



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME :**

**ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU  
PERIMETRE DE FENOUGHIL (SECTION A DE 400 HA)  
W. ADRAR A PARTIR DU FORAGE**

**Présenté par :**

**M. BENZITA Oussama**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M. MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M. YAHIAOUI Samir	MAA	Examineur
Mme. SAIL Nadhira	MAA	Examinatrice
Mme. AZIEZ Ouahiba	MCB	Promotrice

**Session Septembre 2020**

# Dédicace

*Du fond du cœur, et en signe d'amour et de gratitude, je dédie cet humble travail à :*

## ***A mes chers parents :***

*H'mida et Messaouda, pour leur soutien, leur patience, leur amour et pour leurs prières. Que Dieu le Tout-Puissant vous préserve et vous bénisse avec santé et bonheur et puisse-t-il me donner la force de vous rendre toujours fier et d'être tout ce que vous avez toujours souhaité que je sois.*

## ***A mes chers frères et sœurs :***

*M'hammed, Asma, Mustapha, Hasna, Abdelhadi et Hicham. Qu'ils soient toujours à mes côtés et aient tout ce qu'ils méritent.*

## ***A la mémoire de ma grand-mère :***

*Morsli Oum Essaad, puisse ton âme reposer en paix.*

## ***A mes enseignants de prépa :***

*Monsieur Maliki Fouaad et Monsieur Houbad Mekki qui sans je n'aurais jamais pu me rendre à l'ENSH.*

## ***A mes amis :***

*Ayyoub, Selmane, Abdelmounaam, O.Moh , Omar, Moha, Houssam, Abdelkader, Slimane, Khaled, Meziane, Faycal, Mohand, Newfel, Tarek, Abdelouahab, A.Moh, Sabrine, Ayoub, Thabet, Rafik, Massi, pour les grands moments que nous avons passés ensemble.*

## ***A Ma meilleure :***

*Samia, Pour qui sans elle, rien de tout cela n'aurait été possible. Merci pour votre soutien inconditionnel.*

*BENZITA Oussama*

# Remerciement

*En premier lieu, j'exprime ma gratitude et pour **Dieu** le Tout-Puissant pour sa grâce et ses innombrables bénédictions qui sans, nous ne pourrions jamais être où que nous soyons dans la vie.*

*Mes plus sincères remerciements pour ma promotrice **Mme Aziez Ouahiba** pour son aide, ses orientations et pour tout ce qu'elle m'a appris au cours de ce travail et tout au long de mon parcours.*

*Un grand merci à **M. Benkaci Tarek** et à **M. Ammari Abdelhadi** pour leurs orientations et pour leur patience avec mes questions et demandes de renseignements.*

*Remerciement spécial à **M. Attoumi Massinissa**, ingénieur diplômé de l'ENSH, qui m'a énormément aidé à réaliser ce travail et qui a montré le vrai sens d'engagement des membres de la famille de notre école et leur quête à la contribution dans la recherche et la formation de leur confrère hydrauliciens.*

*Pour tous mes professeurs et enseignants, je serai à jamais endetté à vous et rien ne pourra vous rembourser.*

*À tous ceux qui ont croisé mon chemin, votre aide et votre soutien ne seront jamais oubliés.*

*MERCI.*

*BENZITA Oussama*

## ملخص :

يندرج الهدف من هذه المذكرة ضمن سياسات تسيير المساحات الزراعية المسقية، وتحديد أبعاد شبكة توزيع المياه لمنطقة "فونوغيل" الممتد على مساحة 400 هكتار، الواقعة بولاية أدرار وهذا عن طريق انجاز تحليل لخصائص المنطقة المدروسة على غرار خصائص المناخ، التربة والارض، و الموارد المائية المتاحة.

الغرض من الدراسة هو المساهمة في تحقيق الاكتفاء الذاتي الزراعي للمنطقة، وذلك عن طريق الرفع من المردود الفلاحي باستعمال افضل تقنيات السقي وكذا تطبيق تقنيات تسيير الموارد المائية المناسبة.

## Résumé :

L'objectif de ce mémoire est de réaliser une étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Fenoughil, la section A étendant sur une superficie 400 ha, dans la commune de Fenoughil située dans la wilaya d'Adrar.

La présente étude est basée sur l'analyse des caractéristiques climatiques, pédologique, agronomique et hydraulique.

Le but est d'augmenter le rendement agricole dans la région et contribuer à l'atteinte d'une autosuffisance agricole par l'implémentation des meilleurs systèmes d'irrigation et par l'application d'une stratégie de gestion des ressources en eau optimale.

## Abstract :

The aim of this thesis is to craft a hydro agricultural policy to the perimeter of Fenoughil, Section A of 400 ha area, localized in the Fenoughil province, Wilaya of Adrar.

This study is based on an agricultural-oriented analysis of characteristics of climate, soil, and water resources.

The target is to contribute to the region's sustainability in terms of agricultural needs and that is by implementing the best irrigation systems and optimum water management strategies and thereby achieving the best yields.

---

## TABLE DES MATIERES

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des planches	
INTRODUCTION GENERALE :	1

### Chapitre I : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE.

I. Introduction.....	3
II. Présentation générale de la commune de Fenouhvil.....	3
1. Position géographique.....	3
2. Localisation du périmètre .....	4
III. Caractéristiques de la région .....	6
1. Relief et géomorphologie.....	6
2. Aperçu Géologique .....	7
3. Aperçu hydrographique .....	9
4. Aperçu hydrogéologique.....	9
5. Agriculture .....	11
IV. Conclusion.....	11

### Chapitre II : BILAN HYDRIQUE

I. Introduction.....	13
II. Caractéristiques hydro climatiques .....	13
1. Température .....	13
2. Humidité .....	15
3. Radiation et insolation .....	15
4. Régime des vents .....	16
5. Evapotranspiration potentielle (ETP) .....	17
6. Pluviométrie.....	18
7. Indices climatiques.....	20
a. L'indice d'aridité de MARTONE.....	20

b.	Quotient pluviométrique d'Emberger .....	21
c.	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.....	22
8.	Synthèse climatique .....	23
III.	Hydrologie.....	24
1.	Homogénéité de la série pluviométrique .....	25
2.	Ajustement de la série pluviométrique .....	28
3.	Test de validité d'un ajustement .....	30
4.	Détermination de l'année de calcul.....	30
IV.	Conclusion.....	31

### **Chapitre III : RESSOURCES EN SOL ET EN EAU.**

I.	Introduction.....	33
II.	Ressources en eau .....	33
1.	Caractéristiques des forages.....	33
2.	Caractéristiques des eaux de forages .....	33
3.	Etude de la qualité de l'eau d'irrigation.....	34
a.	La conductivité électrique CE.....	35
b.	Le SAR (Sodium Absorption Ratio).....	35
III.	Ressources en sol .....	38
1.	Caractéristiques pédologiques des sols de périmètre.....	38
2.	Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation.....	38
IV.	Conclusion.....	40

### **Chapitre IV : BESOINS EN EAU DES CULTURES.**

I.	Introduction.....	42
II.	L'occupation des sols.....	42
1.	Choix des cultures.....	42
2.	Cultures proposées .....	43
3.	Cycle végétatif des cultures .....	44
III.	Calcul des besoins en eau.....	44
1.	L'évapotranspiration .....	45
1.1.	Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET <sub>0</sub> ) .....	45
1.2.	Calcul de l'évapotranspiration maximale de culture (ET <sub>M</sub> ) .....	47
2.	La réserve facilement utilisable (RFU).....	47
3.	La pluie efficace.....	48
4.	Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures .....	48

5.	Calcul du débit spécifique.....	54
6.	Calcul du débit caractéristique.....	55
7.	Estimation des volumes d'eau d'irrigation .....	55
IV.	Conclusion.....	56

### **Chapitre V : ETUDE DU RESEAU D'ADDUCTION ET DE DISTRIBUTION.**

I.	Introduction.....	58
II.	Réseau d'adduction.....	58
1.	Choix de la variante .....	58
2.	Dimensionnement de la conduite d'adduction.....	59
2.1.	Calcul du diamètre économique.....	59
2.2.	Calcul des côtes piézométriques .....	60
2.3.	Calcul des pressions de réseau .....	61
III.	Réseau de distribution .....	62
1.	Choix du tracé.....	62
2.	La méthodologie de dimensionnement .....	62
3.	Découpage des ilots d'irrigation .....	62
4.	Débits des ilots.....	63
5.	Choix du tracé de la borne .....	64
6.	Choix du type de la borne .....	64
7.	Matériaux de construction des canalisations.....	69
8.	Etude de système de pompage .....	70
8.1.	Les pompes.....	70
8.2.	Hauteur manométrique totale .....	70
8.3.	Choix des pompes et du nombre des pompes .....	70
9.	Dimensionnement des canalisations .....	72
9.1.	Vitesse admissible .....	72
9.2.	Calcul des diamètres.....	72
9.3.	Estimation des pertes de charge .....	72
10.	Dimensionnement du réservoir de distribution .....	77
IV.	Conclusion.....	78

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

I.	Introduction.....	80
II.	Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion .....	80
1.	La dose pratique RFU .....	80

---

2.	Le diamètre de l'ajutage.....	80
3.	Calcul de la portée du jet (L) .....	81
4.	Ecartements entre les rampes et arroseurs .....	81
5.	Vérification de la pluviométrie .....	82
5.1.	Débit de l'asperseur.....	82
5.2.	Vérification de la pluviométrie de l'asperseur .....	82
6.	Vérification de la pluviométrie .....	82
6.1.	Calcul du tour d'eau .....	82
6.2.	Calcul de la dose réelle.....	83
6.3.	Calcul de la dose brute .....	83
6.4.	Temps d'arrosage .....	83
6.5.	Calcul de l'unité d'arrosage .....	83
6.6.	Calcul du débit d'équipement .....	83
6.7.	Calcul du volume fourni par un asperseur par mois.....	83
6.8.	Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle .....	83
6.9.	Calcul du nombre d'aspersion requis .....	84
III.	Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	84
1.	La longueur de la rampe .....	84
2.	Dimensionnement de la rampe.....	84
2.1.	Le débit de la rampe .....	84
2.2.	Le nombre de position des rampes .....	84
2.3.	Calcul du diamètre de la rampe.....	85
2.4.	Calcul de la perte de charge de la rampe.....	85
3.	Dimensionnement de la porte rampe .....	85
3.1.	Longueur de la porte rampe .....	85
3.2.	Débit de la porte rampe .....	86
3.3.	Calcul du diamètre de la porte rampe.....	86
3.4.	Calcul de la perte de charge de la porte rampe .....	86
IV.	Conclusion.....	87

## **Chapitre VII : Etude technico-économique.**

I.	Introduction.....	89
II.	Exécution des travaux de pose des canalisations .....	89
1.	Exécution des tranchées .....	89
2.	Pose du lit de sable.....	89

---

3. Mise en place des canalisations .....	89
4. Assemblage des conduites en PEHD .....	90
5. Contrôle du compactage des tranchées .....	90
6. Choix des engins du chantier .....	91
III. Factures des différents types de conduites et travaux .....	91
1. Calcul des volumes et coût des travaux de .....	91
2. Calcul des coûts de conduites des réseaux.....	94
IV. Conclusion.....	96
CONCLUSION GENERALE .....	97

---

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure I. 1 : Situation géographique de la Wilaya d’Adrar.....</b>	<b>3</b>
<b>Figure I. 2 : Situation géographique de la commune de Fenoughil dans la wilaya d’Adrar .....</b>	<b>4</b>
<b>Figure I. 3 : Vue aérienne du périmètre de 4800 Ha .....</b>	<b>5</b>
<b>Figure I. 4 : Vue aérienne de la section A.....</b>	<b>6</b>
<b>Figure I. 5 : Les traits morphologique de la zone d’Adrar (Carte M.N.T) .....</b>	<b>7</b>
<b>Figure I. 6 : Le diagramme géologiques de la région d’Adrar .....</b>	<b>8</b>
<b>Figure I. 7 : Carte de l’épaisseur de la nappe du Continental Intercalaire dans la région.....</b>	<b>10</b>
<b>Figure II. 1 : Variation mensuelle des températures.....</b>	<b>14</b>
<b>Figure II. 2 : Variation mensuelle de l’humidité relative. ....</b>	<b>15</b>
<b>Figure II. 3 : Variation mensuelle de la durée d’insolation.....</b>	<b>16</b>
<b>Figure II. 4 : Variation mensuelle de la vitesse des vents. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figure II. 5 : Variation mensuelle de l’ETP.....</b>	<b>18</b>
<b>Figure II. 6 : Variation mensuelle de précipitation .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure II. 7 : Diagramme bioclimatique d’EMBERGER.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure II. 8 : Présentation graphique du diagramme bioclimatique d’EMBERGER .....</b>	<b>23</b>
<b>Figure II. 9 : Graphique de l’ajustement de la loi Normale .....</b>	<b>29</b>
<b>Figure II. 10 : Graphique de l’ajustement de la loi Log-Normale .....</b>	<b>30</b>
<b>Figure III. 1: Diagramme de classification des eaux d’irrigation. ....</b>	<b>37</b>
<b>Figure III. 2 : Variation du rendement en fonction de la salinité pour différentes classes de cultures.....</b>	<b>43</b>
<b>Figure IV. 1 : Présentation du réseau sur logiciel EPANET .....</b>	<b>73</b>
<b>Figure VI. 1 : Dispositifs d’installation des asperseurs sur la rampe .....</b>	<b>84</b>
<b>Figure VII. 1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.....</b>	<b>92</b>

---

---

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1 : Coordonnées Lambert du périmètre de Fenoughil .....	4
Tableau I. 2 : Coordonnées Lambert de la section A .....	5
Tableau II. 1 : Caractéristiques de la station météorologique .....	13
Tableau II. 2 : Répartition des températures minimales, maximales, et moyenne mensuelles. ...	14
Tableau II. 3 : Humidité moyenne mensuelle .....	15
Tableau II. 4 : Nombre moyen d'heures d'insolation .....	16
Tableau II. 5 : Moyennes mensuelles de la force des vents (m/s) .....	17
Tableau II. 6 : Valeurs calculés de l'évapotranspiration .....	18
Tableau II. 7 : Précipitations moyennes mensuelles en mm .....	19
Tableau II. 8 : Classification de climats selon l'indice de MARTONE .....	20
Tableau II. 9 : Caractéristiques de la station météorologique .....	24
Tableau II. 10 : Précipitation mensuelle de la station de l'Aéroport d'Adrar (ONM Adrar) sur 30 ans .....	25
Tableau II. 11 : Test d'homogénéité de Wilcoxon pour la station de l'Aéroport d'Adrar .....	27
Tableau II. 12 : Ajustement selon la loi Normale .....	28
Tableau II. 13 : Ajustement selon la loi Log-Normale .....	29
Tableau II. 14 : Test de validité des ajustements.....	30
Tableau II. 15 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm .....	31
Tableau III. 1 : Bulletin d'analyse de l'eau de forage .....	34
Tableau III. 2 : Classification des eaux en fonction de CE. ....	35
Tableau III. 3 : Classification des eaux en fonction du S.A.R. ....	36
Tableau III. 4 : Propriétés hydrodynamiques des sols.....	38
Tableau III. 5 : Caractéristiques des sols et aptitudes culturales. ....	39
Tableau IV. 1 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre....	43
Tableau IV. 2 : Occupation du sol en fonction des cultures. ....	44
Tableau IV. 3 : Cycle végétatif des cultures.....	44
Tableau IV. 4 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT .....	46
Tableau IV. 5 : Pluies efficaces calculées.....	48
Tableau IV. 6 : Calcul des besoins en eau du Blé dur. ....	49
Tableau IV. 7 : Calcul des besoins en eau de l'Orge vert. ....	49
Tableau IV. 8 : Calcul des besoins en eau de l'Orge grain. ....	50
Tableau IV. 9 : Calcul des besoins en eau du poivron. ....	50
Tableau IV. 10 : Calcul des besoins en eau du Tomate.....	51
Tableau IV. 11 : Calcul des besoins en eau du Pomme de terre.....	51
Tableau IV. 12 : Calcul des besoins en eau du melon. ....	52
Tableau IV. 13 : Récapitulatif des besoins. ....	53
Tableau IV. 14 : Calcul du débit spécifique.....	54
Tableau IV. 15 : Volume d'eau d'irrigation. ....	55

---

<b>Tableau V. 1 : Calcul des diamètres économiques.</b> .....	59
<b>Tableau V. 2 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.</b> .....	60
<b>Tableau V. 3 : Calcul des cotes piézométriques du réseau d'adduction.</b> .....	61
<b>Tableau V. 4 : Calcul des pressions de chaque point dans le réseau.</b> .....	61
<b>Tableau V. 5 : Découpages des ilots et leurs surfaces.</b> .....	63
<b>Tableau V. 6 : Diamètre de la borne en fonction des débits.</b> .....	64
<b>Tableau V. 7 : Les débits des ilots et les diamètres des bornes.</b> .....	65
<b>Tableau V. 8 : Choix de nombre de pompes.</b> .....	71
<b>Tableau V. 9 : Choix de nombre de pompes.</b> .....	71
<b>Tableau V. 10 : Calcul hydraulique du réseau de distribution.</b> .....	74
<b>Tableau VI. 1 : Résultats de calcul pratique d'aspersion.</b> .....	87
<b>Tableau VII. 1 : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.</b> .....	91
<b>Tableau VII. 2 : Calcul des volumes de travaux.</b> .....	93
<b>Tableau VII. 3 : Coût des travaux de terrassement.</b> .....	94
<b>Tableau VII. 4 : Coût des différentes conduites.</b> .....	94

---

## **LISTE DES PLANCHES**

**Planche N°01 : Plan de masse.**

**Planche N°02 : Plan du réseau d'adduction et de distribution.**

**Planche N°03 : Plan d'occupation du sol.**

**Planche N°04 : Plan du système d'aspersion.**

**Planche N°05 : Profil en long.**

### INTRODUCTION GENERALE :

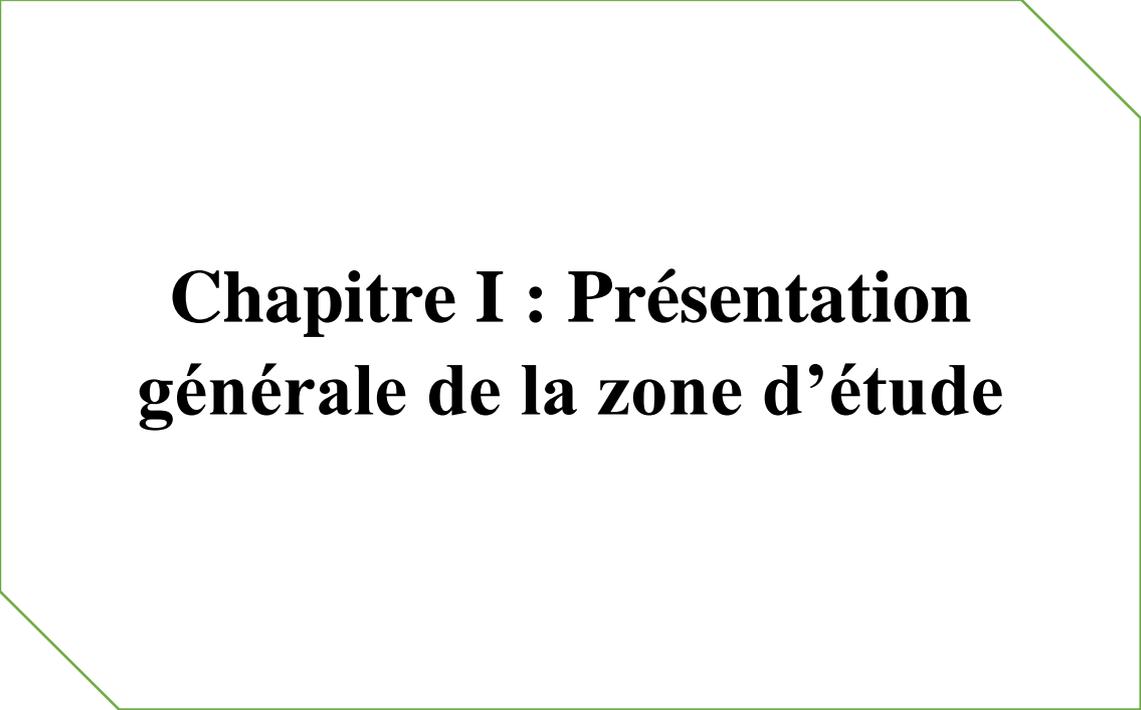
L'Algérie fait désormais face à des défis majeurs de développement qui explosent la population et l'expansion urbaine et exercent une pression sans précédent sur les ressources naturelles.

L'eau est l'épine dorsale de toute croissance économique. Il est donc urgent de trouver des stratégies efficaces pour gérer, protéger et développer cette ressource afin de répondre aux besoins croissants de tous les secteurs économiques. Sans compromettre la capacité de régénération de l'environnement naturel.

En fait, dans les régions sahariennes, les problèmes d'approvisionnement en eau sont plus importants, et la garantie d'un approvisionnement en eau pour que les activités agricoles puissent être maintenues est plus importante encore, de nouvelles techniques et processus d'arrosage doivent être utilisés, rendra possible une consommation d'eau raisonnable. Par conséquent il est indispensable de réaliser un plan de gestion environnemental qui s'occupera en premier lieu de l'étude des sols et des réserves d'eau superficielles.

Dans ce mémoire nous avons établi une étude d'aménagement de la section A de 400 hectares du périmètre de Fenoughil de 5000 hectares qui se trouve dans la wilaya d'Adrar.

A cet effet, sur la base de l'étude des caractéristiques de la zone d'étude, des paramètres climatiques et écologiques et de la qualité de l'eau des forages, nous déterminons la demande en eau des cultures et déterminons le réseau d'approvisionnement en eau et le système de distribution et son système de stockage par pompage, et enfin sélectionnons le système d'irrigation approprié en fonction des cultures implantées.



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

## Chapitre I : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE.

### I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter notre zone d'étude, préciser sa situation géographique, et donner un aperçu sur ses caractéristiques morphologiques, géologiques et hydrogéologiques, afin de permettre de caractériser la zone, et de mettre en évidence les potentialités du périmètre étudié.

### II. Présentation générale de la commune de Fenoughil :

#### 1. Position géographique :

La commune de Fenoughil se situe au centre-ouest de la wilaya d'Adrar. Le chef-lieu de la commune est situé à 30 km au sud de d'Adrar. Localisé entre les longitudes 27° 40' 00" Nord, et 0° 18' 00" Est et d'une superficie de 7 677 km<sup>2</sup>. Elle est délimitée par :

- La commune de Tamantit, au nord ;
- La commune de Timekten, à l'est ;
- La commune de Tamest, au sud ;
- La Wilaya de Bechar, à l'ouest.

Administrativement, Fenoughil est aussi le chef-lieu de la Daïra de Fenoughil qui inclut aussi les communes de Tamantit et Tamest.

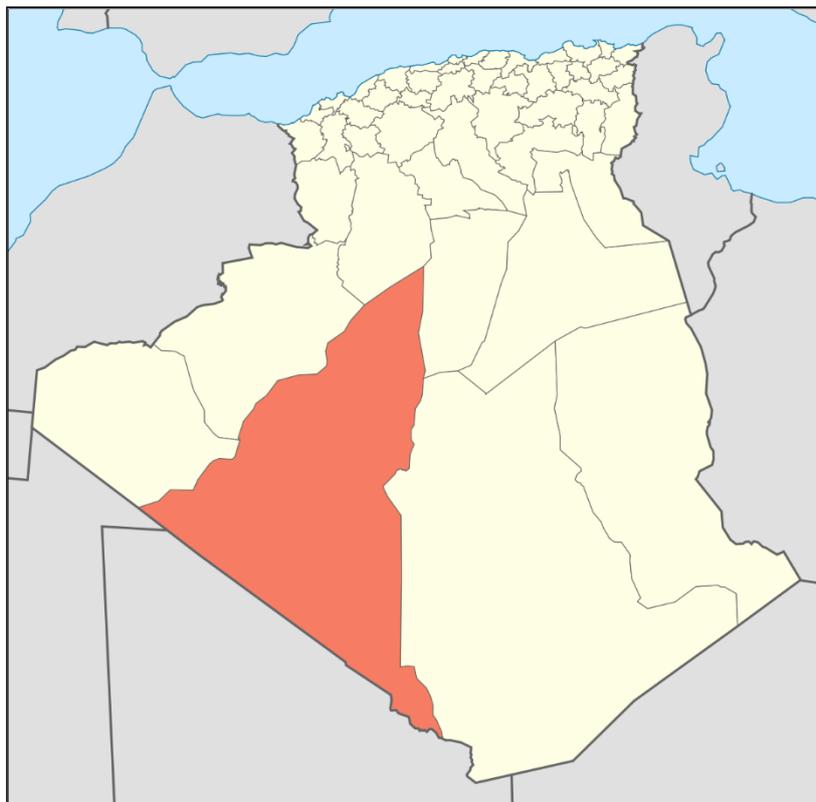
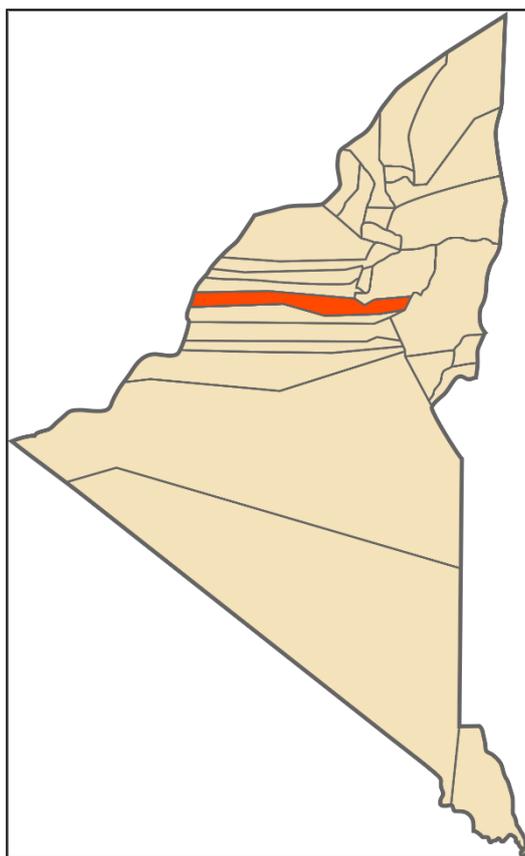


Figure I. 1 : Situation administrative de la Wilaya d'Adrar



**Figure I. 2 : Situation administrative de la commune de Fenoughil dans la wilaya d'Adrar**

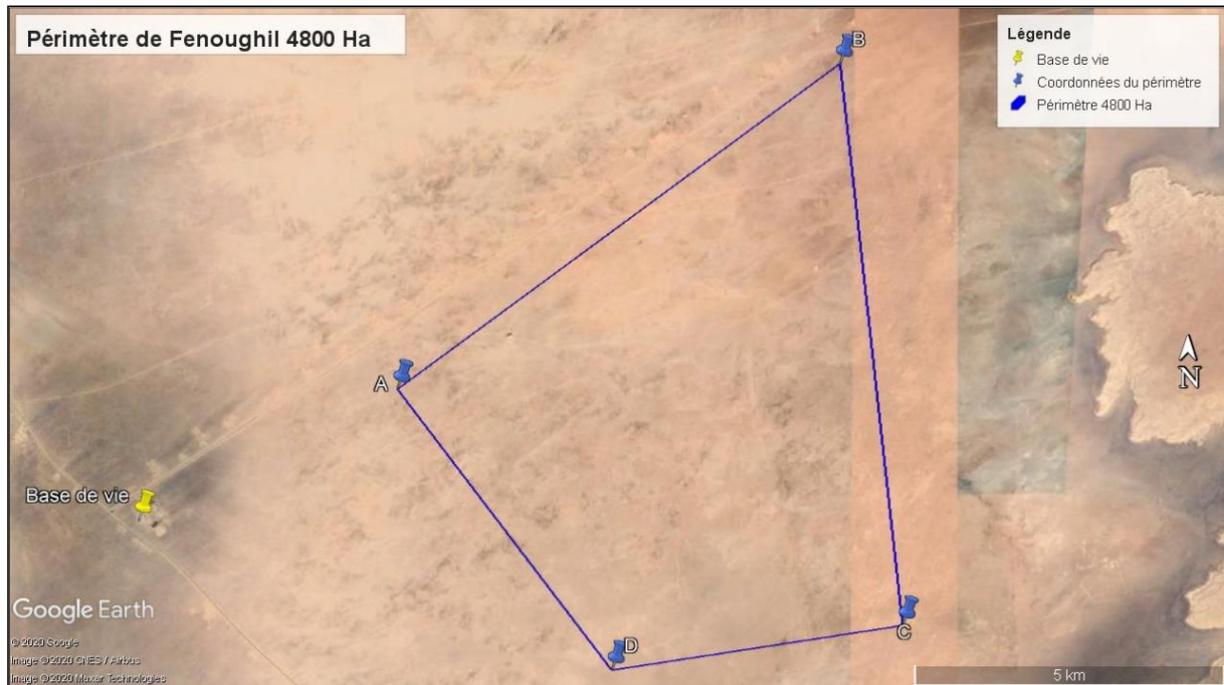
## 2. Localisation du périmètre :

Le site du périmètre se trouve à 26 Km de la nouvelle route reliant Adrar à Aoulef et s'étend sur une superficie d'environ 4800 Ha. Il est limité comme suit :

- Nord : terrain vierge (la nouvelle route vers Hassi-Latou) ;
- Sud : terrain vierge ;
- Est : terrain vierge ;
- Ouest : la nouvelle route Adrar-Aoulef.

**Tableau I. 1 : Coordonnées géographique des centres de périmètre de Fenoughil**

Coordonnées Lambert		Y	X
Périmètre	A	27° 44' 43.09'' N	00° 01' 39.90'' E
	B	27° 47' 36.80'' N	00° 05' 59.90'' E
	C	27° 42' 41.10'' N	00° 06' 38.48'' E
	D	27° 42' 16.80'' N	00° 03' 47.40'' E



**Figure I. 3 : Vue aérienne du périmètre de 4800 Ha – Photo prise le 16/04/2020.**

Dans la présente étude, on s'intéresse à l'aménagement de la section A qui présente une parcelle occupant une superficie de 400 Ha, dont les coordonnées sont les suivants :

**Tableau I. 2 : Coordonnées Lambert de la section A**

Coordonnées Lambert		Y	X
Section A	F	27° 46' 17.19'' N	00° 04' 0.72'' E
	B	27° 47' 36.80'' N	00° 05' 59.90'' E
	E	27° 46' 23.66'' N	00° 06' 09.45'' E

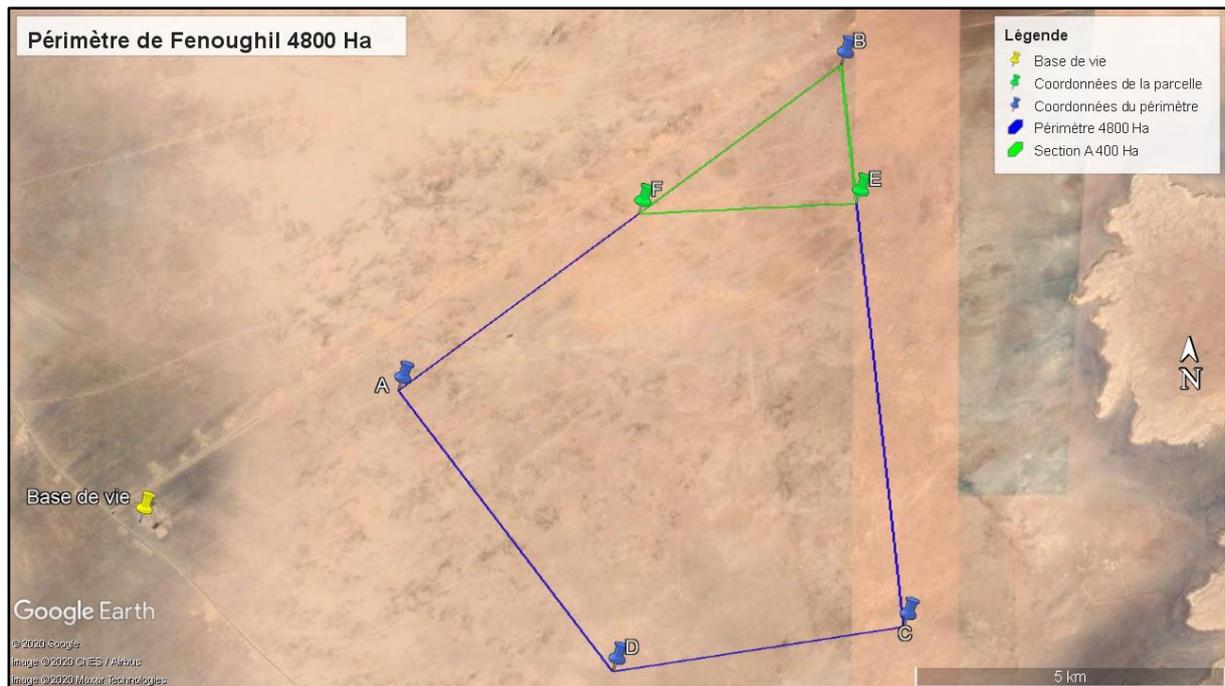


Figure I. 4 : Vue aérienne de la section A

### III. Caractéristiques de la région :

#### 1. Relief et géomorphologie :

La topographie de la région d'Adrar se manifeste par un terrain plat d'altitude moyenne de 279m, faisant partie d'une grande zone allongée sensiblement orientée Est-Ouest.

On distingue quatre traits morphologiques :

- **Le Plateau :**

Le plateau de Tademaït est caractérisé par des terrains de forme tubulaire rocheuse situées à l'est d'Adrar.

- **L'Erg :**

Représenté par de massives dunes de sable à l'ouest de la région (Erg Echach) et au nord par le Grand Erg Occidental.

- **Le Reg (Hmada) :**

C'est une surface plane au sud de la wilaya couverte du sable, gravier et des débris de roches.

- **Les Sabkhas :**

Les efflorescences salines sont des dépressions peu profondes renfermant de l'eau salée et se tarissent pendant les fortes canicules. Elles se localisent généralement dans les points les plus bas et au niveau des anciens lits d'oued. Elles sont couvertes par des dépôts gypso-salins qui par conséquent interdisent l'évolution végétale.

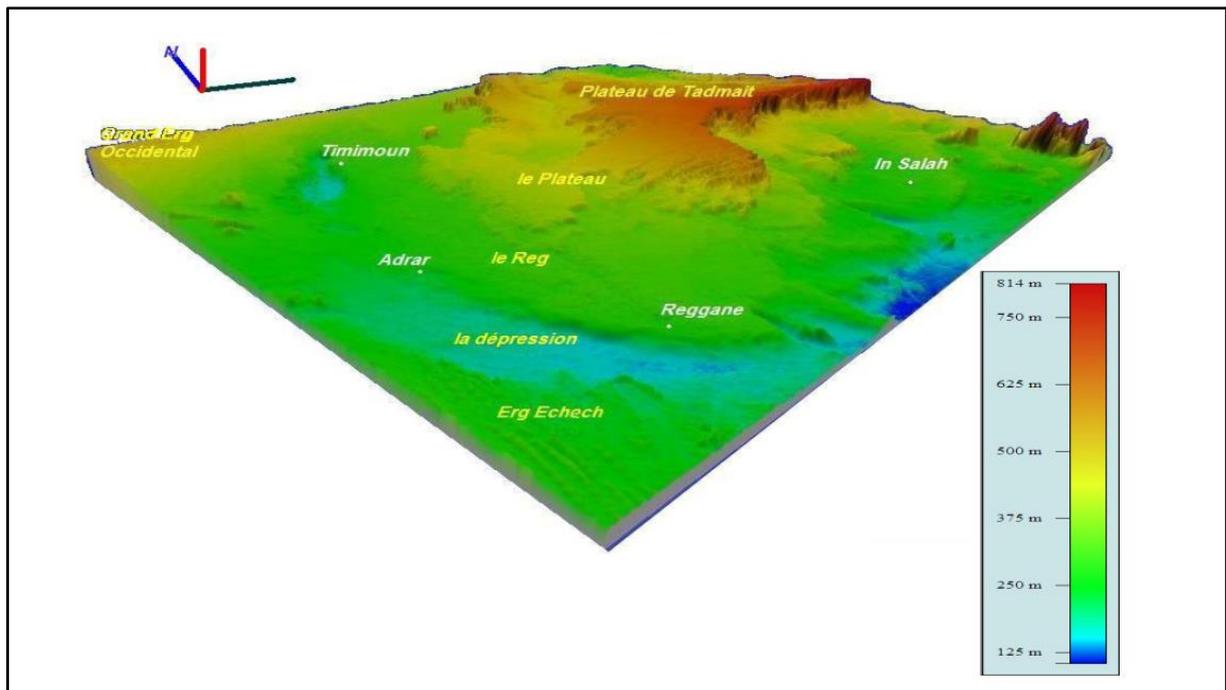


Figure I. 5 : Les traits morphologique de la zone d'Adrar (Carte M.N.T)

SOURCE : ANRH ADRAR

## 2. Aperçu Géologique :

La zone d'étude fait partie de la grande plateforme saharienne appartenant au Craton Nord-Africain. Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose une couverture sédimentaire. En se basant sur les analyses des données géologiques tel que les cartes géologiques et les logs de forages, on distingue les formations géologiques pertinentes suivantes (**Annexe 1**) :

### a. Le Paléozoïque :

Les formations d'âges paléozoïques (primaire) poignent au sud-ouest de la ville d'Adrar et à l'est de la ville de Reggane.

### b. Le Jurassique :

Cet étage est représenté par des argiles tendres légèrement sableuses, du grès et du calcaire. Elle a une épaisseur totale comprise entre 200 et 300 m.

### c. Le continental Intercalaire :

Les formations du Continental Intercalaire C.I affleurent à l'est encerclant le massif du Tademaït. Au Nord-ouest, le CI affleure tout le long de l'Atlas Saharien, au Sud et à l'Ouest, le CI repose directement sur les formations marines du Paléozoïque, qui forme en affleurent une ceinture continue de la vallée de la Saoura jusqu'à In Salah.

Le CI est un ensemble de formations compris entre le jurassique et le cénomanien, on les trouve de haut en bas comme suit : *l'Albien, l'Aptien, Le barrémien et le Néocomien*. Ces horizons sont assemblés d'une façon homogène formant une nappe qu'on appelle localement « la nappe Albienne ».

#### d. Le Continentale Complexe :

Les formations du Continental Terminal appelé aussi « Complexe Terminal » affleurent par les formations du plateau de Tademaït. Elle comporte plusieurs étages géologiques assemblés dans une seule nappe, d'où provient le nom « complexe » de la nappe, on trouve de haut en bas : *Le Mio-Pliocène, l'Eocène et le Sénonien*.

#### e. La Quartenaire :

Constitué de sable éolien et sable argileux, manifestant à l'Ouest et au Sud de la région par les dunes de l'Erg Echach, et au Nord par les dunes du Grand Erg Occidental.

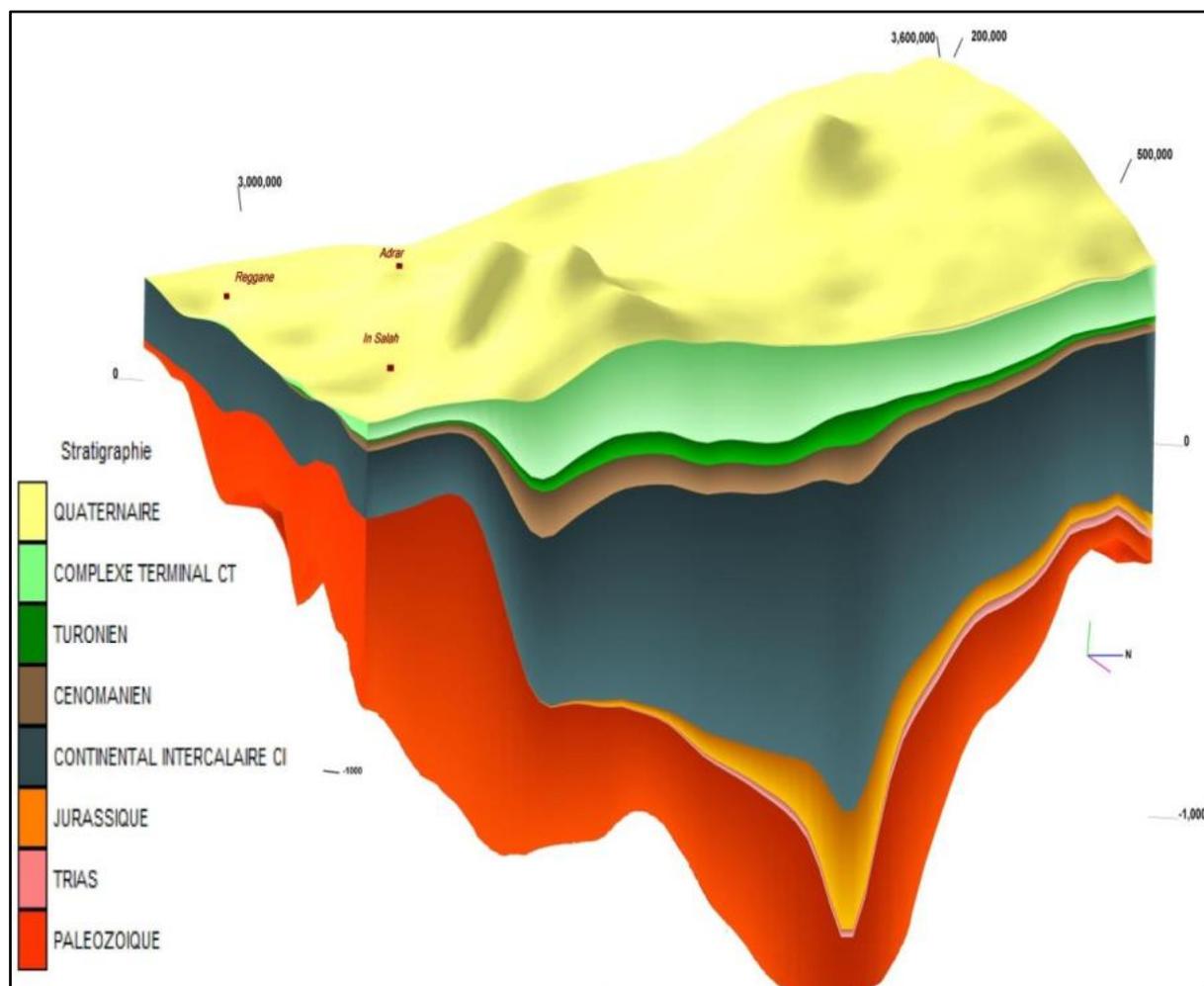


Figure I. 6 : Le diagramme géologiques de la région d'Adrar

SOURCE : ANRH ADRAR

### **3. Aperçu hydrographique :**

Le réseau hydrographique d'Adrar qui fait partie du bassin occidental du Sahara Septentrional témoigne des écoulements endoréiques de surface au cours des périodes humides du Quaternaire. En raison des faibles précipitations, le réseau hydrographique est peu développé seul l'Oued Messaoud existe, il est temporaire et sec depuis quelques années.

### **4. Aperçu hydrogéologique :**

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional « SASS » couvre une vaste superficie plus d'un million de km<sup>2</sup>, il est reparti entre la Tunisie, la Libye et l'Algérie (700 000 km<sup>2</sup>). Il renferme une série d'aquifères regroupées en deux réservoirs à savoir le Continental Terminal (CT) et le Continental Intercalaire (CI).

Notre région d'étude fait partie du bassin du Grand Erg Occidental, qui s'approvisionne de la nappe Albiennaise (CI). La nappe d'eau est contenue dans les formations crétacées inférieures, composée d'une lithologie meuble, argile, grès, sable et gravier.

Les logs de forages réalisés par les différents services de l'état permettaient de réaliser une carte pour l'épaisseur de la nappe (Figure I.7), sur laquelle on trouve que l'épaisseur diminue de l'Est vers l'Ouest et du Nord vers le Sud à savoir 700m sous le plateau de Tademaït et moins de 40m vers Erg Echach. Notamment les forages sur l'axe Adrar-Reggane montrent que l'épaisseur de la nappe Albiennaise ne dépasse pas les 250m avec un niveau statique de l'ordre de 10 à 30m par rapport au sol et des débits de l'ordre de 20 à 50 l/s engendrant des rabattements de 10 à 25m.

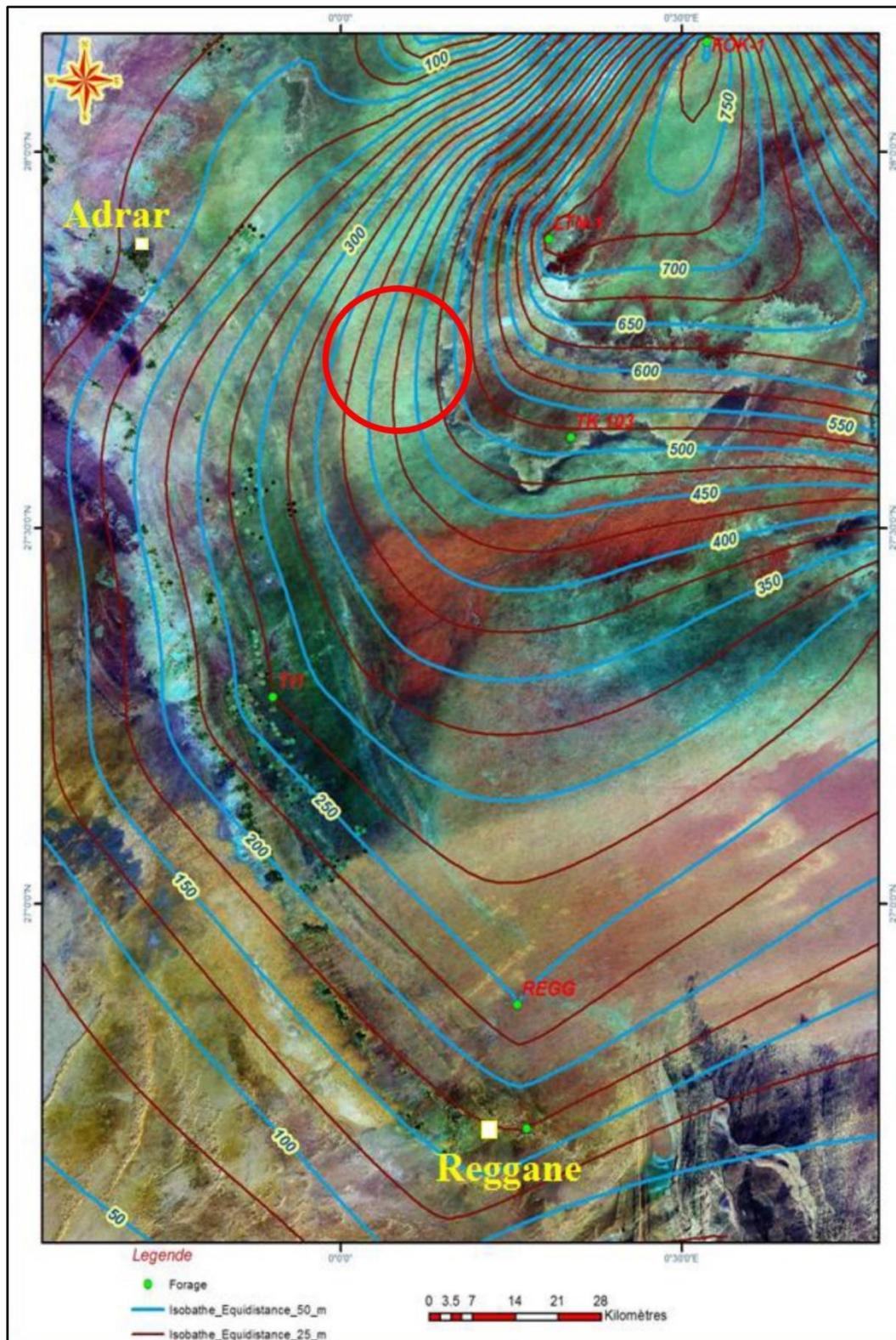


Figure I. 7 : Carte de l'épaisseur de la nappe du Continental Intercalaire dans la région

SOURCE : ANRH ADRAR

## **5. Agriculture :**

L'agriculture dans la région a connu une grande expansion dans les années 90, des centaines de forages ont été réalisés, des milliers d'hectares ont été cultivés, dans le cadre de la mise en valeur des grands périmètres pour la production des céréales et autres cultures afin d'atteindre l'autosuffisance de la région. Ils sont situés à l'Est de la Wilaya d'Adrar en amont des foggaras, tout le long de l'axe reliant Adrar à Reggane, notamment le périmètre de Fenoughil.

A l'intérieur de la palmeraie, plusieurs variétés de cultures sont produites dont le rendement est très faible à cause, des faibles superficies et les méthodes d'irrigation traditionnelles utilisées ainsi que la pauvreté des sols, généralement ces cultures sont utilisées pour une autoconsommation.

## **IV. Conclusion :**

L'étude des caractéristiques de la région montre que les formations du Continental Intercalaire (CI) sont les plus dominantes ce qui veut dire qu'elle est dotée d'un potentiel hydraulique important.

Cependant, ce potentiel n'est pas suffisant tout seul, parce qu'il faut l'associer avec d'autres paramètres afin de vérifier l'aptitude du périmètre d'être le sujet d'un aménagement hydroagricole.

## **Chapitre II : Bilan Hydrique**

## Chapitre II : BILAN HYDRIQUE.

### I. Introduction :

La relation entre les cultures et le climat de la région d'exploitation présente un axe d'intérêt indispensable pour l'agronome. L'étude de ces réactions aux conditions climatiques aboutit à la délimitation des aires d'adaptation des cultures et leur productivité relativement.

Ce bilan hydrique est fondamental, il résulte de l'analyse de toutes les caractéristiques du milieu climatique. En fonction de ces résultats on peut déterminer la quantité d'eau nécessaires au cours de différentes phases végétatives.

Cependant, les caractéristiques physiques du sol jouent aussi de leur part un rôle considérable dans la réalisation d'un bilan hydrique réel. Ce que nous allons entamer dans un autre chapitre.

### II. Caractéristiques hydro climatiques :

Dans le cadre d'un projet d'irrigation, il faut prendre en considération les facteurs climatiques les plus dominants et qui sont : la température, l'Humidité, l'insolation, l'évapotranspiration, le régime des vents et les précipitations.

La caractérisation du climat de la zone du projet a été réalisée sur la base des données chronologiques de 21 ans (période, 1990/2011) relevée à de la station météorologique la plus proche de l'exploitation qui est celle de l'Aéroport d'Adrar afin d'avoir une bonne précision des paramètres climatiques.

**Tableau II. 1 : Caractéristiques de la station météorologique**

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'année d'observation
		X (Km)	Y (Km)			
Aéroport d'Adrar	606200	776,60	3 082,66	276	1990 – 2011	21

#### 1. Température :

La variation des températures dans une région est un élément à impact fondamentale sur le potentiel hydrique. En particulier la température est la force motrice de l'effet de l'évapotranspiration, et par conséquent la température conditionne le bilan hydrique.

En plus, la température de l'air engendre des effets sur le rendement des cultures et leur développement. Les températures élevées, généralement présente, dans notre zone pose un danger de destruction des tissus végétaux et par conséquent des réductions considérables de la production. Et d'où la nécessité de l'application des techniques défensives.

Le tableau suivant indique la répartition des températures mensuelles moyennes. Elle atteint un maximum durant la période Juin – Aout avec une moyenne maximale de 38°C au

mois de Juillet, alors qu'elle décroît à partir de ce mois on observe une température moyenne minimale de 12.9°C au mois de Janvier.

**Tableau II. 2 : Répartition des températures minimales, maximales, et moyenne mensuelles.**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
<b>T min (C°)</b>	5.1	7.7	12.0	16.3	20.8	25.6	28.5	28.0	24.9	18.6	11.0	6.4	<b>17.0</b>
<b>T max (C°)</b>	21.1	24.2	28.9	33.2	37.9	43.1	45.8	44.9	41.0	34.3	27.2	22.0	<b>33.6</b>
<b>T moy (C°)</b>	12.9	16.1	20.8	25.3	30.0	35.1	38.0	37.1	33.2	27.1	19.2	13.9	<b>25.7</b>

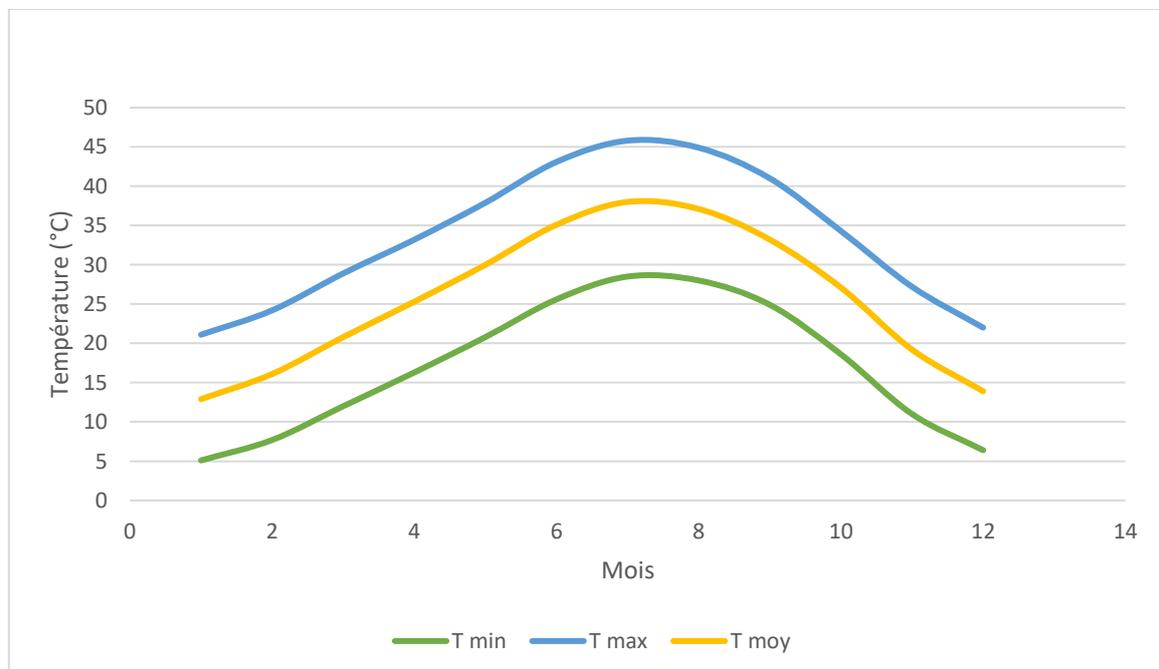
Source : ONM

Globalement la région d'Adrar est comprise entre les isothermes 24°C et 26°C de température moyenne annuelle, ce qui correspond à une région chaude ( $T > 20^{\circ}\text{C}$ ).

La saison chaude dure plus de 7 mois, dont aucun mois n'a une moyenne inférieure à 20°C. Le gel est presque inconnu à Adrar, mais le refroidissement nocturne est important. Il en résulte des amplitudes journalières élevées, plus fortes en été qu'en hiver.

Plus important sont les températures extrêmes particulièrement les températures estivales dont les valeurs élevées caractérisent ce type de climat.

Au mois de Décembre et Janvier la température moyenne oscille entre 12.9 et 13.9 °C, par contre en été elle est particulièrement élevée (39 °C).



**Figure II. 1 : Variation mensuelle des températures.**

**2. Humidité :**

C'est un facteur important du cycle hydrologique à influence directe sur l'évapotranspiration. Pratiquement, il représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau exprimé en pourcentage (%).

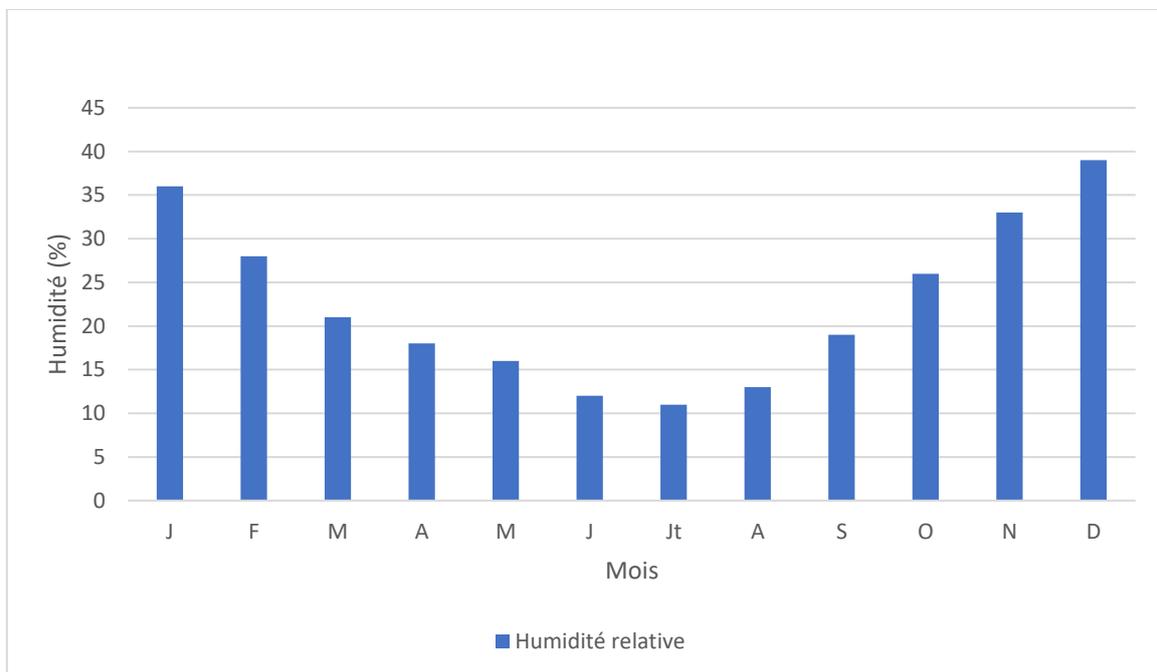
L'humidité montre l'état hydrométrique de l'atmosphère qui varie beaucoup au cours de la journée en fonction de la température, et d'où nous constatons qu'elle est maximale au lever du soleil par contre elle atteint un minima en milieu de la journée.

**Tableau II. 3 : Humidité moyenne mensuelle**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
%	36	28	21	18	16	12	11	13	19	26	33	39	23

Source : ONM

Dans la zone, l'humidité relative est très faible et varie beaucoup dans la journée et dans l'année par les effets des températures élevées, généralement elles varient entre 11% au mois de Juillet jusqu'à 39% au mois de Décembre, ce qui signifie que l'atmosphère présente en quasi permanence un déficit hydrométrique contribuant par conséquent à l'intensification de l'évapotranspiration.



**Figure II. 2 : Variation mensuelle de l'humidité relative.**

**3. Radiation et insolation :**

La durée de l'insolation traduit simplement la durée du jour. C'est un paramètre variable d'un site à l'autre en fonction de l'exposition solaire, de la nébulosité et de la latitude

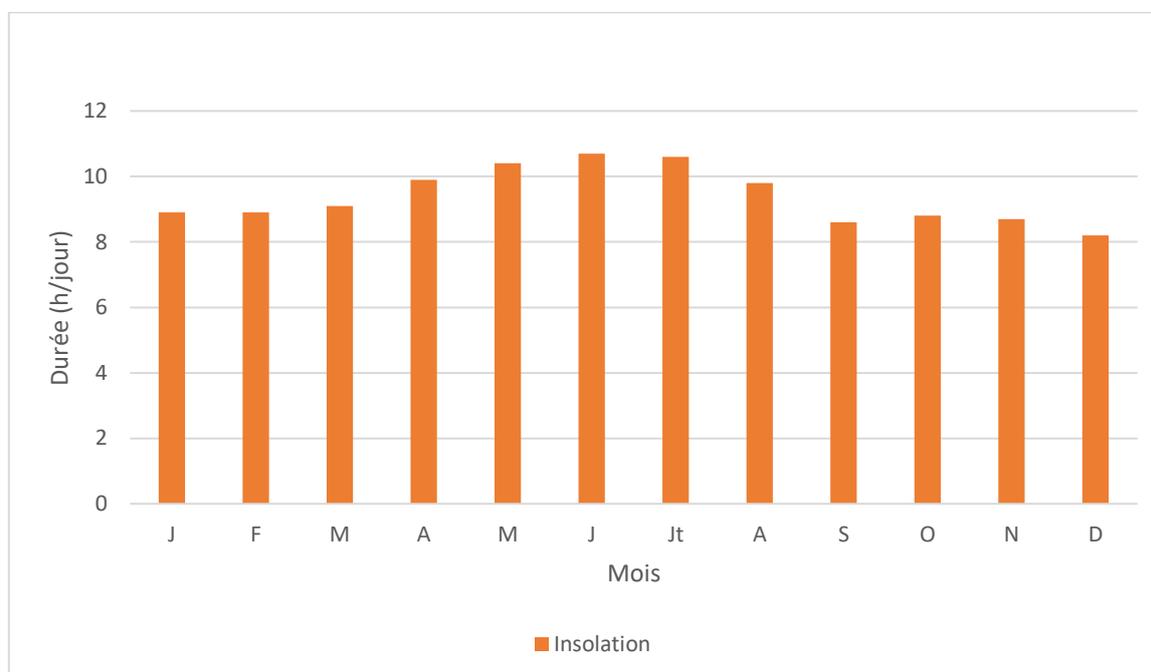
du site. Il influe directement la température et par conséquent le restes des paramètres climatiques.

**Tableau II. 4 : Nombre moyen d'heures d'insolation**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
L'insolation (h/jour)	8.9	8.9	9.1	9.9	10.4	10.7	10.6	9.8	8.6	8.8	8.7	8.2	9.4

Source : ONM

L'insolation varie dans un régime régulier durant l'année. Elle atteint des maximums durant l'été notamment le mois de Juin (10.7 h/j). En général, l'insolation est très importante à Adrar avec une durée de 8 heures/jour minimum pendant toute l'année.



**Figure II. 3 : Variation mensuelle de la durée d'insolation.**

#### 4. Régime des vents :

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

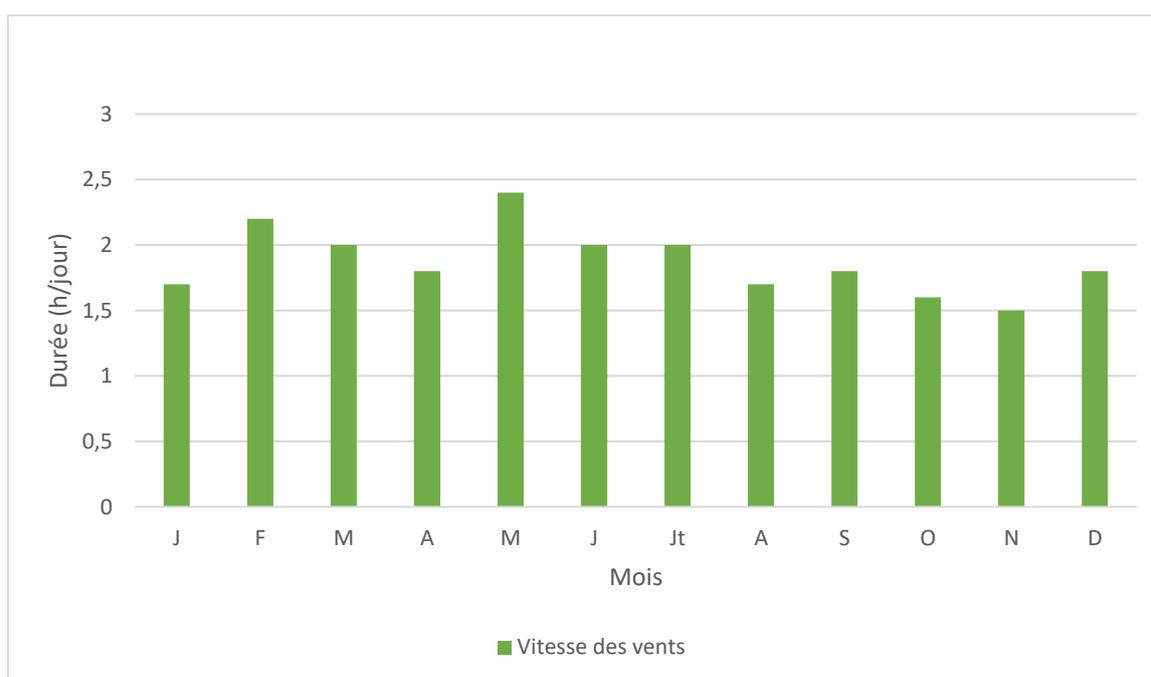
La région de Touat, par sa situation au pied du plateau de Tademaït, ouvert sur l'erg Echach et la dépression au Touzrouft, est la région de Sahara Algérien où les vents sont les plus violents. En particulier le long de l'axe Béni-Abbas – Adrar et jusqu'à la dépression de Reggane.

**Tableau II. 5 : Moyennes mensuelles de la force des vents (m/s)**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
Vent moy (m/s)	1.7	2.2	2.0	1.8	2.4	2.0	2.0	1.7	1.8	1.6	1.5	1.8	1.9

Source : ONM

A la lecture du tableau ci-dessus, on constate que la vitesse de vent est de de 1.5 m/s au minimum durant l'année et par conséquent la région est dite ventée.

**Figure II. 4 : Variation mensuelle de la vitesse des vents.**

## 5. Evapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évaporation est définie comme le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux. Cependant, l'évaporation climatique appelée l'évapotranspiration potentielle correspond à l'évapotranspiration d'un couvert végétal fermé et parfaitement alimenté en eau.

Les facteurs climatiques discutés au-dessus présentent tous une influence sur l'intensité de l'évapotranspiration, et globalement sur le bilan hydrique et donc l'ETP est un paramètre dépendant d'autres paramètres.

La région de Touat se trouve dans une position où l'évapotranspiration est maximale. Et le rapport entre la précipitation et l'évapotranspiration (P/ETP) est nettement déficitaire.

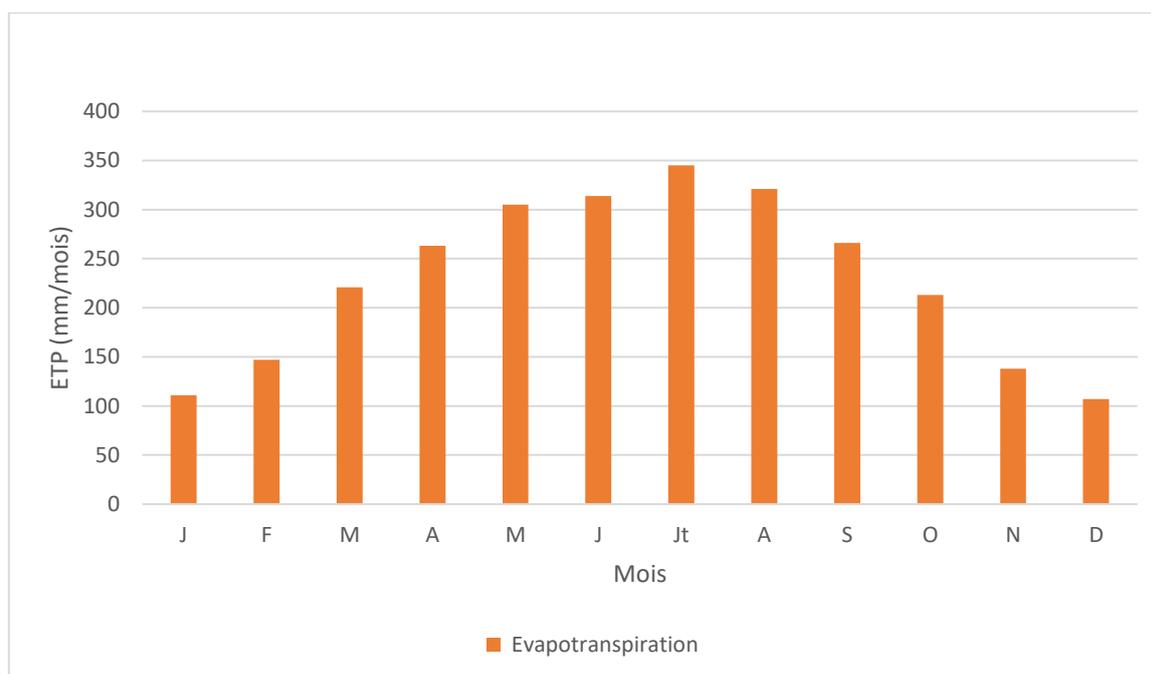
En l'absence de mesure directe de l'ETP, seul le calcul permet une estimation très proche de la réalité. La formule de Penman – Montheith intègre le plus de facteurs climatiques influant directement l'ETP.

**Tableau II. 6 : Valeurs calculés de l'évapotranspiration**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
ETP Mensuelle Mm/mois	111	147	221	263	305	314	345	321	266	213	138	107	2751

Source : ONM

Les valeurs mensuelles montrent une croissance régulière jusqu'elles atteignent une valeur maximum au mois de juillet (345mm) ce qui veut dire des quantités d'eaux évaporées intense. Au cours de l'année on constate une valeur d'ETP totale très élevées (2751mm).

**Figure II. 5 : Variation mensuelle de l'ETP**

## 6. Pluviométrie :

La pluviométrie est un paramètre très important en agriculture, pour se renseigner sur les besoins en eau pour l'irrigation du périmètre

L'analyse des précipitations mensuelles dans la région d'Adrar montre qu'elles subissent à l'influence de deux perturbations atmosphériques. Les précipitations orageuses sont engendrées par des dépressions en provenance des régions du sud, elles sont importantes à la fin du printemps et même en période estivale. D'une autre part, les pluies de la saison froide sont traînées des vents pluvieux arrivant de l'Ouest et du Nord-Ouest.

**Tableau II. 7 : Précipitations moyennes mensuelles en mm**

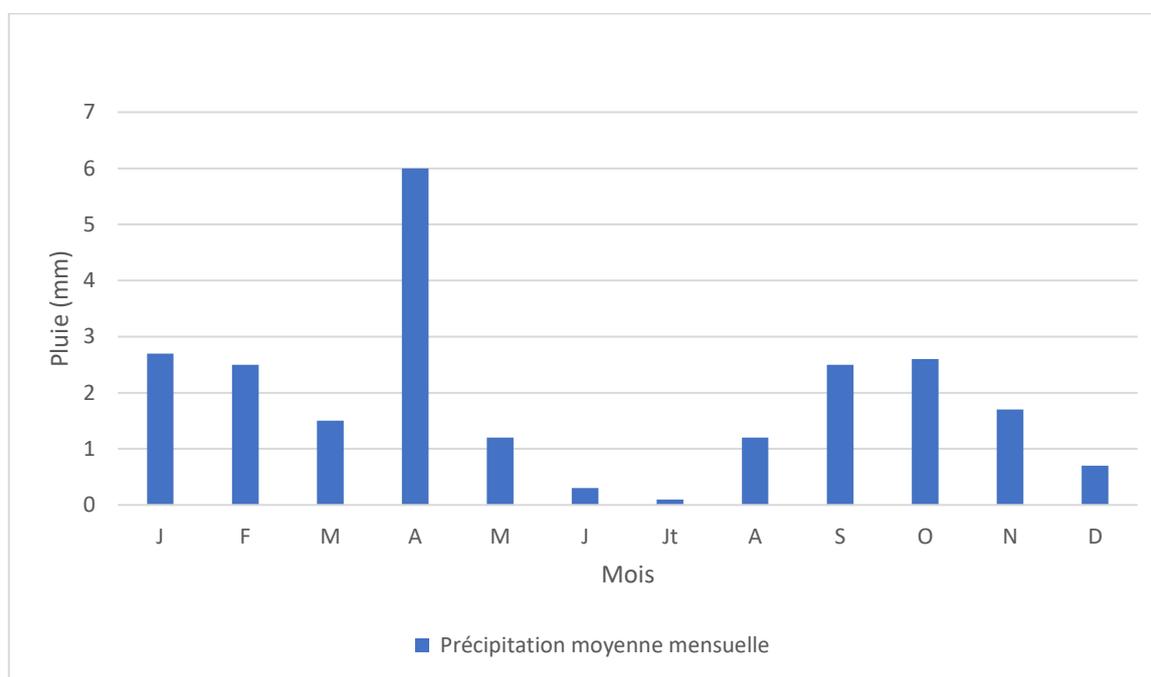
Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	Année
<b>P moy (mm)</b>	2.5	2.6	1.7	0.7	2.7	2.5	1.5	6.0	1.2	0.3	0.1	1.2	23.0
<b>P moy Saison</b>	6.8			5.9			8.7			1.6			23.0
<b>%</b>	29.6			25.7			37.8			6.9			100

Source : ONM

D'après les données du tableau, on remarque clairement que la zone est de climat hyper-aride avec une pluie annuelle de 23mm/an.

En définitif, les caractéristiques des pluies dans notre région est la faiblesse, l'irrégularité interannuelle et saisonnière, la violence et la répartition dans le temps très brefs. La prévention d'une dose d'irrigation importante est indispensable pour assurer le développement des cultures.

A Adrar, le déficit annuel est extrêmement important ( $ETP-P = 2728$  mm/an), aucun mois de l'année ne permet un bilan hydrique positif. En réalité ces valeurs moyennes sont peu significatives pour la végétation, elles soulignent les difficultés rencontrées lors du cycle végétatif et la nécessité que les cultures ont de devoir de s'adapter à un milieu peu favorable.

**Figure II. 6 : Variation mensuelle de précipitation**

## 7. Indices climatiques :

Ce sont des paramètres qui se basent sur les valeurs de la température et la pluviométrie d'une zone à travers des formules dont le but est de voir l'interférence de ces facteurs climatiques et leur action sur la végétation.

On se base sur l'utilisation de deux indices qui sont les plus connus : de MARTONE (1926) et d'EMBERGER (1932).

### a. L'indice d'aridité de MARTONE :

Comme son nom indique, cet indice précise le degré de sécheresse de la zone et permet à se renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

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

Avec,

P : précipitation moyenne annuelles en (mm) ;

T : température moyenne annuelle en (°C) ;

I<sub>A</sub> : indice d'aridité.

Selon les valeurs de I<sub>A</sub> on peut préciser le type de climat. Les limites de l'indice sont données dans le tableau suivant :

**Tableau II. 8 : Classification de climats selon l'indice de MARTONE**

Valeur de I <sub>A</sub>	Type de climat	Irrigation
I <sub>A</sub> < 5	Désertique	Indispensable
5 < I <sub>A</sub> < 10	Très sec	Indispensable
10 < I <sub>A</sub> < 20	Sec	Souvent indispensable
20 < I <sub>A</sub> < 30	Relativement humide	Parfois utile
I <sub>A</sub> > 30	Humide	Inutile

$$P = 23 \text{ mm} \quad T = 25.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$I_A = \frac{23}{25.7 + 10} = 0.64$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate que la région est soumise à un régime de climat désertique et par conséquent l'irrigation est indispensable.

**b. Quotient pluviométrique d'Emberger :**

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique en utilisant le diagramme bioclimatique d'Emberger et la formule exprimée comme suit :

$$Q = \frac{1000}{\frac{(M + m)(M - m)}{2}} = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Avec,

Q : Coefficient pluviométrique d'Emberger ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en Kelvin ;

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en Kelvin.

$$M = 273 + 45.8 = 318.8$$

$$m = 273 + 5.1 = 278.1$$

D'où :

$$Q = 2000 \frac{23}{318.8^2 - 278.1^2} = 1.89$$

En prenant en considération que le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (Figure II.7), est en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (m) et de la valeur de (Q), on peut déduire que notre zone d'étude se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Saharien ;
- Sous étage : Hiver tempéré.

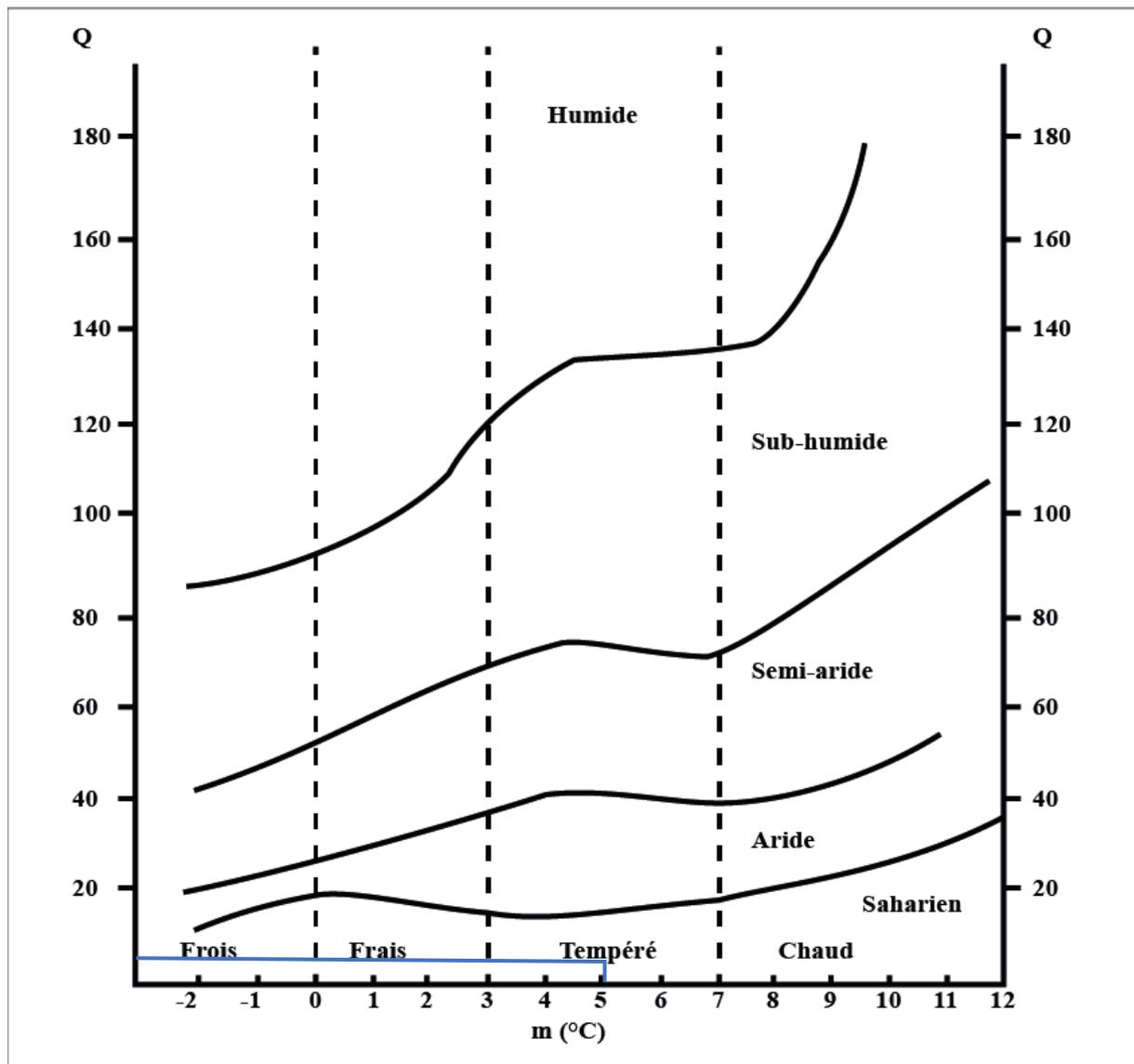
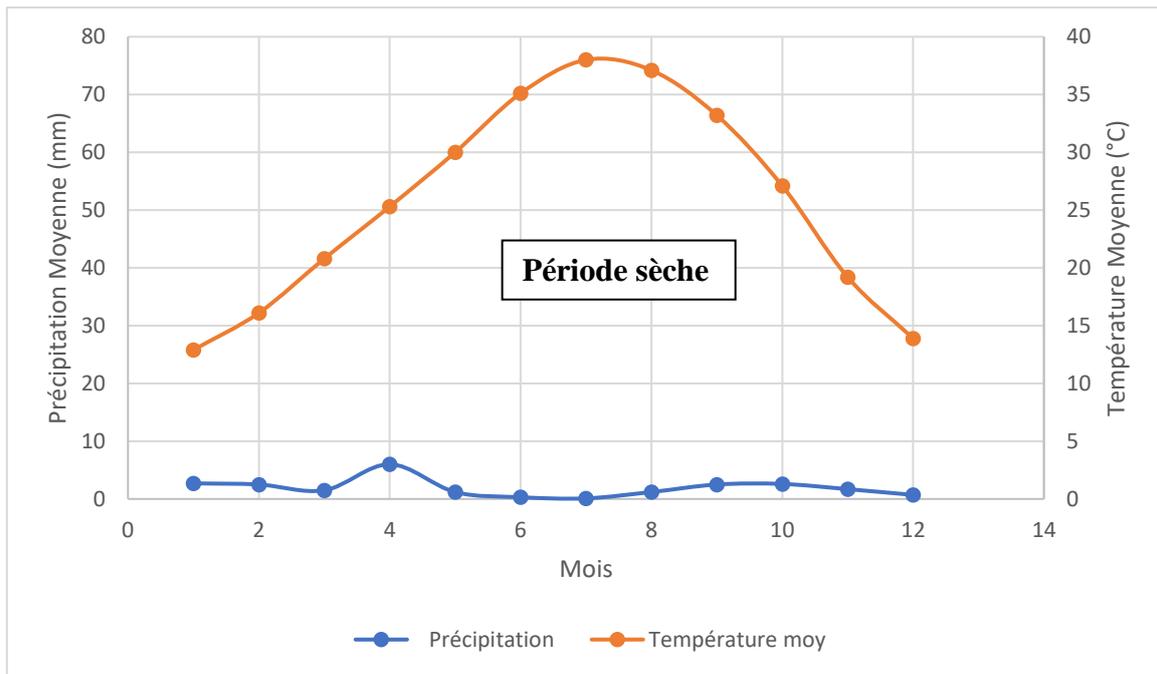


Figure II. 7 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

**c. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN :**

Ce diagramme est une méthode graphique où sont portés en abscisse les mois et en ordonnées à droite les précipitations et à gauche les températures à une échelle double de celle des précipitations.



**Figure II. 8 : Présentation graphique du diagramme bioclimatique d'EMBERGER**

Pour notre station, le diagramme ainsi élaboré montre que la période sèche s'étale sur toute l'année à cause des températures très élevées par rapport aux faibles précipitations.

## 8. Synthèse climatique :

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

Le climat d'Adrar est de type Saharien à forte aridité, l'hiver est très court et tempéré par contre la saison sèche est longue et s'étale sur toute l'année.

Les effets combinés de la température, la forte insolation, la faiblesse de l'humidité et le vent chaud et sec assez fréquent font que le pouvoir évaporant est élevé, ce qui traduit par une ETP estimée à 2751 mm/an.

Dans ce contexte l'activité agricole se heurte effectivement aux aléas d'un climat saharien rude avec ses répercussions peu favorables.

### III. Hydrologie :

L'étude hydrologique a comme but de déterminer les caractéristiques des précipitations de fréquence donnée. Ce qui est impératif pour calculer le besoin en eau des cultures.

Cette étude sera basé sur les données climatologique de la station de l'Aéroport d'Adrar - Touat - Cheikh Sidi Mohamed Belkebir sur une période d'observation étalant de 30 ans.

**Tableau II. 9 : Caractéristiques de la station météorologique**

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'année d'observation
		X (Km)	Y (Km)			
Aéroport d'Adrar	606200	776,60	3 082,66	276	1990 – 2019	30

**Tableau II. 10 : Précipitation mensuelle de la station de l'Aéroport d'Adrar (ONM Adrar) sur 30 ans**

Année	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNUEL
1990	0	0	0	0	0	0	0	92.97	0	0	0	0	92.97
1991	0	0	1.02	0	0.51	0	0	0	2.03	0	59.94	0	63.5
1992	0	0	1.02	0	0.25	3.05	0	1.02	0	0	0	0	5.34
1993	0	0.25	3.05	0	0	3.56	0	0	0	0	0	1.02	7.88
1994	1.02	0	0	0	2.54	0	31.5	0	0	10.2	35.05	0	80.32
1995	2.28	0.51	1.02	12.2	0	0	0	0	0	0	0	0	16.01
1996	0	0	0	0	0	7.12	7.62	0	7.11	0	2.03	0	23.88
1997	0	19.56	0	0	0.51	0	0	4.06	49.3	0	0	2.03	75.48
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.02	0	0	1.02
1999	0	0	27.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.18
2000	0	0.25	0	0	0	0	0	0	1.78	0	0	0	2.03
2001	0	0.76	0	0	0	0	0	0.76	0	1.02	0	0.51	3.05
2002	0	3.05	0	0	0	0	0	0	0	0	11.7	0	14.75
2003	0	0	3.05	0	0.51	13.46	0	0	0	0	0	3.05	20.07
2004	0	0	2.03	2.03	0	2.54	13.97	37.08	0	0	0	0	57.65
2005	0	0	0	0	0	0	7.87	0	0	7.11	0	0	14.98
2006	0	0	0.51	0	0.76	2.03	0	0	3.06	0	0	0	6.36
2007	2.03	0	0	0	0	0	1.02	0	0	0	0	3.04	6.09
2008	3.05	41.9	0	1.02	0	5.33	2.03	0	0	0	0	0	53.33
2009	3.56	0	0	0	18.03	0	8.13	0	0	0	0	0	29.72
2010	8.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.89
2011	0	0.51	0	0	0	1.02	3.05	0	0	0	0	0	4.58
2012	0	0	0	0	1.02	0	0	0	0	0	1.02	0	2.04
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76	1.02	0	0	1.78
2014	0	1.02	2.54	0	1.02	0	0	0	0	1.02	0	1.01	6.61
2015	0.25	0	0	0	0	0.51	0	0	0	0	0	9.14	9.9
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0.25
2017	7.11	0	0	12.2	1.02	0	1.02	0	5.59	0	0	0	26.94
2018	34.03	0.76	2.03	0	0	3.05	0	2.03	0.25	0	0	1.02	43.17
2019	3.05	0.76	0	0	0	0	0.51	0	0	0	0	0	4.32

### 1. Homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on utilise le Test de Wilcoxon ou Test des rangs qui est connu comme le test non paramétrique le plus puissant.

Soient (2) variables aléatoires Y et X, représentant respectivement 2 séries de précipitations annuelles de taille N1 et N2.

Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec  $N2 > N1$ . Si l'échantillon Y nouveau YUX est également issu de la même population que l'échantillon.

On classe les éléments de ce nouvel échantillon YUX par ordre décroissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe dans cette nouvelle série. Si une valeur se répète plusieurs fois, il faut lui associer le rang moyen qu'elle détermine.

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 à :

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

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,

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

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

D'après le calcul on trouve :

$$W_y = 112 ; \quad W_{min} = 63.27 ; \quad W_{max} = 188.73.$$

$$63.27 < 112 < 188.73$$

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

**Tableau II. 11 : Test d'homogénéité de Wilcoxon pour la station de l'Aéroport d'Adrar**

e	Série d'origine	Série Y	Série X	Ordre Décroissant	X Union Y
1	92.97	92.97	2.03	92.97	Y
2	63.5	63.5	3.05	80.32	Y
3	5.34	5.34	14.75	75.48	Y
4	7.88	7.88	20.07	63.5	Y
5	80.32	80.32	57.65	57.65	X
6	16.01	16.01	14.98	53.33	X
7	23.88	23.88	6.36	43.17	X
8	75.48	75.48	6.09	29.72	X
9	1.02	1.02	53.33	27.18	Y
10	27.18	27.18	29.72	26.94	X
11	2.03		8.89	23.88	Y
12	3.05		4.58	20.07	X
13	14.75		2.04	16.01	Y
14	20.07		1.78	14.98	X
15	57.65		6.61	14.75	X
16	14.98		9.9	9.9	X
17	6.36		0.25	8.89	X
18	6.09		26.94	7.88	Y
19	53.33		43.17	6.61	X
20	29.72		4.32	6.36	X
21	8.89			6.09	X
22	4.58			5.34	Y
23	2.04			4.58	X
24	1.78			4.32	X
25	6.61			3.05	X
26	9.9			2.04	X
27	0.25			2.03	X
28	26.94			1.78	X
29	43.17			1.02	Y
30	4.32			0.25	X

## 2. Ajustement de la série pluviométrique :

Les séries pluviométriques sont souvent ajustable aux lois de statistiques, ce qui est très conseiller pour obtenir des résultats plus fiables.

Les lois d'ajustement les plus communes sont les suivantes :

- 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**.

### 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 :

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

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 II. 12 : Ajustement selon la loi Normale**

<b>T</b>	<b>q</b>	<b>XT</b>	<b>Intervalle de confiance (95%)</b>
20.0	0.9500	67.4	52.7 - 82.2
10.0	0.9000	57.8	44.8 - 70.7
5.0	0.8000	46.1	34.9 - 57.2
3.0	0.6667	35.1	25.1 - 45.1
2.0	0.5000	23.7	14.1 - 33.2

#### ❖ Statistiques de base :

- Nombre d'observations : 30
- Minimum : 0.25
- Maximum : 93
- Moyenne : 23.7
- Ecart-type : 26.6
- Médiane : 12.3

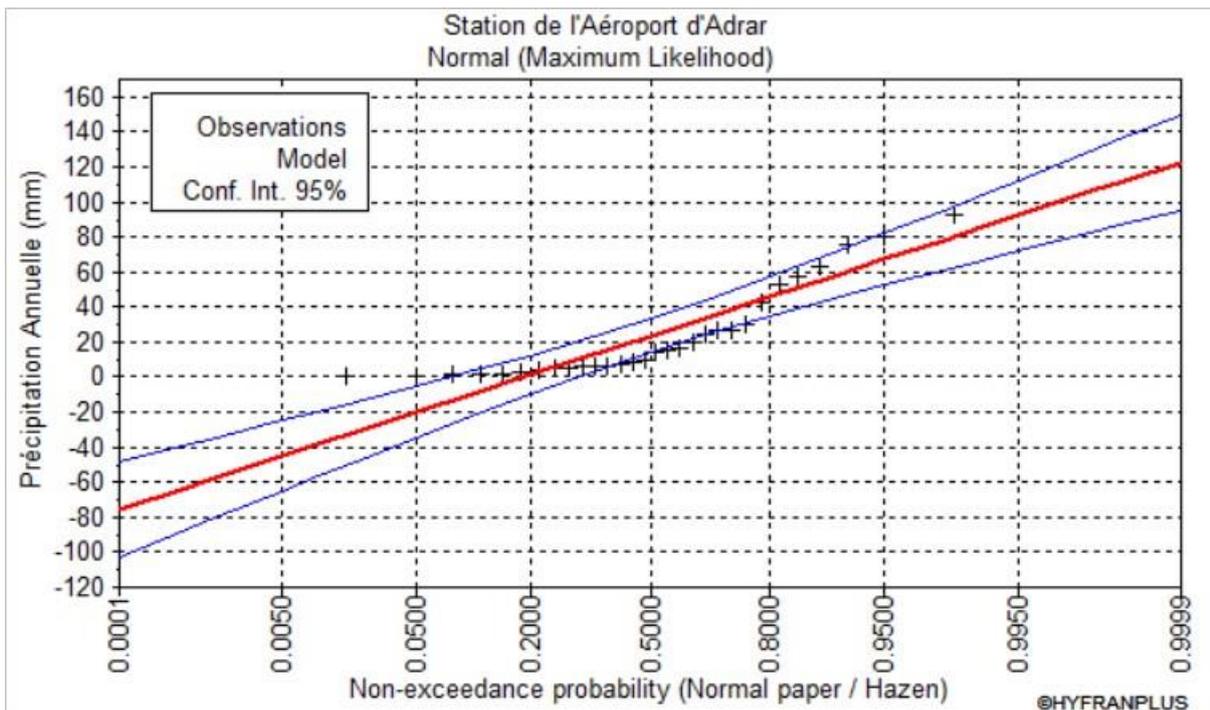


Figure II. 9 : Graphique de l'ajustement de la loi Normale

**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 II. 13 : Ajustement selon la loi Log-Normale**

T	q	XT	Intervalle de confiance (95%)
20.0	0.9500	118	23.7 - 212
10.0	0.9000	69.9	20.9 - 119
5.0	0.8000	37.1	14.7 - 59.4
3.0	0.6667	20.5	9.44 - 31.6
2.0	0.5000	11.0	5.34 - 16.7
1.4286	0.3000	5.18	2.33 - 8.04
1.2500	0.2000	3.28	1.30 - 5.26
1.1111	0.1000	1.74	0.520 - 2.96
1.0526	0.0500	1.03	0.208 - 1.85
1.0204	0.0200	0.572	0.0460 - 1.10

❖ **Statistiques de base :**

- Nombre d'observations : 30
- Minimum : 0.25
- Maximum : 93
- Moyenne : 23.7
- Ecart-type : 26.6

- Médiane : 12.3

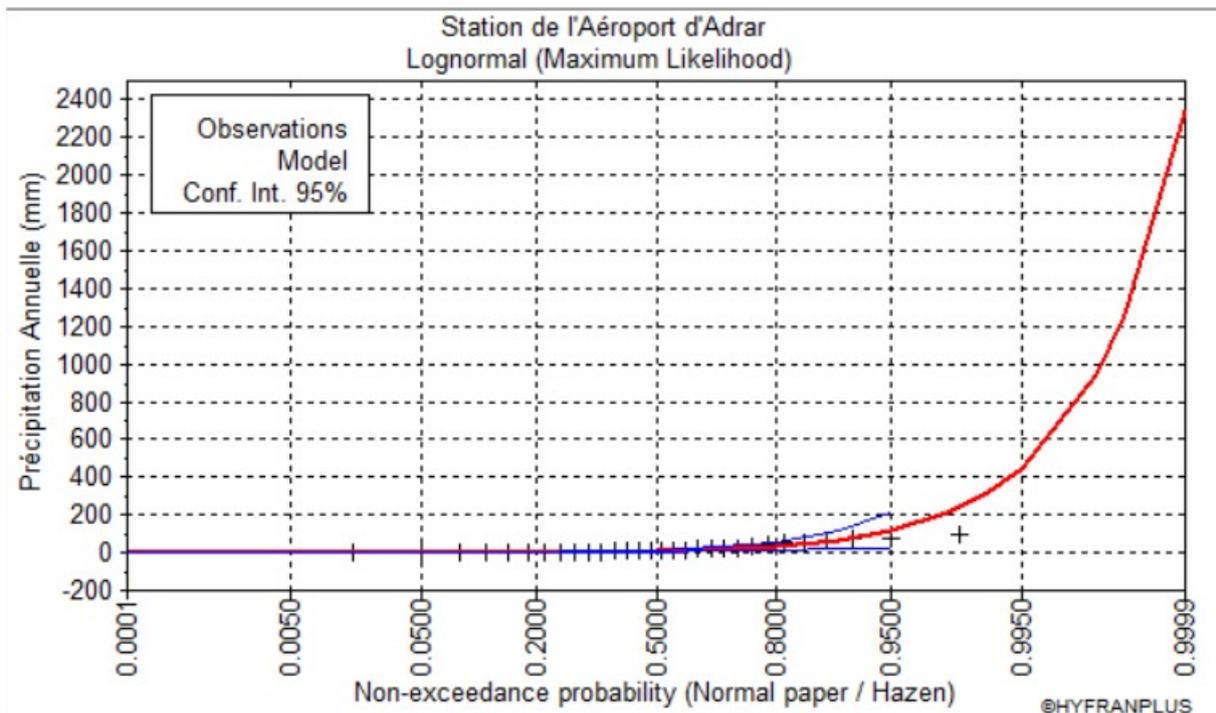


Figure II. 10 : Graphique de l’ajustement de la loi Log-Normale

### 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 II. 14 : Test de validité des ajustements

Loi Normale	Loi Log-Normale
$\chi^2$ calculé = 27.8	$\chi^2$ calculé = 2.67
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.

### 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 :

$$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \times \frac{P_{théorique\ 20\% \text{ annuelle}}}{P_{théorique\ 50\% \text{ annuelle}}}$$

$$P_{\text{théorique 20\% annuelle}} = 3.28 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique 50\% annuelle}} = 11 \text{ mm}$$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau II. 15 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm**

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
<b>P<sub>moy</sub> (mm)</b>	2.2	2.3	1.5	0.9	0.9	1.4	2.6	4.6	17.1	3.8	3.7	0.6
<b>P<sub>80% moy</sub> (mm)</b>	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.4	0.8	1.4	5.1	1.1	1.1	0.2

#### IV. Conclusion :

A travers les études effectuées sur ce chapitre, on a pu déterminer les principales caractéristiques climatiques de la région d'étude.

L'examen des données montre que la région jouit d'un climat saharien avec pluviométrie très faible et variable dans le temps.

Les pluies mensuelles de probabilité 80% reconstitués dans cette étude sont très faibles par rapport aux autres facteurs climatique, notamment par rapport à l'Evapotranspiration, ce qui nous indique le besoin d'exploiter de grandes quantités d'eau pour l'irrigation artificielle.



**Chapitre III : Ressources en  
sol et en eau**

## Chapitre III : RESSOURCES EN SOL ET EN EAU.

### I. Introduction :

L'étude des ressources en sol et en eau a comme but la recherche de terrains irrigables et les eaux valables pour cette irrigation, la connaissance de leurs caractéristiques physico-chimiques et leurs aptitudes culturales.

Les caractéristiques physiques du sol jouent un rôle considérable dans la réalisation du bilan hydrique réel, il est la résultante de toutes les caractéristiques du milieu climatique et permet de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour les différentes cultures au cours de leurs diverses stages végétatives.

### II. Ressources en eau :

Le périmètre fait partie du bassin du Grand Erg Occidental, qui s'alimente de la nappe Albienne (CI). Il sera alimenté par le biais des différents forages réalisés.

#### 1. Caractéristiques des forages :

D'après les résultats des essais de pompage des forages exploités dans le périmètre, nous ont permis de déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère.

- Niveau statique : 19 – 20 m
- Niveau dynamique : 29 – 30 m
- Débit du forage : 45 – 50 l/s
- Transmissivité : 47.9 m<sup>2</sup>/s
- Coefficient d'emmagasinement n'était pas calculé à cause de l'absence du piézomètre d'observations.

#### 2. Caractéristiques des eaux de forages :

Les eaux destinées à l'irrigation doivent répondre à des exigences de qualité afin de minimiser les risques de salinisation des terrains.

Eau moyenne minéralisée ; la teneur en sels minéraux est de 1342 mg/l et le faciès physico-chimique est de type chloré sodique.

Les teneurs en éléments minéraux et composés organiques, azotés, phosphorés étant dans les normes fixées par la réglementation (Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées).

**Tableau III. 1 : Bulletin d'analyse de l'eau de forage**

Paramètre	Symbole	Unité	Résultats
Potentiel d'hydrogène	pH	u ph	7.57
Conductivité	CE	dS/m	2.16
Turbidité	Tur	NTU	/
Résidu sec	R-S	mg/l	1360
Oxygène dissous	O2 diss	mg/l	/
Ammonium	NH4+	mg/l	0.095
Nitrite	NO2-	mg/l	0.119
Nitrate	NO3-	mg/l	25
Phosphates	PO4-	mg/l	0.650
Oxydabilité	Mat.Ox	mg/l O2	7.20
Fer	Fe	mg/l	/
Calcium	Ca++	mg/l	87
Magnésium	Mg++	mg/l	54
Sodium	Na+	mg/l	250
Potassium	K+	mg/l	11
Chlorure	Cl-	mg/l	320
Sulfate	SO4-	mg/l	480
Bicarbonate	HCO3-	mg/l	110
Carbonate	CO3--	mg/l	0
Silice	SiO2	mg/l	12
Titre Hydrométrique	TH	°F	43
Titre Alcalin	TA	°F	0
Titre Alcalin Complet	TAC	°F	9
Minéralisation	Miner	mg/l	1342

Source : ANRH ADRAR

### 3. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :

Pour garantir un meilleur développement des cultures, et éviter les effets négatifs sur l'environnement et le système d'irrigation lors d'un aménagement hydro-agricole, il est indispensable de vérifier que la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation respecte les normes.

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

- Le risque de Sodium (Degré d'Absorption du Sodium SAR) ;
- La Concentration totale en sels dissous ;

- La présence des éléments toxiques ;
- Le Potentiel d'Hydrogène (pH).

L'évaluation des eaux se base sur des classifications qui montrent leur aptitude à être utilisée pour l'irrigation. On distingue deux classifications : La classification américaine et celle de la FAO. Pour notre étude, nous allons utiliser la classification américaine.

La classification américaine est une classification chimique en fonction de deux paramètres : la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

**a. La conductivité électrique CE :**

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm ou en dS/m ou en  $\mu\text{S/cm}$ . Elle permet de quantifier le degré de salinité des eaux d'irrigation. On distingue quatre classes de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.

**Tableau III. 2 : Classification des eaux en fonction de CE.**

Classe	CE en dS/m	Qualité des eaux	Valabilité pour l'irrigation
C1	$CE \leq 0.25$	Eau de risque faible	Convient pour toute les cultures
C2	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Eau de risque moyen	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0.25 \leq CE \leq 2.25$	Eau de risque élevé	Ne convient qu'à des sols drainés et plantes tolérantes
C4	$CE \geq 2.25$	Eau de risque très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

L'eau des forages de notre périmètre est de classe C3 avec une conductivité électrique moyenne de  $CE = 2.16$  dS/m.

**b. Le SAR (Sodium Absorption Ratio) :**

Le Sodium exerce une action de défloculation sur le sol, et d'où vient la nécessité de l'avoir en quantités normalisées. Pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ions  $\text{Na}^+$  et celle en ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ .

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

D'où :

$$SAR = \frac{250}{\sqrt{\frac{87 + 54}{2}}} = 29.75$$

On distingue quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin.

**Tableau III. 3 : Classification des eaux en fonction du S.A.R.**

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 \leq SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 \leq SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR \geq 26$	Risque très élevé

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation, notre eau est classée en C3-S4 : une eau à risque de salinité élevé et à un degré d'alcalinité très élevé.

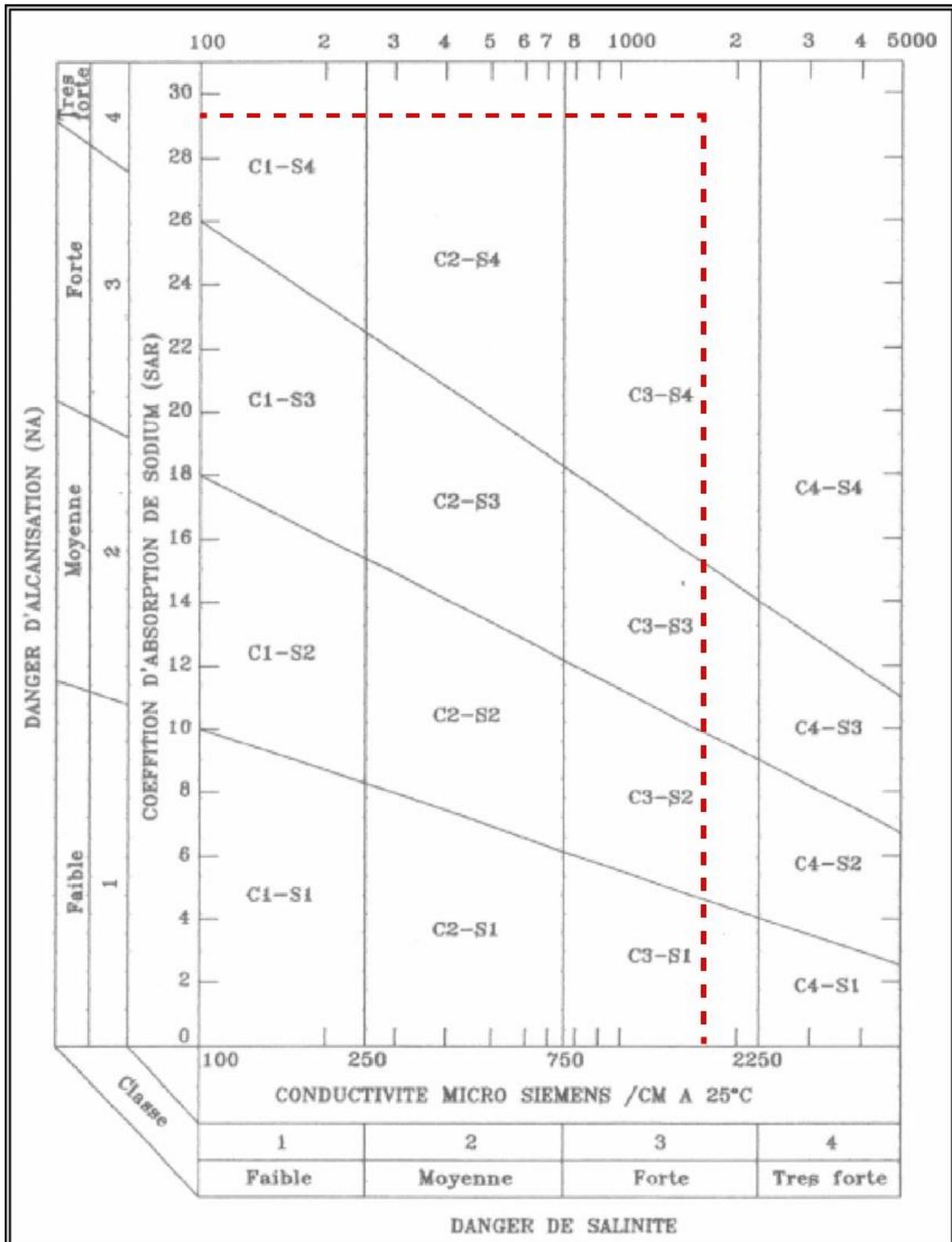


Figure III. 1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

### III. Ressources en sol :

L'étude agro-pédologique a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeurs en irrigation ainsi les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage.

#### 1. Caractéristiques pédologiques des sols de périmètre :

Un sol se caractérise par un certain nombre de paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres sont généralement fonctions à la fois de la structure et de la texture du sol, sans toutefois leur être rigoureusement liés. Compte rendu de la prospection préliminaire effectuée sur le terrain, ainsi que les résultats d'analyses des échantillons de sols obtenus.

Le sol est de topographie plane avec une surface graveleuse à moyennement caillouteuse par endroit. Il se caractérise par une texture Sableuse à sablo-limoneuse, avec une profondeur de 30 cm à 35 cm limitée par une dalle grés calcaire.

La texture grossière du sol engendre une faible capacité de rétention en eau et en éléments fertilisants. Le sol ne présente pas un risque de salinité vu la salinité faible 0.11 à 0.36 (dS/m). Cependant, le pH alcalin du sol 8.22 à 8.66 induise le blocage des éléments nutritifs.

Les paramètres hydrodynamiques, qui interviennent entre autres dans le calcul de la dose d'irrigation sont résumés dans le tableau III.4 :

**Tableau III. 4 : Propriétés hydrodynamiques des sols.**

Texture	Sablo-limoneuse
Capacité au champ (%)	12
Point de flétrissement (%)	5
Densité apparente	1.4

#### 2. Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation :

Ce type de classification est basé sur les paramètres suivants :

- Profondeur du sol :
- Texture ;
- Salinité ;
- Topographie ;
- Perméabilité ;
- Drainage ;
- Calcaire actif.

Les différentes classes avec ces caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

**Tableau III. 5 : Caractéristiques des sols et aptitudes culturales.**

Paramètre de classification Classe	Profondeur (cm)	Texture	Salinité mmohs/cm	Topographie	Perméabilité (cm/h)	Aptitudes culturales	Observation
Classe I	> 120	-Texture moyenne (Sablo argileuse, limoneuse)	-Pas de problème de salinité <1 -Calcaire actif < 5%	Plane	2-6 (bonne)	Bonne aptitude pour toutes les cultures arbustives, industrielles, céréalières, fourragères et maraîchères	Leur aptitude à l'irrigation est bonne  Aucune contrainte majeure pour la mise en valeur.
Classe II	> 80	-Sablo- limoneuse -Limono- sableuse et limono argileuse	-La salinité varie de 4 à 8 -Teneur en calcaire actif $\leq 7\%$	Plane	-Pour les sols à texture fine 0,5-2 -Texture grossière 6-12,5	-Moyennement apte à toutes les cultures industrielles céréalières fourragères et maraîchères	-Les travaux d'aménagement nécessaires sont mineurs, notamment l'apport d'engrais minéraux et organique
Classe III	40 à 80	-Sablo –limoneuse -Argilo- sableuse, argilo limoneuse	Présente dans les endroits à texture fine 8÷12.	Pente faible	-Pour les sols à textures fine (0,1÷0,5)	-Moyenne aptitude aux cultures maraîchères céréalières et fourragères et peu aptes aux cultures arbustives	Labours profonds, apport de matières organiques, plantation des brises vents

**❖ Interprétation :**

D'après l'analyse des sols, on remarque que l'aptitude culturelle des sols diffère d'un type du sol à un autre.

La classe (I) a une bonne aptitude pour l'irrigation, et n'a aucune contrainte majeure pour la mise en valeur. Les classes II et III nécessitent un travail mineur.

Dans notre cas le sol est de la classe III, il présente une aptitude moyenne aux cultures maraîchères, céréalières et fourragères et peu aptes aux cultures arbustives.

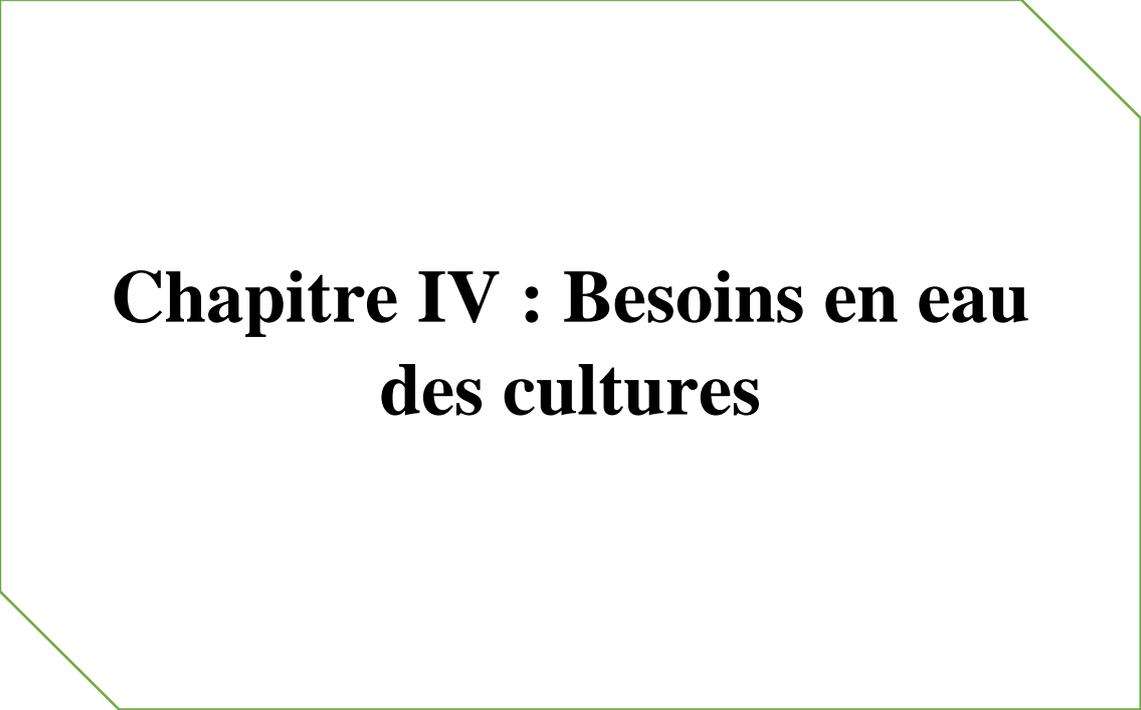
Néanmoins, l'installation de brises vent selon les normes recommandées est indispensable avant toutes actions de mise en valeur. Il est aussi conseillé de réaliser les travaux suivants avant la mise en culture :

- Epierrage ;
- Sous soulage pour augmenter la profondeur ;
- Nivellement de terrain ;
- Pré irrigation pour faciliter les travaux du sol.

**IV. Conclusion :**

Les résultats d'analyses des ressources en eau et en sol montrent l'aptitude de mise en valeur pour le périmètre. La qualité des eaux de forages réalisées présente un risque de salinité et alcalinité. Cependant, la texture poreuse du sol diminue ses risques.

Tous ces facteurs, en addition des facteurs climatiques étudiés dans le chapitre précédent, incitent à l'utilisation des techniques de travaux de sols et à faire des choix précis de cultures afin d'assurer le meilleur rendement possible du périmètre.



## **Chapitre IV : Besoins en eau des cultures**

## Chapitre IV : BESOINS EN EAU DES CULTURES.

### I. Introduction :

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

Dans ce présent chapitre, on se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base d'informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, cultures envisageables, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

### II. L'occupation des sols :

L'évaluation des besoins en eau des cultures dépend tout d'abord de l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre.

Le choix des cultures à mettre en place doit être basé sur les critères suivants :

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

#### 1. Choix des cultures :

Le choix des cultures repose en grande partie sur leur tolérance à la salinité du sol et à celle de l'eau d'irrigation. Les plantes ne répondent pas à la salinité de la même manière ; certaines cultures peuvent produire des rendements acceptables à une salinité du sol beaucoup plus élevée que d'autres. En effet, certains sont mieux en mesure de faire les ajustements osmotiques nécessaires leur permettant d'extraire plus d'eau d'un sol salin. La capacité de la culture à s'adapter à la salinité est extrêmement utile. Dans les zones où une accumulation de salinité du sol ne peut pas être contrôlée à une concentration acceptable pour la culture cultivée, une culture alternative peut être choisie qui est à la fois plus tolérante à la salinité attendue du sol et peut produire des meilleurs rendements.

Dans notre étude, nous nous appuyerons sur la classification des cultures en fonction de leur tolérance à la salinité proposé par le Bulletin FAO-29 afin de déterminer les cultures les mieux adaptées à notre périmètre. (**Annexe 2**)

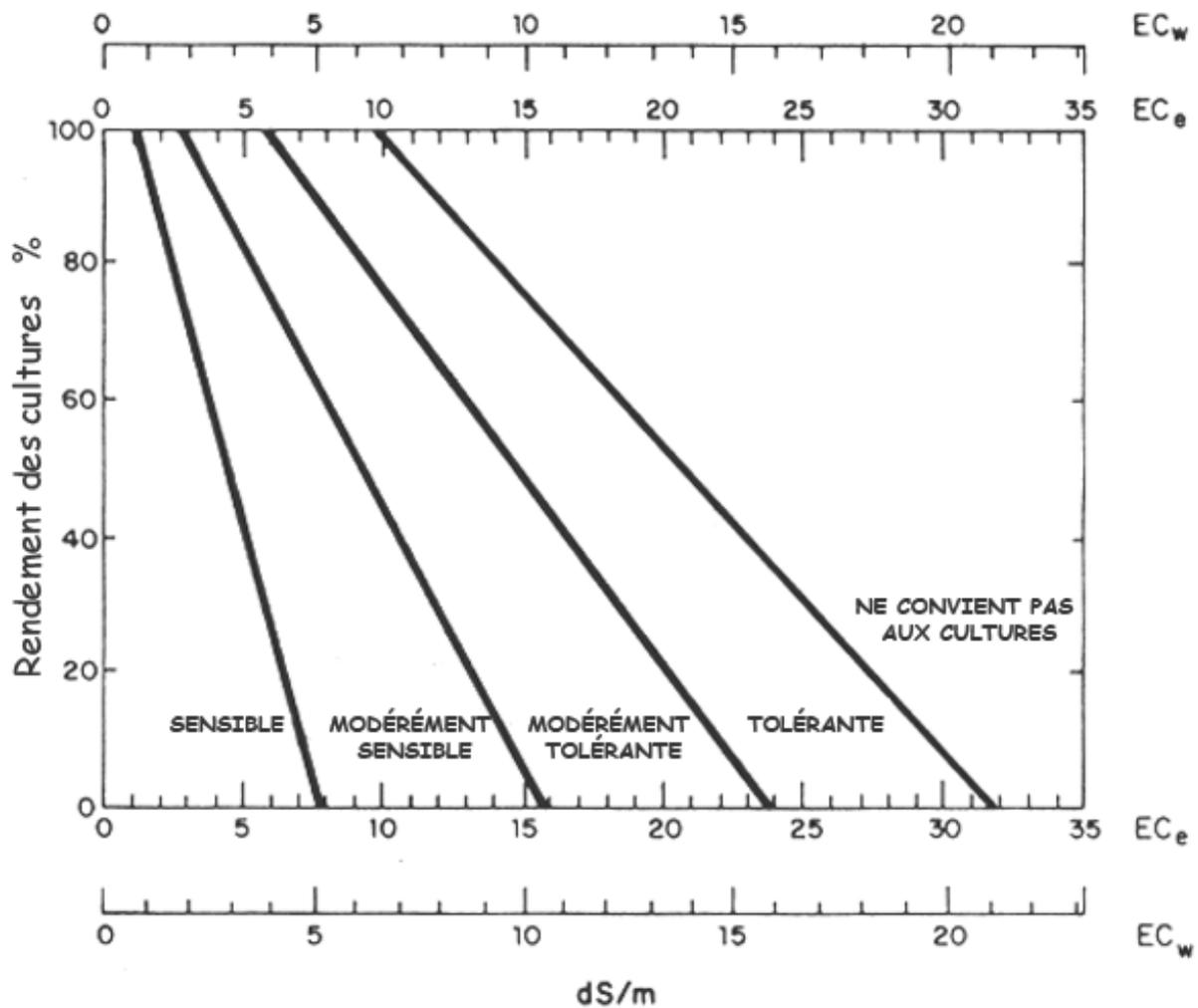


Figure III. 2 : Variation du rendement en fonction de la salinité pour différentes classes de cultures.

La tolérance relative des différentes cultures est détaillée dans un tableau (Annexe 2).

**2. Cultures proposées :**

Les scénarios d’occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau IV. 1 : Scénarios d’occupation du sol par l’ensemble de l’exploitation du périmètre**

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %
1	70	15	15
2	50	15	35
3	40	20	40
4	30	15	55

Pour notre cas, en prenant en considération les contraintes d'ordre climatique, social et agro-pédologique. Nous proposons le scénario 3 qui est un équilibré et réponds surtout aux besoins sociaux de la région.

**Tableau IV. 2 : Occupation du sol en fonction des cultures.**

Les cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
<b>Les céréalicultures :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blé dur</li> <li>• Orge grain</li> </ul>	40	160
<b>Les cultures fourragères :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orge en vert</li> </ul>	20	80
<b>Les cultures Maraichères :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomme de terre</li> <li>• Tomate</li> <li>• Poivron</li> <li>• Melon</li> </ul>	40	160
Total	100	400

### 3. Cycle végétatif des cultures :

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau dessous :

**Tableau IV. 3 : Cycle végétatif des cultures.**

Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	
Blé			←—————→										
Orge			←—————→										
Pomme de terre	←—————→												
Tomate							←—————→						
Poivron				←—————→									
Melon							←—————→						

### III. Calcul des besoins en eau :

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

## 1. L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration fait référence à la quantité de vapeur d'eau évaporée d'une zone couverte de végétation. La quantité est généralement exprimée en unité de surface et en unité de temps, en m<sup>3</sup> / ha / jour, m<sup>3</sup> / ha / mois ou m<sup>3</sup> / ha / an. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également être exprimée en mm/jour, par mois/an.

On distingue :

### ➤ L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) :

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

### ➤ L'évapotranspiration potentielle :

Elle est définie comme la perte totale d'une couverture végétale abondante, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur limitant l'évaporation. L'ETP peut être définie comme l'évapotranspiration d'une plante recouvrant le sol, où le développement foliaire est maximum (sur la phase de croissance), ce dernier étant à la capacité au champ. L'ETP correspond à « la demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

### ➤ L'évapotranspiration réelle :

Pour une période de temps déterminée (jour, mois, cycle complet des nutriments), chaque parcelle perdra une certaine quantité d'eau en raison de la transpiration et de l'évaporation directe, ce qu'on appelle l'évapotranspiration réelle ETR.

### 1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET<sub>0</sub>) :

Il existe deux méthodes pour estimer l'ET<sub>0</sub> :

- Les méthodes directes « instruments et appareils » ;
- Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

- ✓ Formule de Turc (1960) ;
- ✓ Formule de Thornthwaite (1955) ;
- ✓ Formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- ✓ Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948) ;
- ✓ Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO.

La formule de Penman-Monteith est la méthode la plus utilisée sous tous les climats.

Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, qui sont rarement toutes disponibles sur une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée d'estimation de ET<sub>0</sub>.

• **Formule Modifiée de Penman-Monteith :**

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{Cste}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Avec :

- ✓ **ET0** : évapotranspiration de référence [mm jour-1] ;
- ✓ **Rn** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m-2 jour-1] ;
- ✓ **G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m-2 jour-1] ;
- ✓ **T** : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C] ;
- ✓ **u2** : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s-1] ;
- ✓ **es** : pression de vapeur saturante [kPa] ;
- ✓ **ea** : pression de vapeur réelle [kPa] ;
- ✓ **es-ea** : déficit de pression de vapeur saturante [kPa] ;
- ✓ **D** : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1] ;
- ✓ **g** : constante psychrométrique [kPa °C-1].

La détermination de l'évapotranspiration se fait par la formule de Penman, en raison de son exactitude pour l'estimation de l'ETP. Le calcul se fait par le logiciel CROPWAT 8.0.

**Tableau IV. 4 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT**

Mois	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation (heures)	Radiation (MJ/m <sup>2</sup> /jour)	ET0 (mm/mois)
Janvier	5.1	21.1	36	1.7	8.9	15.3	90.75
Février	7.7	24.2	28	2.2	8.9	17.5	116.98
Mars	12	28.9	21	2.0	9.1	20.5	162.58
Avril	16.3	33.2	18	1.8	9.9	23.8	185.21
Mai	20.8	37.9	16	2.4	10.4	25.5	249.58
Juin	25.6	43.1	12	2.0	10.7	26.1	247.58
Juillet	28.5	45.8	11	2.0	10.6	25.8	266.56
Août	28	44.9	13	1.7	9.8	23.9	237.15
Septembre	24.9	41	19	1.8	8.6	20.4	206.40
Octobre	18.6	34.3	26	1.6	8.8	18.1	160.37
Novembre	11	27.2	33	1.5	8.7	15.5	108.98
Décembre	6.4	22	39	1.8	8.2	13.8	92.62
Moyenne	17.1	33.6	23	1.9	9.4	20.5	177.03

✓ **Commentaire :**

On remarque que l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  est importante durant toute l'année et atteint des valeurs très élevées en été, comparant aux quantités de précipitations négligeables les besoins en eau pour irrigation seront importants.

**1.2. Calcul de l'évapotranspiration maximale de culture (ETM) :**

L'Evapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et elle dépend aussi des conditions pédologiques et climatiques.

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

$$ETM = K_C \times ET_0$$

Avec :

**K<sub>C</sub>** : le coefficient cultural.

Les valeurs du coefficient cultural ( $K_C$ ) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante ; de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin FAO « irrigation et drainage » N°24. (**Annexe 3**).

**2. La réserve facilement utilisable (RFU) :**

La réserve utile est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la resserve utile :

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

Avec :

- ✓ **Y** : degré de tarissement,
  - Y= 2/3 pour les cultures en général.
  - Y= 1/3 pour les cultures sensibles (Pastèque).
  - Y= 1/2 pour les cultures céréalières.
- ✓ **D<sub>a</sub>** : densité apparente. On prend 1.4 car la texture du sol est sablo-limoneuse (voir Tableau III.4) ;
- ✓ **Z** : profondeur d'enracinement mm ;
- ✓ **H<sub>cc</sub>** : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend (12) ;
- ✓ **H<sub>pf</sub>** : humidité au point de flétrissement, dans notre cas, on prend (5).

### 3. La pluie efficace :

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend des caractéristiques du sol, et de l'intensité des pluies. Plusieurs méthodes permettent de calculer les pluies efficaces. Dans notre cas, nous nous sommes référés sur la méthode du pourcentage, détaillée comme suit :

$$P_{eff} = A \times P_{tot}$$

A : coefficient estimé à 0,8. Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 5 : Pluies efficaces calculées.**

Mois	P <sub>tot</sub> (mm)	P <sub>eff</sub> (mm)
Janvier	0.7	0.6
Février	0.7	0.6
Mars	0.5	0.4
Avril	0.3	0.2
Mai	0.3	0.2
Juin	0.4	0.3
Juillet	0.8	0.6
Août	1.4	1.1
Septembre	5.1	4.1
Octobre	1.1	0.9
Novembre	1.1	0.9
Décembre	0.2	0.2
<b>Total</b>	<b>12.6</b>	<b>10.1</b>

➤ Il est à noter que dans le cas où la pluie efficace est inférieure à 5 mm, elle est automatiquement remise à zéro ( $P_{eff}=0$ ).

### 4. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :

Les besoins en eau des cultures sont calculés par le bilan hydrique :

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU)$$

Avec :

- ✓ **B** : Besoins en eau d'irrigation (mm) ;
- ✓ **ETM** : Evapotranspiration (mm/mois) ;
- ✓ **RFU** : La réserve facilement utilisable (RFU) ;
- ✓ **P<sub>eff</sub>** : pluie efficace.

Dans notre cas, on prend ( $P_{eff} = 0$ ), et d'où :

$$B = ETM - RFU$$

Les besoins en eau des cultures sont calculés comme suit :

**Tableau IV. 6 : Calcul des besoins en eau du Blé dur.**

Mois	ET0 (mm/mois)	K <sub>C</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	206.4						0	
Oct	160.37						0	
Nov	108.98	0.4	43.59	0.3	19.7	0	0	43.59
Déc	92.62	0.65	60.2	0.5	32.83	0	0	60.2
Jan	90.75	0.9	81.68	0.5	32.83	0	0	81.68
Fév	116.98	1	116.98	0.6	39.4	0	0	116.98
Mar	162.58	1.05	170.71	0.6	39.4	0	0	170.71
Avr	185.21	0.85	157.43	0.6	39.4	0	0	157.43
Mai	249.58	0.6	149.75	0.6	39.4	0	0	149.75
Jun	247.58	0.35	86.65	0.6	39.4	0	0	86.65
Jul	266.56						0	
Aoû	237.15						0	

**Tableau IV. 7 : Calcul des besoins en eau de l'Orge vert.**

Mois	ET0 (mm/mois)	K <sub>C</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	206.4						0	0
Oct	160.37						0	0
Nov	108.98	0.4	43.59	0.3	0	0	0	43.59
Déc	92.62	0.65	60.2	0.5	0	0	0	60.2
Jan	90.75	0.9	81.68	0.5	0	0	0	81.68
Fév	116.98	0.9	105.28	0.6	0	0	0	105.28
Mar	162.58	0.9	146.32	0.6	0	0	0	146.32
Avr	185.21	0.85	157.43	0.6	0	0	0	157.43
Mai	249.58	0.6	149.75	0.6	0	0	0	149.75
Jun	247.58	0.35	86.65	0.6	0	0	0	86.65
Jul	266.56						0	
Aoû	237.15						0	

**Tableau IV. 8 : Calcul des besoins en eau de l'Orge grain.**

Mois	ET0 (mm/mois)	K <sub>C</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Pe <sub>eff</sub> (mm)	B (mm)
Sep	206.4						0	
Oct	160.37						0	
Nov	108.98	0.4	43.59	0.3	19.7	0	0	43.59
Déc	92.62	0.65	60.2	0.5	32.83	0	0	60.2
Jan	90.75	0.9	81.68	0.5	32.83	0	0	81.68
Fév	116.98	1	105.28	0.6	39.4	0	0	105.28
Mar	162.58	1.05	146.32	0.6	39.4	0	0	146.32
Avr	185.21	0.85	157.43	0.6	39.4	0	0	157.43
Mai	249.58	0.6	149.75	0.6	39.4	0	0	149.75
Jun	247.58	0.35	86.65	0.6	39.4	0	0	86.65
Jul	266.56						0	
Août	237.15						0	

**Tableau IV. 9 : Calcul des besoins en eau du poivron.**

Mois	ET0 (mm/mois)	K <sub>C</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Pe <sub>eff</sub> (mm)	B (mm)
Sep	206.4		0		0	0	0	0
Oct	160.37		0		0	0	0	0
Nov	108.98		0		0	0	0	0
Déc	92.62		0		0	0	0	0
Jan	90.75	0.6	54.45	0.25	0	0	0	54.45
Fév	116.98	0.8	93.58	0.4	0	0	0	93.58
Mar	162.58	1.05	170.71	0.8	0	0	0	170.71
Avr	185.21	1.05	194.47	0.8	0	0	0	194.47
Mai	249.58	0.9	224.62	0.8	0	0	0	224.62
Jun	247.58		0		0	0	0	0
Jul	266.56		0		0	0	0	0
Août	237.15		0		0	0	0	0

**Tableau IV. 10 : Calcul des besoins en eau du Tomate.**

Mois	ET0 (mm/mois)	K <sub>C</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Pe <sub>eff</sub> (mm)	B (mm)
Sep	206.4						0	
Oct	160.37						0	
Nov	108.98						0	
Déc	92.62						0	
Jan	90.75						0	
Fév	116.98						0	
Mar	162.58	0.5	81.29	0.7	45.96	0	0	81.29
Avr	185.21	0.85	157.43	0.9	59.09	0	0	157.43
Mai	249.58	1.15	287.02	1.2	78.79	0	0	287.02
Jun	247.58	0.85	210.44	1.2	78.79	0	0	210.44
Jul	266.56						0	
Août	237.15						0	

**Tableau IV. 11 : Calcul des besoins en eau du Pomme de terre.**

Mois	ET0 (mm/mois)	K <sub>C</sub>	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Pe <sub>eff</sub> (mm)	B (mm)
Sep	206.4	0.75	154.8	0.4	26.26	0	0	154.8
Oct	160.37	1.1	176.41	0.6	39.4	0	0	176.41
Nov	108.98	1.2	130.78	0.6	39.4	0	0	130.78
Déc	92.62	0.75	69.47	0.6	39.4	0	0	69.47
Jan	90.75						0	
Fév	116.98						0	
Mar	162.58						0	
Avr	185.21						0	
Mai	249.58						0	
Jun	247.58						0	
Jul	266.56						0	
Août	237.15						0	

**Tableau IV. 12 : Calcul des besoins en eau du melon.**

<b>Mois</b>	<b>ET0 (mm/mois)</b>	<b>Kc</b>	<b>ETM (mm/mois)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>RFU_Théo</b>	<b>RFU_Réelle</b>	<b>Peff (mm)</b>	<b>B (mm)</b>
<b>Sep</b>	206.4						0	
<b>Oct</b>	160.37						0	
<b>Nov</b>	108.98						0	
<b>Déc</b>	92.62						0	
<b>Jan</b>	90.75						0	
<b>Fév</b>	116.98						0	
<b>Mar</b>	162.58	0.5	81.29	0.3	19.7	0	0	81.29
<b>Avr</b>	185.21	0.8	148.17	0.6	39.4	0	0	148.17
<b>Mai</b>	249.58	1.05	262.06	1	65.66	0	0	262.06
<b>Jun</b>	247.58	1.05	259.96	1	65.66	0	0	259.96
<b>Jul</b>	266.56	0.75	199.92	1	65.66	0	0	199.92
<b>Aoû</b>	237.15						0	

**Tableau IV. 13 : Récapitulatif des besoins.**

Mois	Blé	Orge grain	Orge en vert	Pomme de terre	Poivron	Tomate	Melon	Total (mm)
Sep	0	0	0	154.8	0	0	0	154.8
Oct	0	0	0	176.41	0	0	0	176.41
Nov	43.59	43.59	43.59	130.78	0	0	0	261.55
Déc	60.2	60.2	60.2	69.47	0	0	0	250.07
Jan	81.68	81.68	81.68	0	54.45	0	0	299.49
Fév	116.98	105.28	105.28	0	93.58	0	0	421.12
Mar	170.71	146.32	146.32	0	170.71	81.29	81.29	796.64
Avr	157.43	157.43	157.43	0	194.47	157.43	148.17	972.36
Mai	<b>149.75</b>	<b>149.75</b>	<b>149.75</b>	<b>0</b>	<b>224.62</b>	<b>287.02</b>	<b>262.06</b>	<b>1222.95</b>
Jun	86.65	86.65	86.65	0	0	210.44	259.96	730.35
Jul	0	0	0	0	0	0	199.92	199.92
Août	0	0	0	0	0	0	0	0

### 5. Calcul du débit spécifique :

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

$$Q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times 3600 \times E_i}$$

Avec :

- ✓  $Q_s$  : le débit spécifique en l/s/ha ;
- ✓  $B_{net}$  : Besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- ✓  $N_i$  : Nombre des heures d'irrigation = 24 h ;
- ✓  $N_j$  : Nombre de jours du mois de pointe = 31 ;
- ✓  $E_i$  : Efficience d'irrigation = 75%.

On calcul les besoins en eau du mois de pointe correspondent au mois de Mai,

➤  **$B_{net} = 1222.95$  mm/mois ➡  $Q_s = 6.1$  l/s/ha.**

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. Il y'a un risque de surdimensionnement Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- ✓ Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- ✓ Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
- ✓ Prendre le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Pour notre cas la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures pour l'assolement la plus exigeante comme suit :

**Tableau IV. 14 : Calcul du débit spécifique.**

Culture	Blé	Orge grain	Orge en vert	Pomme de terre	Poivron	Tomate	Melon	Blé	Moyenne $Q_s$
Débit de pointe	170.71	157.43	157.43	176.41	224.62	287.02	262.06	170.71	
$Q_s$	0.878138	0.809825	0.809825	0.907459	1.155453	1.47644	1.348045	0.878138	<b>1.06</b>

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

➤  **$Q_s = 1.06$  l/s/ha**

Ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha et donc c'est un choix valable.

## 6. Calcul du débit caractéristique :

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

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

Avec :

- ✓  $Q_s$  : le débit spécifique en l/s/ha ;
- ✓  $S$  : la superficie à irriguer ha.
- $Q_{car} = Q_s \times S = 1.06 \times 400 = 424$  l/s.

## 7. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les volumes d'eau à stockés dans le bassin ou réservoir et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

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

**Tableau IV. 15 : Volume d'eau d'irrigation.**

Type de culture	Surface (ha)	Besoin en eau net (mm)	Besoin en eau net (m <sup>3</sup> /ha)	Efficiencce (%)	Besoin en eau brut (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins brut totaux (m <sup>3</sup> )
<b>Les céréaliculture</b>	160 ha					
Blé	80	866.99	8669.9	75	11559.87	924789.3
Orge grain	80	830.9	8309	75	11078.67	886293.3
<b>Les fourragères</b>	80 ha					
Orge en vert	80	830.9	8309	75	11078.67	886293.3
<b>Les maraichères</b>	160 ha					
Pomme de terre	60	531.46	5314.6	75	7086.133	425168
Poivron	40	737.83	7378.3	75	9837.733	393509.3
Tomate	40	736.18	7361.8	75	9815.733	392629.3
Melon	20	951.4	9514	75	12685.33	253706.7
					<b>Besoin total</b>	<b>4162389 m<sup>3</sup></b>

On remarque que le volume nécessaire pour assurer les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre 4.16 Hm<sup>3</sup>. Comme le volume est importante, il sera primordial d'opter pour l'implantation des bassins pour réserver l'eau des forages existants dans le périmètre avant qu'elle soit transmise vers les parcelles.

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

Dans ce chapitre, nous avons choisi les cultures qui seront plantées dans le périmètre et déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous permet d'estimer le débit spécifique en prenant en considération la moyenne des débits spécifique de l'ensemble des cultures. Finalement, nous avons calculé la demande totale en eau dans les environs.

# **Chapitre V : Etude du réseau d'adduction et de distribution**

## Chapitre V : ETUDE DU RESEAU D'ADDUCTION ET DE DISTRIBUTION

### I. Introduction :

L'ensemble des conduites et des équipements et des ouvrages assurant l'acheminement de l'eau de la source jusqu'aux cultures est constitué essentiellement de deux réseaux :

- ✓ Le réseau d'adduction
- ✓ Le réseau de distribution

Le but consiste à rechercher des différentes possibilités du tracé du système d'adduction et de distribution de l'eau pour notre périmètre d'irrigation

### II. Réseau d'adduction :

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.

#### 1. Choix de la variante :

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate se fait après étude des deux variantes d'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des pertes de charge minimales et le meilleur tracé (tracé économique).

##### 1.1. Variante 1 :

L'irrigation du périmètre directement à partir des forages existants.

##### 1.2. Variante 2 :

Opter pour une conduite télescopique avec injection de tous les forages dedans et prévoir un réservoir en tête du périmètre pour une alimentation gravitaire.

##### 1.3. Variante 3 :

Opter pour une conduite télescopique avec injection de tous les forages dedans et prévoir un réservoir en tête du périmètre qui alimente une petite station de pompage pour assurer une alimentation en charge.

➤ Nous avons opté pour la **variante 3** et cela car elle permet de garantir une pression adéquate pour l'irrigation contrairement à la variante 2 qui présente un plan énergétique meilleure mais elle ne peut pas garantir la pression requise à cause des contraintes topographique notamment l'élévation du réservoir n'est pas suffisante. En plus avec cette variante on peut limiter le nombre de forages utilisé en fonction de la période et l'intensité des besoins, ce qui nous permettra de faire des économies énergétiques et de réduire la quantité d'eau utilisée.

## 2. Dimensionnement de la conduite d'adduction :

Il s'agit de refouler les eaux des forages de notre champ de captage directement dans le réservoir.

### 2.1. Calcul du diamètre économique :

Le diamètre économique est calculé par la relation de LABYE comme suit :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec :

- ✓ Q : le débit exprimé en m<sup>3</sup>/s ;
- ✓ D : le diamètre exprimé en mm ;
- ✓ V : la vitesse économique de l'ordre de 1 m/s.

Les résultats de calculs des différents diamètres économiques des tronçons sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau V. 1 : Calcul des diamètres économiques.**

Tronçon	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre Cal. (mm)	Diamètre N. (mm)	Epaisseur (mm)	Diamètre H. (mm)	Matériau	V (m/s)
F1 - A	381	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
F6 - A	836	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
A - B	1238	0.096	349.62	400	15.3	384.7	PEHD	0.83
F2 - B	395	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
F7 - B	820	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
B - C	1219	0.192	494.44	500	19.1	480.9	PEHD	1.06
F3 - C	415	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
F8 - C	805	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
C - D	1205	0.288	605.56	630	33.1	596.9	PEHD	1.03
F4 - D	427	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
F9 - D	790	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
D - E	1377	0.384	699.24	700	6	694	Fonte	1.02
F5 - E	244	0.048	247.22	250	9.6	240.4	PEHD	1.06
E - Res	1710	0.432	741.65	800	6	794	Fonte	0.88

**2.2. Calcul des côtes piézométriques :**

Le Calcul des différentes côtes piézométriques sera fait de l'aval vers l'amont, comme suit :

$$Cp_i = Cp_{i+1} + \Delta H_i$$

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

Avec :

- ✓  $\Delta H$  : Pertes de charge unitaire en mm/m ;
- ✓ L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations (voir tableau V.2) ;
- ✓ C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :  $J = L \times Q^M / D^N$  .

**Tableau V. 2 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.**

<b>K (mm)</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>
0.1	1.15	1.89	5.01
0.5	1.4	1.96	5.19
1	1.6	1.975	5.25

Pour une conduite en fonte ou en PEHD, nous avons la rugosité  $K=0,1$ mm, avec les paramètres suivants :  $L=1.2$ ,  $M=1.89$ ,  $N= 5.19$ .

**Tableau V. 3 : Calcul des cotes piézométriques du réseau d'adduction.**

Tronçon	Perte de charge	Cp amont	Cp Aval
F1 - A	2.05	327.55	325.5
F6 - A	4.5	330	325.5
A - B	2.34	325.5	323.16
F2 - B	2.13	325.29	323.16
F7 - B	4.41	327.57	323.16
B - C	2.8	323.16	320.36
F3 - C	2.24	322.6	320.36
F8 - C	4.33	324.69	320.36
C - D	2.02	320.36	318.34
F4 - D	2.3	320.64	318.34
F9 -D	4.25	322.59	318.34
D - E	1.86	318.34	316.48
F5- E	1.32	317.8	316.48
E - Res	1.48	316.48	315

**2.3. Calcul des pressions de réseau :**

Le Calcul des différentes pressions des point sera fait comme suit :

$$P = Cp - Ct$$

Avec :

- ✓ P : La pression exprimé en m ;
- ✓ Ct : Côte du terrain de point exprimé en m.

**Tableau V. 4 : Calcul des pressions de chaque point dans le réseau.**

Point	CT (m)	CP (m)	Pression (m)	Pression (b)
A	298	325.5	27.5	2.75
B	300	323.16	23.16	2.316
C	302	320.36	18.36	1.836
D	305	318.34	13.34	1.334
E	306	316.48	10.48	1.048

### III. Réseau de distribution :

Le réseau de distribution du périmètre est dicté par la conduite d'adduction et par l'implantation des bornes d'irrigation.

#### 1. Choix du tracé :

Le choix du tracé des conduites de distribution est opéré selon plusieurs paramètres techniques topographiques, géologiques et géographiques à respecter pour garantir un écoulement gravitaire contrôlé.

- ✓ Topographie du terrain.
- ✓ Pédologie (Structure, texture, capacité de rétention et l'humidité relative).
- ✓ Climatologie de la zone étudiée (ETP et ETR).
- ✓ Type de cultures à irriguer.
- ✓ Choix du système (sous pression).
- ✓ Recherche du profil en long de la conduite pour l'acheminer dans un tracé dépourvu de contrepentes.
- ✓ Minimisation de la longueur du projet (réduction du coût du projet).
- ✓ Obligation d'éviter les traversées via des obstacles naturels ou artificiels.

#### 2. La méthodologie de dimensionnement :

La détermination des diamètres des diverses conduites et leurs longueurs, est basée sur des éléments et des hypothèses étudiés :

- ✓ Tracé du réseau (Longueurs de tronçons).
- ✓ Débits effectifs dans chaque tronçon.
- ✓ Surface des îlots de chaque tronçon.
- ✓ Pertes de charges totales dans chaque tronçon.
- ✓ Choix de la côte du point de distribution à la tête du réseau.
- ✓ Choix des côtes naturelles du terrain et l'emplacement des bornes.
- ✓ Préservation du cadre foncier initial des parcelles cadastrées se trouvant dans l'espace d'étude.

#### 3. Découpage des îlots d'irrigation :

L'îlot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation.

Pour éviter toute tension entre agriculteurs les limites des îlots d'irrigation sont celles des exploitations ou des parcelles et à défaut les limites facilement maitrisables sur le terrain.

Le projet est conçu pour que la majorité des agriculteurs puissent disposer d'une prise d'eau autonome et d'une pression suffisante pour la pratique de goutte à goutte ou l'aspersion.

**Tableau V. 5 : Découpages des ilots et leurs surfaces.**

<b>N° Ilots</b>	<b>Surface (ha)</b>
1	20
2	20
3	20
4	20
5	20
6	20
7	20
8	20
9	20
10	20
11	20
12	20
13	20
14	20
15	20
16	10
17	10
18	10
19	10
20	10
21	10
22	10
23	10
24	10
25	10
<b>Total</b>	<b>400</b>

#### **4. Débits des ilots :**

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures.

Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Tel que : **Qs = 1.06 l/s/ha.**

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

$$Q_b = Q_s \times S$$

Avec :

- ✓  $Q_b$  : le débit caractéristique de chaque ilot en l/s ;
- ✓  $S$  : la superficie de l'ilot en ha ;
- ✓  $Q_s$  : le débit spécifique en l/s/ha.

### 5. Choix du tracé de la borne :

Le tracé du réseau est projeté suivant le principe de proximité : plus courte distance pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales, en tenant compte des contraintes du terrain qui limitent fortement les possibilités de choix : les règles générales suivies sont les suivantes :

- ✓ La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse ;
- ✓ Eviter dans la mesure du possible de passer des conduites en plein champs ;
- ✓ Essayer de positionner la borne le plus proche de chaque parcelle à desservir afin d'éviter de pénaliser des exploitants par des têtes mortes trop longues ;
- ✓ Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviterons les plantations et zones bâties.

### 6. Choix du type de la borne :

Le choix de la Borne dépend de la surface :

- Pour les surfaces on prend la Borne à deux prises ;
- Pour les surfaces on prend la Borne à quatre prises.

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit :

**Tableau V. 6 : Diamètre de la borne en fonction des débits.**

Débit fourni (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
$Q < 8$	65
$8 < Q < 20$	100
$20 < Q < 25$	150
$Q > 25$	200

Les débits dans les ilots et les diamètres des bornes sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau V. 7 : Les débits des ilots et les diamètres des bornes.**

N° Ilots	Superficie (ha)	Parcelle	Superficie (ha)	Débit de la parcelle (l/s)	Débit brut de la borne (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
1	20	P1	5	5.3	21.2	150
		P2	5	5.3		
		P3	5	5.3		
		P4	5	5.3		
2	20	P5	5	5.3	21.2	150
		P6	5	5.3		
		P7	5	5.3		
		P8	5	5.3		
3	20	P9	5	5.3	21.2	150
		P10	5	5.3		
		P11	5	5.3		
		P12	5	5.3		
4	20	P13	5	5.3	21.2	150
		P14	5	5.3		
		P15	5	5.3		
		P16	5	5.3		
5	20	P17	5	5.3	21.2	150
		P18	5	5.3		
		P19	5	5.3		

		P20	5	5.3		
6	20	P21	5	5.3	21.2	150
		P22	5	5.3		
		P23	5	5.3		
		P24	5	5.3		
7	20	P25	5	5.3	21.2	150
		P26	5	5.3		
		P27	5	5.3		
		P28	5	5.3		
8	20	P29	5	5.3	21.2	150
		P30	5	5.3		
		P31	5	5.3		
		P32	5	5.3		
9	20	P33	5	5.3	21.2	150
		P34	5	5.3		
		P35	5	5.3		
		P36	5	5.3		
10	20	P37	5	5.3	21.2	150
		P38	5	5.3		
		P39	5	5.3		
		P40	5	5.3		
11	20	P41	5	5.3	21.2	150

		P42	5	5.3		
		P43	5	5.3		
		P44	5	5.3		
12	20	P45	5	5.3	21.2	150
		P46	5	5.3		
		P47	5	5.3		
		P48	5	5.3		
13	20	P49	5	5.3	21.2	150
		P50	5	5.3		
		P51	5	5.3		
		P52	5	5.3		
14	20	P53	5	5.3	21.2	150
		P54	5	5.3		
		P55	5	5.3		
		P56	5	5.3		
15	20	P57	5	5.3	21.2	150
		P58	5	5.3		
		P59	5	5.3		
		P60	5	5.3		
16	10	P61	5	5.3	10.6	100
		P62	5	5.3		
17	10	P63	5	5.3	10.6	100

		P64	5	5.3		
18	10	P65	5	5.3	10.6	100
		P66	5	5.3		
19	10	P67	5	5.3	10.6	100
		P68	5	5.3		
20	10	P69	5	5.3	10.6	100
		P70	5	5.3		
21	10	P71	5	5.3	10.6	100
		P72	5	5.3		
22	10	P73	5	5.3	10.6	100
		P74	5	5.3		
23	10	P75	5	5.3	10.6	100
		P76	5	5.3		
24	10	P77	5	5.3	10.6	100
		P78	5	5.3		
25	10	P79	5	5.3	10.6	100
		P80	5	5.3		

## 7. Matériaux de construction des canalisations :

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché local et leur production en Algérie) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes ...).

### a. Conduite 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.

### 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 Acier :

Leurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- ✓ Le risque de corrosion.

### d. Conduite en PVC :

Leurs avantages :

- ✓ Une bonne résistance à la corrosion ;
- ✓ Disponibilité sur le marché ;
- ✓ Une pose de canalisation facile ;

Leur inconvénient est :

- ✓ Le risque de rupture.

## 8. Etude de système de pompage :

### 8.1. Les pompes :

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 croît 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.

### 8.2. Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$HMT = Hg + \Delta H$$

Avec :

- ✓ HMT : la hauteur manométrique totale exprimé en m ;
- ✓ Hg : la hauteur géométrique exprimé en m. Dans notre cas Hg=ha-hr ;
- ✓  $\Delta H$ : la perte de charge totale exprimé en m.

On a :

- ✓ Ha = Hres = 310m ;
- ✓ Hr = 300 m (élévation du point le plus défavorable B13) ;
- ✓  $\Delta H$  Calculé par la méthode de LECHAPT et CALMON (voir tableau V.10) ;
- ✓  $HMT = 30.24 m$ .

### 8.3. Choix des pompes et du nombre des pompes :

Les Critères du choix du nombre de pompes sont les suivants :

- ✓ Nombre minimal de pompes ;
- ✓ Puissance absorbée minimale ;
- ✓ (NPSH) r minimal ;
- ✓ Meilleur rendement.

**Tableau V. 8 : Choix de nombre de pompes.**

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
$N_p < 4$	1 pompe de secours
$4 < N_p < 6$	2 pompes de secours
$N_p > 6$	3 pompes de secours

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel **CAPRARI** pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau V.5 Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

**Tableau V. 9 : Choix de nombre de pompes.**

Nombre de pompes	Q (l/s)	HMT (m)	$\eta$ (%)	N (tr/min)	$P_{ab}$ (kW)	NPSHr (m)
1,2,3,4	-	-	-	-	-	-
5	86.2	70.4	66.3	1750	39.4	7.39
<b>6</b>	<b>70.7</b>	<b>59.2</b>	<b>70.5</b>	<b>1750</b>	<b>29.7</b>	<b>5.13</b>

Après la comparaison entre les caractéristiques des différents nombres de pompe, et pour des raisons technico-économiques, on a choisi la variante de 6 pompes identiques (+3 pompes de secours) qui portent les caractéristiques suivantes.

- ✓ Rendement 70.5 % ;
- ✓ Puissance absorbée 29.7 kW ;
- ✓ NPSHr minimal 5.13 m. (**Annexe 4**)

## 9. Dimensionnement des canalisations :

Le dimensionnement optimal est une des problématiques que doit résoudre l'ingénieur, dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doivent répondre aux normes hydrauliques :

### 9.1. Vitesse admissible :

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

Pour notre étude, nous prenons une vitesse de 1.25 m/s.

### 9.2. Calcul des diamètres :

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec :

- ✓ Q : le débit exprimé en m<sup>3</sup>/s ;
- ✓ D : le diamètre exprimé en mm ;
- ✓ V : la vitesse économique de l'ordre de 1 m/s.

### 9.3. 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 :

- ✓  $h_{pu}$  : Pertes de charge unitaire en m/m ;
- ✓ L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations (voir tableau V.2) ;
- ✓ C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :  $J = L \times Q^M / D^N$  .

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

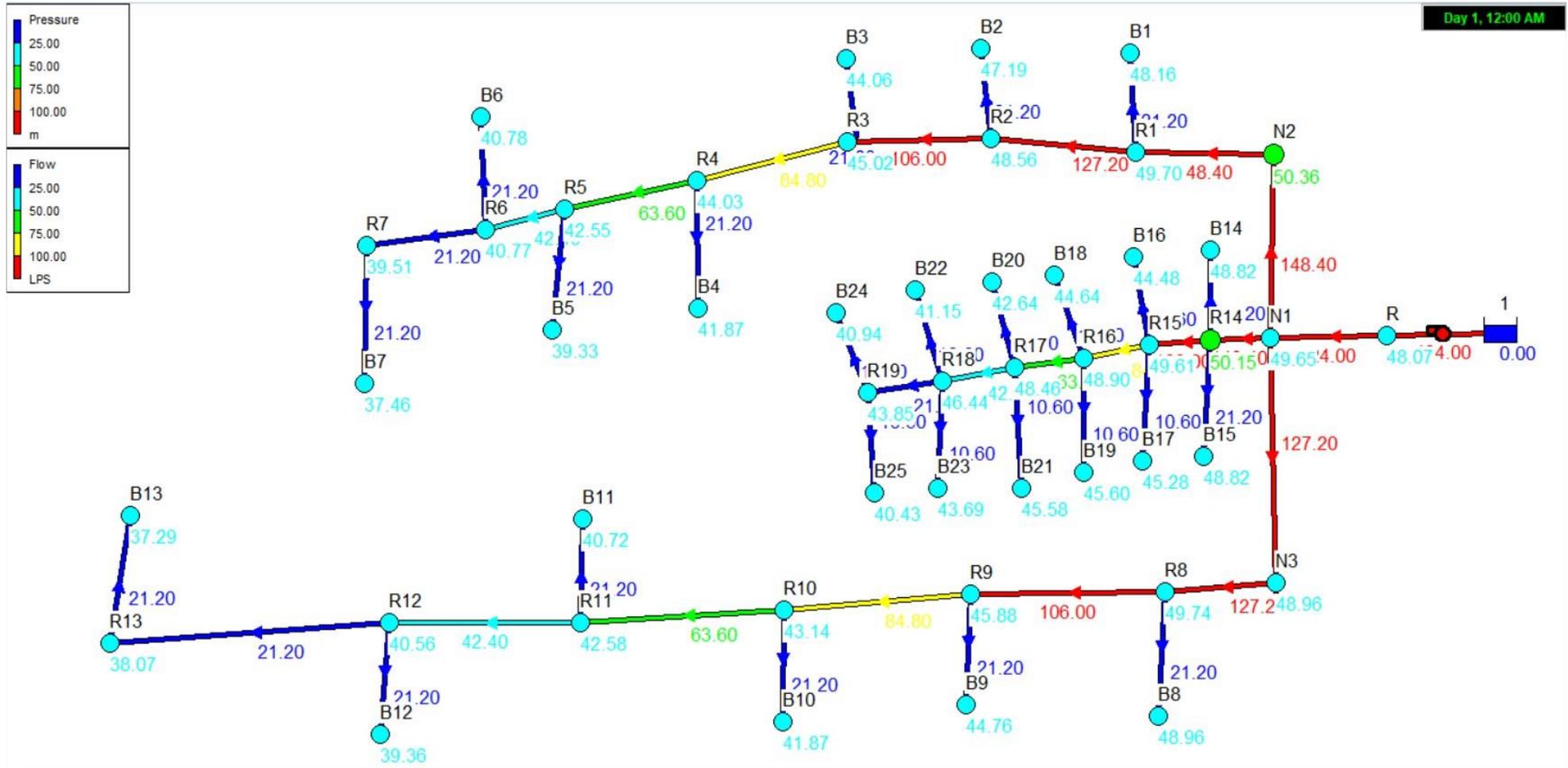


Figure IV. 1 : Présentation du réseau sur logiciel EPANET

Les résultats sont affichés dans le tableaux suivant :

**Tableau V. 10 : Calcul hydraulique du réseau de distribution.**

N° Tronçon	Long L (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre (mm)	Diamètre N. (mm)	Epaisseur (mm)	Diamètre H. (mm)	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain (m)	C. Pièzo (m)	Pression (m)	Pression (b)
R-N1	500	0.424	600	630	33.1	596.9	1.52	1.66	307	356.7	49.7	4.97
N1-N2	658	0.1484	355	400	15.3	384.7	1.28	2.74	304	354.4	50.4	5.04
N2-R1	189	0.1484	355	400	15.3	384.7	1.28	0.79	304	353.7	49.7	4.97
R1-B1	180	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	1.87	304	352.2	48.2	4.82
R1-R2	442	0.1272	329	400	15.3	384.7	1.1	1.38	304	352.6	48.6	4.86
R2-B2	160	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	1.67	304	351.2	47.2	4.72
R2-R3	580	0.106	300	315	12.1	302.9	1.48	4.23	304	349.1	45.1	4.51
R3-B3	112	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	1.17	304	348.1	44.1	4.41
R3-R4	249	0.0848	269	315	12.1	302.9	1.18	1.2	304	348.1	44.1	4.41
R4-B4	484	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	5.03	302	343.9	41.9	4.19
R4-R5	338	0.0636	233	250	9.6	240.4	1.41	2.99	303	343.8	40.8	4.08
R5-B5	374	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	3.89	303	343.8	40.8	4.08
R5-R6	169	0.0424	190	200	7.7	192.3	1.46	2.13	303	342.6	39.6	3.96
R6-B6	116	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	1.21	302	339.5	37.5	3.75
R6-R7	263	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	2.73	302	352.2	50.2	5.02
R7-B7	239	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	2.49	302	350.9	48.9	4.89
N1-N3	652	0.1272	329	400	15.3	384.7	1.1	2.03	306	354.9	48.9	4.89

N3-R8	474	0.1272	329	400	15.3	384.7	1.1	1.48	305	354.7	49.7	4.97
R8-B8	90	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	0.94	304	348.5	44.5	4.45
R8-R9	632	0.106	300	315	12.1	302.9	1.48	4.61	304	349.3	45.3	4.53
R9-B9	130	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	1.35	304	352.9	48.9	4.89
R9-R10	690	0.0848	269	315	12.1	302.9	1.18	3.3	304	348.7	44.7	4.47
R10-B10	148	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	1.54	304	349.6	45.6	4.56
R10-R11	483	0.0636	233	250	9.6	240.4	1.41	4.27	301	349.5	48.5	4.85
R11-B11	217	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	2.26	301	343.7	42.7	4.27
R11-R12	193	0.0424	190	200	7.7	192.3	1.46	2.43	301	346.6	45.6	4.56
R12-B12	140	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	1.46	301	347.5	46.5	4.65
R12-R13	406	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	4.22	300	341.2	41.2	4.12
R13-B13	91	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	0.95	300	343.7	43.7	4.37
N1-R14	144	0.1484	355	400	15.3	384.7	1.28	0.6	306	349.9	43.9	4.39
R14-B14	271	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	2.82	305	346	41	4.1
R14-B15	271	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	2.82	305	345.5	40.5	4.05
R14-R15	251	0.106	300	315	12.1	302.9	1.48	1.83	305	354	49	4.9
R15-B16	338	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	6.17	305	354.8	49.8	4.98
R15-B17	285	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	5.21	305	354	49	4.9
R15-R16	180	0.0848	269	315	12.1	302.9	1.18	0.87	305	350.9	45.9	4.59
R16-B18	346	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	6.32	304	348.8	44.8	4.48
R16-B19	217	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	3.96	305	348.2	43.2	4.32
R16-R17	195	0.0636	233	250	9.6	240.4	1.41	1.73	304	345.9	41.9	4.19

---

R17-B20	383	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	6.99	304	346.6	42.6	4.26
R17-B21	190	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	3.47	304	344.8	40.8	4.08
R17-R18	193	0.0424	190	200	7.7	192.3	1.46	2.43	304	344.6	40.6	4.06
R18-B22	348	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	6.35	304	343.4	39.4	3.94
R18-B23	181	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	3.31	304	342.1	38.1	3.81
R18-R19	301	0.0212	135	160	6.2	153.8	1.15	3.13	304	341.3	37.3	3.73
R19-B24	192	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	3.51	304	346.6	42.6	4.26
R19-B25	225	0.0106	95	110	4.2	105.8	1.21	4.11	304	343.4	39.4	3.94

**10. Dimensionnement du réservoir de distribution :**

Le site de réservoir est choisi de telle manière à dominer les zones d'irrigation et afin d'assurer une pression aux bornes suffisante pour utiliser l'irrigation par aspersion.

Calcul du volume du réservoir projeté :

$$V = Q \times T$$

Avec :

- ✓ V : Volume du réservoir en  $m^3$  ;
- ✓ Q : Débit caractéristique : 424 l/s ;
- ✓ T : Temps de remplissage du réservoir : 2h.

Donc :

$$V = 0.424 \times 2 \times 3600 = 3052.8 m^3$$

On prend :  $V = 3100 m^3$

**IV. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction et de distribution du périmètre, qui est découpé en 25 ilots et 80 parcelles, avec une superficie totale de 400 ha.

Le réseau est sous pression à cause des contraintes topographiques non adéquates à une distribution gravitaire et la desserte se fait à la demande, ce qui rend l'évaluation des débits à transiter par les différents tronçons du réseau très complexe.

Le choix de diamètre des conduites de distribution, dépendant de la vitesse admissible, tient compte des pertes de charges dans le tronçon de desserte qui doivent avoir une valeur qui permet d'assurer une pression suffisante pour le bon fonctionnement des équipements d'irrigation, ce qui permettra une intensification de l'irrigation dans ce périmètre par les méthodes modernes.



**Chapitre VI :**  
**Dimensionnement à la**  
**parcelle**

## Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

### I. Introduction :

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion, 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 la Pomme de terre pour le dimensionnement de l'aspersion.

### II. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

Le réseau d'irrigation par aspersion est installé sur la parcelle P25 dont la surface est de 5 ha alimentée par la borne B7 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 4.89 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle. **(Paul Audoye, Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat, 2007).**

#### Données générales :

- Choix de la culture : Pomme de terre ;
- Choix du mode de couverture : Couverture totale ;
- Temps de travail : 20 heures par jour et 26 jours par mois ;
- Besoins de pointes : 176.41 mm/mis pour le mois d'octobre ;
- Perméabilité du sol : le sol est de texture Sablo-limoneuse estimée de  $K = 25$  mm/h.

#### 1. La dose pratique RFU :

Elle est calculée par la relation suivante :

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

$$RFU = \frac{2}{3}(0.12 - 0.05)1.4 \times 600 = 39.2 \text{ mm}$$

#### 2. Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol  $K = 25$  mm/h doit vérifier la condition du pluviométrie admissible  $P < K$  tel que :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04}$$

Avec :

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

Pour calculer le diamètre on prend :

$$d = \frac{P \times 1.04}{1.5} = \frac{25 \times 1.04}{1.5} = 17.33 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot (**Annexe 5**), le diamètre de la buse normalisé est de l'ordre 18 mm.

### 3. Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25}$$

Avec :

- ✓ h : La pression à la buse en m (3 bars dans notre cas) ;
- ✓ d : Le diamètre de la buse en mm.

Pour notre cas on prend :

$$L = 3 \times 18^{0.5} \times 30^{0.25} = 29.79 \text{ m}$$

D'après le catalogue (**Annexe 5**), pour le diamètre de la buse de 18 mm à une pression de 3.0 bars la portée sera de l'ordre de 32.0 m au minimum.

### 4. Ecartements entre les rampes et arroseurs :

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- ✓ El entre les lignes d'arrosage : 1.25m pour les vents faibles à 1.02m pour les vents fort.
- ✓ Ea entre les asperseurs sur la rampe : 0.8 m pour les vents faibles à 0.5 m pour les vents fort.

Notre zone d'étude présente des vitesses pour des vents faibles de l'ordre de 2.4 m/s, donc on prend les valeurs suivantes :

- $El = 1.25 \times 32 = 40 \text{ m}$
- $Ea = 0.8 \times 32 = 25.6 \text{ m}$

On prend les valeurs normalisées des écartements de l'ordre multiple de 5, tel que :

$$\begin{aligned} El &= 40m \\ Ea &= 25m \end{aligned}$$

## 5. Vérification de la pluviométrie :

### 5.1. Débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur se calcule, par la relation suivante :

$$Q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

Avec :

- ✓  $Q_{asp}$  : Le débit d'asperseur en  $m^3/s$  ;
- ✓  $d$  : Le diamètre de la buse en m ;
- ✓  $h$  : La pression à la buse en m.

AN :

$$Q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times 0.018^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \times 30} = 0.0059 \text{ m}^3/s = 21.24 \text{ m}^3/h$$

### 5.2. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à la longueur, la pluviométrie horaire  $P$  peut être estimée via la relation suivante :

$$P = \frac{Q_{asp}}{El \times Ea}$$

Avec :

- ✓  $Q_{asp}$  : Le débit d'asperseur en  $m^3/s$  ;
- ✓  $El$  et  $Ea$  : Les écartement entre les arroseurs et les lignes d'arrosage en m.

AN :

$$P = \frac{21.24}{40 \times 25} = 21.24 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie de l'ordre 21.24 mm/h inférieure à la perméabilité du sol, ce qui nous indique que notre choix de diamètre est valable.

## 6. Vérification de la pluviométrie :

### 6.1. Calcul du tour d'eau :

Le calcul du tour d'eau se fait par la relation suivante :

$$T_{eau} = \frac{RFU \times Nj}{B_{mp}}$$

Avec :

- ✓  $T_{eau}$  : Le tour d'eau en jours ;
- ✓  $Nj$  : Nombre de jour de travail par mois ;
- ✓  $B_{mp}$  : le besoin du mois de pointe.

AN :

$$T_{eau} = \frac{39.2 \times 26}{176.41} = 05.78 \text{ Jour} = 5 \text{ Jours}$$

➤ **Nombre d'irrigation par mois :**

On irrigue  $30/5 = 6$  fois par mois.

**6.2. Calcul de la dose réelle :**

$$Dose_{réelle} = T_{eau} \times Dose_{journalière} = 5 \times 5.88 = 29.4 \text{ mm}$$

**6.3. Calcul de la dose brute :**

$$Dose_{brute} = \frac{Dose_{réelle}}{0.75} = \frac{29.4}{0.75} = 39.2 \text{ mm}$$

**6.4. Temps d'arrosage :**

Le temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul comme suit :

$$Ta = \frac{Dose_{brute}}{P} = \frac{32.9}{21.24} = 1.84 \text{ heures} \approx 2 \text{ heures}$$

Donc on peut avoir 11 positions par jour pour un asperseur sans dépasser les 22 heures.

**6.5. Calcul de l'unité d'arrosage :**

$$Su = \frac{S_{parcelle}}{T_{eau} \times Np} = \frac{5}{5 \times 11} = 0.09 \text{ ha}$$

**6.6. Calcul du débit d'équipement :**

Il se calcul comme suit :

$$Q_{eq} = \frac{S \times Bmp \times 10}{Ta \times Np \times Nj \times 0.75} = \frac{5 \times 176.41 \times 10}{2 \times 11 \times 26 \times 0.75} = 20.56 \text{ m}^3/\text{h}$$

**6.7. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :**

$$V = Q_{asp} \times Np \times Ta \times Nj$$

$$V = 21.24 \times 11 \times 2 \times 26 = 12149.3 \text{ m}^3$$

**6.8. Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :**

$$Vt = \frac{B_{mp} \times \text{Largeur terrain} \times \text{Longueur terrain}}{1000}$$

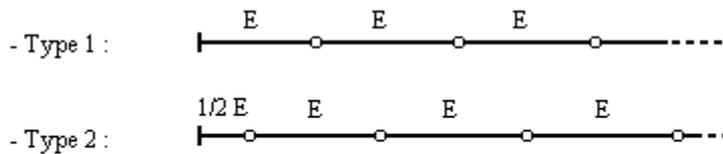
$$Vt = \frac{176.41 \times 193 \times 260}{1000} = 8852.25 \text{ m}^3$$

**6.9. Calcul du nombre d'asperseurs requis :**

$$N_{asp} = \frac{Su \times 10000}{El \times Ea} = \frac{0.09 \times 10000}{40 \times 25} = 0.9 = 1 \text{ Asperseur.}$$

**III. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :****1. La longueur de la rampe :**

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :



**Figure VI. 1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe**

La longueur de la rampe est donc :

- Pour type 1 :  $L = N \times E$  ;
- Pour type 2 :  $L = (N+0.5) \times E$ .

D'où :

$$L_r = \frac{\text{Largeur terrain}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

$$L_r = \frac{193}{2} - \frac{25}{2} = 84 \text{ m}$$

- **Nombre d'asperseur par rampe :**

$$N_{asp/r} = \frac{L_r}{El} = \frac{84}{40} = 2.1 = 2 \text{ Asperseurs.}$$

**2. Dimensionnement de la rampe :****2.1. Le débit de la rampe :**

$$Q_r = Q_{asp} \times N_{asp/r}$$

$$Q_r = 21.24 \times 2 = 42.48 \text{ m}^3/\text{h}$$

**2.2. Le nombre de position des rampes :**

$$N_{rampe} = \frac{\text{Longueur terrain}}{El} = \frac{260}{40} = 6.5 = 7 \text{ Rampes}$$

**2.3. Calcul du diamètre de la rampe :**

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}}$$

Avec :

- ✓  $Q_r$  : le débit exprimé en  $m^3/s$  ;
- ✓  $D_r$  : le diamètre exprimé en mm ;
- ✓  $V$  : la vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

AN :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0.0118}{\pi \times 1.5}} = 100.08 = 125 \text{ mm}$$

Donc, on prend le diamètre normalisé de l'ordre 125 mm pour une conduite en PEHD afin de minimiser les pertes de charges

D'où :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r} = \frac{4 \times 0.0118}{\pi \times 0.125^2} = 0.96 \text{ m}^2/s$$

**2.4. Calcul de la perte de charge de la rampe :**

Les pertes de charges seront calculés selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{C_H}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852}$$

Avec :

- ✓  $J$  : La perte de charge linéaire en m ;
- ✓  $C_H$  : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD) ;
- ✓  $D$  : Diamètre en m ;
- ✓  $L$  : Longueur de la conduite en m.

AN :

$$J = \left(\frac{3.592}{135}\right)^{1.852} \times \frac{84}{0.125^{4.87}} \times 0.0118^{1.852} = 0.68 \text{ m}$$

**3. Dimensionnement de la porte rampe :****3.1. Longueur de la porte rampe :**

$$L_{pr} = \text{Longueur terrain} - \frac{El}{2} = 260 - \frac{40}{2} = 240 \text{ m}$$

**3.2. Débit de la porte rampe :**

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

$$Q_{pr} = 42.48 \times 7 = 0.0826 \text{ m}^3/\text{s}$$

**3.3. Calcul du diamètre de la porte rampe :**

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}}$$

Avec :

- ✓  $Q_{pr}$  : le débit exprimé en  $\text{m}^3/\text{s}$  ;
- ✓  $D_{pr}$  : le diamètre exprimé en mm ;
- ✓  $V$  : la vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

AN :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0826}{\pi \times 1.5}} = 264.79 = 315 \text{ mm}$$

Donc, on prend le diamètre normalisé de l'ordre 315 mm pour une conduite en PEHD.

D'où :

$$V = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times D_{pr}} = \frac{4 \times 0.0826}{\pi \times 0.315^2} = 1.06 \text{ m}^2/\text{s}$$

**3.4. Calcul de la perte de charge de la porte rampe :**

Les pertes de charges seront calculés selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{C_H}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852}$$

Avec :

- ✓  $J$  : La perte de charge linéaire en m ;
- ✓  $C_H$  : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD) ;
- ✓  $D$  : Diamètre en m ;
- ✓  $L$  : Longueur de la conduite en m.

AN :

$$J = \left(\frac{3.592}{135}\right)^{1.852} \times \frac{240}{0.315^{4.87}} \times 0.0826^{1.852} = 0.79 \text{ m}$$

- Les résultats du dimensionnement sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau VI. 1 : Résultats de calcul pratique d'aspersion.**

Conduites	Rampe	Porte Rampe
Longueur (m)	84	240
Diamètre (mm)	125	315
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.0118	0.0826
Vitesse (m/s)	0.96	1.06
Perte de charge (m)	0.68	0.79

- Calcul de la pression en tête du réseau :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur tel que :

$$H = H1 + H2 + H2$$

Avec :

- ✓ H : Pression à la tête de la parcelle ;
- ✓ H1 : Pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5 bars) ;
- ✓ H2 : Perte de charge totale ;
- ✓ H3 : La dénivelée (0 m terrain plat).

$$H = 25 + 0.68 + 0.79 + 0 = 26.47 \text{ m} = 2.65 \text{ bars}$$

Donc la pression 4.89 bars est largement suffisante pour alimenter les asperseurs.

#### IV. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau d'aspersion pour la culture de pomme de terre sur la parcelle P25.

L'utilisation de ce système d'irrigation a pour but d'atteindre une économie d'eau et aussi d'avoir les meilleurs rendements possibles des cultures.



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

## Chapitre VII : Etude technico-économique

### I. Introduction :

Le but de ce chapitre est l'évaluation du cout estimatif pour une meilleure réalisation et l'exécution des travaux de notre projet d'irrigation.

Ces travaux constituent :

- ✓ Le système d'adduction ;
- ✓ Le réseau de distribution ;

### II. Exécution des travaux de pose des canalisations :

#### 1. Exécution des tranchées :

C'est une opération de terrassement dépend des caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement (pelle mécanique). La profondeur minimale de la tranchée à excaver est de 1 m, la largeur de la tranchée doit être telle qu'un homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place. L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive.

#### 2. Pose du lit de sable :

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, il y a donc lieu de poser les tuyaux de manière à ce qu'il n'y ait ni appui linéaire, ni appui ponctuel. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Respecter les côtes du profil en long ;
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Dans notre cas on a une épaisseur de 20 cm.

#### 3. Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol ;
- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

#### **4. Assemblage des conduites en PEHD :**

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être livrées en barres de 6 à 12 m ou en couronnes par longueurs de 50 à 100 m. Pour le raccordement de ces conduites, deux procédés sont employés :

1-Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboitement.

2-Raccord électro-soudables : les raccords électro-soudables en PEHD à emboitement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

Les deux extrémités de cette résistance sont reliées à des plots situés à l'entrée de chaque emboitement. Le temps de soudage est de l'ordre d'une minute et celui du refroidissement est d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires en polyéthylène doivent être assurés par des positionneurs.

Ce procédé d'assemblage des tuyaux présente l'avantage d'éviter la mise en place des butées, d'où une économie d'exécution, à laquelle s'ajoute celle d'encombrement du sous-sol.

#### **5. Contrôle du compactage des tranchées :**

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement influe directement sur la répartition des charges à la périphérie du tuyau donc sur la stabilité de celui-ci.

Il est nécessaire de vérifier la qualité de réalisation de cette opération. Le contrôle peut utilement être réalisable à l'aide d'un outil peu coûteux, pratique et très rapide à mettre en œuvre que l'on appelle « Sonde battus ». Cet appareil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol ;
- De déceler rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

## 6. Choix des engins du chantier :

Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau VII. 1 : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.**

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions.
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai
Un compacteur à rouleau	Compacter la couche de sable de 20 cm.
Un camion	Evacuer les déblais
Appareil de soudure	Assurer l'assemblage des conduites
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support

## III. Factures des différents types de conduites et travaux :

Il s'agit des frais des travaux exécutés pour la réalisation des tranchées et autres emplacements pour la pose de canalisation.

### 1. Calcul des volumes et coût des travaux de terre :

#### ➤ La largeur du fond de tranchée :

La longueur d'ouverture de tranché est donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3)$$

Avec : D : Le diamètre de la conduite en m.

#### ➤ La profondeur de la tranchée :

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0.8 + e$$

Avec : e : La hauteur du lit de pose en m.

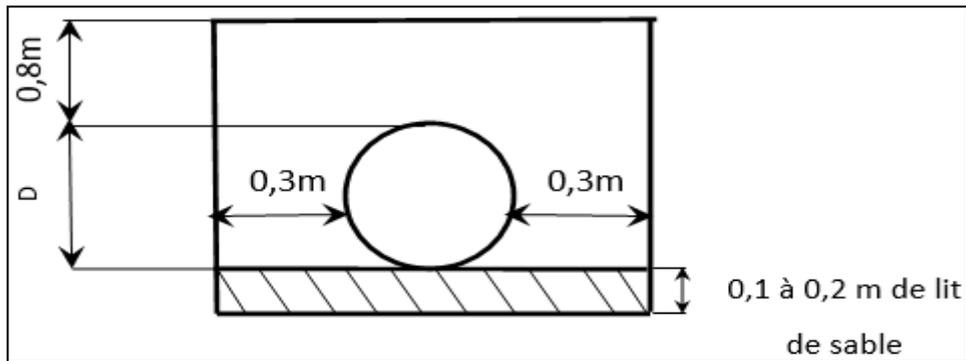


Figure VII. 1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

➤ **Le volume de remblai :**

- ✓ Le volume du déblai se calcul comme suit :

$$V_d = B \times H \times L$$

Avec : L : La longueur de la conduite en m.

- ✓ Le volume occupé par la conduite est calculé comme suit :

$$V_c = L \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

- ✓ Le volume du sable se calcul comme suit :

$$V_s = e \times L \times B$$

Et donc :

- ✓ Le volume de remblai se calcul comme suit :

$$V_r = V_d - V_c - V_s$$

**Tableau VII. 2 : Calcul des volumes de travaux.**

Conduite	Longueur (m)	Diamètre (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	V déblai (m3)	V sable (m3)	V conduite (m3)	V remblai (m3)
Réseau d'adduction								
Ø800 Fonte	1710	0.8	1.4	1.8	4309.2	478.8	859.54	2970.86
Ø700 Fonte	1377	0.7	1.3	1.7	3043.17	358.02	529.94	2155.21
Ø630 PEHD	1205	0.63	1.23	1.63	2415.9045	296.43	375.63	1743.85
Ø500 PEHD	1219	0.5	1.1	1.5	2011.35	268.18	239.36	1503.81
Ø400 PEHD	1238	0.4	1	1.4	1733.2	247.6	155.58	1330.02
Ø250 PEHD	5113	0.25	0.85	1.25	5432.5625	869.21	250.99	4312.37
Réseau d'adduction								
Ø630 PEHD	500	0.63	1.23	1.63	1002.45	123	155.87	723.58
Ø400 PEHD	2559	0.4	1	1.4	3582.6	511.8	321.58	2749.22
Ø315 PEHD	2582	0.315	0.915	1.315	3106.72695	472.506	201.22	2433.01
Ø250 PEHD	1016	0.25	0.85	1.25	1079.5	172.72	49.88	856.9
Ø200 PEHD	555	0.2	0.8	1.2	532.8	88.8	17.44	426.56
Ø160 PEHD	3993	0.16	0.76	1.16	3520.2288	606.936	80.29	2833.01
Ø110 PEHD	2705	0.11	0.71	1.11	2131.8105	384.11	25.71	1722
Total								25760.4

**Tableau VII. 3 : Coût des travaux de terrassement.**

Volumes	Quantité (m3)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	33901.50325	1000	33901503.25
Pose du lit de sable	4878.112	1100	5365923.2
Remblai	25760.4	600	15456240
Evacuation de terres	3263.03	500	1631515
Total			56355181.45
TVA 19%			10707484.48
<b>TCC</b>			<b>67062665.93</b>

## 2. Calcul des coûts de conduites des réseaux :

**Tableau VII. 4 : Coût des différentes conduites.**

Conduite	Quantité (m)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Réseau d'adduction			
Ø800 Fonte	1710	20000	34200000
Ø700 Fonte	1377	18500	25474500
Ø630 PEHD	1205	15738.79	18965241.95
Ø500 PEHD	1219	101252.51	123426809.7
Ø400 PEHD	1238	6698.74	8293040.12
Ø250 PEHD	5113	2595	13268235
Réseau d'adduction			
Ø630 PEHD	500	15738.79	7869395
Ø400 PEHD	2559	6698.74	17142075.66
Ø315 PEHD	2582	4093.57	10569597.74
Ø250 PEHD	1016	2595	2636520
Ø200 PEHD	555	1650.84	916216.2
Ø160 PEHD	3993	1142.25	4561004.25
Ø110 PEHD	2705	540.5	1462052.5
Total			268784688.1
TVA 19%			51069090.74
<b>TCC</b>			<b>319853778.9</b>

On prend le prix des accessoires du réseau d'irrigation comme 15% du prix totale, un coût estimé à : **47978066.83 DA.**

- Le coût total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de : **434894511.6 DA.**

**IV. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et déterminé les engins nécessaires pour faciliter les opérations.

L'estimation du projet n'est vraiment une estimation précise mais elle été proche de la réalité. Le devis total obtenu est relativement important. Cette élévation est due à l'importance du réseau d'irrigation (les diamètres des conduites sont importants).

Le coût total du projet TTC est de l'ordre : **Quatre cent trente-quatre millions huit cent quatre-vingt-quatorze mille cinq cent onze Dinars Algérien.**

### CONCLUSION GENERALE

Après avoir étudié en détail le climat, les caractéristiques du sol et les ressources en eau disponibles, nous avons discuté l'aménagement hydro agricole de la section A de périmètre de Fenoughil, qui couvre une superficie de 400 hectares dans la Wilaya, Adrar.

La recherche sur le climat nous apprend que la région est dans une phase climatique saharienne. En ce qui concerne la pédologie, elle convient à la plupart des cultures, et pour le besoin en eau de l'irrigation autour de nous est assurée par des forages.

Afin d'améliorer le rendement et la production agricole de la wilaya il est préalable d'implanter les cultures très demandées dans le marché et qui sont essentielle et comme le blé, l'orge, la pomme de terre et la tomate qui est une culture avec une dimension sociale importante. L'implantation de ces cultures va réduire les factures de leur importation d'autres région de pays et ça va contribuer à l'amélioration des facteurs socio-économiques.

Après avoir choisi les cultures, nous avons déterminé la demande totale en eau dans la zone environnante et sur chaque ilot, afin de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution.

L'installation d'une station de pompage et le réservoir sont nécessaires pour alimenter le périmètre à partir des forages, ainsi pour assurer une pression acceptable au niveau de chaque borne d'irrigation afin d'alimenter les parcelles en installant des techniques d'arrosage modernes tel que les asperseurs.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ANRH Adrar.** Analyses de qualité de l'eau du périmètre de 5000 Ha exploité par SARL Sidi Moussa.

**ONM.** Données climatiques.

**FAO N°24.** Les besoins en eau des cultures.

**FAO N°29.** Water quality for agriculture.

**Benhamza Messaoud 2013.** Aperçu hydrogéologique et hydro chimique sur le système de captage traditionnel des eaux souterraines "Foggara" dans la région d'Adrar.

**Baallaoui Ahmed, Mehdi Mohamed 2017.** L'importance et l'utilisation de la géologie dans l'exploitation des carrières (Cas du gisement de Koussan Wilaya d'Adrar).

**Touibia, B,(2004).** Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.

### Les abréviations :

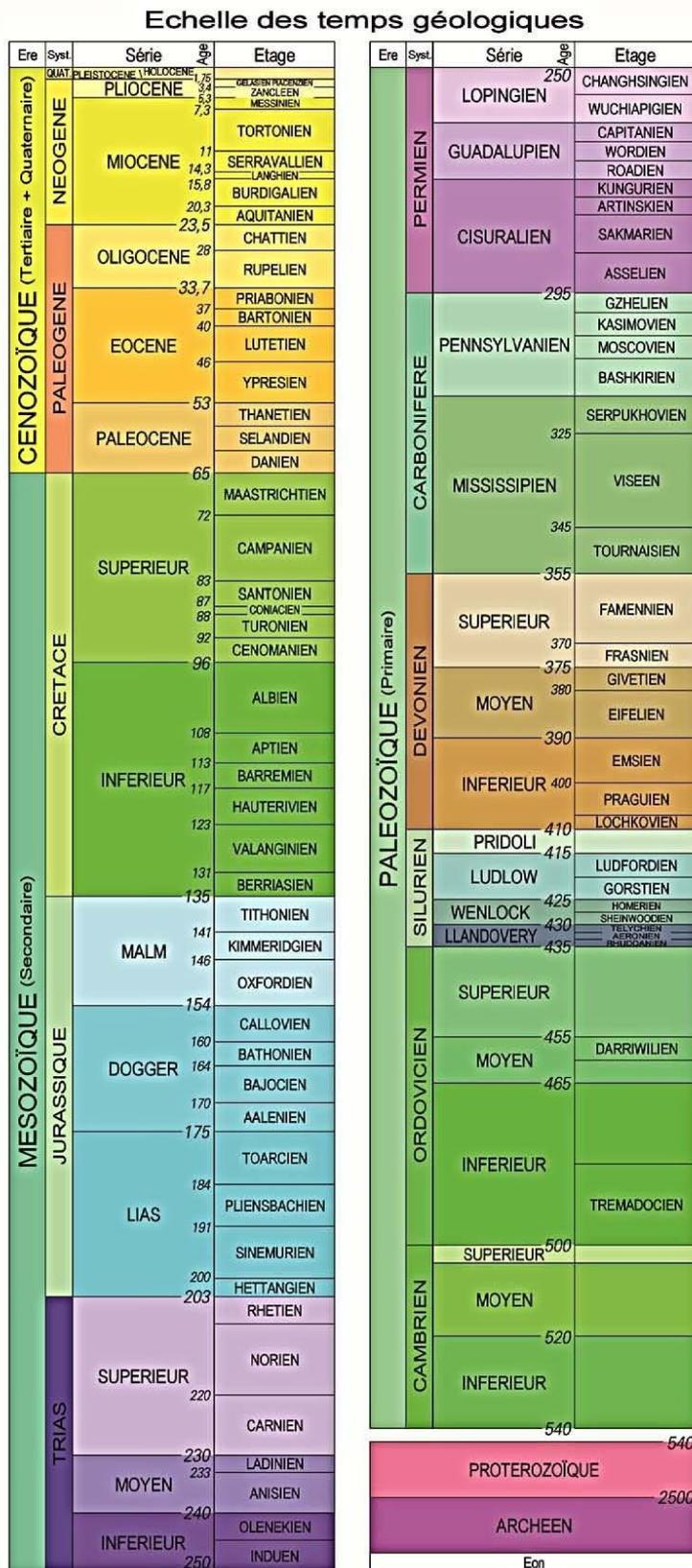
**ANRH Alger.** Agence Nationale des ressources Hydraulique.

**ONM Alger.** Office Nationale de la Météorologie.

# Annexe

## Annexe 1 :

### Echelle des temps géologiques



## Annexe

### Annexe 2 :

#### Classification des cultures selon la tolérance à la salinité d'après la FAO

<b>TOLERANTE</b>	
<b><u>Cultures de fibres, de semences et de sucre</u></b>	
<b>Orge</b>	<i>Hordeum vulgare</i>
<b>Coton</b>	<i>Gossypium hirsutum</i>
<b>Jjoba</b>	<i>Simmondsia chinensis</i>
<b>Betterave sucrière</b>	<i>Beta vulgaris</i>
<b><u>Graminées et cultures fourragères</u></b>	
<b>Puccinellia</b>	<i>Puccinellia airoides</i>
<b>Alkali sacaton</b>	<i>Sporobolus airoides</i>
<b>Chiendent pied de poule</b>	<i>Cynodon dactylon</i>
<b>Kallar grass</b>	<i>Diplachne fusca</i>
<b>Saltgrass, desert</b>	<i>Distichlis stricta</i>
<b>Herbe de blé</b>	<i>Agropyron cristatum</i>
<b>Herbe de blé</b>	<i>Agropyron elongatum</i>
<b>Wildrye, Altai</b>	<i>Elymus angustus</i>
<b>Wildrye, Russian</b>	<i>Elymus junceus</i>
<b><u>Cultures maraîchères</u></b>	
<b>Asperge</b>	<i>Asparagus officinalis</i>
<b><u>Arboriculture</u></b>	
<b>Dattier</b>	<i>Phoenix dactylifera</i>

## Annexe

<b>MODEREMENT TOLERANTE</b>	
<b><u>Cultures de fibres, de semences et de sucre</u></b>	
<b>Cornille</b>	<i>Vigna unguiculata</i>
<b>Avoine</b>	<i>Avena sativa</i>
<b>Seigle</b>	<i>Secale cereale</i>
<b>Safran des teinturiers</b>	<i>Carthamus tinctorius</i>
<b>Sorgho</b>	<i>Sorghum bicolor</i>
<b>Soja</b>	<i>Glycine max</i>
<b>Triticale</b>	<i>Triticosecale</i>
<b>Blé</b>	<i>Triticum aestivum</i>
<b>Blé dur</b>	<i>Triticum turgidum</i>
<b><u>Graminées et cultures fourragères</u></b>	
<b>Orge en vert</b>	<i>Hordeum vulgare</i>
<b>Brome, mountain</b>	<i>Bromus marginatus</i>
<b>Aiguillette d'armes</b>	<i>Phalaris arundinacea</i>
<b>luzerne bâtarde</b>	<i>Melilotus alba</i>
<b>Mélilots</b>	<i>Melilotus</i>
<b>Fétuque des prés</b>	<i>Festuca pratensis</i>
<b>Fétuque</b>	<i>Festuca elatior</i>
<b>Alpiste tubéreux</b>	<i>Phalaris tuberosa</i>
<b>Panics</b>	<i>Panicum antidotale</i>
<b>Colza</b>	<i>Brassica napus</i>
<b>Brome</b>	<i>Bromus unioloides</i>
<b>Herbe de Rhodes</b>	<i>Chloris gayana</i>
<b>Ray-grass d'Italie</b>	<i>Lolium italicum multiflorum</i>
<b>Ray-grass anglais</b>	<i>Lolium perenne</i>
<b>Sorgho du Soudan</b>	<i>Sorghum sudanense</i>
<b>Lotier corniculé</b>	<i>Lotus corniculatus</i>
<b>Kohuhu</b>	<i>tenuifolium</i>
<b>Blé fourrager</b>	<i>Triticum aestivum</i>
<b>Herbe de blé, intermédiaire</b>	<i>Agropyron intermedium</i>
<b>Herbe de blé, slender</b>	<i>Agropyron trachycaulum</i>
<b>Herbe de blé, western</b>	<i>Agropyron smithii</i>
<b>Herbe de blé, beardless</b>	<i>Elymus triticoides</i>
<b>Herbe de blé, Canadian</b>	<i>Elymus canadensis</i>
<b><u>Cultures maraîchères</u></b>	
<b>Artichaut</b>	<i>Helianthus tuberosus</i>
<b>Bettrave</b>	<i>Beta vulgaris</i>
<b>Courgette</b>	<i>Cucurbita pepo melopepo</i>

## Annexe

<b><u>Arboriculture</u></b>	
<b>Figuier</b>	<i>Ficus carica</i>
<b>Jujube</b>	<i>Ziziphus jujuba</i>
<b>Olivier</b>	<i>Olea europaea</i>
<b>Papayer</b>	<i>Carica papaya</i>
<b>Ananas</b>	<i>Ananas comosus</i>
<b>Grenadier</b>	<i>Punica granatum</i>

<b>MODEREMENT SENSIBLE</b>	
<b><u>Cultures de fibres, de semences et de sucre</u></b>	
<b>Fève</b>	<i>Vicia faba</i>
<b>Ricin</b>	<i>Ricinus communis</i>
<b>Maïs</b>	<i>Zea mays</i>
<b>Lin</b>	<i>Linum usitatissimum</i>
<b>Sétaire d'Italie</b>	<i>Setaria italica</i>
<b>Arachide</b>	<i>Arachis hypogaea</i>
<b>Riz</b>	<i>Oryza sativa</i>
<b>Canne à sucre</b>	<i>Saccharum officinarum</i>
<b>Tournesol</b>	<i>Helianthus annuus</i>
<b><u>Graminées et cultures fourragères</u></b>	
<b>Luzerne</b>	<i>Medicago sativa</i>
<b>Agrostide stolonifère</b>	<i>Agrostis stolonifera palustris</i>
<b>Angleton</b>	<i>Dichanthium aristatum</i>
<b>Brome</b>	<i>Bromus inermis</i>
<b>Cenchrus cilié</b>	<i>Cenchrus ciliaris</i>
<b>Pimprenelle</b>	<i>Poterium sanguisorba</i>
<b>Trèfle hybride</b>	<i>Trifolium hybridum</i>
<b>Trèfle d'Alexandrie</b>	<i>Trifolium alexandrinum</i>
<b>Trèfle blanc</b>	<i>Trifolium repens</i>
<b>trèfle violet</b>	<i>Trifolium pratense</i>
<b>Trèfle fraisier</b>	<i>Trifolium fragiferum</i>
<b>Paspale dilaté</b>	<i>Paspalum dilatatum</i>
<b>Vulpin des prés</b>	<i>Alopecurus pratensis</i>
<b>Boutelou gracieux</b>	<i>Bouteloua gracilis</i>
<b>Eragrostide</b>	<i>Eragrostis sp.</i>
<b>Astragale</b>	<i>Astragalus cicer</i>
<b>Arrhenatherum</b>	<i>Arrhenatherum Danthonia,</i>
<b>Avoine fourragère</b>	<i>Avena sativa</i>
<b>Dactyle aggloméré</b>	<i>Dactylis glomerata</i>
<b>Seigle fourrager</b>	<i>Secale cereale</i>
<b>Sesbania</b>	<i>Sesbania exaltata</i>

## Annexe

<b>Siratro</b>	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
<b>Sphaerophysa</b>	<i>Sphaerophysa salsula</i>
<b>Phléole</b>	<i>Phleum pratense</i>
<b>Lotier</b>	<i>Lotus uliginosus</i>
<b>Vesce</b>	<i>Vicia angustifolia</i>
<b><u>Cultures maraîchères</u></b>	
<b>Brocoli</b>	<i>Brassica oleracea botrytis</i>
<b>Chou de Bruxelles</b>	<i>B. oleracea gemmifera</i>
<b>Chou cabus</b>	<i>B. oleracea capitata</i>
<b>Chou-fleur</b>	<i>B. oleracea botrytis</i>
<b>Céleri</b>	<i>Apium graveolens</i>
<b>Maïs doux</b>	<i>Zea mays</i>
<b>Concombre</b>	<i>Cucumis sativus</i>
<b>Aubergine</b>	<i>Solanum melongena esculentum</i>
<b>Chou kale</b>	<i>Brassica oleracea acephala</i>
<b>Chou-rave</b>	<i>B. oleracea gongylode</i>
<b>Laitue</b>	<i>Latuca sativa</i>
<b>Melon</b>	<i>Cucumis melo</i>
<b>Poivron</b>	<i>Capsicum annuum</i>
<b>Potato</b>	<i>Solanum tuberosum</i>
<b>Citrouille</b>	<i>Cucurbita pepo pepo</i>
<b>Radi</b>	<i>Raphanus sativus</i>
<b>Épinard</b>	<i>Spinacia oleracea</i>
<b>Cucurbita</b>	<i>Cucurbita pepo melopepo</i>
<b>Patate douce</b>	<i>Ipomoea batatas</i>
<b>Tomate</b>	<i>Lycopersicon lycopersicum</i>
<b>Navet</b>	<i>Brassica rapa</i>
<b>Pastèque</b>	<i>Citrullus lanatus</i>
<b><u>Arboriculture</u></b>	
<b>Raisin</b>	<i>Vitis sp.</i>

## Annexe

<b>SENSIBLE</b>	
<b><u>Cultures de fibres, de semences et de sucre</u></b>	
<b>Guayule</b>	<i>Parthenium argentatum</i>
<b>Sésame</b>	<i>Sesamum indicum</i>
<b><u>Cultures maraîchères</u></b>	
<b>Haricot</b>	<i>Phaseolus vulgaris</i>
<b>Carotte</b>	<i>Daucus carota</i>
<b>Gombo</b>	<i>Abelmoschus esculentus</i>
<b>Oignon</b>	<i>Allium cepa</i>
<b>Panais</b>	<i>Pastinaca sativa</i>
<b><u>Arboriculture</u></b>	
<b>Amande</b>	<i>Prunus dulcis</i>
<b>Pomme</b>	<i>Malus sylvestris</i>
<b>Abricot</b>	<i>Prunus armeniaca</i>
<b>Avocat</b>	<i>Persea americana</i>
<b>Mûre</b>	<i>Rubus sp.</i>
<b>Mûre de Logan</b>	<i>Rubus ursinus</i>
<b>chérimolier</b>	<i>Annona cherimola</i>
<b>Cerisier</b>	<i>Prunus avium</i>
<b>Cerisier des sables</b>	<i>Prunus besseyi</i>
<b>Groseillier</b>	<i>Ribes sp.</i>
<b>groseillier à maquereau</b>	<i>Ribes sp.</i>
<b>Pamplemousse</b>	<i>Citrus paradisi</i>
<b>citron</b>	<i>Citrus limon</i>
<b>Citron vert</b>	<i>Citrus aurantiifolia</i>
<b>Bibassier</b>	<i>Eriobotrya japonica</i>
<b>Mangue</b>	<i>Mangifera indica</i>
<b>Orange</b>	<i>Citrus sinensis</i>
<b>Grenadille</b>	<i>Passiflora edulis</i>
<b>Pêche</b>	<i>Prunus persica</i>
<b>Poire</b>	<i>Pyrus communis</i>
<b>Kaki</b>	<i>Diospyros virginiana</i>
<b>Prunier</b>	<i>Prunus domestica</i>
<b>Pamplemoussier</b>	<i>Citrus maxima</i>
<b>Framboise</b>	<i>Rubus idaeus</i>
<b>Jamrosat</b>	<i>Syzygium jambos</i>
<b>Sapote blanche</b>	<i>Casimiroa edulis</i>
<b>Fraise</b>	<i>Fragaria sp.</i>
<b>Tangerine</b>	<i>Citrus reticulata</i>

## Annexe

### Annexe 3 :

#### Valeurs de coefficient culturel Kc pour différentes cultures

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
Banancier subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Maïs grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
Oignon vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9

Kc	Initial	développement	saison	de saison	Récolte	Total
Haricots verts	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Haricots secs	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Chou	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Vigne	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Maïs doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Maïs grain	0,3-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	0,8-0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Pois	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Patates	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Riz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Soja	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Betterave	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Tournesol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabac	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Blé	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9

# Annexe

## Annexe 4 :

### Caractéristiques techniques des systèmes de pompage proposés par le logiciel CAPRARI



#### CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

COMPANY WITH INTEGRATED  
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV  
= ISO 9001:2000 =  
ISO 14001:2004

<b>PML 150/ 2 E</b> <b>Caractéristiques requises</b> Débit 424 l/s Hauteur de refoulement 30,2 m Fluide Eau potable Type d'installation Pompes identiques en parallèle N.be de pompes 5		<p>Hauteur de refoulement [m]</p> <p>Puissance absorbée [kW]</p> <p>Valeurs NPSH [m]</p> <p>Rendement [%]</p> <p>0 100 200 300 400 [l/s]</p> <p>0 1000 2000 3000 4000 5000 [m³/h]</p> <p>0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 [US g.p.m.]</p>																								
<b>Caractéristiques de la pompe</b> Débit 86,2 l/s Hauteur de refoulement 31 m Puissance absorbée 39,4 kW Rendement 66,3% Hauteur manométrique H(Q=0) 70,4 m Orif. de refoulement DN 150 (UNI PN40)																										
<b>Caractéristiques moteur</b> Fréquence 60 Hz Tension nominale 480 V Vitesse nominale 1750 1/min Nombre de pôles 4 Puissance P2 45 kW Intensité nominale 0 A Type de moteur 3~ Classe d'isolation F Degré de protection IP 55																										
<b>Limites opérationnelles</b> Démarrages / h max. 5 Température maxi. du liquide pompé 90 °C Teneur maximum en matières solides 20 g/m³ Densité max. 998 kg/m³ Viscosité maxi. 1 mm²/s P2 maxi arbre pompe 420 kW																										
<b>Caractéristiques générales</b> Poids 652 kg		<b>Caractéristiques de fonctionnement</b> ISO 9906 grade 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Q [l/s]</th> <th>H [m]</th> <th>P [kW]</th> <th>Rend. [%]</th> <th>NPSH [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>423</td> <td>32,4</td> <td>199</td> <td>67,5</td> <td>7,39</td> </tr> </tbody> </table>	Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]	423	32,4	199	67,5	7,39														
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]																						
423	32,4	199	67,5	7,39																						
<b>Matériaux</b> <table border="1"> <tr> <td>Corps de pompe</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Corps d'aspiration</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Roue</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Bague d'usure</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Corps d'étage</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Chemise</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Arbre</td> <td>Acier inox</td> </tr> <tr> <td>Douille arbre</td> <td>Acier inox</td> </tr> <tr> <td>Anneau d'étanchéité</td> <td>Caoutchouc au nitrile</td> </tr> <tr> <td>Roulements a billes</td> <td>Acier</td> </tr> <tr> <td>Presse-Etoupe</td> <td>Fonte</td> </tr> <tr> <td>Etoupe</td> <td>Tresse graphitée</td> </tr> </table>		Corps de pompe	Fonte	Corps d'aspiration	Fonte	Roue	Fonte	Bague d'usure	Fonte	Corps d'étage	Fonte	Chemise	Fonte	Arbre	Acier inox	Douille arbre	Acier inox	Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile	Roulements a billes	Acier	Presse-Etoupe	Fonte	Etoupe	Tresse graphitée	DIMENSIONS mm _DNa - 200/PN8-25 _DNm - DN 150 (UNI PN40) A - 1190 a - 55 B - 479 b - 59 c - 16 C - 360 d - 10 D - 351 d_d - 25 d_s - 25 e - 120 E - 619 f - 130 F - 270 g - 145 G - 301 H - 140 I - 50 L - 125 M - 45 N - 680 No - 12 No - 8 O - 590 P - 170 Q - 24 R - 40 S - 315 T - 370 U - 358 V - 370
Corps de pompe	Fonte																									
Corps d'aspiration	Fonte																									
Roue	Fonte																									
Bague d'usure	Fonte																									
Corps d'étage	Fonte																									
Chemise	Fonte																									
Arbre	Acier inox																									
Douille arbre	Acier inox																									
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile																									
Roulements a billes	Acier																									
Presse-Etoupe	Fonte																									
Etoupe	Tresse graphitée																									
Notes:																										
Date 08.09.2020	Page 1	Offre n°	Pos.N°																							

# Annexe



## CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

COMPANY WITH INTEGRATED  
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV  
= ISO 9001:2000 =  
ISO 14001:2004

<b>PML 150/ 2 G</b> <b>Caractéristiques requises</b> Débit 424 l/s Hauteur de refoulement 30,2 m Fluide Eau potable Type d'installation Pompes identiques en parallèle N.be de pompes 8		<p>Hauteur de refoulement [m]</p> <p>Puissance absorbée [kW]</p> <p>Valeurs NPSH [m]</p> <p>Rendement [%]</p> <p>0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 [l/s]</p> <p>0 1000 2000 3000 4000 5000 [Imp. g.p.m.]</p> <p>0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 [m³/h]</p> <p>0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000</p>										
<b>Caractéristiques de la pompe</b> Débit 70,7 l/s Hauteur de refoulement 30,3 m Puissance absorbée 29,7 kW Rendement 70,5% Hauteur manométrique H(Q=0) 59,2 m Orif. de refoulement DN 150 (UNI PN40)												
<b>Caractéristiques moteur</b> Fréquence 60 Hz Tension nominale 460 V Vitesse nominale 1750 1/min Nombre de pôles 4 Puissance P2 37 kW Intensité nominale 0 A Type de moteur 3~ Classe d'isolation F Degré de protection IP 55												
<b>Limites opérationnelles</b> Démarrages / h max. 5 Température maxi. du liquide pompé 90 °C Teneur maximum en matières solides 20 g/m³ Densité max. 998 kg/m³ Viscosité maxi. 1 mm²/s P2 maxi arbre pompe 420 kW												
<b>Caractéristiques générales</b> Poids 652 kg												
<b>Matériaux</b>		<b>Caractéristiques de fonctionnement</b> ISO 9906 grade 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Q [l/s]</th> <th>H [m]</th> <th>P [kW]</th> <th>Rend. [%]</th> <th>NPSH [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>423</td> <td>30,5</td> <td>179</td> <td>70,6</td> <td>5,13</td> </tr> </tbody> </table> <p>DNa = 200/PN8-25 DNm = DN 150 (UNI PN40)</p> <p><b>DIMENSIONS mm</b></p> <p>A = 1190 a = 55 B = 479 b = 59 c = 16 C = 360 d = 10 D = 351 d<sub>0</sub> = 25 d<sub>5</sub> = 25 e = 120 E = 619 f = 130 F = 270 g = 145 G = 301 H = 140 I = 50 L = 125 M = 45 N = 680 No = 12 No = 8 O = 590 P = 170 Q = 24 R = 40 S = 315 T = 370 U = 358 V = 370</p>	Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]	423	30,5	179	70,6	5,13
Q [l/s]	H [m]		P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]							
423	30,5		179	70,6	5,13							
Notes:												
Date 08.09.2020	Page 1		Offre n°	Pos.N°								

PumpTutor Verston 3.3 - 01.12.2008 (Build 2)

# Annexe

## Annexe 5 :

### Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZN 23

diamètres des buses	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar) 3,0		P (bar) 4,0		P (bar) 5,0		P (bar) 6,0		P (bar) 7,0		
	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0											
mm	Portée en m ZN 23 D, ZN 23 W / ZN 45 W					Distances entre arroseurs ZN 23 W / ZN 23 D										
14	30,5/27,5	33,5/30,5	35,5/32,5	37,0/34,0	39,0/36,0	42x36	36x36	42x36	36x36	42x36	36x36	42x36	36x36	48x42	42x42	
16	33,5/30,5	37,0/33,5	38,0/35,0	40,0/37,5	41,8/39,5	42x36	36x36	42x36	36x36	48x42	42x42	48x42	42x42	54x48	48x48	
18	35,0/32,0	38,0/35,5	40,5/37,5	42,5/40,0	45,0/42,5	48x42	42x42	48x42	42x42	48x42	42x42	54x48	48x48	54x48	48x48	
20	37,5/33,5	40,5/37,0	43,0/39,5	45,8/42,0	47,5/45,0	48x42	42x42	54x48	48x48	54x48	48x48	60x54	54x54	60x54	54x54	
22	39,5/35,0	42,0/38,5	45,0/41,0	47,0/44,0	49,2/46,0	54x48	48x48	54x48	48x48	60x54	54x54	60x54	54x54	60x54	54x54	
24	42,0/37,0	43,0/39,0	45,5/41,5	48,5/45,0	50,5/47,0	54x48	48x48	60x54	54x54	60x54	54x54	60x54	54x54	60x54	54x54	
ZN 23 W / ZN 45 W		Consommation d'eau														
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)											
14	12,08	13,95	15,59	17,08	18,45											
16	15,77	18,21	20,36	22,31	24,10											
18	19,96	23,05	25,77	28,23	30,50											
20	24,65	28,46	31,82	34,86	37,65											
22	29,82	34,44	38,50	42,18	45,56											
24	35,49	40,98	45,82	50,19	54,22											
ZN 23 D		Consommation d'eau					Précipitations									
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	
14x6	14,30	16,51	18,46	20,22	21,84	9,5	11,0	10,9	12,7	12,2	14,2	13,4	15,6	10,8	12,4	
16x6	17,99	20,78	23,23	25,45	27,48	11,9	13,9	13,7	16,0	11,6	13,2	12,6	14,4	10,6	11,9	
18x7	22,98	26,54	29,67	32,50	35,11	11,4	13,0	13,1	15,0	14,7	16,8	12,5	14,1	13,5	15,2	
20x7	27,67	31,95	35,72	39,13	42,26	13,7	15,7	12,3	13,9	13,8	15,5	12,1	13,4	13,0	14,5	
22x8	33,77	38,99	43,59	47,75	51,58	13,0	14,6	15,0	16,9	13,5	14,9	14,7	16,4	15,9	17,7	
24x8	39,44	45,54	50,91	55,77	60,24	15,2	17,1	14,1	15,6	15,7	17,5	17,2	19,1	18,6	20,7	