur et vous protège de tout mal.*

***A mon cher frère et sœur***

*Abdelhak et Bouchra*

***A mes neveux***

*Amir et Mohammed*

***A mes amis de toujours :***

*La liste est longue et je ne peux pas citer tous mais au fond de mon cœur je voudrai dire merci d'être dans ma vie pour le soutien je vous aime tous également !*

*Brahim ALAMI*

# ***Remerciements:***

*Au terme de cette étude, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier en premier lieu dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, les moyens et les personnes qui m'ont aidé à l'élaboration de ce modeste travail.*

*Je tiens à présenter ma reconnaissance et mes remerciements à ma promotrice madame DJOUDAR Dahbia , pour le temps consacré à la lecture, les conseils et l'orientation qui ont rythmé les différentes étapes de mon mémoire. Je la remercie aussi pour sa sympathie et sa disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions.*

*Je tiens à remercier mon co-promoteur M. DJELLOULI fayçal son temps consacré à collecter les données.*

*Je tiens à remercier du fond du cœur aussi :*

*L'ensemble du personnel et enseignants de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), qui ont veillé à ma formation.*

*Je remercie toutes les personnes du département de l'Irrigation et Drainage, qui m'ont aidé durant cette année d'étude.*

*J'adresse également mes sincères remerciements et mon profond respect aux membres de jury, qui m'on fera l'honneur d'apprécier mon travail.*

*Ibrahim ALAMI*

## ملخص :

الهدف من هذه الرسالة هو تطوير محيط مروى ودراسة شبكات الري ببلدية لبيود سيدي الشيخ بولاية البيض وتبلغ مساحتها 85 هكتاراً. اعتمدت هذه الدراسة على تحليل الخصائص المناخية والتربة والموارد المائية.

## Résumé :

L'objectif de ce mémoire est l'aménagement d'un périmètre irrigué et l'étude des réseaux d'irrigation dans la commune de Labiod Sidi Cheikh, située dans la Wilaya de El-bayadh qui s'étend sur une superficie de 85 ha. Cette étude a été basée sur une analyse des caractéristiques climatiques, pédologiques, et des ressources en eau.

## Abstract:

The objective of this thesis is the development of an irrigated perimeter and the study of irrigation networks in the commune of Labiod Sidi Sheikh, located in the Wilaya of El-Bayadh, which covers an area of 85 ha. This study was based on an analysis of the climatic, pedological and water resources characteristics.

# SOMMAIRE

<i>Présentation de la zone d'étude</i> .....	2
<i>Chapitre I: Présentation de la zone d'étude</i> .....	3
<b>I.1 Contexte géographique :</b> .....	3
<b>I.2 Présentation de la commune de Labiod Sidi Cheikh :</b> .....	4
I.2.1 la situation géographique de périmètre El djorf de la commune El bayadh :.....	4
<b>I.3 Étude climatique :</b> .....	5
I.3.1 Choix des stations météorologiques :.....	5
<b>I.4 Pluviométrie :</b> .....	6
<b>I.5 Température :</b> .....	8
<b>I.6 Humidité relative :</b> .....	9
<b>I.7 Insolation :</b> .....	9
<b>I.8 Les vents.</b> .....	10
<b>I.9 Déficit pluviométrique.</b> .....	10
<b>I.10 Indice de Demartonne (indice d'aridité) :</b> .....	11
I.10.1 Indice d'Emberger : .....	11
<b>I.11 Conclusion :</b> .....	13
<i>Étude Pédologique et Ressource en eau</i> .....	14
<i>Chapitre II: Étude Pédologique et Ressource en eau</i> .....	15
<b>II.1 Texture et structure du sol :</b> .....	15
<b>II.2 Positionnement des sites des profils :</b> .....	16
<b>II.3 Granulométrie :</b> .....	16
<b>II.4 La matière organique :</b> .....	17
<b>II.5 Bases échangeables et salinité :</b> .....	18
<b>II.6 Le pH :</b> .....	20
<b>II.7 Calcaire total et actif :</b> .....	21
<b>II.8 Caractéristiques hydriques des sols :</b> .....	22
<b>II.9 Le SAR (Sodium Absorption Ration) :</b> .....	22
<b>II.10 Conclusion :</b> .....	24
<i>Étude hydrologique</i> .....	25
<i>Chapitre III: Étude hydrologique</i> .....	26

<b>III.1</b>	<b>But de l'étude :</b> .....	<b>26</b>
<b>III.2</b>	<b>Étude de l'échantillon et choix du type de loi :</b> .....	<b>31</b>
III.2.1	Ajustement à la loi Normale : .....	31
III.2.2	Ajustement à la loi Log-Normale : .....	32
III.2.3	Test de validité d'un ajustement : .....	34
III.2.4	Détermination de l'année de calcul : .....	34
<b>BESOIN EN EAU DES CULTURE</b> .....		<b>36</b>
<b>Chapitre IV: BESOIN EN EAU DES CULTURES</b> .....		<b>37</b>
<b>IV.1</b>	<b>Besoin en eau du périmètre :</b> .....	<b>37</b>
<b>IV.2</b>	<b>L'évapotranspiration :</b> .....	<b>37</b>
<b>IV.3</b>	<b>L'évapotranspiration de référence (ET<sub>o</sub>) :</b> .....	<b>38</b>
<b>IV.4</b>	<b>Méthodologie :</b> .....	<b>40</b>
IV.4.1	Coefficients culturaux (K <sub>c</sub> ) : .....	40
<b>IV.5</b>	<b>Calcul de la pluie efficace :</b> .....	<b>40</b>
<b>IV.6</b>	<b>Ressource hydriques :</b> .....	<b>41</b>
<b>IV.7</b>	<b>Occupation des sols :</b> .....	<b>41</b>
<b>IV.8</b>	<b>Cultures proposées :</b> .....	<b>42</b>
IV.8.1	Technique d'irrigation : .....	43
<b>IV.9</b>	<b>Détermination des besoins en eau d'irrigation :</b> .....	<b>43</b>
IV.9.1	Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures : .....	44
IV.9.2	Besoins en eau des palmiers : .....	44
IV.9.3	Besoins en eau d'irrigation du palmier dattier : .....	45
IV.9.4	Besoins en eau des cultures maraîchères : .....	46
IV.9.5	Besoins en eau des cultures Céréales : .....	47
IV.9.6	Débits nécessaires : .....	48
IV.9.7	Calcul des débit caractéristiques : .....	48
<b>IV.10</b>	<b>Efficienc e de l'irrigation :</b> .....	<b>49</b>
IV.10.1	Efficienc e de transport E <sub>t</sub> : .....	50
IV.10.2	Efficienc e de distribution E <sub>d</sub> : .....	50
IV.10.3	Estimation du nombre d'exploitations irrigables : .....	50
<b>IV.11</b>	<b>Conclusion :</b> .....	<b>51</b>
<b>Conception du système d'adduction-distribution</b> .....		<b>52</b>
<b>Chapitre V: Conception du système d'adduction-distribution</b> .....		<b>53</b>
<b>V.1</b>	<b>Alimentation en eau du périmètre :</b> .....	<b>53</b>
<b>V.2</b>	<b>Ilots et bornes d'irrigation :</b> .....	<b>53</b>
<b>V.3</b>	<b>Rôle et fonction de la borne d'irrigation :</b> .....	<b>54</b>
V.3.1	Choix du diamètre et du type des bornes : .....	54

<b>V.4</b>	<b>Description de l'aménagement du périmètre :</b> .....	<b>55</b>
<b>V.5</b>	<b>Étude de système de pompage :</b> .....	<b>55</b>
IV.5.1.	Les pompes : .....	55
<b>V.6</b>	<b>Calculs hydrauliques du système d'adduction :</b> .....	<b>56</b>
V.6.1	Détermination de la hauteur d'élévation calculée : .....	56
<b>V.7</b>	<b>Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :</b> .....	<b>58</b>
V.7.2	Méthode 02 : .....	58
V.7.3	Dimensionnement de réservoir R1 et R2 : .....	58
<b>V.8</b>	<b>Dimensionnement du réseau de distribution :</b> .....	<b>60</b>
V.8.1	DIMENSION DES CONDUITES DE DISTRIBUTION : .....	61
V.8.2	Vitesses admissibles : .....	61
V.8.3	Choix du matériau des conduites : .....	61
V.8.4	Calcul des diamètres : .....	62
V.8.5	Estimation des pertes de charge : .....	62
	<b>TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES</b> .....	<b>70</b>
	<b>Chapitre VI: TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES</b> .....	<b>71</b>
<b>VI.1</b>	<b>Différentes techniques d'arrosages :</b> .....	<b>71</b>
<b>VI.2</b>	<b>Mode d'arrosage :</b> .....	<b>71</b>
VI.2.1	V.1.1.1 L'irrigation gravitaire : .....	71
VI.2.2	Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire : .....	72
VI.2.3	L'irrigation par aspersion : .....	73
VI.2.4	Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion : .....	73
VI.2.5	Différentes installations à la parcelle : .....	74
VI.2.6	Couverture totale et couverture intégrale : .....	74
VI.2.7	Irrigation localisée : .....	75
VI.2.8	Avantages et les inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte : .....	76
<b>VI.3</b>	<b>Contraintes intervenant dans le choix de la technique d'irrigation :</b> .....	<b>77</b>
VI.3.1	Choix de la technique d'arrosage : .....	80
	<b>Chapitre VII: DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE</b> .....	<b>81</b>
<b>VII.1</b>	<b>Équipement a la parcelle :</b> .....	<b>81</b>
VII.1.1	Cultures maraichères irriguées par aspersion : .....	81
VII.1.2	Définition de l'installation : .....	83
<b>VII.2</b>	<b>Palmiers dattiers irrigues au goutte à goutte :</b> .....	<b>83</b>
VII.2.1	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée : .....	83
<b>VII.3</b>	<b>Palmiers dattiers irrigues au goutte a goutte.</b> .....	<b>84</b>
VII.3.1	Durée d'arrosage journalière T .....	84
VII.3.2	Dose et fréquence d'arrosage. ....	84
VII.3.3	Fréquence d'arrosage. ....	84
<b>VII.4</b>	<b>Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):</b> .....	<b>85</b>
<b>VII.5</b>	<b>Calcul de la dose (brute) :</b> .....	<b>86</b>

<b>VII.6</b>	<b>Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :</b> .....	<b>86</b>
<b>VII.7</b>	<b>Nombre de poste :</b> .....	<b>86</b>
<b>VII.8</b>	<b>Surface du poste :</b> .....	<b>86</b>
VII.8.1	Nombre de distributeurs par palmier. ....	87
<b>VII.9</b>	<b>Calculs hydrauliques :</b> .....	<b>87</b>
VII.9.1	Dimensionnement des canalisations du réseau : .....	87
VII.9.2	Calcul du diamètre de la conduite tertiaire : .....	88
<b>VII.10</b>	<b>Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution :</b> .....	<b>89</b>



## **Liste des tableaux**

Tableau II-1:Répartition mensuelle des pluies. ....	6
Tableau II-2:Répartition saisonnière des pluies .....	7
Tableau II-3:Estimation des pluies efficaces.....	7
Tableau II-4:Répartition mensuelle des températures .....	8
Tableau II-5:Répartition mensuelle des humidités relatives (en %).....	9
Tableau II-6:Répartition mensuelle de la durée d’insolation (en h par jour) .....	9
Tableau II-7:Répartition mensuelle de la durée d’insolation (en h par jour) <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Tableau II-8:Répartition mensuelle de la vitesse du vent (en m/s) .....	10
Tableau III-1:Résultats de l’analyse granulométrique des échantillons du sol prélevés .....	16
Tableau III-2:Texture du sol à partir de trois triangles de texture .....	17
Tableau III-3:Matière organique des sols.....	17
Tableau III-4:Éléments d’interprétation du taux de la matière organique .....	18
Tableau III-5:Résultats de l’analyse chimique de la solution du sol .....	18
Tableau III-6:Quelques éléments d’interprétation de la CEC des sols .....	19
Tableau III-7:Classification des sols en fonction de la CE .....	19
Tableau III-8:Statut acidobasique des sols en fonction du pH .....	20
Tableau III-9:Valeur du pH de la solution du sol.....	20
Tableau III-10:Tableau d’interprétation du taux de calcaire.....	21
Tableau III-11:Taux de CaCO <sub>3</sub> total et actif de la solution du sol.....	21
Tableau III-12:Résultats des caractéristiques hydriques des sols.....	22
Tableau IV-1:Caractéristiques de la station météorologique .....	26
Tableau IV-2:Précipitation mensuelle de la station de Labiod Sidi Cheikh sur 30 ans.....	28
Tableau IV-3:Test d’homogénéité de Wilcoxon pour la station de Labiod Sidi Cheikh.....	29
Tableau IV-4:Résultat de Calcul .....	30
Tableau IV-5:Ajustement selon la loi Normale.....	31
Tableau IV-6:statistique de base.....	32
Tableau IV-7:Ajustement selon la loi Log-Normale .....	33
Tableau IV-8:statistique de base.....	33
Tableau IV-9:Test de validité des ajustements.....	34
Tableau IV-10:Résultat des calcul.....	35
Tableau IV-11:Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm .....	35
Tableau IV-1:Évapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman et Montheit : .....	39
Tableau IV-2:Pluviométrie efficace pour chaque mois en mm .....	41
Tableau IV-3:Récapitulatif des scénarii.....	43
Tableau IV-4:valeurs des coefficients cultureux du palmier dattier.....	45
Tableau IV-5:les besoins en eau du palmier dattier.....	45
Tableau IV-6:les besoins bruts d’irrigation.....	46
Tableau IV-7:Durée des stades et valeur des coefficients cultureux des cultures maraîchères	46
Tableau IV-8:Coefficients cultureux des cultures maraîchères.....	46

Tableau IV-9:Coefficients cultureux des cultures maraichères.....	47
Tableau IV-10:Coefficients cultureux des cultures Céréales .....	47
Tableau IV-11:Coefficients cultureux des cultures Céréales. ....	48
Tableau IV-12:Les débits caractéristiques .....	49
Tableau V-1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots. ....	54
Tableau V-2:tableau récapitulatif de dimensionnement .....	60
Tableau V-3:Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	63
Tableau V-4: catalogue des diamètres normalisés.....	63
Tableau V-5:Calcul des diamètres optimaux .....	64
Tableau V-6: Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	65
Tableau V-7:Calcul des pressions de notre réseau.....	66
Tableau VI-1:Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	80
Tableau VII-1:Fréquence des arrosages en fonction du sol et du climat .....	85
Tableau VII-2:Récapitulatif des calculs hydrauliques .....	89

## **Liste des figures**

Figure II-1:La situation géographique de Wilaya de El-bayadh .....	3
Figure II-2:la situation géographique de la commune .....	4
Figure II-3:La région d'étude.....	5
Figure II-4:Répartition mensuelle des pluies totales .....	6
Figure II-5:: Histogramme des températures mensuelles.....	8
Figure II-6:Diagramme pluviométrique d'EMBERGER.....	12
Figure III-1:diagramme de texture des sols.....	15
Figure III-2:Diagramme de Riverside.....	23
Figure IV-1:Graphique de l'ajustement de la loi Normale .....	32
Figure IV-2:Graphique de l'ajustement de la loi Log-Normal.....	34
Figure IV-1:Histogramme l'évapotranspiration de référence .....	39
Figure V-1:Niveaux des réservoir projeté R1 .....	59
Figure V-2:le débit présent dans le réservoir R1 .....	59
Figure V-3:Niveaux des réservoir projeté R2 .....	60
Figure V-4:le débit présent dans le réservoir R2.....	60
Figure V-5:Résultat des pression et les vitesse (pompe en marche).....	68
Figure V-6:Résultat des débit (pompe en marche) .....	66
Figure V-7:Résultat des débit (pompe arrêt ).....	67
Figure VI-1:Irrigation par aspersion .....	75
Figure VI-2:Irrigation goutte a goutte.....	76
Figure VI-3: Systèmes d'irrigation.(AQUAG à Marrakech). .....	77
Figure VII-1:irrigation localisé.....	83

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **INTRODUCTION GENERALE**

En Algérie, le secteur agricole et alimentaire occupe une place stratégique en matière d'alimentation de la population et d'amélioration de la sécurité alimentaire. Il occupe ainsi la troisième place dans l'économie du pays derrière le secteur des hydrocarbures et celui des services, et constitue l'une des priorités du programme de développement économique et social.

L'accroissement rapide de la démographie ainsi que l'amélioration du niveau de vie des populations engendre un développement économique et social et nécessitent proportionnellement un accroissement des besoins en eau. Toutefois, la sécheresse des années successives accompagnant la rareté et l'irrégularité des apports annuels aussi bien en eaux superficielles qu'en eaux souterraines retardent le développement et posent un sérieux problème de gestion de ces ressources. Cela se traduit clairement en Algérie où le développement économique est basé essentiellement sur l'agriculture nécessitant une mobilisation importante des ressources en eau, qui coïncide en revanche avec l'effet de sécheresse persistante depuis le début des années 1980.

Les précipitations étant pratiquement inexistantes, les ressources hydriques du Sud-ouest Algérien, notamment sont représentées essentiellement par la nappe continentale intercalaire d'âge albien qui alimente en eau notre Périmètre.

Le but de notre travail est de maîtriser l'utilisation de l'ensemble des informations nécessaires pour on réalise une étude d'aménagement hydro agricole de la région et faire un dimensionnement des différentes infrastructure composante le réseau d'irrigation du périmètre djorf ( 85 ha) commune Labiod Sidi Cheikh. Wilaya d'El bayadh.

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



## Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

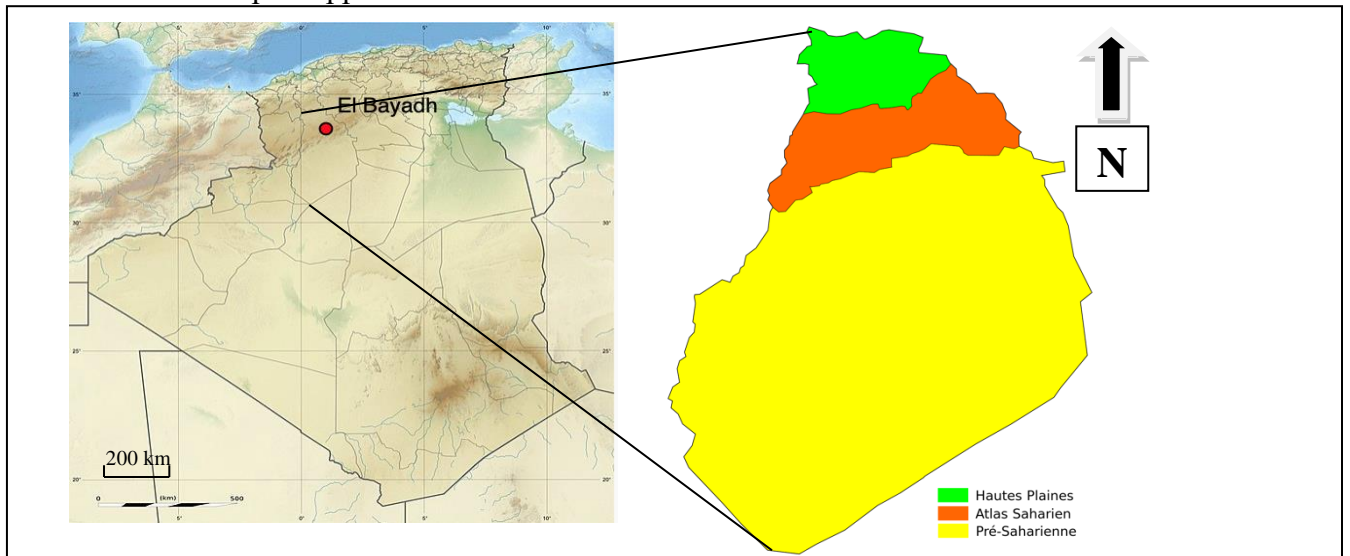
### Introduction

Pour une meilleure analyse de la zone d'étude nous devons collecter toutes données relatives à notre domaine d'étude que ça soit dans le contexte géographique, démographique, topographique, géologique, hydrologique, climatologique ou hydraulique qui nous conduiront à une meilleure compréhension et de meilleurs résultats.

### I.1 Contexte géographique :

**El Bayadh** (anciennement **Géryville** pendant la colonisation française) est une commune de la wilaya d'El Bayadh, dont elle est le chef-lieu, située au sud-est d'Oran et au sud-ouest d'Alger. Située dans Djbel amour c'est une ville haute en altitude,

- Latitude: 33°40'59"Nord
- Longitude: 1°01'09"Est
- L'altitude par rapport au niveau de la mer : 1310 m.



**Figure I-1: La situation géographique de Wilaya d'El-Bayadh**

## I.2 Présentation de la commune de Labiod Sidi Cheikh :

Le territoire de la commune de Labiod Sidi Cheikh se situe au sud de la wilaya d'El Bayadh, à 130 km au Sud-Ouest d'El Bayadh

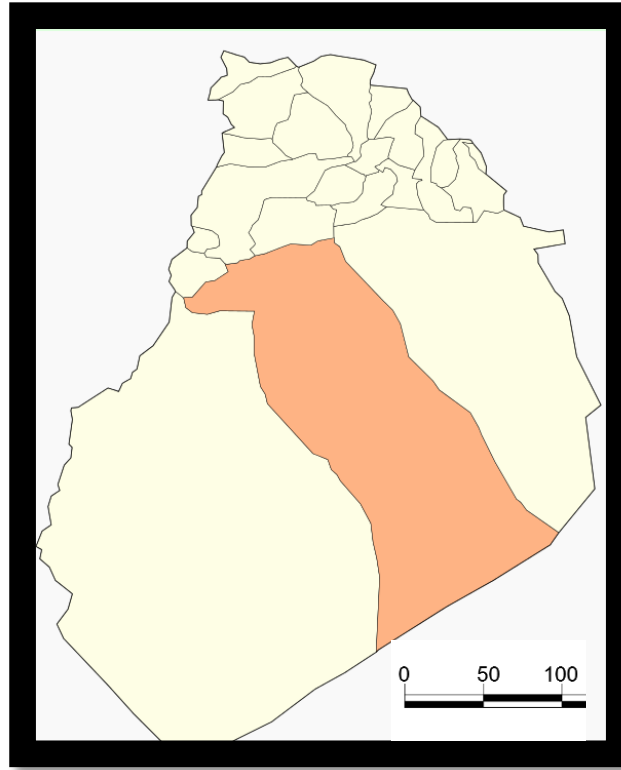


Figure I-2: la situation géographique de la commune

### I.2.1 la situation géographique de périmètre El Djorf de la commune El bayadh :

La région d'étude est située dans un espace steppique présaharienne, occupant la partie sud de la zone steppique proprement dite, à une dizaine de kilomètres à l'ouest-sud-ouest de l'agglomération de Labiod Sidi Cheikh

Le périmètre est une dépression de dépôts alluvionnaires de forme rectangulaire et est limité par les coordonnées géographiques suivantes :

- Latitude :  $32^{\circ} 51' 30,1''$  et  $32^{\circ} 51' 05,7''$  Nord
- Longitude :  $0^{\circ} 25' 28,7''$  et  $0^{\circ} 27' 23,5''$  Est

L'altitude moyenne du futur périmètre est de 880 m

La superficie totale de la zone relevée est de 172 hectares.



**Figure I-3:La région d'étude**

### **I.3 Étude climatique :**

Le climat est un facteur essentiel et influe sur le développement des végétaux. Ces derniers subissent l'influence du froid, de la chaleur et du vent. La rareté ou l'abondance des pluies est le phénomène climatique le plus dominant sur la production.

#### **I.3.1 Choix des stations météorologiques :**

La zone d'étude étant à moins de 10 km à vol d'oiseau de la station météorologique de Labiod Sidi Cheikh, les données climatiques seront prises des observations de cette station.

Les coordonnées de celle-ci sont :

Latitude : 32° 52' N

Longitude : 00° 32' E

Altitude : 903 mètres

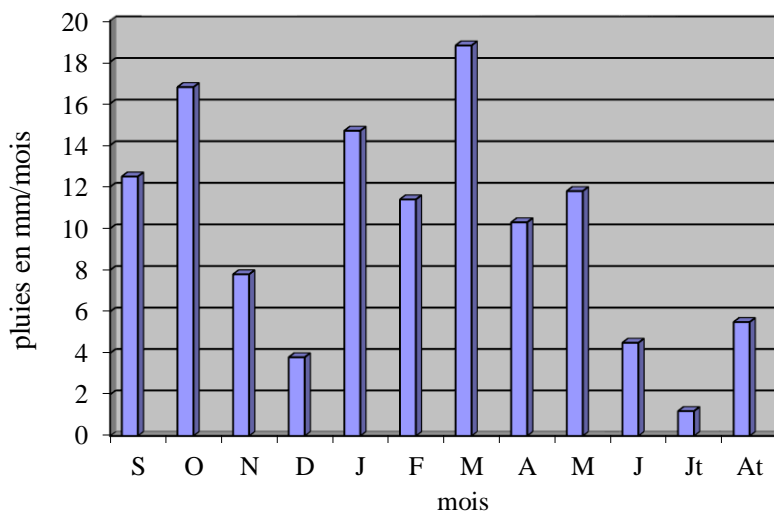
#### I.4 Pluviométrie :

Les observations pluviométriques sont enregistrées sur une période de 12 années (1990 – 2001). Le tableau suivant donne la répartition mensuelle des pluies.

**Tableau I-1: Répartition mensuelle des pluies.**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Total
Pluies mm	12,46	16,77	7,76	3,76	14,65	11,38	18,81	10,26	11,84	4,51	1,24	5,45	118,89

D'après ces résultats, on peut conclure que la répartition mensuelle des pluies est irrégulière dans le temps et dans l'espace. En moyenne la station de Labiodh Sidi Cheikh reçoit annuellement 119 mm, le mois le plus pluvieux est Mars avec 18,81 mm



**Figure I-4: Répartition mensuelle des pluies totales**

Le minimum des pluies mensuelles est enregistré en Juillet avec 1,24 mm. L'analyse saisonnière des pluies (Tableau 06) montre que l'été est la saison la moins pluvieuse avec un taux de 9,42 % du total annuel ; alors que la saison printanière reçoit le plus de pluies (32,84 % du total annuel).

**Tableau I-2: Répartition saisonnière des pluies**

Station	Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Année
Pluies totales	Pluies en mm/saison	36,99	29,79	40,91	11,20	118,89
	Pour cent	31,11	25,00	34,40	9,42	100

Pour les besoins des calculs de la programmation des arrosages, les pluies efficaces, inférieures aux pluies totales enregistrées dans les stations météorologiques, doivent être estimées. Les pluies efficaces sont les pluies effectivement retenues dans la zone racinaire, les pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde sont estimées par la méthode des précipitations efficaces. Les précipitations de projet sont les précipitations correspondantes à une certaine période de retour basée sur les données chronologiques. Pour ce projet, on prendra 50% de probabilité de dépassement c'est à dire qu'on se basera sur une année normale où les pluies totales approcheront généralement la valeur moyenne calculée.

La méthode choisie dans ce projet sera celle de la formule empirique pour année sèche qui a été développée par la FAO, à partir des données des zones arides et semi-arides.

Cette méthode consiste à utiliser les expressions suivantes :

$$P_{eff} = 0.6 P_{moy} - 10 \quad \text{pour} \quad P_{moy} < 70 \text{ mm/mois.}$$

**Tableau I-3: Estimation des pluies efficaces.**

Mois	Sep	Oct	No	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Année
Pluies efficaces en mm/mois	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0	0	0	0	1,3

Dans la zone d'étude, les pluies enregistrées ne sont pas efficaces pour l'agriculture. Ainsi, les besoins en eau d'irrigation seront égaux à l'évapotranspiration de référence de la culture considérée.

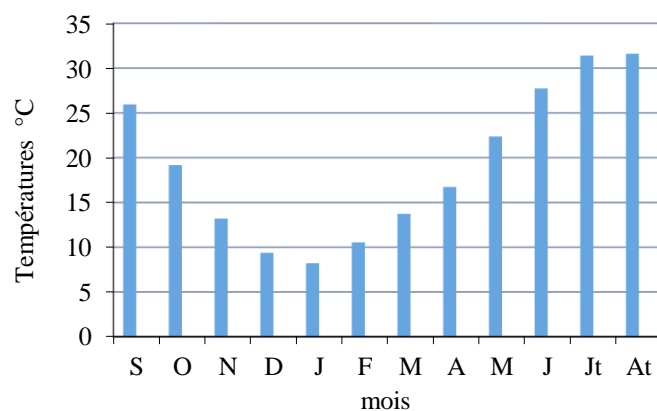
### I.5 Température :

La répartition des valeurs des températures enregistrées au niveau de la station de Labiodh Sidi Cheikh est donnée au tableau suivant :

**Tableau I-4: Répartition mensuelle des températures**

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moy
T °C.	25,94	19,18	13,2	9,38	8,2	10,53	13,43	16,74	22,37	27,73	31,40	31,60	19,14

Bien que situé plus au sud mais à une altitude moins importante, Labiodh Sidi Cheïkh présente des températures mensuelles, pour n'importe quel mois, nettement élevées.



**Figure I-5: Histogramme des températures mensuelles**

Les écarts de température entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud sont légèrement élevés de l'ordre de 23,2 °C.

## I.6 Humidité relative :

Le tableau suivant donne les valeurs moyennes mensuelles des humidités relatives au niveau des deux stations sélectionnées :

**Tableau I-5: Répartition mensuelle des humidités relatives (en %)**

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moy annuelle
HR %	31,4	40,72	44,81	50,40	51,36	40,45	40,20	33,18	27,00	23,45	24,00	22,10	34,09

Seulement deux mois sur douze (janvier et décembre) ont une humidité relative moyenne supérieure à 50%. Donc on peut conclure qu'en basse altitude, l'atmosphère est plutôt sèche et chaude par rapport aux zones montagneuses.

## I.7 Insolation :

La durée d'insolation est donnée en heures par jour et indique la durée d'ensoleillement c'est à dire la période de la journée où les rayons solaires directs atteignent la surface de la terre.

Ce facteur est important dans le phénomène de l'évapotranspiration car il en détermine la partie radiative. Le tableau suivant donne les valeurs enregistrées à la station d'El Bayadh pendant une période d'observation de 12 années de 1990 à 2001.

**Tableau I-6: Répartition mensuelle de la durée d'insolation (en h par jour)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moy annuelle
H en h/j	8,93	7,91	6,47	5,89	5,64	7,33	7,76	9,09	10,00	10,57	10,66	9,75	8.33

La durée d'insolation journalière minimale est enregistrée pendant le mois de Janvier avec 5,64 heures, par contre le maximum est obtenu au mois de juillet avec 10,66 heures.

## I.8 Les vents.

Comme l'humidité relative, le vent est un facteur qui augmente le pouvoir évaporant de l'air par l'importance de sa vitesse. Le tableau suivant donne les valeurs des vitesses moyennes mensuelles des vents au niveau de la station d'El Bayadh sur une période de 12 années de 1990 à 2001.

**Tableau I-7: Répartition mensuelle de la vitesse du vent (en m/s)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moy
U m/s	3,52	3,12	2,94	3,16	3,39	2,90	3,88	3,99	3,89	3,72	3,55	3,23	3,44

Cette vitesse moyenne mensuelle varie entre 2,90 (mois de février) et 3,99 mètre par seconde (mois d'avril). Des vents de sable et des siroccos sont aussi fréquents dans la région. L'orientation de la formation des dunes de sable nous renseigne sur la direction dominante de ces vents qui est le NNO-SSE.

## I.9 Déficit pluviométrique.

Connaissant l'évapotranspiration potentielle (ETP), il est possible de définir le déficit  $D_p$  d'une période donnée comme étant la différence entre cette ETP et le module pluviométrique  $P$  (Tardy 1986)

$$D_p = ETP - P$$



Les déficits hydriques annuels calculés sont de 1893,5 mm. Le déficit hydrique se fait sentir le long de toute l'année sans interruption, ce qui nécessite un arrosage permanent pendant toute l'année à n'importe quelle période de l'année.

### **I.10 Indice de Demartonne (indice d'aridité) :**

La formule de Demartonne est simple à appliquer, elle est représentée par l'expression :

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

*I est l'indice d'aridité annuelle*

*P est la précipitation moyenne annuelle.*

*T est la température moyenne annuelle*

Pour la station de Labiodh Sidi Cheikh :  $I = 4,08$ .

Un indice d'aridité annuel inférieur à 5 signifie qu'on est en présence d'une zone désertique dont l'écoulement est temporaire à nul

#### **I.10.1 Indice d'Emberger :**

L'indice d'Emberger est estimé à partir de la formule suivante :

$$Q = \frac{1000 P}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}}$$

Q est le quotient pluviométrique d'Emberger.

P est la pluviométrie moyenne annuelle en mm.

M est la température maximale du mois le plus chaud en °K

m est la température minimale du mois le froid en °K

La valeur de Q est de 17,36 pour la station de Labiodh Sidi cheikh Ces valeurs très élevées indiquent que nous sommes en présence d'un climat aride à tendance désertique

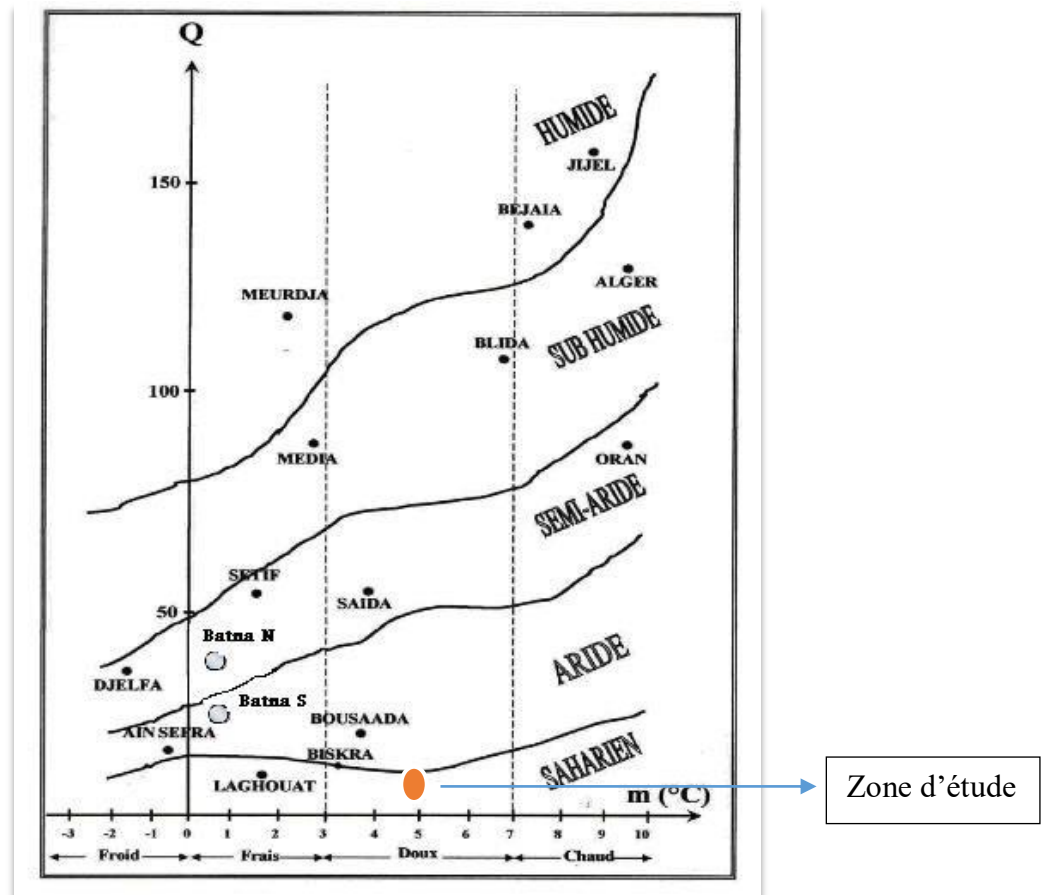


Figure I-6: Diagramme pluviométrique d'EMBERGER

### **I.11 Conclusion :**

L'étude climatique fait ressortir que la région d'étude a un climat aride à tendance saharienne avec des amplitudes thermiques moins marquées. L'irrigation est donc une opération indispensable pendant toute l'année et pour toutes les cultures à cause des faibles précipitations et une évapotranspiration très sévère.

Le climat est plus influencé par le niveau de la station par rapport à la latitude que la longitude ; étant donné que le projet du périmètre de Djorf se trouve à une altitude proche de celle de la station météorologique de Labiodh Sidi Cheikh, l'estimation des besoins en eau que ce soit des cultures ou d'irrigation sera faite sur la base des données météorologiques de cette dernière localité.

## **Étude Pédologique et Ressource en eau**

## Chapitre II: Étude Pédologique et Ressource en eau

### Introduction :

Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre résultant de l'altération de la roche mère sous l'action du climat et des organismes vivants. Le sol est dans l'ensemble hétérogène constitué de composantes minérales, qui ont été décomposé avec le temps, à partir d'une roche mère due aux facteurs climatiques (Gobat et Al, 1998). Sa composition doit permettre un bon approvisionnement en éléments nutritifs (N,P,K), en eau et en oligo-éléments, sa couleur foncée traduit sa richesse en carbone.

L'étude pédologique du sol d'un périmètre a pour but :

- Apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation.
- Fournir les données fondamentales caractérisant les relations eau-sol.

### II.1 Texture et structure du sol :

Perméabilité de deux types de texture sableuse a sablo-limoneuse texture grossière a faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants, structure instable et peu développe, préséance d'éléments grossiers en surface

Un sol sableux présente certaines caractéristiques à prendre en compte dans la gestion du travail :

- ils conservent peu l'eau, mais sont naturellement poreux (enracinement facile) et sont peu sensibles au trafic
- ils sont usants pour les outils
- ils sont peu fertiles, car ils contiennent des éléments grossiers.

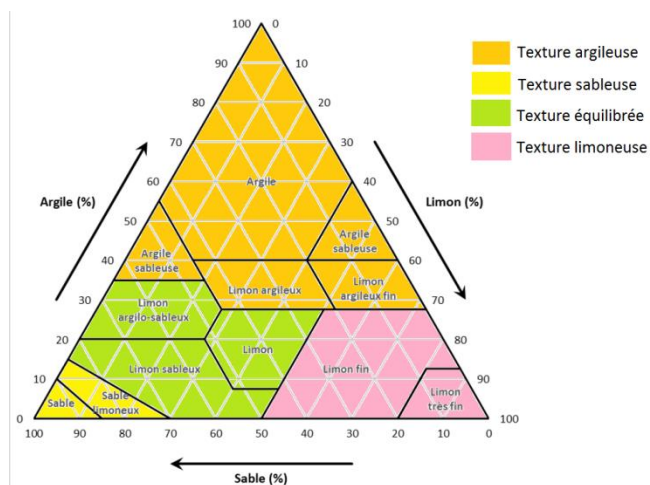


Figure II-1:diagramme de texture des sols

## II.2 Positionnement des sites des profils :

Après observation du terrain, l'étendue à analyser, nous avons constaté que l'ensemble du périmètre était homogène. Et un seul profil était nécessaire pour caractériser les sols de cette zone. Un profil a été exécuté, le GPS a permis de déchiffrer ses coordonnées :

- Latitude 32° 51' 14,9'',
- Longitude 0° 25' 33,0''
- Altitude : 878 m

Le profil réalisé , présente trois horizons différents :

- Horizon 01 : de 0 à 30 cm
- Horizon 02 : de 30 à 50 cm
- Horizon 03 : Au-delà de 50 cm

## II.3 Granulométrie :

La fraction de terre fine passée au tamis de 2 mm et dont les particules élémentaires ont été dispersés, sont classés en 5 catégories :

- Argile particules inférieures à 2 microns
- Limons fins particules comprises entre 2 et 20 microns
- Limons grossiers : Particules comprises entre 20 et 50 microns
- Sables fins : particules comprises entre 200 et 500 microns
- Sables grossiers : particules comprises entre 2 mm et 200 microns.

**Tableau II-1:Résultats de l'analyse granulométrique des échantillons du sol prélevés**

Profil	profondeur	A	LF	LG	Total Limons	SF	SG	Total sables
Profil 01	0-30	12,03	4,44	0,39	4,83	49,29	33,85	83,14
	30-50	20,01	16,16	0,96	17,12	46,45	16,42	62,87
	> 50	20,10	5,86	1,36	7,22	22,60	50,09	72,69

Des triangles de textures permettent de caractériser le sol en fonction de leur granulométrie : Il en existe deux formes :

- La forme rectangle qui classe les sols en fonction des pourcentages en argile et en limon Le triangle textural français du GEPPA (Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée. Baize 1988) en est un exemple
- La forme équilatérale sur laquelle les trois fractions granulométriques sont présentées, Deux exemples sont donnés : Français (selon Jamagne 1967) et américain (USDA)

**Tableau II-2:Texture du sol à partir de trois triangles de texture**

Profil	Profondeur	Selon GEPPA	Jamagne	USDA
Profil 01	0-30	S Sableux	Sable argileux	Sable limoneux
	30-50	AS argilosableux	Argile sableuse	Limon sableux
	> 50	Sa Sable	Argile sableuse	Limon sableux

De tous les triangles de texture, il ressort que le sol analysé a une texture grossière en surface sur une profondeur de 30 cm, fine avec un taux de limon fin élevé entre 30 et 50 cm et enfin moyenne au-delà des 50 cm

Les valeurs de l'indice de battance IB calculé selon la formule  $IB = (1,5LF + 0,75LG) / (A + 10MO) - C$  sont inférieures à 0,5 en surface et en profondeur alors qu'il est 1 entre 30 et 50 cm les risques de battance sont donc à prendre en considération sur cet horizon.

#### **II.4 La matière organique :**

Les taux de matière organique doit être interpréter en fonction du taux d'argile, ainsi, bien que le taux de matière organique des échantillons en profondeur soit supérieur à 1,2 % comme indiqué par le tableau suivant, ce sol en est pauvre

**Tableau II-3:Matière organique des sols**

Profil	Profondeur	Taux de matière organique en %
Profil 01	0-30	0.84
	30-50	0.42
	> 50	1,26

Quant aux horizons de surface (jusqu'à 50 cm de profondeur) dont la teneur en matière organique est inférieure à 1 %, signifie que ce sol en est très pauvre.

**Tableau II-4:Éléments d'interprétation du taux de la matière organique**

Teneur en matière organique	Interprétation	
MO < 1,4%	Sol très pauvre en matière organique	
1,4 % ≤ M.O < 2 %	Sol pauvre en matière organique	
2 % ≤ M.O < 3 %	Argile < 22 %	Sol bien pourvu en matière organique
	22 % < Argile < 30 %	Sol moyennement pourvu en matière organique
	Argile > 30 %	Sol pauvre en matière organique
3 % ≤ M.O < 4%	Sol bien pourvu en matière organique	
M.O ≥ 4%	Teneur élevée en matière organique	

Alors qu'il est conseillé d'avoir des valeurs de teneur en matière organique, pour les cultures, comprises entre :

- 3,5 et 5 pour les sols de texture fine.
- 4 et 6 pour les sols de texture grossière.

## II.5 Bases échangeables et salinité :

Le tableau suivant donne la conductivité électrique et la capacité d'échange cationique de la solution du sol au 1/5

**Tableau II-5:Résultats de l'analyse chimique de la solution du sol**

Profil	Profondeur	C.E mS/m	CEC	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l) (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)
Profil 01	0-30	0,06	2,70	0,25	1,26	26,87	1,32
	30-50	0,08	1,6	/	1,05	24,61	1,53
	> 50	0,07	1,0	/	0,50	23,61	0,60



La Capacité d'échange en Cations du sol est une détermination clé de l'analyse de sol. Cette mesure permet de connaître avec précision la taille du complexe argilo-humique (CAH) afin de fixer les réserves optimales. La CEC est exprimée en meq/100 g ce qui correspond, pour chaque élément la constituant ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $H^+$ ...) au millième de la masse atomique divisé par le nombre de charges.

**Tableau II-6: Quelques éléments d'interprétation de la CEC des sols**

VALEUR DE LA CEC EN méq/100 g	INTERPRETATION
$CEC < 5$	Très faible
$5 \leq CEC \leq 10$	CEC faible
$10 < CEC \leq 25$	CEC moyenne

Le tableau d'interprétation montre que ces sols ont une CEC très faible, ce qui est normal étant donné que le taux d'argile est inférieur à 20%.

Quant à la salinité, on classe généralement le degré de salinité des sols d'après leur conductivité électriques en 5 grandes catégories :

**Tableau II-7: Classification des sols en fonction de la CE**

Valeurs de CE	Degré de salinité	Conséquences
0-2 dS/m	Non salin	Effet de la salinité négligeable
2-4 dS/m	Légèrement salin	La production de certaines plantes sensibles peut être affectée
4-8 dS/m	Modérément salin	Production de la plupart des cultures restreinte
8-16 dS/m	Fortement salin	Seules les cultures tolérantes produisent de façon satisfaisante
16 dS/m	Très fortement salin	Aucune culture ne convient

Cette classification permet donc de conclure que ces sols ne présentent aucun problème lié à la salinité. Le SAR de la solution du sol, qui indique la proportion de la concentration en sodium par rapport au calcium et au magnésium, est de 0,62 pour les sols du profil 01 et nul pour les sols du profil 02. Cette valeur n'influe pas sur la modification des caractéristiques hydrodynamiques du sol.

## II.6 Le pH :

La mesure du pH d'un sol permet de définir son état d'acidité ou d'alcalinité (ou statut acido-basique). D'une manière générale le pH se mesure sur une échelle de 1 à 14. Les sols agricoles doivent présenter un pH compris entre 4 et 9, sauf exceptions rarissimes. Le statut acido-basique des sols agricoles est défini comme suit :

**Tableau II-8: Statut acidobasique des sols en fonction du pH**

Valeur du pH	Statut acidobasique du sol
$\text{pH} \leq 5,5$	Sol très acide
$5,5 < \text{pH} \leq 6,0$	Sol acide
$6,0 < \text{pH} \leq 6,5$	Sol peu acide
$6,5 < \text{pH} \leq 7,0$	Sol neutre
$7,0 < \text{pH} \leq 7,5$	Sol peu alcalin (peu basique)
$\text{pH} > 7,5$	Sol alcalin (basique)

Les résultats des analyses réalisés au niveau du laboratoire de l'INSID d'El Matmar (Relizane) sont consignés dans le tableau suivant :

**Tableau II-9: Valeur du pH de la solution du sol**

Profil	Profondeur	pH eau
Profil 01	0-30	7,59
	30-50	7,64
	> 50	7,07

Cette classification permet d'identifier les sols comme étant alcalin en surface (jusqu'à 50 cm de profondeur) et neutre au-delà d'une profondeur de 50 cm. Donc dans le contexte du choix des cultures, il est préférable d'axer le choix vers les cultures basiphiles telles que la betterave, l'orge, la luzerne, et le haricot.

## II.7 Calcaire total et actif :

L'analyse du calcaire total est nécessaire pour affiner la caractérisation des constituants du sol et améliorer les choix stratégiques en termes de chaulage. Comme la granulométrie, c'est une caractéristique stable du sol, qu'il n'est pas utile de mesurer à chaque analyse, pour peu que la zone de prélèvement soit stable et correctement repérée.

Le caractère plus ou moins calcaire du sol est qualifié comme suit. Il apparaît sous la forme d'un commentaire sur les rapports de résultats d'analyses.

**Tableau II-10: Tableau d'interprétation du taux de calcaire**

Taux de calcaire total à l'analyse	Qualification du sol
Calcaire total $\leq 5\%$	Sol non calcaire
$5 < \text{Calcaire total} \leq 12,5\%$	Sol faiblement calcaire
$12,5 < \text{Calcaire total} \leq 25\%$	Sol modérément calcaire
$25 < \text{Calcaire total} \leq 50\%$	Sol fortement calcaire
Calcaire total $> 50\%$	Sol très fortement

Le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Elle correspond peu ou prou à la fraction fine au plan granulométrique (taille des argiles, soit moins de 2  $\mu\text{m}$ ). Elle permet de maintenir une saturation calcique élevée de la CEC et, indirectement, un pH basique stable. Pourquoi analyser le calcaire actif ?

La présence de calcaire actif peut induire, dans certains sols pauvres en fer libre, un risque de chlorose ferrique, auquel certaines productions sont sensibles. C'est le cas surtout en arboriculture.

Pour les deux profils choisis, le taux de calcaire total compris entre 5 et 12,5 %, comme indiqué au tableau suivant, classe ces sols parmi les sols faiblement calcaires. Un taux de calcaire actif inférieur à 5 % montre que le risque de l'alcalinité des sols sur la culture est à écarter.

**Tableau II-11: Taux de CaCO<sub>3</sub> total et actif de la solution du sol**

Profil	Profondeur	Calcaire total %	Calcaire actif en %
Profil 01	0-30	3,59	0,62
	30-50	5,11	0,25
	> 50	4,24	2,12

## II.8 Caractéristiques hydriques des sols :

La seule teneur en eau qu'on a pu mesurer est celle au  $pF = 2,5$  qui correspond à la teneur en eau à la capacité de rétention  $H_{cr}$  très proche de celle à la capacité au champ. Les résultats sont mentionnés dans le tableau. En considérant que la teneur en eau au point de flétrissement soit égal à  $H_{cr}/1,85$ , on calcule la réserve utile du sol par mètre de profondeur par la formule suivante :  $RU$  (en mm/m) =  $4,6 H_{cr}$  (en %) da

La densité apparente et la conductivité hydraulique à saturation sont approchées à partir du taux d'argile contenu dans le sol à l'aide du logiciel « American HydraulicPropertiesCalculator »

**Tableau II-12:Résultats des caractéristiques hydriques des sols**

Profil	profondeur	Teneur en eau au $pF$ 2,5	Densité apparente	Réserve utile	Porosité totale
		g/g	Sans unités	mm/m	En %
Profil 01	0-30	0,1119	1,53	80	41
	30-50	0,1822	1,43	120	38
	> 50	0,0498	1,43	40	38

La réserve utile des sols en surface caractérisé par une teneur d'éléments fins caractérisé par une teneur en éléments fins relativement élevé ont une bonne capacité de rétention de l'eau, par rapport aux sols en profondeur. Une conductivité hydraulique limitée dans l'horizon intermédiaire (entre 30 et 50 cm) peut créer un obstacle à l'écoulement de l'eau et ainsi le problème d'excès d'eau peut avoir lieu.

## II.9 Le SAR (Sodium Absorption Ration) :

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculation. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions  $Na^+$  et celle en ions  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$

$$SAR = \frac{NA^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}}}$$

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

<b>S1</b>	<b>Risque faible</b>	<b>S.A.R ≤ 10</b>
<b>S2</b>	Risque moyen	10 < S.A.R ≤ 18
<b>S3</b>	Risque élevé	18 < S.A.R ≤ 26
<b>S4</b>	Risque très élève	S.A.R > 26

D'après le calcul on trouve

Profil 01 :SAR= 0,62

Suivant le diagramme de Riverside l'indice croisé SAR/conductivité, les Résultat indiquant que

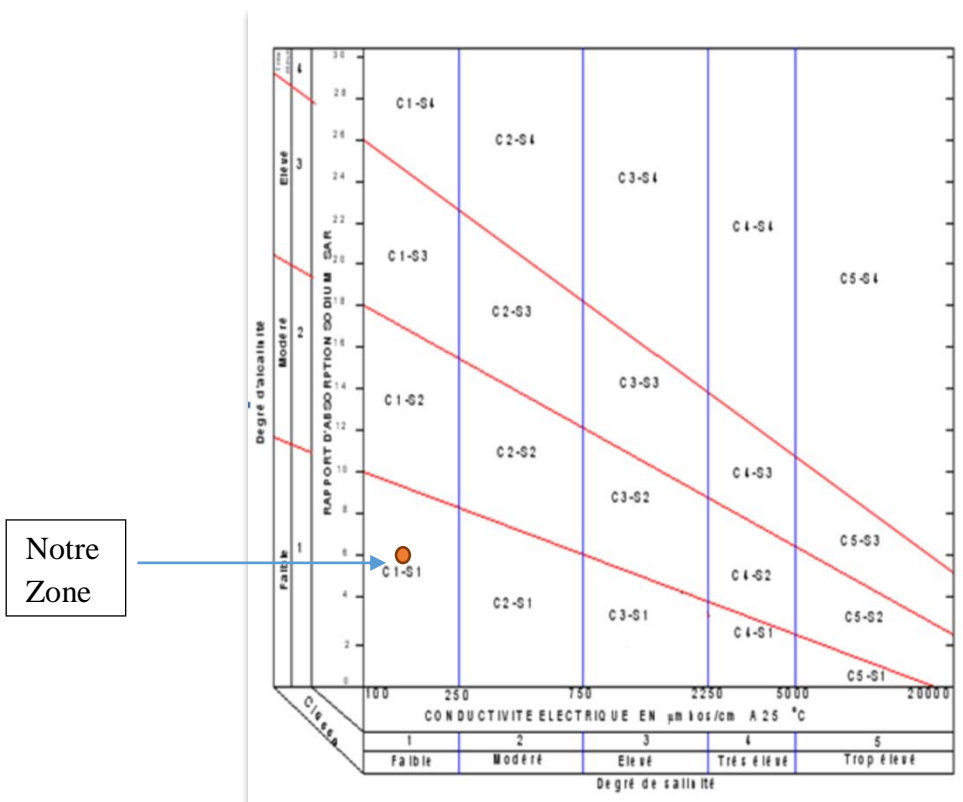


Figure II-2:Diagramme de Riverside

## **II.10 Conclusion :**

Les sols de la zone d'étude se caractérisent par :

- Un sol profond de texture grossière en surface et en profondeur.
- Un horizon intermédiaire de bonne capacité de rétention mais créant un obstacle à l'infiltration de l'eau.
- Concernant l'analyse des ressources en eau nous avons déduit que notre eau appartient à la classe **C1-S1** avec une alcalinité et une salinité faible qui ne conduisent pas à choisir des cultures tolérantes aux sels et une dose préventive pour le lessivage .

# **Étude hydrologique**

## Chapitre III: Étude hydrologique

### INTRODUCTION :

L'étude hydrologique est indispensable pour toutes mises en œuvre des projets : hydro-électrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, drainage d'irrigation, d'assainissement, barrage et de navigation fluviale. L'étude hydrologique dans notre cas à pour but de déterminer les précipitations mensuelles de telle année on doit dimensionner notre réseau d'irrigation.

Cette étude sera basée sur les données climatiques de la station météorologique de Labiod Sidi Cheikh sur une période d'observation étalant de 30 ans.

**Tableau III-1:Caractéristiques de la station météorologique**

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'année d'observation
		X (m)	Y (m)			
Labiod Sidi Cheikh	606200	269198.79 m E	3639202.92 m N	903	1990 – 2019	30

### III.1 But de l'étude :

L'analyse développée dans cette partie à pour objet d'évaluer la pluviométrie pour le périmètre irrigué, pour définir les précipitations de courte et de longue durée qui puissent inonder quelque périmètre de la région étudiée.

Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que :  $N_1$  et  $N_2$

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement

$$\checkmark N_1 < N_2$$

On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. A ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

On calcule les quantités  $W_y$  et  $W_x$  :



$W_{y/x}$  représente la somme des rangs de Y et c'est celle qui nous intéresse et est égale :

$$W_y = \sum_{i=1}^N \text{rang } Y = 1 + 3 + \dots + 13 + 17 + \dots + N$$

Et

$$W_x = \sum_{i=1}^N \text{rang } X = 2 + 4 + \dots + 14 + 15 + \dots + N - 1$$

L'hypothèse est vérifiée si :  $W_{min} < W_y < W_{max}$  avec,

$$W_{min} = \left[ \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \sqrt{\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \right]$$

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

$W_x$  : La Somme des rangs des sous séries.

**Tableau III-2: Précipitation mensuelle de la station de Labiod Sidi Cheikh sur 30 ans**

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNUEL
1990	14.55	16.22	2.01	9.95	12.58	11.2	16.53	15.5	14.71	9.03	0	17.04	139.32
1991	4.2	20.12	1.02	0	7.22	9.61	14.12	12.11	2.03	16.11	0	0	86.54
1992	8.9	23.9	1.02	3.3	12.98	3.05	18.05	19.05	17.8	13.22	0	0	121.27
1993	12.33	12.65	3.05	2.7	8.45	3.56	18.66	2.22	19.42	0	0	1.02	84.06
1994	1.02	10.09	20.1	0	4.54	14.25	31.5	14.23	5.34	14.58	34.05	35.8	185.5
1995	2.28	11.98	1.02	12.2	7.32	19.88	27.6	5.2	6.55	0	0	10.6	104.63
1996	18.46	12.33	5.9	0	6.38	7.12	7.62	16.78	7.11	12.09	2.03	0	95.82
1997	3.22	19.56	4.2	2.17	15.24	6.67	18.5	15.22	20.54	0	0	2.03	107.35
1998	22.18	22.32	6.8	10.4	7.58	8.13	22.65	10.37	7.89	1.02	0	0	119.34
1999	6.55	6.12	27.18	0	11.77	7.18	17.77	15.55	12.9	0	0	19.02	124.04
2000	13.23	25.47	7.3	8.28	8.85	10.91	18.67	16.32	1.78	15.05	0	0	125.86
2001	15.75	16.28	14.7	0	17.54	14.89	15.78	13.73	38.1	1.02	0	0.51	148.3
2002	20.12	3.05	6.5	2.88	19.28	25.4	9.94	14.77	21.22	12.87	0	0	136.03
2003	26.83	27.24	3.05	1.12	24.92	13.5	18.9	0.33	12.4	0	0	3.05	131.34
2004	14.6	12.49	2.03	2.03	23.14	2.54	13.97	37.08	20.07	6.5	0	15.15	149.6
2005	26.3	30.08	4.5	0	14.08	13.73	17.87	8.67	4.06	7.11	0	0	126.4
2006	23.54	14.14	0.51	6.56	7.73	14.62	12.89	2.7	3.06	5.22	0	0	90.97
2007	2.03	17.66	6.05	0	25.77	12.36	31.02	2.3	7.77	0	0	4.04	109
2008	3.05	41.9	7.09	1.02	14.24	6.33	22.03	5.5	4.15	0	0	9.98	115.29
2009	3.56	8.29	2.78	0	18.69	11.74	10.13	5.5	19.33	11.5	0	0	91.52
2010	8.89	19.17	13.08	4.44	17.25	17.88	32.55	7.75	18.54	0	0	8.28	147.83
2011	30.23	22.89	9.58	5.8	14.89	3.02	13.05	1.25	12.93	0	0	7.77	121.41
2012	14.22	9.65	11.12	5.12	33.22	21.08	14.21	3.7	12.88	8	1.02	6.55	140.77
2013	20.18	8.05	3.08	2.07	22.37	18.24	17.23	3.3	0.76	1.02	0	0	96.3
2014	9.78	28.7	2.54	9.1	14.21	19.35	23.32	12.08	27.98	1.02	0	1.01	149.09
2015	0.25	11.95	19.5	1.5	25.77	12.66	45.45	10.8	21.8	0	0	9.14	158.82
2016	2.55	12.9	14.12	9.95	15.64	8.89	12.35	6.8	0.25	0	0	4.66	88.11
2017	7.11	16.54	12.72	12.2	13.18	7.55	18.02	1.72	5.59	0	0	6.8	101.43

2018	34.9	12.77	2.03	0	7.89	4.05	12.3	22.07	0.25	0	0	1.02	97.28
2019	3.05	8.56	18.11	0	6.65	11.89	11.56	5.23	8.07	0	0	0	73.12

**Tableau III-3: Test d'homogénéité de Wilcoxon pour la station de Labiod Sidi Cheikh**

Rang	Série d'origine	Série Y	Série X	Ordre Décroissant	X Union Y
1	139.32	139.32	125.86	185.5	Y
2	86.54	86.54	148.3	158.82	X
3	121.27	121.27	136.03	149.6	X
4	84.06	84.06	131.34	149.09	X
5	185.5	185.5	149.6	148.3	X
6	104.63	104.63	126.4	147.83	X
7	95.82	95.82	90.97	140.77	X
8	107.35	107.35	109	139.32	Y
9	119.34	119.34	115.29	136.03	X
10	124.04	124.04	91.52	131.34	X
11	125.86		147.83	126.4	X
12	148.3		121.41	125.86	X
13	136.03		140.77	124.04	Y
14	131.34		96.3	121.41	X
15	149.6		149.09	121.27	Y
16	126.4		158.82	119.34	Y
17	90.97		88.11	115.29	X
18	109		101.43	109	X
19	115.29		97.28	107.35	Y
20	91.52		73.12	104.63	Y
21	147.83			101.43	X
22	121.41			97.28	X
23	140.77			96.3	X
24	96.3			95.82	Y

25	149.09			91.52	X
26	158.82			90.97	X
27	88.11			88.11	X
28	101.43			86.54	Y
29	97.28			84.06	Y
30	73.12			73.12	X

D'après le calcul on trouve :

**Tableau III-4:Résultat de Calcul**

$W_y$	$W_{min}$	$W_{max}$
173	<b>110</b>	<b>200</b>

Et donc la condition de Wilcoxon est vérifiée, ce qui veut dire que la série des précipitations annuelles de la station d'est homogène.

### III.2 Étude de l'échantillon et choix du type de loi :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont :

**Loi de Gauss ou Loi Normale ;**

**Loi de Galton ou Loi Log-Normale.**

A titre de notre projet on va utiliser une simulation des apports annuels avec le logiciel **HYFRAN**.

#### III.2.1 Ajustement à la loi Normale :

Appelée également la loi Gaussienne, c'est une loi de probabilité continue qui dépend de deux paramètres : son espérance  $\mu$  et son écart-type  $\sigma$ . Sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

Pour notre projet, il est utile de connaître les variations annuelles de la précipitation pour une période de retour de 5 ans.

Les résultats de l'ajustement de la série pluviométrique de la station sont regroupés dans le tableau et la figures qui suivent :

**Tableau III-5: Ajustement selon la loi Normale**

T	q	XT	Intervalle de confiance (95%)
20	0.95	201	147 - 255
10	0.9	166	119 - 213
5	0.8	123	82.5 - 164
3	0.6667	83.2	46.9 - 120
2	0.5	41.5	6.82 - 76.2

Tableau III-6:statistique de base

Nombre d'observations	30
Minimum	0.25
Maximum	519
Moyenne	41.5
Ecart-type	97.0
Médiane	12.3

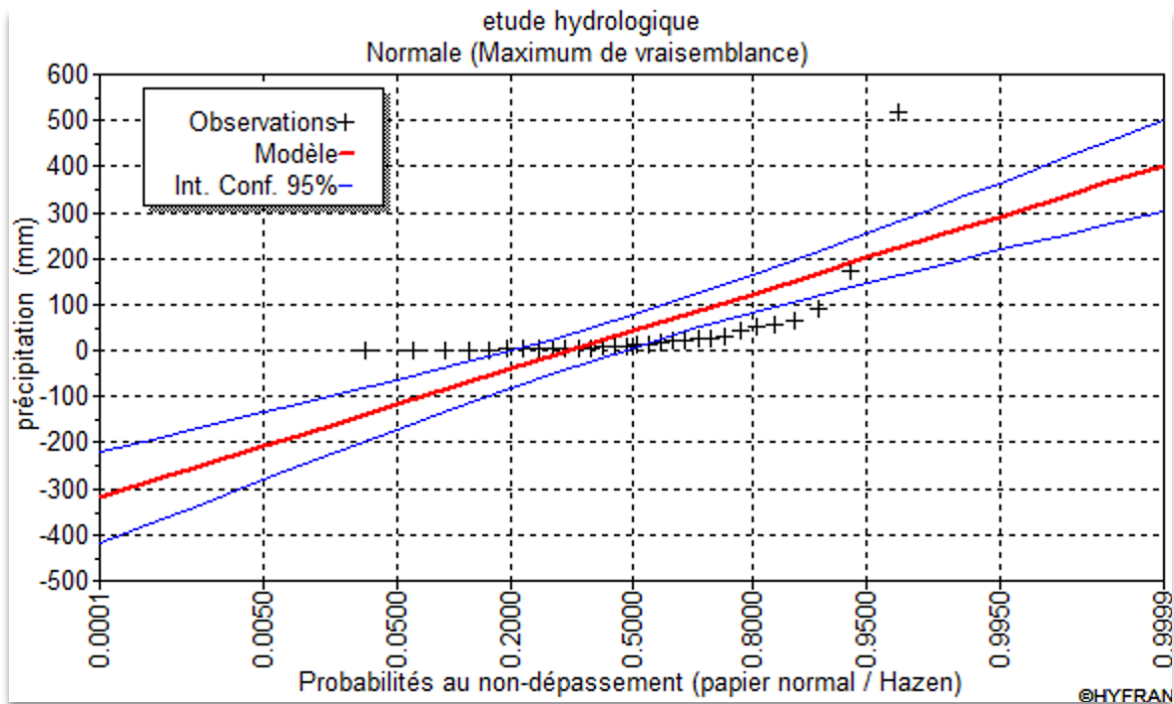


Figure III-1: Graphique de l'ajustement de la loi Normale

### III.2.2 Ajustement à la loi Log-Normale :

En probabilités et statistique, une variable aléatoire  $X$  est dite suivre une loi Log-Normale de paramètres  $\mu$  et  $\sigma^2$  si la variable  $Y = \ln(X)$  suit une loi normale d'espérance  $\mu$  et de variance  $\sigma^2$ .

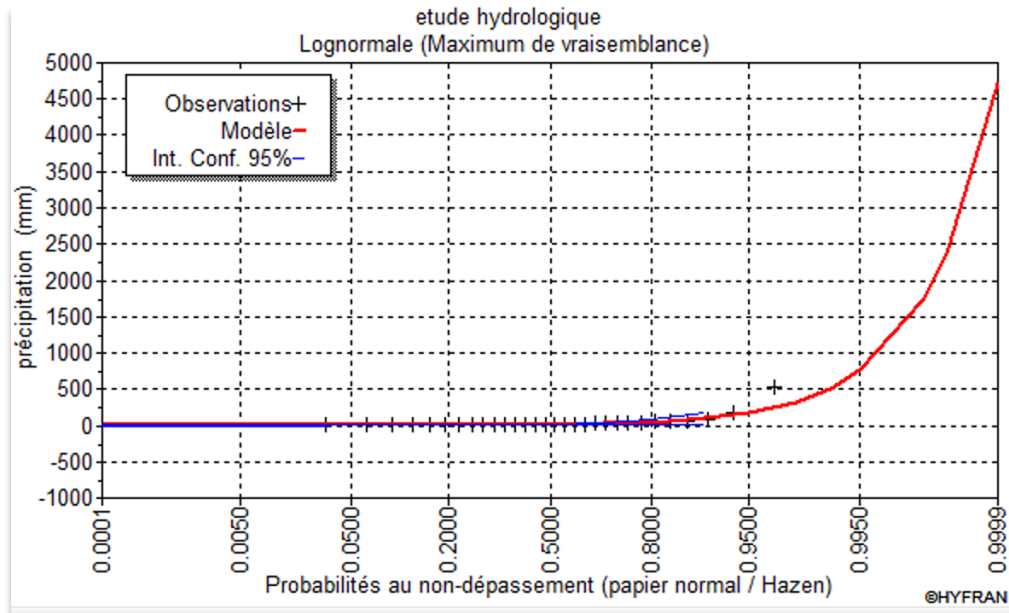
Les résultats de l'ajustement de la série pluviométrique de la station sont regroupés dans le tableau et la figures qui suivent :

**Tableau III-7: Ajustement selon la loi Log-Normale**

T	q	XT	Intervalle de confiance (95%)
10	0.9	94.3	20.6 - 168
5	0.8	46.5	15.3 - 77.8
2	0.5	12.1	5.14 - 19.0
1.25	0.2	3.13	5.15

**Tableau III-8: statistique de base**

Nombre d'observations	30
Minimum	0.25
Maximum	519
Moyenne	41.5
Ecart-type	97.0
Médiane	12.3



**Figure III-2: Graphique de l'ajustement de la loi Log-Normal**

### III.2.3 Test de validité d'un ajustement :

Après avoir ajuster une série de données par les lois de probabilités et statistiques, il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests les plus employés est le test de Khi Carré  $\chi^2$ .

Pour le calcul on utilise le logiciel **HYFRAN**.

**Tableau III-9: Test de validité des ajustements**

Loi Normale	Loi Log-Normale
$\chi^2$ calculé = 73.6	$\chi^2$ calculé = <b>1.73</b>
Degrés de liberté =4	

Le test de Khi Carré  $\chi^2$  montre que la loi Log-Normale est la plus adéquate, alors on la retient pour l'estimation de la série pluviométrique mensuelle moyenne représentative de la région.

### III.2.4 Détermination de l'année de calcul :

La détermination de l'année de calcul permet de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par les plantes. Elle est estimée comme une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%).

Pour ce, on utilise la loi suivante :



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

**Tableau III-10:Résultat des calcul**

<i>P<sub>théorique 80% annuelle</sub></i>	<i>P<sub>théorique 50% annuelle</sub></i>
<b>3.13 mm</b>	<b>12.1 mm</b>

- Les résultats de calcul sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau III-11:Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm**

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
P <sub>moy</sub> (mm)	12,46	16,77	7,76	3,76	14,65	11,38	18,81	10,26	11,84	4,51	1,24	5,45
P <sub>80% moy</sub> (mm)	3.12	4.19	1.94	0.94	3.66	2.85	4.70	2.57	2.96	1.13	0.31	1.36

### Conclusion :

Au terme de ce chapitre nous avons pu dégager les principales caractéristiques hydrologiques et statistiques de la zone du projet

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 ( lois normal et log-normal),la comparaison entre les deux lois a montré une meilleure adéquations de la loi-log normale par rapport à la loi normal , Ce qui a conduits à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement du réseau d'irrigation et pour reconstituer l'année de la pluie mensuelle de probabilité 80%

**BESOIN EN EAU DES CULTURE**

## **Chapitre IV: BESOIN EN EAU DES CULTURES**

### **Introduction :**

Le présent chapitre, a pour but de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet. Conditions climatiques, cultures envisageables, systèmes agronomiques, l'intensité culturale, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation. Le calcul des besoins en eau d'irrigation est essentiel pour l'exploitation optimale d'un système d'irrigation. Il permet de prévoir la quantité d'eau à distribuer aux usagers et permet aussi de planifier l'utilisation des ressources hydriques. Les quantités d'eau nécessaire à l'irrigation doivent satisfaire divers types de besoins au niveau des champs. Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme 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.

### **IV.1 Besoin en eau du périmètre :**

Les besoins en eau d'irrigation ou la consommation en eau de la culture définie comme la hauteur d'eau (mm) consommé par l'évapotranspiration de la culture. Pour déterminer l'évapotranspiration de la culture (ETc) ou utilisé l'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de telle sorte que le taux d'évapotranspiration (mm/j) représente les conditions climatiques locales. L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

### **IV.2 L'évapotranspiration :**

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<sup>3</sup>/ha/jour.

L'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours par mois ou par an.

On distingue :

- L'évapotranspiration (ETo).
- L'évapotranspiration potentielle (ETP).
- L'évapotranspiration réelle (ETR).

### IV.3 L'évapotranspiration de référence (ET<sub>o</sub>) :

C'est l'évapotranspiration maximale ( C.à.d. le sol est à sa capacité de rétention ) d'un Gazon ras couvrant complètement le sol , bien alimenté en eau ,en phase active de croissance et situé au sein d 'une parcelle suffisamment étendue .Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont s'orientes vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe qu'elle région. Basées sur des variables climatiques. Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

- Méthodes des stations expérimentales.
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes des lysimètres.
- Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques ,il existe des formules de calcul dont les principalessont :

- Prinstley-Taylor
- Makkink
- Turc
- Hargreaves
- Blaney-Cridle
- Thorthwaite
- Penman et Monetheith modifiée

Sur la base des résultats de plusieurs études, notamment celle de jensen (1990), laconsultation d'experts menée par FAO sur les méthodologies d'estimation des besoins en eaudes cultures a conduit à recommander la méthode de PenmanMonetheith modifiée comme méthode privilégiée l'estimation de ET<sub>o</sub> du gazonLa formule de Penman et moneteith se présentant comme suit :

$$ET_o = C \times (w \times R_n + (1 - w) \times F(u) \times (E_a - E_d))$$

- ET<sub>o</sub> : L'évapotranspiration de référence en mm/jour
- W : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude
- R<sub>n</sub> : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm / jour
- F(u) : fonction liée au vent
- E<sub>a</sub> : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air , (mmbar)
- E<sub>d</sub> : tension de vapeur réelle moyenne de l'air ,exprimée en ( mmbar)

- $E_a - E_d$  : constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturne

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé : **CROPWAT version 8**, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de Mrs Penman et Montheit modifiée. et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Pour l'exploitation du logiciel ,nous avons besoins des données Climatologique mensuelle de la station météorologique ( **Voir chapitre 1** ) :

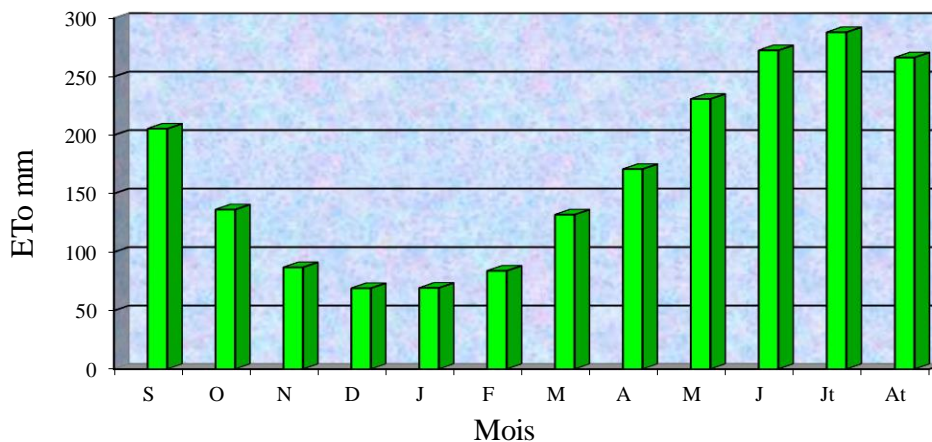
- Les températures moyenne en degré Celsius C° .
- L'humidité relative de l'air exprimé en (%) .
- L'insolation journalière en heurs .
- La vitesse du vent en m/s .

Les résultat de ETo calculés à l'aide de logicielle **CROPWAT** sont récapitulés dans le tableau ci-après et illustré sur Figure 3.1

**Tableau IV-1:Évapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman et Montheit :**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moy
ETo mm/mois	6,85	4,40	2,90	2,23	2,24	3,00	4,26	5,70	7,45	9,08	9,29	8,59	5,51

L'évapotranspiration de référence ETo au niveau de Labiodh Sidi Cheikh est très élevée, elle dépasse la moyenne de 2000 mm par année.



**Figure IV-1:Histogramme l'évapotranspiration de référence**

#### IV.4 Méthodologie :

Pour déterminer les besoins en eau culture, il faut connaître d'abord les mois de la durée de vie des cultures et la durée des quatre phases :

- Initiale.
- Croissance
- Mi- saison
- Arriéré saison

##### IV.4.1 Coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural Kc de chaque culture sont déterminées en fonction du stade végétatif de la plante, du vent et de la valeur moyenne de l'humidité de l'air qui caractérise la surface d'étude.

L'évapotranspiration maximale d'une culture est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = K_c \times ET_0$$

Pour trouver les besoins en eau de cette culture pendant un mois on multiplie l'ETM fois le nombre des jours de ce mois, alors les besoins en eau total est l'ensemble des besoins de tous les mois

#### IV.5 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace,  $P_{eff}$  représente la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde. Le choix de la méthode appropriée pour le calcul des précipitations efficaces demande une réflexion sérieuse. Différentes méthodes ont ainsi été développées, chacune prenant en compte le climat de la région où doivent s'effectuer les mesures.

Par conséquence, en l'absence de telles donnée, nous utiliserons couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthodes pourcentage fixé dans notre cas on fixe le pourcentage 80% et on considère que 20 % de précipitation sont des pertes par ruissellement de surface ,et par percolation en profondeur

$$P_{eff} = 0 \quad \text{si } P_{moy} \leq 5 \text{ mm}$$

$$P_{eff} = A \times P_{moy} \quad \text{si } P_{moy} > 5 \text{ mm}$$

A : coefficient de correction est généralement égal à 0,8

**Tableau IV-2:Pluviométrie efficace pour chaque mois en mm**

Mois	Sep	Oct	No	Dec	Jan v	Fev	Mar s	Avri l	Mai	Jui n	Juille t	Aoû t	Année
Pluies efficaces en mm/mois	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	1,3	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	1,3

Dans la zone d'étude, les pluies enregistrées ne sont pas efficaces pour l'agriculture. Ainsi, les besoins en eau d'irrigation seront égaux à l'évapotranspiration de référence de la culture considérée.

#### **IV.6 Ressource hydriques :**

Les ressources hydriques de la zone d'étude sont très faibles, les débits des forages à mettre en place sont compris entre 8 et 10 l/s.

#### **IV.7 Occupation des sols :**

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

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

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

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

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture. Pour notre périmètre les cultures qu'impose par l'administration sont présentées comme suite.

#### **IV.8 Cultures proposées :**

La zone d'étude étant située dans la région septentrionale du Sahara, la culture la plus appropriée est le palmier dattier. Dans ce contexte nous associerons à la phoenici culture soit les cultures Céréales, soit les cultures maraîchères ou les deux cultures en même temps. Pour les cultures maraîchères nous proposons un assolement triennal avec les cultures suivantes : Pomme de terre, Oignon ou ail, Fèves ou petit pois.

Pour les cultures Céréales nous proposons l'orge et l'avoine.

Différents scénarii seront proposés et nous opterons pour le scénario le plus adéquat en fonction des disponibilités en eau.

Les scénarios proposés sont les suivants :

- Scénario 01 : 5 ha de palmiers dattiers
- Scénario 02 : 4ha de palmiers dattiers et 1 ha de cultures maraîchères
- Scénario 03 : 4 ha de palmiers dattiers et 1 ha de cultures Céréales
- Scénario 04 : 3 ha de palmiers dattiers et 2 ha de cultures maraîchères
- Scénario 05 : 3 ha de palmiers dattiers et 2 ha de cultures Céréales
- Scénario 06 : 3 ha de palmiers dattiers, 1 ha de cultures maraîchères et 1 ha de cultures Céréales
- Scénario 07 : 2 ha de palmiers dattiers et 3 ha de cultures maraîchères
- Scénario 08 : 2 ha de palmiers dattiers, 2 ha de cultures maraîchères et 1 ha de cultures Céréales
- Scénario 09 : 2 ha de palmiers dattiers, 1ha de cultures maraîchères et 2 ha de cultures Céréales.
- Scénario 10 : 2 ha de palmiers dattiers et 3 ha de cultures Céréales.

Le tableau suivant récapitule le différent scénario proposé :



**Tableau IV-3:Récapitulatif des scénario**

Scénario	Palmier dattier	Cultures maraîchères	Cultures Céréales
01	05	00	00
02	04	01	00
03	04	00	01
04	03	02	00
05	03	00	02
06	03	01	01
07	02	03	00
08	02	02	01
09	02	01	02
10	02	00	03

**IV.8.1 Technique d'irrigation :**

L'irrigation goutte à goutte est la plus indiquée compte tenu de l'économie d'eau assuré et de la disponibilité en eau limitée pour la culture du palmier dattier. Quant aux cultures maraîchères et Céréales la technique par aspersion est conseillée avec une efficience à la parcelle égale à 0,80.

**IV.9 Détermination des besoins 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 sur 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...etc.).

#### IV.9.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique.

$$B = ETP \times (Pe_{eff} + RFU)$$

Avec :

- B : besoin en eau d'irrigation (mm).
- E.T.P : évapotranspiration (mm / jour).
- RFU : réserve facilement utilisable.
- Pe<sub>eff</sub> : pluie efficace

$$RFU = Y(H_{cc} - H_{pf}). D_a.Z$$

Avec :

- Y : degré de tarissement.
- da : densité apparente.
- Z : profondeur d'enracinement.
- H<sub>cc</sub> : humidité à la capacité au champ
- H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement

#### IV.9.2 Besoins en eau des palmiers :

Les procédés de calcul utilisés pour l'estimation des besoins en eau sont principalement basés sur les méthodes présentées dans les bulletins, d'irrigation et de drainage de la FAO, suivants :

- ✓ Bulletin N° 24 "*Les besoins en eau des cultures*"
- ✓ Bulletin N° 33 "*Réponse des rendements à l'eau*"
- ✓ Bulletin N° 36 "*L'irrigation localisée : Calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement*"

Pour estimer les besoins en eau des arbres fruitiers irrigués au goutte à goutte, on utilise l'expression suivante :

$$BEC = K_r. K_c. ETo.$$

Pour un verger adulte, on considère que le taux de couverture du sol CS atteint la valeur de 60 %. **La valeur du coefficient de réduction K<sub>r</sub>, calculée selon la formule de Decroix, est égale à 0,70.**

Les coefficients culturaux des palmiers dattiers sans cultures de couverture sont donnés par le tableau suivant. Ces coefficients se rapportent à des palmiers dattiers adultes espacés de

## BESOIN EN EAU DES CULTURES

manière à assurer un couvert du sol de l'ordre de 60 % environ. Un espacement de 9x9 est recommandé.

**Tableau IV-4:valeurs des coefficients culturaux du palmier dattier**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At
kc	1,00	0,80	0,00	0,00	0,40	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00	1,00

En tenant compte des valeurs de ces coefficients, pour un verger adulte, les besoins en eau des arbres fruitiers sont donnés au tableau suivant.

**Tableau IV-5:les besoins en eau du palmier dattier**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At
ETo	6,85	4,40	2,90	2,23	2,24	3,00	4,26	5,70	7,45	9,08	9,29	8,59
<b>kr</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>
<b>kc</b>	<b>1,00</b>	<b>0,80</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	<b>0,60</b>	<b>0,70</b>	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>	<b>0,95</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
ETM	4,80	2,46	0,00	0,00	0,63	1,26	2,09	3,19	4,69	6,04	6,50	6,01
<b>rationnement</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
BEC mm/j	4,80	2,46	0,00	0,00	0,63	1,26	2,09	3,19	4,69	6,04	6,50	6,01

Les besoins annuels en eau du palmier dattier s'élèvent à 1150 mm.

### IV.9.3 Besoins en eau d'irrigation du palmier dattier :

Pour l'irrigation à la goutte à goutte, le rendement hydraulique à la parcelle est pris égal à **0,90** pour tenir compte de l'insuffisance de la maîtrise de la technique d'irrigation introduite.

Nous considérons dans tout ce qui suit que l'efficacité de transport et de distribution est égale à 1. C'est à dire que les pertes sont négligeables cela peut s'expliquer par le fait que les forages sont à proximité des périmètres et que la longueur des réseaux d'adduction-refoulement et de distribution est réduite.

**Tableau IV-6:les besoins bruts d'irrigation**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At
BEC mm/j	4,80	2,46	0,0 0	0,0 0	0,63	1,26	2,09	3,19	4,69	6,04	6,50	6,01
Rh	0,90	0,90	0,9 0	0,9 0	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
BBI mm/j	5,33	2,74	0,0 0	0,0 0	0,70	1,40	2,32	3,55	5,22	6,71	7,23	6,68
BBI mm/mois	159,8 3	84,8 7	0,0 0	0,0 0	21,6 0	39,2 0	71,9 0	106,4 0	161,6 7	201,2 7	223,9 9	207,1 1

Les besoins bruts d'irrigation annuels des palmiers dattiers s'élèvent à près de 1280 mm, on note que **juillet** est le mois de pointe avec des besoins d'irrigation de 7.23 mm/j soit **224 mm** pendant tout le mois. :

**IV.9.4 Besoins en eau des cultures maraîchères :**

Le tableau suivant donne la durée du cycle de chacune des cultures et des stades relatifs aux besoins en eau avec les coefficients cultureux correspondants.

**Tableau IV-7:Durée des stades et valeur des coefficients cultureux des cultures maraîchères**

cultures	Stades	initial	développement	mi-saison	arrière saison	total	Période
Oignon sec	Durée	15j	30j	35 j	40j	120 j	Janvier
	Kc	0,5	0,75	1,1	0,9		Juin
Petit pois	Durée	25j	30j	30j	15j	100 j	Décembre
	Kc	0,4	0,75	1,15	1,10		Mars
Pomme de terre	Durée	25	30j	45j	30j	130 j	Mars
	Kc	0,45	0,75	1,15	0,85		juillet

En prenant en considération les coefficients cultureux obtenus et les durées des quatre stades relatifs aux besoins hydriques des cultures, les besoins en eau du végétal sont déterminés mensuellement en calculant le produit entre le coefficient cultural mensuel et l'évapotranspiration.

**Tableau IV-8:Coefficients cultureux des cultures maraîchères.**

Cultures	Décembre	Janvie	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
----------	----------	--------	---------	------	-------	-----	------	---------

## BESOIN EN EAU DES CULTURES

		r	r					
Pomme de terre				0,60	0,92	1,10	1,00	0,7
Oignon			0,70	0,77	0,92	0,95	0,80	
Pois vert	0,40	0,86	1,15	0,70				

Les cultures maraîchères mises en place se succéderont dans des soles, pour une meilleure approche des besoins en eau, nous calculerons les besoins en eau d'une culture équivalente à l'ensemble des spéculations :

**Tableau IV-9: Coefficients culturaux des cultures maraîchères.**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At
ETo	6,85	4,40	2,90	2,23	2,24	3,00	4,26	5,70	7,45	9,08	9,29	8,59
BEC mm/j pomme de terre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,56	5,24	8,20	9,08	6,50	0,00
BEC oignon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	3,28	5,24	7,08	7,27	0,00	0,00
BEC petit pois	0,00	0,00	0,00	0,89	1,93	3,45	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BBI de CM	0,00	0,00	0,00	0,28	0,60	1,73	3,55	4,92	7,33	7,95	4,06	0,00

Les besoins bruts d'irrigation annuels des cultures maraîchères s'élèvent à **925mm**. La période de pointe se situe au mois de juin avec des besoins bruts d'irrigation de **238 mm/mois**.

### IV.9.5 Besoins en eau des cultures Céréales :

Les coefficients culturaux de la vesce avoine et de l'orge en grains sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau IV-10: Coefficients culturaux des cultures Céréales**

Mois	N	D	J	F	M	A
orge en grains	0,4	0,72	1,15	1,1	0,65	0,4
vesce avoine	0,80	0,95	1,15	1,10	0,65	0,00

Les besoins bruts d'irrigation sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau IV-11: Coefficients culturaux des cultures Céréales.**

Mois	N	D	J	F	M	A
BBI Vesce avoine	2,90	2,65	3,22	4,13	3,46	0,00
BBI orge en grains	<b>1,45</b>	<b>2,01</b>	<b>3,22</b>	<b>4,13</b>	<b>3,46</b>	<b>2,85</b>
BBI Cult. Four. En mm/j	2,18	2,33	3,22	4,13	3,46	1,43
BBI en mm/mois	65,25	72,15	99,82	115,50	107,30	42,75

Les besoins bruts d'irrigation annuels des cultures Céréales s'élèvent à 503mm. La période de pointe se situe au mois de février avec des besoins bruts d'irrigation de 115,5 **mm/mois**.

#### IV.9.6 Débits nécessaires :

Le débit fictif continu exprimé en m/s.ha est un débit spécifique exigé pour satisfaire les besoins bruts d'irrigation si le réseau fonctionnait 24h/24. Il est calculé à partir des besoins bruts d'irrigation mensuels.

Exprimé avec les mêmes unités que le d.f.c., le débit d'exploitation du réseau d.e.r. est déterminé en tenant compte de la durée quotidienne d'arrosage de chaque technique d'arrosage pendant le mois de pointe.

#### IV.9.7 Calcul des débits caractéristiques :

le débit maximum journalier c'est le débit caractéristique, il est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

- $q_s$  : Débit spécifique de mois de point en (l/s/ha)
- $S$  : la superficie totale à irriguer

A partir du calcul des besoins en eau on peut déterminer le débit spécifique (mois de pointe) qui se calcule par la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{T \times t \times 3600 \times E_i} \text{ (l/s/ha)}$$

Avec :

- Bnet : Besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- t : Nombre des heures d'irrigation = 24 h
- T : Nombre de jours du mois de point = 31 jours
- Ei : Efficience d'irrigation = 90%

**Tableau IV-12:Les débits caractéristiques**

Mois	BBI exploitation	dfc	der	Mois de pointe
Scénario 01	6,19	0,72	0,78	Jt
Scénario 02	<b>6,19</b>	<b>0,72</b>	<b>0,84</b>	<b>J</b>
Scénario 03	<b>4,95</b>	<b>0,57</b>	<b>0,67</b>	<b>Jt</b>
Scénario 04	<b>6,63</b>	<b>0,77</b>	<b>0,96</b>	<b>J</b>
Scénario 05	<b>3,72</b>	<b>0,49</b>	<b>0,54</b>	<b>Jt</b>
Scénario 06	<b>5,04</b>	<b>0,58</b>	<b>0,73</b>	<b>J</b>
Scénario 07	<b>4,69</b>	<b>0,54</b>	<b>0,48</b>	<b>J</b>
Scénario 08	<b>5,48</b>	<b>0,63</b>	<b>0,85</b>	<b>J</b>
Scénario 09	<b>3,89</b>	<b>0,45</b>	<b>0,60</b>	<b>J</b>
Scénario 10	<b>2,48</b>	<b>0,29</b>	<b>0,38</b>	<b>Jt</b>

Le choix du scénario se fera sur la base du fait d'avoir toutes les 3 spéculations représentées avec un der le plus faible. Ainsi les scénarios 06 et 09 sont les plus indiqués. Le dimensionnement du réseau se fera pour le scénario 09 qui demande le plus faible d'«bit d'exploitation qui est de 0.6 l/s.ha. Le débit en tête de chaque exploitation sera donc de **1 l/s**.

#### **IV.10 Efficience de l'irrigation :**

Les besoins bruts du périmètre, dépendent de l'efficacité de l'irrigation, c'est à dire des pertes d'eau qui se produisent à partir du point du captage, jusqu'à la satisfaction des besoins du rapport plante/sol. L'efficacité d'un réseau d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d'éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s'avéraient rares.

La formule communément employée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation, est donnée par l'expression :

$$E_i = E_t \times E_a$$

Certains auteurs font une distinction ultérieure, tel que la formule :

$$E_a = E_d \times E_u$$

Avec :

- Ed: Efficience de type de distribution en %.
- Eu: Efficience de l'uniformité de la distribution en %.

La thématique développée ci-après se base sur la formule:

$$E_a = E_d \times E_u \times E_t$$

#### **IV.10.1 Efficience de transport $E_t$ :**

On entend par transport, le trajet parcouru par l'eau du point de prélèvement (barrages, réservoirs, puits, etc...), au point de livraison à la parcelle (borne ou prise), qui peuvent être de nature diverses et avoir une incidence plus au moins forte en fonction des caractéristiques de l'adduction.

#### **IV.10.2 Efficience de distribution $E_d$ :**

L'Efficience de la distribution de l'eau à la parcelle, varie très sensiblement en fonction des modalités de la desserte adoptée, qui peuvent se grouper en cinq grandes catégories :

- Irrigation par submersion.
- Irrigation par ruissellement.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée
- Irrigation souterraine.

Elle est indépendamment liée à la méthode de distribution adoptée. C'est la livraison égale, par une quantité d'eau optimale en tout point de la superficie irriguée, ce qui se produit très rarement. Pour assurer une bonne répartition, il faudra apporter un volume supérieur, dont l'excédent par rapport à la quantité nécessaire, se traduit par une perte. L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent dans ces conditions. En se basant sur le mode d'irrigation et les cultures envisagées.

#### **IV.10.3 Estimation du nombre d'exploitations irrigables :**

Les exploitations agricoles auront une superficie de 5 hectares chacune.

- Pour une batterie de 02 forages, le débit disponible sera égal à 51 l/s. et 60l/s
- Superficie irrigable =  $51 / 0,60 = 85$  ha
- Nombre d'exploitations =  $85 \text{ ha} / 2 = 43$  exploitations



Un parcellaire d'une vingtaine d'exploitations, est proposé sur le plan où la pente moyenne des parcelles est de l'ordre de 1,5 pour mille.

### **IV.11 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons choisi les cultures qu'on va implanter dans notre périmètre et nous avons déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante a causes des contraintes agricoles et agronomique. Ainsi on a choisi le scenario le plus favorable pour notre périmètre.

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

## **Chapitre V: Conception du système d'adduction-distribution**

### **Introduction :**

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système. Le système d'adduction est la première tâche à laquelle doit se préoccuper l'ingénieur, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

### **V.1 Alimentation en eau du périmètre :**

Le périmètre, sera irrigué à partir Des Forages. La capacité réelle des puits déjà réalisés nous donne un débit d'eau disponible pour l'irrigation.

Ce périmètre est divisé en deux réseaux distincts. Chaque réseau d'irrigation est alimenté par un bassin et une batterie de forages. Nous aurons ainsi :

- Le réseau RIF 01 alimenté par le réservoir B1 1 forages.
- Le réseau RIF 02 alimenté par le réservoir B2 1 forages.

Chaque réseau alimente un secteur d'irrigation.

### **V.2 Ilots et bornes d'irrigation :**

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles...etc.

On admet généralement que l'implantation des bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations doivent répondre aux critères suivants :

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

### V.3 Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

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

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'ilot ;
- Régler la pression ;
- Encaisser les suppressions accidentelles ;
- Compter les volumes distribués par la prise.

#### V.3.1 Choix du diamètre et du type des bornes :

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

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

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

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

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

$$Q_b = q_s \cdot S_i$$

Avec :

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

#### **V.4 Description de l'aménagement du périmètre :**

Lors de l'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau et on choisit la variante adéquate pour alimenter notre périmètre.

Pour notre cas est de alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage pour garantir les pressions adéquates (généralement à 2 bars) au niveau des bornes.

#### **V.5 Étude de système de pompage :**

On a fait étude de système de pompage pour un seul forage (F15) la même étude pour les autres forages.

##### **IV.5.1. Les pompes:**

- **Les turbopompes :** Les pompes axiales, à écoulement radial ; les pompes semi axiales :
- **Les pompes à écoulement radial :** Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croit avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.

- **Les pompes axiales :** Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.
- **Les pompes semi axiales :** Pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes. Les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

## V.6 Calculs hydrauliques du système d'adduction :

On décompose notre périmètre en deux section :

- S1 : La première section se compose de 8 nœuds de demandes avec une demande de 5 l/s (totalité de 40 l/s)
- S2 : La deuxième section se compose de 9 nœuds de demandes avec une demande de 5 l/s (totalité de 45 l/s)

Donc on décide de projeter deux réservoirs R1(cote : CR1 = 1002 m ) et R2 (cote : CR2 = 1003 m ) qui alimentent S1 et S2 respectivement. Ces deux réservoir seront alimentés par un pompage

De deux forage qui fonction 18 h/jour :

- Qp1 = 53,33 l/s // Qp2 = 60 l/s .
- F1 : premier forage // CF1 = 1000 m
- F2 : deuxième forage // CF2 = 998 m

Suivant le principe de la vitesse optimale qu'est égale à 1 m/s. On opte pour les diamètres suivants :

- Dp1 = 257,8 mm
- Dp2 = 257,8 mm

Ayant tous les données nécessaires on calcule l'HMT :

### V.6.1 Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suit :

$$H_{cal} = H_g + \sum h_p(\text{asp}) + \sum h_p(\text{ref}) + P_{\text{exh}}$$

Avec :

- $H_g$  : Hauteur géométrique (m) ;
- $\sum h_p(\text{asp.})$  : Pertes de charges à l'aspiration (m) ;
- $\sum h_p(\text{réf})$  : Pertes de charges au refoulement (m) ;
- $P_{\text{exh}}$  : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur),  $P_{\text{exh}} = (1,0 \div 1,5)$  m ;

On prend  $P_{\text{exh}} = 1$  m.

#### V.6.1.a Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$H_{MT} = H_g + \Delta h_p ;$$

Avec :

- $H_{MT}$  : Hauteur Manométrique Totale en (m)
- $H_g$  : Hauteur géométrique en (m).  $H_g = h_a - h_r$

#### V.6.1.b Calcul des pertes de charge totales :

##### V.6.1.b.a Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = \lambda \frac{Lv^2}{D2g}$$

- $L$  : longueur du tronçon en (m).
- $V$  : vitesse moyenne d'écoulements en (m/s).
- $\Delta H_l$  : Pertes de charge linéaires en (m).

Le coefficient  $\lambda$  est obtenu par les formules suivantes :  $\lambda = (1,14 - 0,86Ln^{\xi/D})^{-2}$

$\xi$ : Rugosité absolue pour la fonte = 0,1 mm

##### V.6.1.b.b Pertes de charge singulières :

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets...) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou conduite longue.

$$\Delta H_s = 0,1 \Delta H$$

Ou bien :

$$HMT=HT + Hg$$

Avec :

- Ht : perte de charge totale en m
- Hg : hauteur de dénivellation (m)

$$HT=hs+hl$$

$$Hs=10\%hl$$

$$Hl = 0,001052 \times L \times Q^2 \times D^{4,772}$$

Et on obtient :

$$HMT 1 = 5 \text{ m}$$

$$HMT 2 = 7 \text{ m}$$

## **V.7 Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :**

### **V.7.1.a Méthode 01 :**

Étant donné la superficie importante, pour un réservoir circulaire (ou bassin). Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Qc \times T_{nf}$$

Avec:

- V: Volume d'eau d'irrigation (m<sup>3</sup>).
- Q<sub>C</sub> : débit caractéristique (m<sup>3</sup>/h),
- Q<sub>C1</sub> = 45l/s
- Q<sub>C2</sub> = 40 l/s
- T<sub>nf</sub>: temps de non fonctionnement pris égal à 6 heures.

### **V.7.2 Méthode 02 :**

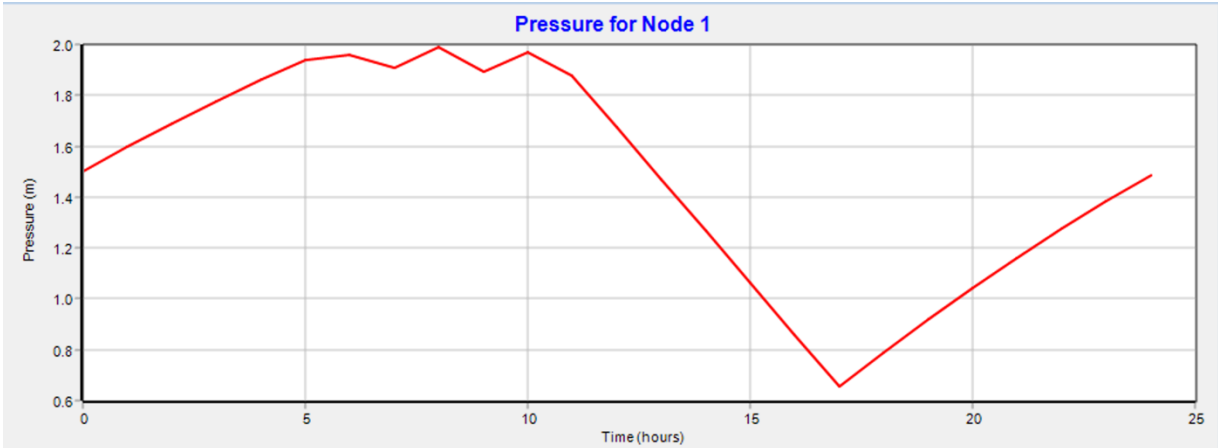
On a opté pour cette méthode parce qu'elle est la plus adéquate pour dimensionner notre réservoir le plus économique

### **V.7.3 Dimensionnement de réservoir R1 et R2 :**

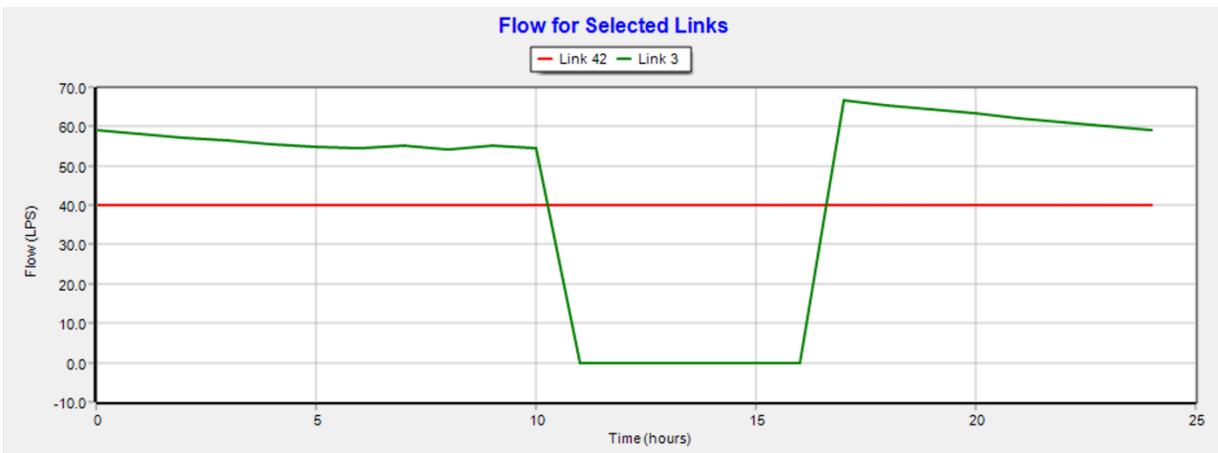
Les Réservoirs vont être alimentés pendant 18h et alimentent de leur tour les deux sections en continue (24h).



En exploitant ces données et à l'aide des séries partielles du débit entrant /sortant de réservoir et de la série partielle de niveau de chaque réservoir on a opté pour deux réservoirs de **30 m** de diamètre et une hauteur maximale de **2 m**



**Figure V-1: Niveaux de réservoir projeté R1**



**Figure V-2: le débit présent dans le réservoir R1**

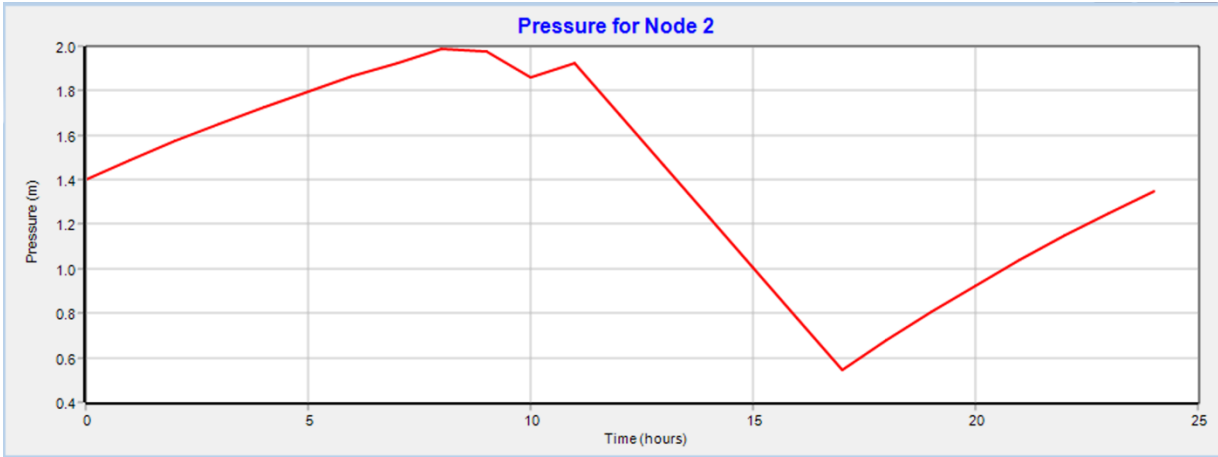


Figure V-3:Niveaux des réservoir projeté R2

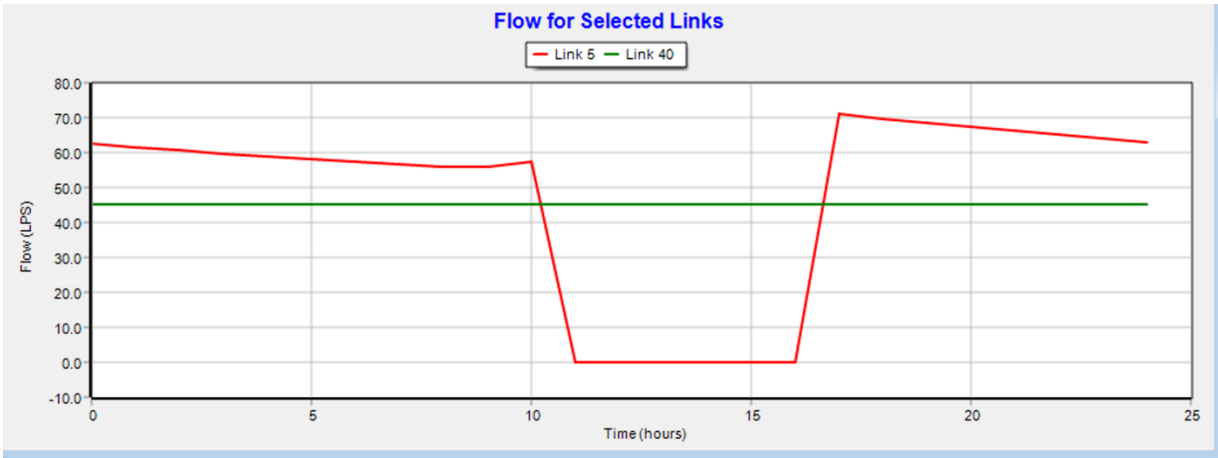


Figure V-4:le débit présent dans le réservoir R2

Tableau V-2:tableau récapitulatif de dimensionnement

Réservoir	Diamètre	Hauteur
R1	30 m	2m
R2	30 m	2m

### V.8 Dimensionnement du réseau de distribution :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les

bornes .C'est un réseau sous pression ramifié. La ramification atteint les bornes d'irrigation de chaque exploitation. La distribution se fait à la demande.

Les canalisations se trouvent à l'extrémité des exploitations et des parcelles. Nous éviterons le passage à travers les parcelles pour éliminer tout risque de leur destruction par les engins et matériels agricoles de travail du sol. La borne d'irrigation est commune aux deux techniques d'arrosage utilisées : L'aspersion et le localisé.

La mise sous pression du réseau de distribution se fait grâce à des groupes électropompes ou motopompes à axe horizontal placés à avant notre réservoir d'accumulation et de régulation. Ce dernier est alimenté par refoulement à partir de la pompe immergée installée au niveau du forage.

### **V.8.1 DIMENSION DES CONDUITES DE DISTRIBUTION :**

#### **V.8.1.a Tracé du réseau :**

Une fois le plan de bornage établi, il s'agit de relier le plus économiquement possible les différentes bornes à l'origine du réseau qui est un Réservoir d'accumulation dans notre cas. Le tracé recherché est un réseau ramifié.

La détermination du tracé est effectuée pragmatiquement en s'imposant de suivre les limites des exploitations et les pistes aménagées ou les routes.

#### **V.8.1.b Débit à transiter par le réseau :**

Ayant fixé les conditions de la desserte envisagée (plan de bornage, débits et pressions à délivrer au niveau de chaque borne, modalités d'utilisation des prises) et le tracé du réseau, il faut alors définir les débits à transiter par chaque tronçon. Pour cela il est indispensable de connaître les débits en tête d'exploitation et donc en tête des parcelles

### **V.8.2 Vitesses admissibles :**

La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides). La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

### **V.8.3 Choix du matériau des conduites :**

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et la surtout la disponibilité sur le marché.

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

### V.8.3.a Conduites en fonte :

- Présentent plusieurs avantages :
- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides.

#### Leur inconvénient est :

- Coût relativement important.

### V.8.3.b Conduite en PEHD :

- Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :
- Sont les plus légers et faciles à couper ;
- Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- Disponible sur le marché ;
- Une pose de canalisation facile ;
- Leur coût est relativement faible.

#### Leur inconvénient est :

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

**c)- Conduite en PRV :** Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement. Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, et en fonte dans le cas contraire (> 400mm).

### V.8.4 Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{V_{ad} \times \pi}}$$

- Q : débit exprimé en m<sup>3</sup>/s,
- D : diamètre exprimé en mm;
- V<sub>ad</sub>: vitesse admissible = 1 m/s.

### V.8.5 Estimation des pertes de charge :

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

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

Avec :

- hPu: Pertes de charge unitaire en m/m ;
- L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations ;
- C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière

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

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

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

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD. Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra. L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

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

Où h<sub>1</sub> et h<sub>2</sub> sont les hauteurs de pressions, V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub> sont les vitesses d'écoulement dans A et B et Z<sub>1</sub> et Z<sub>2</sub> sont les cotes du terrain naturel. ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

Notre conduit véhicule des débits égaux à 5l/s , 10l/s , 15l/s , 20l/s , 25l/s, 30l/s ,35l/s,40l/s,45l/s  
Donc on a calculé les diamètres suivant :

**Tableau V-4: catalogue des diamètres normalisés**

Dint	DN	Ep	Ep
------	----	----	----

## Conception du système d'adduction-distribution

		totale	
16	20	4	2
20,4	25	4,6	2,3
26	32	6	3
32,6	40	7,4	3,7
40,8	50	9,2	4,6
51,4	63	11,6	5,8
61,4	75	13,6	6,8
73,6	90	16,4	8,2
90	110	20	10
102,2	125	22,8	11,4
130,8	160	29,2	14,6
160	200	40	20
204,6	250	45,4	22,7
257,8	315	57,2	28,6
327,4	400	72,6	36,3
409	500	91	45,5
515,6	630	114,4	57,2
581	710	129	64,5
654,8	800	145,2	72,6

**Tableau V-5: Calcul des diametre optimale**

Q l/s	Q m3 / s	D	D choisie	V
5	0,005	79,78846	73,6	1,175234398
			<b>90</b>	0,785950336
10	0,01	112,8379	102,2	1,219012972
			<b>130,8</b>	0,744208508
15	0,015	138,1977	130,8	1,116312762
			<b>160</b>	0,746038796
20	0,02	159,5769	160	0,994718394

## Conception du système d'adduction-distribution

25	0,025	178,4124	160	1,243397993
			<b>204,6</b>	0,760394328
30	0,03	195,441	<b>204,6</b>	0,912473193
35	0,035	211,1004	204,6	1,064552059
			<b>257,8</b>	0,670520927
40	0,04	225,6758	204,6	1,216630924
			<b>257,8</b>	0,766309631
45	0,045	239,3654	204,6	1,36870979
			<b>257,8</b>	0,862098335

Et en suivant ce qui précède et en gardant les paramètres hydrauliques dans un intervalle admissible (vitesse :  $0,5 \text{ m/s} < V_{ad} < 1,5 \text{ m/s}$  , pression :  $2 \text{ m} < P < 6 \text{ m}$  ) on a obtenu les diamètres suivants :

**Tableau V-6: Calculs hydrauliques du réseau de distribution.**

	Longueur	Diamètre	Flow	Vitesse
Link ID	m	mm	LPS	m/s
Pipe 31	100	90	5.00	0.79
Pipe 30	100	90	5.00	0.79
Pipe 28	100	90	5.00	0.79
Pipe 19	100	90	5.00	0.79
Pipe 20	100	90	5.00	0.79
Pipe 35	100	90	5.00	0.79
Pipe 36	200	90	5.00	0.79
Pipe 37	100	90	5.00	0.79
Pipe 33	100	90	5.00	0.79
Pipe 27	200	130.8	10.00	0.74
Pipe 34	200	130.8	10.00	0.74

## Conception du système d'adduction-distribution

Pipe 29	100	130.8	10.00	0.74
Pipe 14	100	130.8	10.00	0.74
Pipe 13	200	130.8	10.00	0.74
Pipe 12	150	130.8	10.00	0.74
Pipe 11	76	130.8	10.00	0.74
Pipe 10	200	130.8	10.00	0.74
Pipe 15	100	130.8	10.00	0.74
Pipe 18	100	130.8	10.00	0.74
Pipe 17	200	160	15.00	0.75
Pipe 32	128	160	15.00	0.75
Pipe 9	170	160	20.00	0.99
Pipe 2	80	160	20.00	0.99
Pipe 26	200	205.6	25.00	0.75
Pipe 25	100	205.6	30.00	0.90
Pipe 42	125	257.8	40.00	0.77
Pipe 40	172	257.8	45.00	0.86
Pipe 3	250	257.8	58.15	1.11
Pipe 5	80	257.8	61.55	1.18

**Tableau V-7: Calcul les pression de notre réseau**

	Elevation	La demande	Préssion
Node ID	m	LPS	m
Junc 38	995	5	4.22
Junc 16	995	10	3.87
Junc 30	996	5	4.40
Junc 32	996	5	5.33
Junc 33	996	5	4.40
Junc 39	996	5	4.87
Junc 22	996	5	4.33
Junc 20	996	10	4.69



## Conception du système d'adduction-distribution

Junc 17	997	10	2.92
Junc 21	997	5	4.06
Junc 27	997	5	5.70
Junc 31	997	10	4.69
Junc 34	999	5	2.80

Ce calcul est fait par la base d'utilisation de logiciel **EPANET** de tout notre calcul hydraulique

# Conception du système d'adduction-distribution

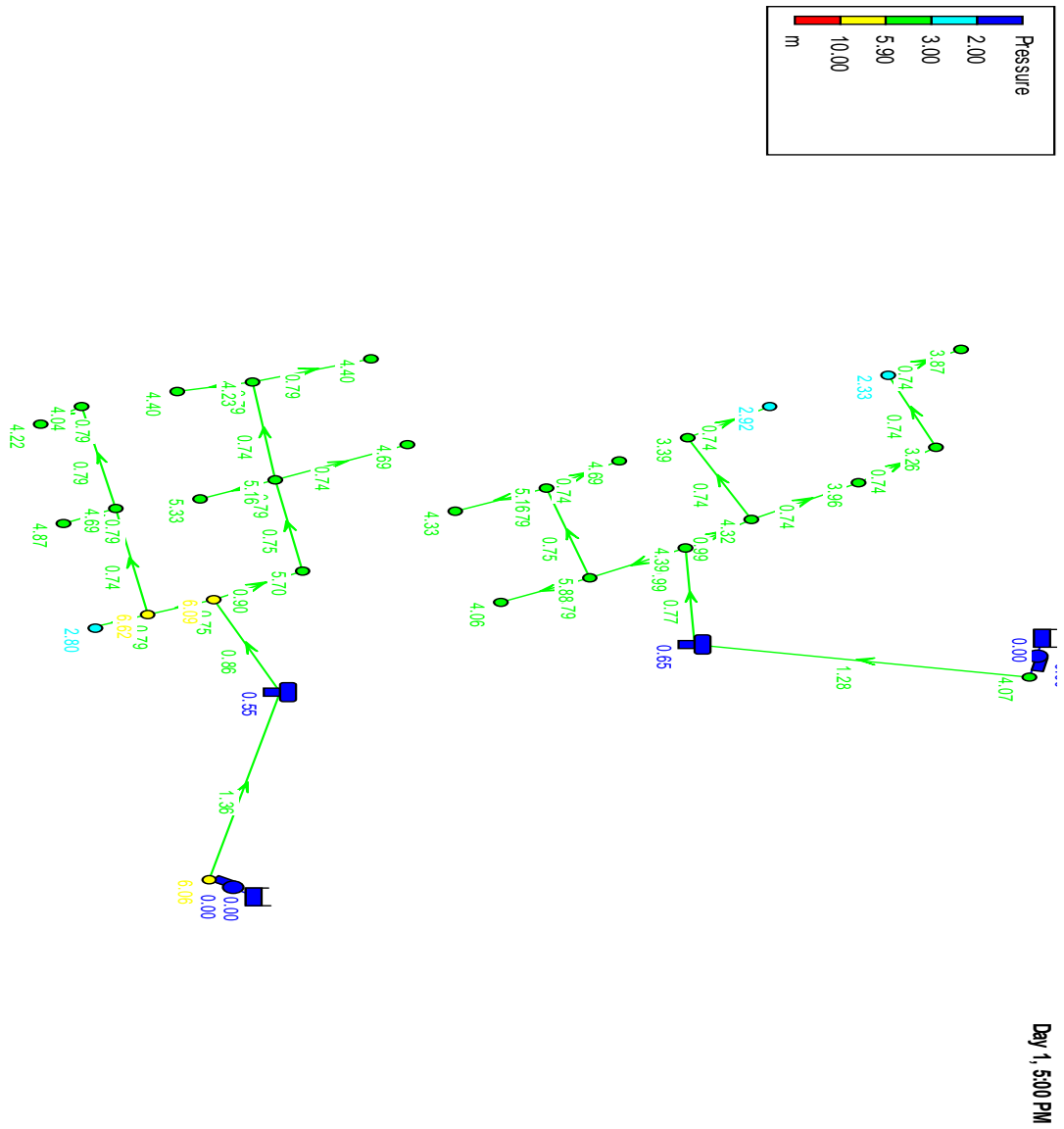


Figure V-5: Résultat des débit (pompe en marche)



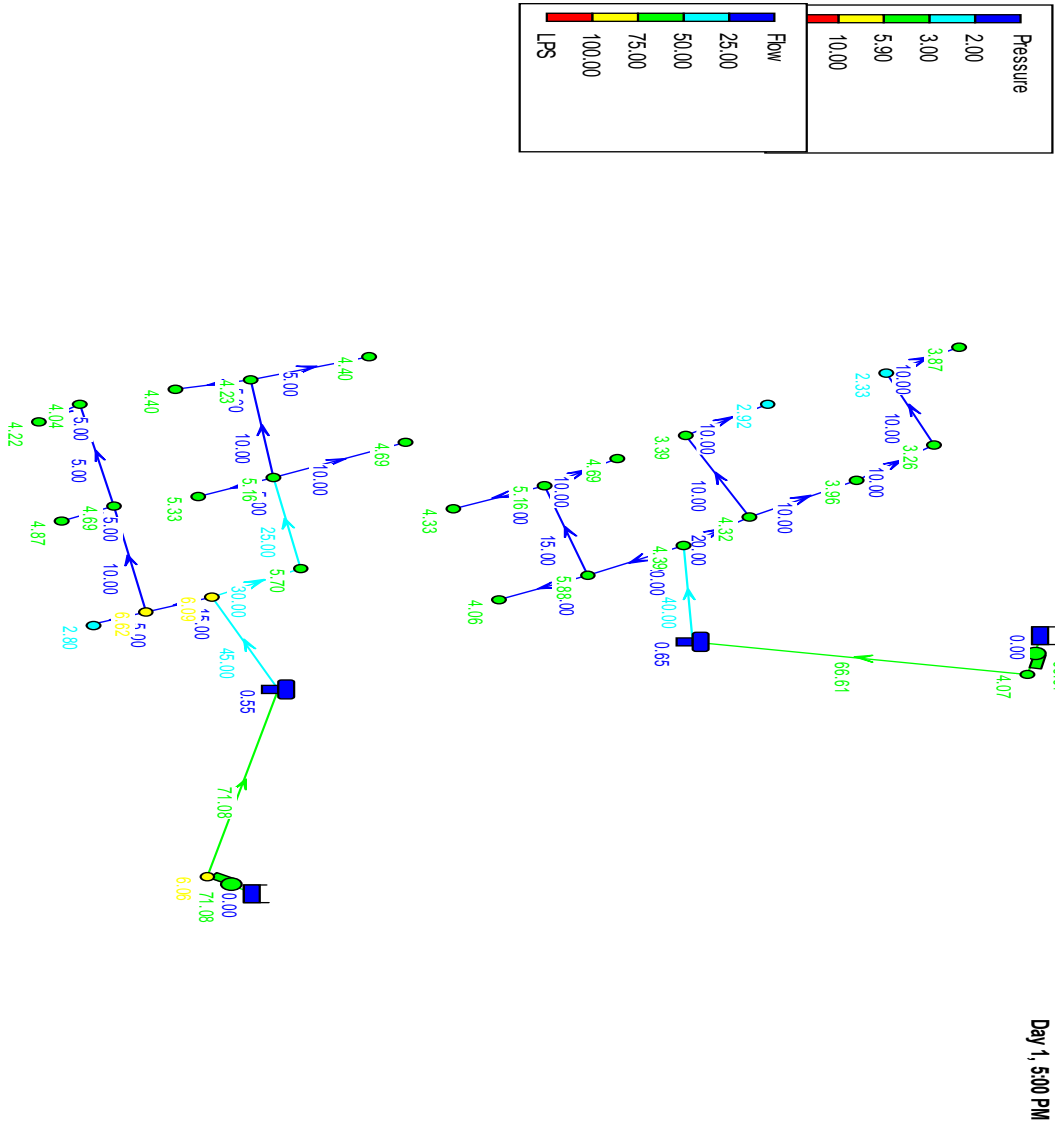


Figure V-7: Résultat des pression et les vitesse (pompe en marche)

## **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et de distribution et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'alimentation ainsi que les calculs hydraulique des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 85 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de refoulement et d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes. et aussi la réalisation de deux réservoir qui vont être à leur tour alimenter par des pompe qui travaille 18 h / jour

Ces pressions sont généralement satisfaisantes, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que le goutte à goutte. et asperseur

## **TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES**

## Chapitre VI: TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

### INTRODUCTION :

Le choix du mode d'irrigation dépend de certains facteurs techniques et sociologiques englobent le type de culture, le type de sol , la structure parcellaire, la topographie et qualité d'eau.

Les facteurs sociologiques incluent la structure des exploitations , les coûts d'investissements , les frais de fonctionnement et d'entretien et les besoins en main d'œuvre

La disponibilité en matériel sur marché national est un autre facteur important en ce qui concerne le choix de la méthode d'irrigation.

### VI.1 Différentes techniques d'arrosages :

Suivant la manière dont l'eau est amenée sur le terrain et distribuée , on distingue habituellement trois grands modes d'arrosage :

- **Irrigation gravitaire** ou l'on fait couler l'eau , par gravité sur la parcelle dans laquelle elle s'infiltré ,ou bien l'on amène l'eau dans des bassins submergés ou se font les cultures.
- **Irrigation par aspersion** dans laquelle l'eau est envoyée sur la parcelle par des asperseurs sous forme d'une pluie artificielle.
- **Irrigation localisées ou micro irrigation** appelée aussi irrigation goutte a goutte ou l'eau est distribuée par de nombreux goutteurs ayant chacun un débit très faible mais fonctionnant longtemps

### VI.2 Mode d'arrosage :

#### VI.2.1 V.1.1.1 L'irrigation gravitaire :

regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution 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 assurées grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité)

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration (Robert Tiercelin, 1998).

- **L'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 le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.
- **L'arrosage par infiltration (à la raie)** : C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.
- **L'arrosage par submersion** : Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre une réserve d'eau indispensable au développement des cultures.

## **VI.2.2 Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :**

### **VI.2.2.a Avantages :**

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie faibles ou nul.
- Insensible au vent.
- Bonne adaptation aux eaux usées.
- Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

### **VI.2.2.b Inconvénients :**

- Perte importantes d'eau.
- Temps d'irrigation important.
- Nécessité de nivellement du terrain.



- Main d'œuvre importante.

### **VI.2.3 L'irrigation par aspersion :**

L'irrigation par aspersion projette l'eau et tombe à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes. C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou de buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fines gouttes à la surface du sol.

### **VI.2.4 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :**

#### **VI.2.4.a Avantage :**

- Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation
- Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie
- elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation
- elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée
- Elle met à la disposition des exploitations des conditions d'arrosage très souples
- Possibilité d'automatisation
- Bonne adaptation à tous les types de sol.

#### **VI.2.4.b Inconvénients :**

- Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication ;

- Elle favorisait l'évaporation et le développement des mauvaises herbes
- L'eau donnée en pluie passe le sol et provoque la formation d'une croute superficielle.

### **VI.2.5 Différentes installations à la parcelle :**

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

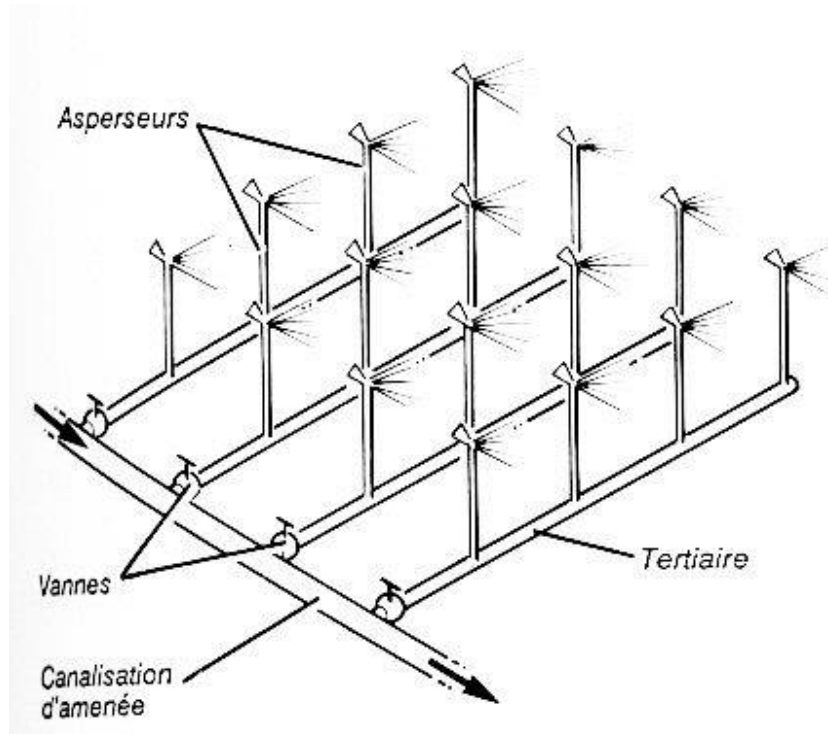
- L'installation totalement fixe,
- L'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixe, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixes de façon permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

### **VI.2.6 Couverture totale et couverture intégrale :**

Dans la couverture totale, qui est le dispositif le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés.

Dans le cas d'une couverture totale la parcelle à arroser est entièrement couverte par des conduites et des arroseurs à poste fixe, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.



**Figure VI-1: Irrigation par aspersion**

### VI.2.7 Irrigation localisée :

La micro irrigation ou « irrigation localisé », appelée aussi goutte à goutte consiste à distribuer par un réseau de canalisations sous faible pression, apportant l'eau à un voisinage immédiat des plantes cultivées.

pratiquée pendant longtemps dans les jardins sous la forme de rampes perforées. Elle a commencé à être développée en agriculture, au début des années 60. Comme on se contente d'humecter la motte entourant chaque groupe de racines, cette méthode peut permettre de réduire la consommation d'eau de 20% (en moyenne) à 40% (au mieux) par rapport à l'aspersion. Le réseau très dense de tuyaux doit être alimenté en eau sous pression, d'où la nécessité de disposer d'une source d'énergie extérieure pas trop onéreuse. Les sols sont bien respectés. Comme l'eau n'atteint pas les feuilles, on peut y dissoudre des engrais solubles. La méthode s'adapte bien à l'arboriculture fruitière, à l'arrosage des plantes dont les pieds sont bien individualisés et suffisamment écartés, à la petite et moyenne horticulture, aux cultures sous serre. Elle est, en général, inutilisable en grande culture du fait de la densité de distribution nécessaire et de la gêne aux opérations culturales.

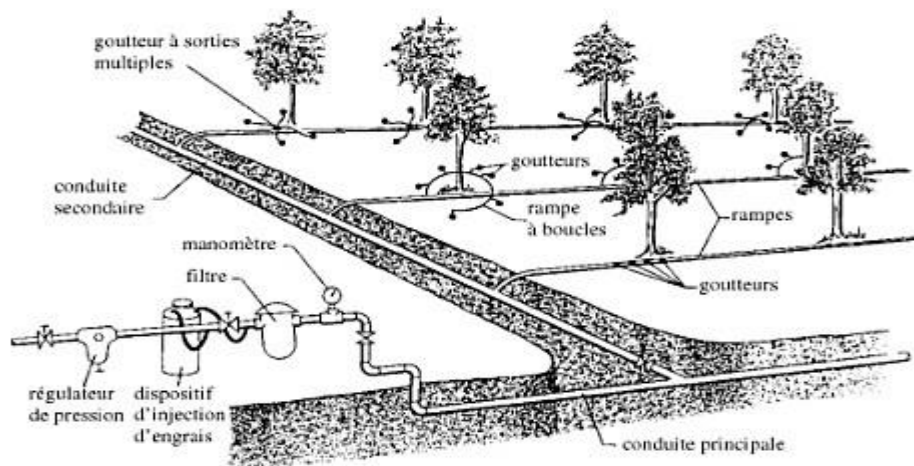
**VI.2.8 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte :**

**VI.2.8.a Avantage :**

- Économie d'eau très importante
- Économie de main d'œuvres (système fixe)
- Le non sensibilité aux vents forts
- Elle permet un dosage régulier en engrais.
- L'humidité au voisinage des racines reste élevés

**VI.2.8.b Inconvénients :**

- Risque d'obstruction goutteurs
- Risque de salinisation
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée
- Coût élevé



**Figure VI-2: Irrigation goutte a goutte**

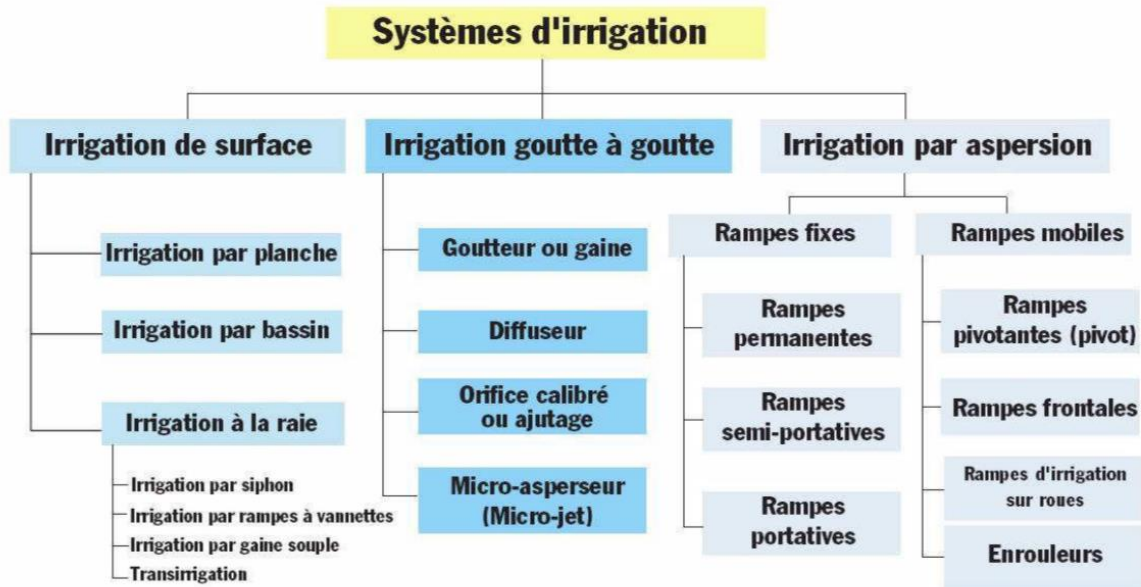


Figure VI-3: Systèmes d'irrigation. (AQUAG à Marrakech).

### VI.3 Contraintes intervenant dans le choix de la technique d'irrigation :

Le choix de la technique d'irrigation parmi celles citées précédemment se fait sur la base de l'analyse des différents modes d'irrigation et leur adaptation à certaines contraintes naturelles, agronomiques, techniques et socio-économiques. Le choix de la technique d'arrosage dépend notamment des caractéristiques du terrain à équiper (topographie, pédologie, géologie) des critères d'efficacité (tant en termes agronomiques que du point de vue de la gestion de la ressource en eau) et de critères socio-économiques (cout de main-d'œuvre, investissements initiaux, frais d'exploitation et d'entretien, degré de technicité, confort d'utilisation, risques d'extension de maladies hydrique, etc.)

- **Topographie** : Alors que les systèmes d'irrigation sous pression ( aspersion et irrigation localisée ) s'accommodent de pratiquement tous les terrains, quelle que soit leur topographie ou leur conductivité hydraulique, une topographie mouvementée constitue un inconvénient majeur pour une irrigation gravitaire en raison des aménagements importants qui sont alors nécessaires, tant au niveau des parcelles que pour la réalisation du réseau d'amenée.
- **Efficience** : Définie par le rapport des volumes d'eau effectivement utilisés par les plantes aux volumes d'eau délivrés en tête de réseau d'irrigation exprime la qualité de la gestion de la ressource hydrique .des pertes en eau peuvent en

effet se produire tant au niveau de la distribution à la parcelle que dans le réseau d'amenée.

- **Les systèmes gravitaires** sont les moins performants, puisque des pertes; par fois importantes peuvent survenir tant par infiltration à travers le fond et les berges des canaux, que par excès de ruissellement superficiel et par percolation profonde lors de l'arrosage, ou par évacuation des débits en excédent par les ouvrages de décharge.
  - Efficience est autant plus faible que les sols perméables avec des valeurs indicatives se situant généralement entre 40% (sols sableux) et de 60% à 70%(sols à granulométrie étalée). Pratiquement, l'efficience réelle des réseaux gravitaires est fréquemment bien en-dessous de ces valeurs.
  - Lorsque le transport de l'eau s'effectue par des conduites en charge, les pertes se limitent à de possibles fuites ou ruptures de canalisations et à leur vidange. En aspersion, des pertes par évaporation directe sont inévitables, mais la distribution de l'eau s'effectue de manière plus efficace qu'en irrigation gravitaires, si bien que l'efficience atteint généralement des valeurs comprises entre 65% à 85 %.
  - En irrigation localisée, les pertes par évaporation directe sont réduites et les pertes par ruissellement superficiel ou percolation profonde négligeables des valeurs comprises entre 85% et 95 %

**Stress hydraulique** : L'irrigation localisée présente de maintenir l'humidité du sol à une valeur optimale (contrairement aux techniques traditionnelles qui voient la teneur en eau diminuer notablement entre chaque arrosage), si bien que les plantes ne subissent aucun stress hydraulique et peuvent consacrer toutes leurs ressources à leur croissance.

**Aspects économiques** : L'irrigation gravitaires, qui implique la réalisation de travaux importants, s'avère très favorable lorsque le coût de la main d'œuvre est modéré selon le mode de fonctionnement retenu (distribution à la demande Par rotation ) , la

régulation des débits peut faire appel à des équipement automatiques sophistiqués et coûteuse ou, au contraire, être assurée par personnel nombreux.

Dans le cas des systèmes d'aspersion ou d'irrigation localisée, le coût des installations est important. Les frais d'exploitation peuvent être élevés lorsque la mise en pression s'effectue par pompage ; en irrigation localisée les pression de service (fréquemment entre 100 et 300 KPa ) sont toutefois souvent notablement plus faibles qu'en aspersion de ( 100 à 800 KPa ) ou lorsque des équipements mobiles , nécessitant beaucoup de main-d'œuvre. Sont utilisés.

D'autres éléments, plus spécifiques, peuvent également jouer un rôle important :

**En irrigation gravitaire :** l'emprise du réseau lui-même et des infrastructures associées (colatures, etc.)

**Dans le cas de l'aspersion :** la possibilité de lutte contre le gel, une forte sensibilité au vent, des dommages possibles aux plantes à feuillage délicat, le développement éventuel de maladies sur certaines cultures.

**En irrigation localisée :** le risque d'obstruction des équipements de distribution caractérisés par de très faibles diamètres ( d'où la nécessité d'une filtration préalable de l'eau), la possibilité d'adjonction de fertilisants ou de produits phytosanitaires à l'eau d'arrosage et une sensibilité réduite à l'utilisation d'eau salée( le taux d'humidité constamment élevé occasionne des concentrations plus faibles et les sels sont entraînés vers périphérie des zones humectées ).

En outre, comme seule la fraction du sol située au voisinage immédiat de la plante est arrosée dans les zones situées entre les rangs des cultures espacées restent sèches, ce qui limite le développement des mauvaises herbes et permet l'accès aux champs même en période d'irrigation.

**VI.3.1 Choix de la technique d'arrosage :**

**Tableau VI-1:Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.**

Contraintes	Irrigation gravitaire	Irrigation par Aspersions	Irrigation Localisée
Évaporation	+	++	+++
Vent	+++	+	+++
Texture	++	++	+++
Perméabilité	++	+++	+++
Pente	+	++	+++
Qualité d'eau	++	++	+
Cultures :			
• Maraichage	+++	+++	+++
• Céréales	X	+++	X
• Arbres	+++	X	+++
Contraintes économiques:	X	++	+++



<ul style="list-style-type: none"> <li>• économie d'eau</li> </ul>			
--	--	--	--

**Conclusion :**

En vue des conditions climatiques de la zone d'étude, le type de substrat et des préférences écologiques (intervalles écologiques des cultures disponibles, et les quantités d'eau disponible) et compte tenu des critères détaillés dans le tableau précédent, on opte pour le système d'irrigation par goutte à goutte, ce systèmes présentent la meilleure efficience en eau, indispensable dans une zone aride (wilaya el bayadh) et permettent de meilleurs rendements des cultures.

## **DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE**

## Chapitre VII: DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

### INTRODUCTION

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par un réseau goutte à goutte et asperseur, en considérant les différents paramètres pour atteindre des rendements optimaux en économisant de l'eau, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment.

- Pour ce projet, nous avons choisi pomme de terre comme culture pour dimensionner le réseau aspersion.

### VII.1 Équipement a la parcelle :

#### VII.1.1 Cultures maraichères irriguées par aspersion :

##### VII.1.1.a Choix du dispositif et du type d'équipement :

Pour l'équipement à la parcelle ; le dispositif carré à petits écartements (12x12), est le mieux indiqué pour le maraîchage dans des zones à vents forts et fréquents. L'équipement classique en couverture partielle en rampes rigides avec poste d'attente, est utilisé.

##### VII.1.1.b Dose et fréquence d'arrosage :

La dn maximale sera égale au produit de la RFU (en mm/cm) par la profondeur racinaire (en cm) : **dn = 20 mm**. La dose brute db est donc égale à **25 mm**.

La fréquence d'arrosage sera calculée pour une culture équivalente qui tient compte de la dispersion, de la superficie des sols des cultures maraichères et de la proportion relative de la surface occupée par les cultures Céréales.

Les besoins bruts de ces spéculations sont de 2,62 mm/j (soit 79 mm/mois) au mois de pointe (juin). La fréquence est donc égale à :  $f = 79 / 25 = 4$ .

Nous prenons 04 irrigations par mois soit un intervalle entre arrosage de : 8 jours avec une durée journalière maximale d'utilisation de la prise de 16 heures, de jour uniquement.

**VII.1.1.c Caractéristiques de l'asperseur :**

**VII.1.1.c.a Calculs préliminaires :**

Pour une durée quotidienne d'arrosage de 16 h/j pendant le mois de pointe, un intervalle entre arrosages de 8 jours, et 02 interventions journalières.

- Le nombre de postes nécessaires pour l'arrosage complet de la parcelle irriguée par aspersion :  $N = 8 \times 2 = 16$
- La superficie théorique du poste  $s = S / N = 0,1875$  ha
- La durée théorique du poste :  $t = T / 2 = 8$  heures.
- Pluviométrie théorique d'arrosage en mm/h:  $Pu = db/t = 3,125$  mm/h.
- Nombre d'asperseurs en service pour chaque poste  $a = s / E^2 \cdot 10^{-4} = 13$ .
- Débit en tête de parcelle :  $Qp = 10 Pu s. = 5,85$  m<sup>3</sup>/h = 1,625 l/s.
- Caractéristiques de l'asperseur :

$$\text{Débit : } q = Pu E^2 \cdot 10^{-3} = 450 \text{ l/h} = 0,125 \text{ l/s}$$

**VII.1.1.c.b Formules utilisées :**

La parcelle des cultures maraîchères irriguée par aspersion a diverses formes de différentes dimensions. Nous donnons dans ce qui suit uniquement la méthode de calcul des différents éléments indispensables à l'équipement à la parcelle.

- ❖ Nombre de positions de rampes

$$n = L/6$$

- ❖ Longueur canalisation d'approche

$$Lc = 6 (n - 1)$$

- ❖ Nombre asperseurs par rampe

$$a = (l/2 - 6) / 12$$

- ❖ Longueur de la rampe

$$Lr = 12 (a - 1) + 6$$

- ❖ Nombre de rampes par poste

$$Nr = n / N$$

- ❖ Nombre asperseurs par poste

$$Nd = a \times Nr$$

**VII.1.2 Définition de l'installation :**

Le dimensionnement à la parcelle irriguée par aspersion se fera pour les formes rectangulaires les plus répandues.

**VII.2 Palmiers dattiers irrigues au goutte à goutte :**

**VII.2.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :**

**VII.2.1.a Influence du taux de couverture du sol :**

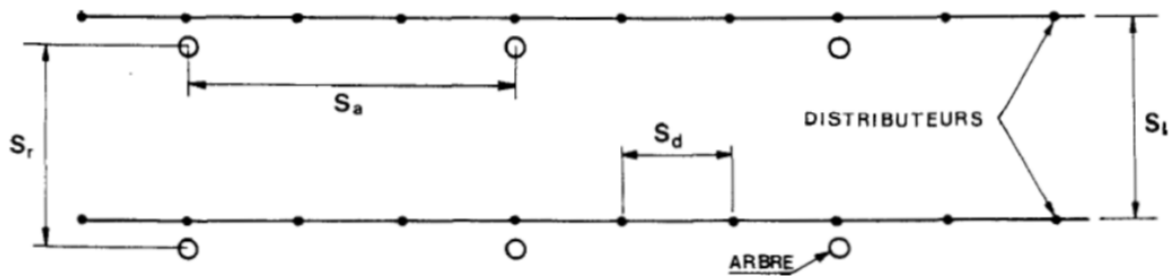
En micro-irrigation, les apports d'eau étant localises sur une portion très faible de la surface du sol. On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction «  $K_r$  » dépend du taux de couverture du sol ( $C_s=60\%$ ) pour les plantes adultes.

- $K_r$  peut être calcule´ par la formule proposée suivantes.
- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale a` 60% (pour les arbres adultes) donc : On prendra un coefficient  $K_r = 0.80$

$$B_{jl} = B_j \times K_r$$



**Figure VII-1:irrigation localisé**

$$P\% = \frac{n.Spd.Sh}{Sa.Sr}$$

Avec :

- P : Volume du sol humidifié ;
- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre = 1
- S<sub>pd</sub>: Distance entre deux points de distribution voisins du mémé arbre =(0,8m)
- S<sub>h</sub>: Largeur de la bande humidifiée = 1m Arbuste ;
- S<sub>r</sub>: Écartement entre rangs des plants (0,8m) ;
- S<sub>a</sub>: espacement des arbres sur les rangs (1m).

### **VII.3 Palmiers dattiers irrigues au goutte a goutte.**

#### **VII.3.1 Durée d'arrosage journalière T**

Un réseau économique est dimensionné pour une durée d'utilisation de la borne élevée. Dans ce cas, une durée maximale durant le mois de pointe (juillet) de 22 heures par jour est à retenir.

#### **VII.3.2 Dose et fréquence d'arrosage.**

##### **VII.3.2.a Dose nette maximale d'arrosage.**

Avec un objectif d'humidifier au minimum le tiers de l'ensemble de la zone racinaire potentielle (P = 0,33), dont la profondeur est de l'ordre de 1,2 m et des espacements des palmiers dattiers de 9x9 m, la dose nette maximale d'arrosage est égale à **10 mm**.

##### **VII.3.3 Fréquence d'arrosage.**

Durant les périodes à forte évapotranspiration, les arrosages doivent être rapprochés pour que la tension de l'eau dans le sol reste peu élevée. Le tableau suivant donne la fréquence d'arrosage en fonction de la texture du sol et du climat.

**Tableau VII-1:Fréquence des arrosages en fonction du sol et du climat**

Climat	Sol très grossier sans capacité de rétention	Sableux léger	Limons plus lourds et sols argileux
Chaud et sec (ET élevée)	Irrigations par gorgées pendant le jour ou une seule fois par jour en période de consommation maximale	1 fois/jour ou 2 jours s'il y a du limon ou de l'argile dans le sol	<b>1 fois / 2 ou 3 jours dans les sols lourds où l'aération est mauvaise</b>
Modéré	Idem	1 fois / 2 ou 3 jours	1 fois / 3 ou 4 jours
Frais (ET basse)	Idem	1 fois / 3 à 4 jours (2 fois/semaine) à condition d'avoir une capacité de rétention.	1 fois / 6 à 8 jours (1 fois par semaine)

*Source FAO  
1983*

En se référant aux indications du tableau et sachant que la zone est située sous climat chaud et sec et que les sols sont légers avec une proportion appréciable d'éléments fins (argile et limon fin), la fréquence d'arrosage doit être d'une fois tous les 2 jours. Les palmiers dattiers à enracinement profond sont toutefois moins affectés par un espacement des arrosages. Une fréquence d'arrosage d'une fois tous les deux jours sera adoptée, ce qui aura pour conséquence un enracinement plus profond et une meilleure aération.

#### **VII.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):**

L'intervalle entre deux d'arrosage (tour d'eau) est donné par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose pratique}}{Bjl}$$

### VII.5 Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose pratique :  $Dp = Fr \times Bjl =$

$$Db = \frac{112,64}{Ef \times Cu}$$

Avec :

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

### VII.6 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{Dbr \times Sa \times Sr}{n \times Qg} = 110,4h$$

Avec :

- Sr et Sd espacement entre rang et distributeur,
- n et Qg nombre et débit du goutteur.

### VII .2.4. Durée d'arrosage journalier :

$$DJ = \frac{110,4}{11} = 10 \text{ h/jours}$$

### VII.7 Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :  $N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{durée d'arrosage journalier}} = 1$

### VII.8 Surface du poste :

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{nombre de poste}} = \frac{5ha}{1} = 5ha$$

Les BBI de pointe des arbres fruitiers (tableau N° 09) sont de 6,50 mm/jour soit un volume par palmier de 6,50 l/m<sup>2</sup>/jour. Les espacements étant de (9 x 9), les BBI par palmier seraient donc de **526 litres/palmier/jour**.

La fréquence minimale ou espacement maximal entre arrosages sera déterminée par l'expression suivante : **fmin = db/ BBI = 11,11 / 6,50 = 1,70 jours** .Cela veut dire que la réserve hydrique des sols permet d'aller jusqu'à une fréquence d'une fois tous les 2 jours.



Pratiquement, l'espacement entre arrosages ne doit pas dépasser la valeur de  $f_{min}$ . **On prend : 01 arrosage tous les 02 jours.**

### VII.8.1 Nombre de distributeurs par palmier.

Le débit du groupe de distributeurs par palmier en période de pointe et pour une durée quotidienne d'arrosage de 22 h/j et une fréquence d'arrosage d'une fois tous les deux jours est de :  $526 \times 2 / 11.11 = 94 \text{ l/h}$ .

**Nous prendrons deux Distributeurs de 50 l/h chacun par palmier.**

### VII.9 Calculs hydrauliques :

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

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

La variation maximale de la pression :

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

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H}$$

Avec :  $q(g)$  : débit nominal du goutteur  $\Delta H(\max) = 1/0.5 = 2 \text{ mce}$ .

Donc selon la règle de Christiansen 10%  $\Delta H$  singulières = 0.2 m

- Le reste 1.8  $\Delta H$  linéaire = 1.8 m ;
- Donc pour les rampes =  $2/3 \times 1.8 = 1.2 \text{ m}$  ;
- Pour le porte rampe =  $1/3 \times 1.8 = 0.6 \text{ m}$ .

### VII.9.1 Dimensionnement des canalisations du réseau :

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

- **Les rampes**

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

- **Porte-lampes**

C'est la conduite qui alimente les rampes, ils sont généralement en polyéthylène (PEHD). Le diamètre des rampes ainsi que du porte-rampe est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing_{r(cal)} = \left[ \frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

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

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe ;
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h ;
- L(r) : la longueur de la rampe en m ;
- Ør (cal) : les diamètres de rampes ;
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

### VII.9.2 Calcul du diamètre de la conduite tertiaire :

Pour calculer les diamètres on doit fixer la vitesse d'écoulements (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

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

Avec :

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

- V : vitesse d'écoulement (m/s).

**VII.10 Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution :**

**Tableau VII-2:Récapitulatif des calculs hydraulique**

<b>Conduites</b>	<b>La rampe</b>	<b>Porte rampe</b>	<b>C. tertiaire</b>
<b>Diamètre(m)</b>	20	2*75mm	75 mm
<b>Débit (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,00012 m <sup>3</sup> /s	0,021m <sup>3</sup> /s	0,021m <sup>3</sup> /s
<b>Prêts de charge(m)</b>	1,1 m	0,27m	0,12 m

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

$$P(m) = 10+1,1+0,21+0,12= 11.43 m$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.3 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte a` goutte dans cette parcelle.

**Conclusion :**

## DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation a la parcelle,. Dans notre cas, nous avons choisi d'irriguer les culture par les systèmes du goutte à goutte et asperseur

Pour l'irrigation localisée, on doit tenir en compte les facteurs agronomiques et hydrauliques afin d'aboutir a` un bon dimensionnement

## **CONCLUSION GENERAL**

## **Conclusion général:**

Dans ce mémoire nous avons abordé aménagement hydro-agricole de notre périmètre de Djorf commune de Laboid sidi Chikh Wilaya de El Bayadh de superficie 85 Ha qui a effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

L'étude climatique nous a indiqué que la région jouit d'une région est soumise à un régime du climat Désertique nécessite une irrigation indispensable. En ce qui concerne la pédologie, elle convient à des cultures tolérante du sel, l'irrigation de notre périmètre est assuré 2 Forage en parallèle d'un débit de chaque forage qui variée de 51l/s a 60 l/s .

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'in doit prendre pour calcul. et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisé a une salinité forte suivent les facteurs qui caractérisant la région nous avons choisi les cultures Adaptée

Après le choix des cultures nous avons déterminé les besoins en eau totaux du périmètre ainsi de chaque ilots pour permettre de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution.

Pour l'alimentation du périmètre à partir des forage l'installation d'une station de pompage et d'un réservoir sont indispensables pour assurer une pression acceptable au niveau de chaque borne d'irrigation qui va alimenter les parcelles en installant des techniques d'arrosage modernes tel que le goutte à goutte et asperseur .

Culture	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Olivier	0,81	0,73	0,5	0,5	0,5	0,59	0,74	0,89	0,95	0,95	0,95	0,89
Abricotier	0,5	0,55	0,55	0,7	0,75	0,8	0,82	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
amandier	0,92	0,8	0,4	0,4	0,45	0,5	0,65	0,75	0,87	0,95	0,95	0,95
pêcher	0,78	0,7	0,5	0,5	0,53	0,68	0,83	0,95	0,95	0,95	0,91	0,84
piment	/	0,3	0,6	0,95	0,85	0,8	/	/	/	/	/	/
pastèque	/	/	/	0,4	0,7	0,95	0,8	/	/	/	/	/
tomate	0,8	1	1,1	1,1	0,8	0,6	/	/	/	/	/	/
Figuier	/	/	/	0,3	0,41	0,6	0,62	0,41	0,82	/	/	/
Pommier	0,31	0,28	0,41	0,5	0,72	0,8	1,03	0,83	0,5	0,46	0,4	0,38
Raisin	0,6	0,7	0,9	0,67	0,6	0,55	0,35	0,4	0,45			
Tabac					0,4	0,8	1	0,85				
Tournesol					0,4	0,8	1,05	0,45				
oranger	0,83	0,78	0,5	0,5	0,5	0,59	0,74	0,89	0,95	0,95	0,95	0,95
Hricot			0,35	0,68	1,16	1,06						
chou vert .	0,83	1,02	1									0,7
Blé avoine	0,86	0,93	1	1,04	0,87	0,37				0,7	0,71	0,78
Tomate de saison					0,6	0,66	0,96	1,04	0,91	0,71		
Pomme de terre de saison			0,5	0,85	1,04	0,89						

Pomme de terre d'été.					0,5 1	0,8 8	1,0 5	0,93	0,68			
Fève de saison		0,4	0,6 4	1,0 6	0,9	0,3 9						
l'Orge vert.	0,67	1,0 5	1	0,4 6								0,3
Maïs fourrager.				0,3	0,5 5	1,0 3	1	0,52				
Blé	0,9	1	1,0 5	0,8 5	0,6	0,3 5					0,4	0,6 5
l'Orge grain.	0,9	0,9	0,9	0,8 5	0,6	0,3 5					0,4	0,6 5
luzerne	0,9	0,9 5	1,0 5	1,0 5	1,1 5	1,2 5	0,8	0,8	0,65	0,65	0,7	0,8
Ail+oignon	0,95	0,7								0,5	0,7 5	0,9 5
chou									0,5	0,7	0,9 5	0,8
courgette						0,5	0,7 5	0,85	0,85			
betterave	0,7	0,8	0,9 5	0,6							0,4	0,5
l'Oignon vers	0,95	0,7								0,6	0,7 5	0,9 5
petits pois	0,8	1	0,9 5	0,5								0,4 5
Ail					1	1,0 5	1,0 5	1,05				

Annexe 1: Coefficient Culturel Kc



## Coefficients cultureux pour divers stades de croissance

	Stade de Croissance			
	Initial	Développement	Mi-saison	Tardif
Agrume	0.75	0.75	0.75	0.75
Arachide	0.40	0.78	1.15	0.60
Banane	1.00	1.00	1.00	1.00
Betterave sucrière	0.35	0.78	1.20	0.70
Blé	0.40	0.78	1.15	0.30
Cacao	1.00	1.00	1.00	1.00
Café	1.00	1.00	1.00	1.00
Canne à sucre	1.00	1.00	1.00	1.00
Caoutchouc	1.00	1.00	1.00	1.00
Coton	0.35	0.78	1.20	0.60
Colza	0.35	0.73	1.10	0.35
Cultures oléagineuses	0.35	0.75	1.15	0.35
Fibres textiles	0.35	0.68	1.00	0.60
Fourrage	0.40	0.70	1.00	0.90
Fruit	0.75	0.75	0.75	0.75
Légumes	0.60	0.85	1.10	0.90
Légumes secs	0.40	0.78	1.15	0.55
Maïs	0.30	0.75	1.20	0.60
Manioc	0.60	0.85	1.10	0.90
Millet	0.30	0.65	1.00	0.30
Noix de coco	1.00	1.00	1.00	1.00
Orge	0.30	0.73	1.15	0.25
Palme	1.00	1.00	1.00	1.00
Patate douce	1.00	1.00	1.00	1.00
Plantain	1.00	1.00	1.00	1.00
Pomme de terre	0.50	0.83	1.15	0.75
Riz	1.20	1.15	1.10	0.80
Sésame	0.35	0.73	1.10	0.25
Soja	0.40	0.78	1.15	0.50
Sorgho	0.30	0.70	1.10	0.55
Tabac	0.50	0.85	1.20	0.80
Thé	1.05	1.05	1.05	1.05
Autres racines	1.00	1.00	1.00	1.00
Autres céréales	1.00	1.00	1.00	1.00
Tournesol	0.35	0.73	1.10	0.35

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm
	A la rétention Hcc	Du flétrissement H <sub>PF</sub>	Disponible (H <sub>CC</sub> - H <sub>PF</sub> )	
Sableuse	9 (6 à 12)	4 (2 à 6)	5 (4 à 6)	85 (70 à 100)
Sablo-limoneuse	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)

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

## Annexe 2: Humidité a la capacité au champ et flétrissement

**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>r</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, S <sub>d</sub> 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	59	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 3: Guide d'estimation du pourcentage du sol (P%)

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 4: Valeurs minimales et maximale de Z**

1. **ANRH elbaydh**Caractéristique physicochimique de l'eau
2. **Doorenbos et puill, (1976)**. Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures. Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.
3. **FAO N°24**. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975 (A C\* E F).
4. **FAO**. Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).
5. Détection des œufs d'helminthes, AbwasserWasserwirtschaftWassertechnik, 16 ; 198-201 (1966).
6. **Ollier ch.et Poirée m.** (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.
7. **Gobat et al ,1998**. Gobat, J.M., &Matthey , W.1998.Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols.
8. **ONM Adrar**. les données climatiques.
9. **Paul Audoye,Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat**. Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Lavoisier paris, 2007.
10. **Dubost d.** 1992- aridité, agriculture et développement : le cas des oasis algériennes in sècheresse no 2. Vol. 3.
11. **Tiercelin,1998**. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
12. **Touibia, B,(2004)**. Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
13. **EXTRAIT**-du-livre-Gestion-durable-de-la-terre---Efficience-de-l-utilisation-de-l-eau.
14. **Perrier A** (1975) Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelles. In Annales agronomiques. 26 (1). 1-18.
15. **L.Rieul**: 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.