



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME :**

**Dimensionnement d'un système de drainage agricole du  
périmètre de la basse Tafna Ysser 500ha (Wilaya de Tlemcen)**

**Présenté par :**

**BESTAOUI Youcef Ibrahim El Khalil**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
KAHLERRAS Djillali	MCA	Président
BENKACI ALI Tarek	MCB	Examineur
BENLATRECH Tarek	MCA	Examineur
BOUZIANE Omar	MAA	Examineur
AZIEZ Ouahiba	MCB	Promoteur

**Session Octobre 2023**

# Dédicace

Je consacre cette humble réalisation :

À mes chers parents, mon père qui a été et demeure le soutien essentiel qui me permet de me maintenir debout, ma mère qui a toujours eu confiance en moi, à qui je témoigne toute ma reconnaissance pour tout ce que vous m'avez apporté.

- A toute ma famille.
- Au groupe Khwali , Dib et Chabane-Sari.
- À l'ensemble de mes amis et camarades de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique, qui ont partagé avec moi cette période de ma formation académique.

Et à tous ceux que j'aime.

# Remerciement

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

À l'issue de ce projet, fruit de mes années de travail acharné, je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers Dieu pour m'avoir pourvu des moyens, tant matériels qu'humains, qui m'ont permis de le mener à bien. Je souhaite également remercier chaleureusement ceux qui ont accepté d'évaluer ce projet :

- Madame AZIEZ Ouahiba, qui m'a ouvert les portes de son bureau et a eu la gentillesse de me superviser tout au long de l'élaboration de ce mémoire de fin d'études. Mes plus vifs remerciements lui sont adressés.
- Je remercie monsieur KAHLERRAS Djillali pour avoir honoré de leur présence l'ensemble du jury d'évaluation.
- Je remercie monsieur BENKACI ALI Tarek pour avoir honoré de leur présence l'ensemble du jury d'évaluation.
- Je remercie monsieur BENLATRECH Tarek pour avoir honoré de leur présence l'ensemble du jury d'évaluation.
- Je remercie monsieur BOUZIANE Omar pour avoir honoré de leur présence l'ensemble du jury d'évaluation.

L'ensemble du personnel et des enseignants de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH).

## ملخص:

تقع منطقة تافنة يسر بولاية تلمسان:

مسخرة للاستثمار الفلاحي ، نظرا لارتفاع نسبة الملوحة للرقعة الفلاحية و المياه المستعملة للسقي فإنها تعاني من تراكم المياه فيها .

في هذا الموضوع قدمنا عمل الهدف منه لإنقاذ نسبة الملوحة و كيفية استدراج المياه المؤثرة سلبا على المردود الزراعي.

**كلمات مفتاحية:** الري، المحاصيل الزراعية، شبكة الصرف الزراعي

## Abstract :

The Tafna region is located in the Tlemcen province.

It faces challenges for agricultural investment due to the high salinity levels of the farmland and the use of saline water for irrigation, resulting in water accumulation issues.

In this context, a project has been introduced with the aim of reducing soil salinity and finding ways to utilize negatively impacting water resources for agricultural productivity.

**Keywords:** irrigation, agricultural crops, drainage network.

## Résumé :

La région de Tafna Ysser se trouve dans la wilaya de Tlemcen.

Elle présente des défis importants en matière d'investissement agricole en raison de la forte salinité des terres agricoles et de l'utilisation d'eau salée pour l'irrigation, ce qui entraîne des problèmes d'accumulation d'eau.

Dans ce contexte, un projet a été présenté dans le but de réduire la salinité des sols et de trouver des moyens d'utiliser de manière bénéfique les eaux qui ont un impact négatif sur le rendement agricole.

**Mots clés :** irrigation, cultures agricoles, réseau de drainage.

# Table de matière

<b>Introduction.....</b>	<b>10</b>
<b>Chapitre I : Présentation et description de la zone d'étude .....</b>	<b>11</b>
I.1 Introduction :.....	12
I.2 Situation géographique :.....	12
I.3 Description hydrologique : .....	12
I.4 Présentation du périmètre de la basse Tafna :.....	13
I.5 Climatologie :.....	14
I.5.1 Choix de la station pluviométrique : .....	15
I.5.2 Précipitation :.....	15
I.5.3 Température : .....	15
I.5.4 Humidité : .....	16
I.5.5 Vitesse du vent : .....	17
I.5.6 Evaporation :.....	17
I.5.7 Insolation :.....	17
I.5.8 Les caractéristiques bioclimatiques :.....	18
I.5.9 Indice de De Martonne : .....	18
I.5.10 Classification du climat selon le diagramme d'Emberger : .....	19
I.5.11 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :.....	20
I.6 Conclusion : .....	21
<b>Chapitre II : Ressource en sol .....</b>	<b>22</b>
II.1 Introduction : .....	23
II.2 Étude agro-pédologique des basses vallées des oueds Tafna-Isser : .....	23
II.3 Les secteurs des basses vallées des oueds Tafna-Isser :.....	24
II.3.1 Secteur AT :.....	24
II.4 Classification selon l'aptitude des sols à l'irrigation : .....	26
II.5 Classification selon l'aptitude culturale du sol :.....	27
II.6 Classifications selon les propriétés physico-chimiques : .....	27
II.7 Solutions préconisées et travaux d'aménagement :.....	28
II.8 Conclusion :.....	29
<b>Chapitre III : Ressource en eau .....</b>	<b>30</b>

III.1 Introduction :	31
III.2 Ressources en eau superficielles :	31
III.2.1 Barrage Ain Youcef :	31
III.2.2 Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage :	32
III.2.3 Degré d'adsorption du Sodium (SAR) :	32
III.2.4 Classification des eaux pour l'irrigation :	33
III.3 Étude Hydrologique :	34
III.3.1 Choix de la station pluviométrique :	35
III.3.2 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	38
III.3.3 Ajustement statistique des pluies :	40
III.4 Conclusion :	43
<b>Chapitre IV : Besoins en eau des cultures</b>	<b>44</b>
IV.1 Introduction :	45
IV.2 Besoin en eau du périmètre :	45
IV. 2.1 Calcul des besoins en eau :	45
IV. 2.1.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET0) :	45
IV. 2.2 Choix des cultures en fonction du contexte pédoclimatique :	48
IV.2. 3 Estimation des besoins en eau des cultures :	50
IV.2. 4 Calcul des besoins en eau pour les Assolements 1 , 2 et 3 :	58
IV.2. 5 Le lessivage :	59
IV.2. 7 Estimation des besoins en eau totaux du secteur :	62
IV.3 Conclusion :	64
<b>Chapitre V : Dimensionnement du Réseau de drainage</b>	<b>65</b>
V.1 Introduction :	66
V.2 LE RESEAU DE DRAINAGE :	66
V.2.1 PRÉSENTATION :	66
V.2.2 FONCTIONS :	66
V.2.3 Intérêt :	66
V.2.4 Drains :	67
V.2.5 Draineuses :	68
V.2.6 Effets positifs de l'assainissement du sol :	69
V.2.7 Drainage de surface :	70
V.2.8 Drainage par drains enterrés :	71
V.3 Calcul du débit caractéristique :	72
V.3.1 Cas où l'excès provient des pluies :	72

V.3.2 Cas où l'excès provient de l'irrigation .....	76
V.3.3 Cas où l'excès provient de lessivage : .....	77
V.4 Calcul de l'écartement entre les drains : .....	78
V.4.1 Équation de Hooghoudt .....	78
V.5 Dimensions des drains .....	79
V.5.1 La pente d'installation .....	79
V.5.2 Longueur d'installation des drains.....	80
V.5.3 Débit à évacuer par le drain .....	80
V.5.4 Caractéristiques techniques des drains .....	80
V.6 Dimensionnement d'un collecteur .....	81
V.7 Conclusion : .....	84
<b>Chapitre VI : L'entretien du système de drainage et l'estimation des devis .....</b>	<b>85</b>
VI .1 Introduction : .....	86
VI .2 Causes de non fonctionnement du drainage :.....	86
VI .3 Obstructions d'origine technique : .....	86
VI .3.1 Insuffisance de la section des drains : .....	86
VI .3.2 Insuffisance de la pente des drains : .....	86
VI.4 Mauvaise qualité des tuyaux : .....	87
VI.5 Défectuosités pendant l'exécution des travaux : .....	87
VI.6 Obstructions d'origine naturelle : .....	88
VI.6.1 Pénétration dans les drains de petits animaux : .....	88
VI.6.2 Dépôts de matières minérales : .....	88
VI.6.3 Colmatage par dépôts à réaction chimique : .....	88
VI.7 Devis quantitative et estimative : .....	89
VI.8 Conclusion :.....	89
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>90</b>
<b>Les annexes.....</b>	<b>91</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>94</b>

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : caractéristiques morphologiques et hydrographiques des bassins versants de Barrage Ain Youcef.....	13
<b>Tableau 2</b> : Couverture foncière et pédologique .....	13
<b>Tableau 3</b> : Caractéristiques de la station Pierre de Chat.....	15
<b>Tableau 4</b> : précipitation moyenne .....	15
<b>Tableau 5</b> : Températures maximales, moyennes et minimale.....	15
<b>Tableau 6</b> : Humidités maximales, moyennes et minimale.....	16
<b>Tableau 7</b> : Vitesse du vent maximal, moyen et minimal. ....	17
<b>Tableau 8</b> : Les valeurs des évaporations mensuelles.....	17
<b>Tableau 9</b> : Insolation moyenne (ONM ALGER) .....	17
<b>Tableau 10</b> : classification des climats .....	18
<b>Tableau 11</b> : Résumé .....	18
<b>Tableau 12</b> : Résumé .....	19
<b>Tableau 13</b> : caractéristiques du barrage Sikkak .....	31
<b>Tableau 14</b> : Récapitulatif des résultats de la régularisation.....	32
<b>Tableau 15</b> : Caractéristique de l'eau .....	32
<b>Tableau 16</b> : classification des eaux d'irrigation .....	34
<b>Tableau 17</b> : les stations pluviométriques de la zone d'étude.....	36
<b>Tableau 18</b> : les pluies moyennes (ANRH Alger) (1985-2015) et NASA (2015-2021).....	37
<b>Tableau 19</b> : Tableau présentant le test de Wilcoxon .....	39
<b>Tableau 20</b> : la pluie en fonction de la période de retour.....	42
<b>Tableau 21</b> : calcul de P80% .....	43
<b>Tableau 22</b> : calcul des pluies efficaces.....	48
<b>Tableau 23</b> : Choix des cultures de la zone d'études .....	49
<b>Tableau 24</b> : Assolement 1 : purement maraichères .....	50
<b>Tableau 25</b> : Assolement 2 : maraichères + céréales .....	50
<b>Tableau 26</b> : Assolement 3 : céréales + fourragères .....	50
<b>Tableau 27</b> : calcul des besoins en eau du Blé .....	51
<b>Tableau 28</b> : calcul des besoins en eau de la Vesce - avoine .....	51
<b>Tableau 29</b> : calcul des besoins en eau de l'Orge grain.....	52
<b>Tableau 30</b> : calcul des besoins en eau de l'Orge en vert.....	52
<b>Tableau 31</b> : calcul des besoins en eau de la pomme de terre de saison .....	53
<b>Tableau 32</b> : calcul des besoins en eau de la carotte.....	53
<b>Tableau 33</b> : calcul des besoins en eau du chou vert .....	54
<b>Tableau 34</b> : calcul des besoins en eau de la tomate.....	54
<b>Tableau 35</b> : calcul des besoins en eau de l'oignon sec .....	55
<b>Tableau 36</b> : calcul des besoins en eau de l'haricot vert .....	55
<b>Tableau 37</b> : calcul des besoins en eau de la pomme de terre arrière saison.....	56
<b>Tableau 38</b> : calcul des besoins en eau de la courgette.....	56
<b>Tableau 39</b> : calcul des besoins en eau de l'oignon vert.....	57
<b>Tableau 40</b> : calcul des besoins en eau de l'Ail.....	57
<b>Tableau 41</b> : Calcul des besoins en eau pour l'assolement 1 .....	58



<b>Tableau 42</b> : Calcul des besoins en eau pour l'assolement 2 .....	58
<b>Tableau 43</b> : Calcul des besoins en eau pour l'assolement 3 .....	59
<b>Tableau 44</b> : LR * ETM pour l'assolement 1 .....	60
<b>Tableau 45</b> : LR * ETM pour l'assolement 2.....	61
<b>Tableau 46</b> : LR * ETM pour l'assolement 3.....	62
<b>Tableau 47</b> : volume totale pour les trois assolements .....	63
<b>Tableau 48</b> : les résultats de l'ajustement pour trimestre 1 ( sept oct nov ) .....	73
<b>Tableau 49</b> : les résultats de l'ajustement pour trimestre 2 ( déc, jan, fév ).....	73
<b>Tableau 50</b> : les résultats de l'ajustement pour trimestre 3 (mars avr mai).....	74
<b>Tableau 51</b> : Débit caractéristique En régime permanent en tenant compte du stockage.....	76
<b>Tableau 52</b> : Débit caractéristique En régime permanent sans tenir compte du stockage .....	76
<b>Tableau 53</b> : dimensionnement des drains .....	82
<b>Tableau 54</b> : dimensionnement des drains .....	83
<b>Tableau 55</b> : la longueur totale des drains.....	83
<b>Tableau 56</b> : Devis quantitative et estimative .....	89

# Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Vue aérienne de la zone TAFNA – ISSER (source GOOGLE EARTH 2023/09/19) (l'échelle 1/1000).....	12
<b>Figure 2</b> : Situation géographique de la zone TAFNA –ISSER (carte ONID Alger) 1/25000.....	14
<b>Figure 3</b> : Graphique descriptif de la variation des températures .....	16
<b>Figure 4</b> : le diagramme bioclimatique d'Emberger .....	19
<b>Figure 5</b> : Schéma déterministe de la période sèche .....	20
Figure 7 : Tache de sel envahissant les sols labourés et cultivés.....	24
<b>Figure 8</b> : Plan de la basse Tafna Isser présentant les classes des sols selon l'aptitude à l'irrigation (ONID Alger, 1/25000).....	25
<b>Figure 9</b> : diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon USSS, 1954) .....	33
<b>Figure 13</b> : L'ajustement par la loi normale obtenue par le logiciel HYFRAN .....	42
<b>Figure 14</b> : Calcul de l'évapotranspiration potentielle mensuelle avec Cropwat 8.0.....	47
<b>Figure 15</b> : les graphiques : hauteur – durée – fréquence pour trimestre 1 .....	74
<b>Figure 16</b> : les graphiques : hauteur – durée – fréquence pour trimestre 2 .....	75
<b>Figure 17</b> : les graphiques : hauteur – durée – fréquence pour trimestre 3 .....	75

# Introduction

L'objectif de l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre consiste à améliorer le rendement des cultures en sélectionnant la région la plus appropriée et en mettant en place le système adéquat après avoir analysé toutes les conditions nécessaires dans le cadre du projet. Notre étude se concentre sur l'aménagement du périmètre de la basse Tafna Ysser dans la wilaya de Tlemcen. Ce périmètre comprend une diversité de cultures, notamment des cultures maraîchères, des cultures arboricoles et des céréales. Il contribue de manière significative à la satisfaction des besoins alimentaires de la région, ce qui souligne la nécessité d'un développement moderne en matière de drainage pour augmenter la production. L'objectif est d'introduire des systèmes de drainage modernes, économiques et performants tels que les drains et les fossés.

Le drainage agricole, lorsqu'il est bien planifié et mis en œuvre, présente plusieurs avantages importants pour les exploitations agricoles. Voici quelques-uns des principaux bénéfices du drainage agricole :

- Amélioration de la productivité des sols
- Amélioration de la productivité des sols
- Réduction des risques de perte de récoltes
- Prévention de la salinisation

Cette étude est de nature préliminaire, axée sur les calculs nécessaires pour initier le projet et son aménagement, dans le but de répondre aux objectifs techniques et économiques. La performance d'un système de drainage dépendra du choix approprié de la technique et de la mise en place adéquate des équipements, sur la base d'une parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions d'exploitation. En outre, les conditions climatiques, pédologiques et topographiques doivent être appropriées au préalable, soulignant ainsi l'importance d'une sélection minutieuse du périmètre pour obtenir de bons résultats.

Ce travail à passé par les étapes suivantes :

- Représentation et description de la zone d'étude.
- Les ressources en sol.
- Les ressources en eau.
- Besoins en eau des cultures.
- Dimensionnement de réseau de drainage.
- L'entretien du système de drainage et l'estimation des devis

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

## I.1 Introduction :

Ce chapitre a pour but de donner une brève introduction à la zone TAFNA-ISSER tout en fournissant une description approfondie du périmètre de la basse TAFNA-ISSER, qui constituera le sujet de notre étude.

## I.2 Situation géographique :

La zone TAFNA-ISSER couvre une étendue d'environ 9000 hectares et est délimitée au nord par les monts de TESSALA, au sud par l'agglomération de HENNAYA, à l'est par le plateau de REMCHI, et à l'ouest par le plateau de HENNAYA ainsi que les monts de TRARAS. Elle se divise en cinq périmètres distincts : la haute (moyenne) TAFNA, la basse TAFNA, la confluence de TAFNA-ISSER, ISSER et HENNAYA.



**Figure 1 :** Vue aérienne de la zone TAFNA – ISSER (source GOOGLE EARTH 2023/09/19) (l'échelle 1/1000)

## I.3 Description hydrologique :

L'alimentation en eau de notre zone d'étude sera assurée à partir du barrage Ain Youcef (Sikkak), qui est situé à environ 20 km au nord de la ville de Tlemcen, près de la gorge de Sidi Ezzehar, le long de l'oued Sikkak. Les coordonnées Lambert du barrage sont  $x=131,8$  et  $y=202,2$ , avec une altitude minimale de 180 mètres. La partie amont du bassin versant de l'oued Sikkak, un affluent de l'oued Isser, est desservie par le barrage Mefrouch, qui a été achevé en 1963.

**Tableau 1** : caractéristiques morphologiques et hydrographiques des bassins versants de Barrage Ain Youcef.

Nom du barrage		Ain Youcef
Type du barrage		Barrage en matériaux meuble
Code du barrage		160704
Capacité		127 Hm <sup>3</sup>
Volume régularisé		22 Hm <sup>3</sup>
Superficie du bassin versant		326 Km <sup>2</sup>
Périmètre du bassin versant		85 Km
Longueur de l'oued		74 Km
Altitude	Min	180 m
	Moy	740 m
	Max	1579 m
Densité du drainage		2,1 (Km / Km <sup>2</sup> )

Source (ONID Alger 2015)

#### I.4 Présentation du périmètre de la basse Tafna :

La limite méridionale du périmètre de la Basse Tafna est marquée par la confluence de l'oued Isser et de la Tafna, ainsi que par le barrage SIKKAK. Au nord-ouest, elle est délimitée par les monts des Traras, et au nord, par les monts de Tessala.

**Tableau 2** : Couverture foncière et pédologique

Entité	Surface en ha						
	Enquêtée	Classe pédologique					
		I	II	III	IV	V	Total
Haute et moyenne Tafna	591,50	0,00	108,53	387,78	91,18	0,00	586,93
Plateau de Hennaya	3905,21	0,00	9,65	196,41	426,39	108,71	741,14
Vallée de l'Isser	1321,00	29,08	215,65	399,23	566,35	98,06	1308,37
Basse Tafna	2216,04	0,00	339,23	815,11	576,17	278,94	2009,45
Confluence Tafna Isser	2244,61	9,05	688,45	950,84	526,02	38,10	2212,46
Total en ha	10278,36	38,13	1361,51	2748,81	2186,11	501,19	6858,37

Source (ONID Alger 2015)

Notre étude se concentrera spécifiquement sur ce périmètre, qui couvre une superficie de 500 hectares sélectionnés parmi la superficie totale de la Basse Tafna. Cette zone a été choisie en raison de ses vallées particulièrement propices à l'agriculture.

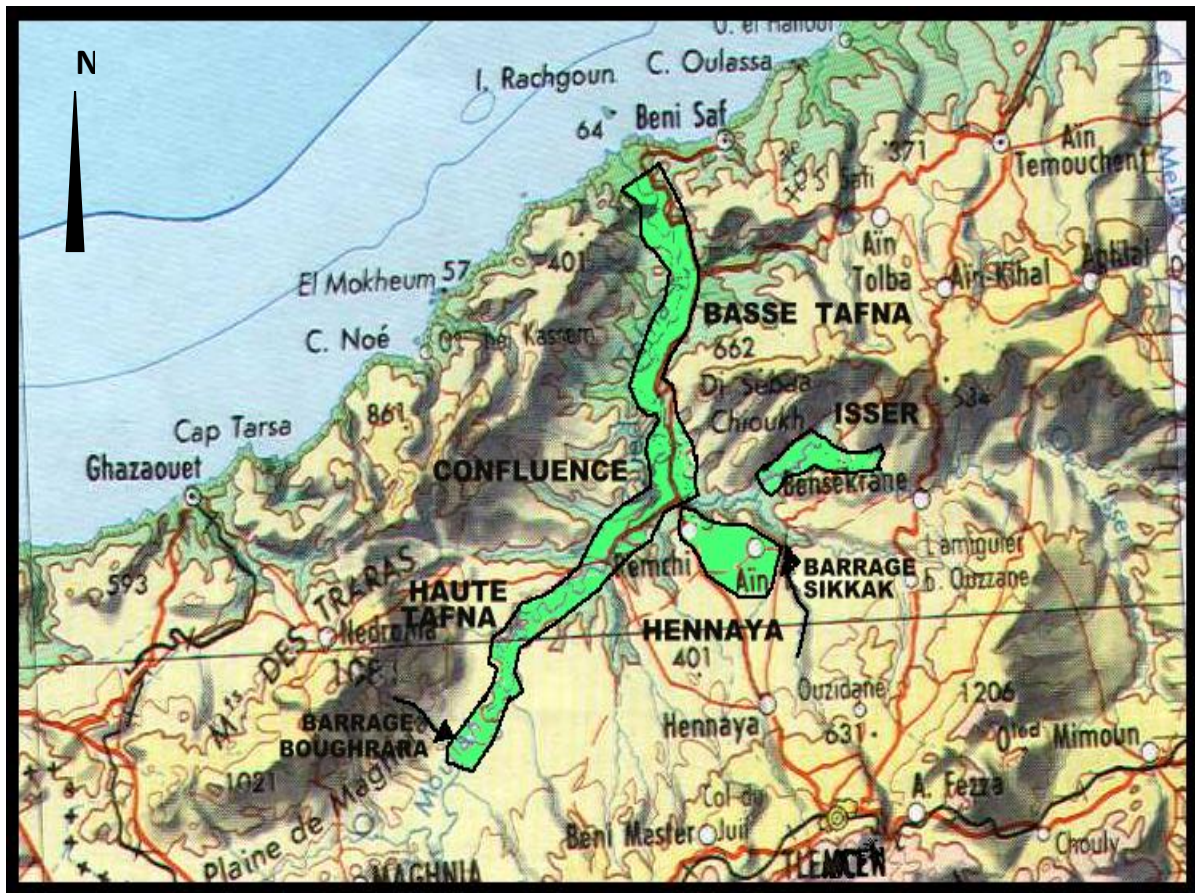


Figure 2 : Situation géographique de la zone TAFNA –ISSER (carte ONID Alger) 1/25000

### I.5 Climatologie :

Les données liées aux conditions météorologiques et climatologiques jouent un rôle essentiel dans la planification et la gestion des activités humaines, en particulier dans le secteur de l'agriculture. Elles permettent de définir des zones agro-pédoclimatiques spécifiques adaptées à chaque type de culture.

Lorsqu'il s'agit d'un projet d'irrigation, certains facteurs climatiques revêtent une importance particulière. Parmi eux, on peut citer les températures, le taux d'humidité relative, l'intensité et la direction des vents, ainsi que la fréquence des jours de gel et des périodes de sirocco. Ces éléments sont cruciaux pour la réussite du projet.

### I.5.1 Choix de la station pluviométrique :

Pour notre étude hydrologique du périmètre en question, nous avons utilisé les données de la station pluviométrique de Pierre de Chat. Après une analyse approfondie, nous avons déterminé que cette station était la plus proche du périmètre étudié et qu'elle offrait les données les plus récentes et les plus représentatives des conditions défavorables.

Les caractéristiques de cette station sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3 :** Caractéristiques de la station Pierre de Chat

Code	Nom	Coordonnées en Lambert		Coordonnées en degrés		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X(km)	Y(km)	Longitude	Latitude			
160802	Pierre du Chat	123.10	253.35	01°26'52''W	35°08'37''	50	1985-2021	37

Source (ONID Alger 2015)

### I.5.2 Précipitation :

La précipitation annuelle revêt une importance cruciale en agriculture, car elle influence directement le besoin en irrigation. Avec une estimation de 341,89 mm, elle représente un facteur déterminant pour la production agricole.

**Tableau 4 :** précipitation moyenne

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Pmoy(mm)	21.47	32.78	53.25	44.24	46.24	39.69	33.25	23.60	19.42	8.62	8.71	10.64	341.89

Source (ANRH ALGER)

### I.5.3 Température :

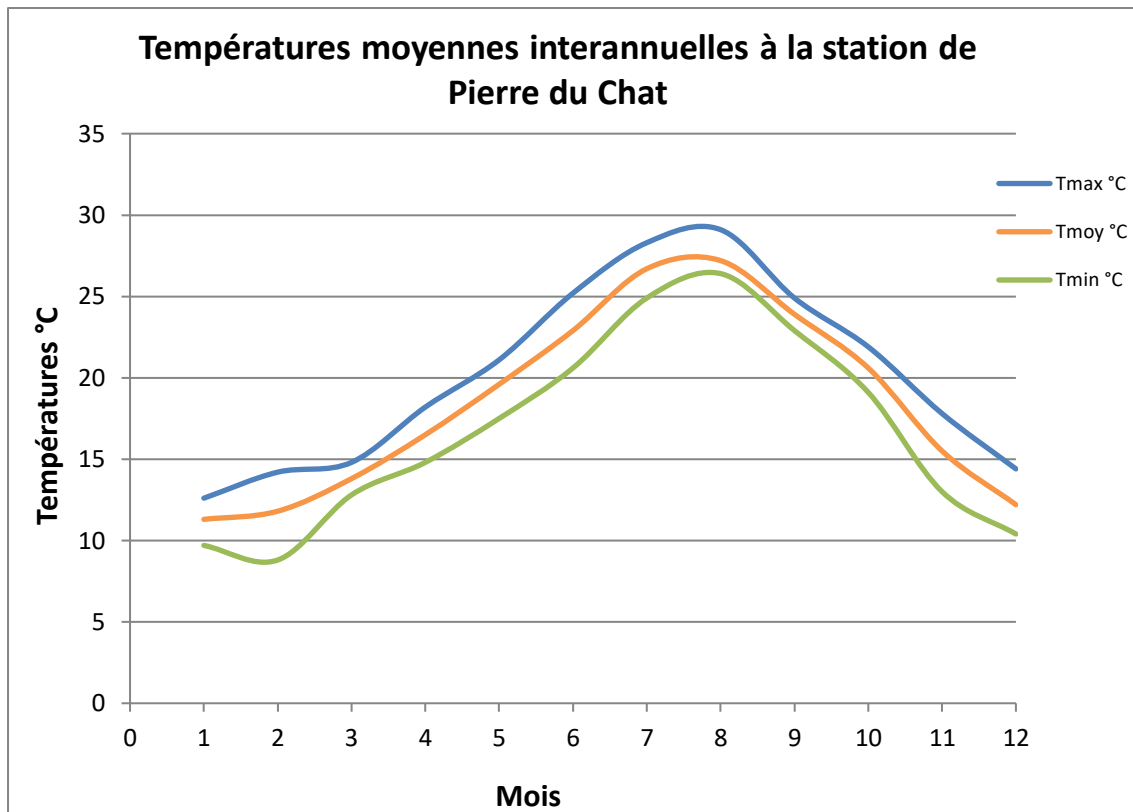
La température joue un rôle essentiel dans la détermination des besoins en eau d'irrigation et dans le choix du type ainsi que du système d'irrigation appropriés. Les valeurs de température de la région étudiée sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 5 :** Températures maximales, moyennes et minimale.

statistiques	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Max	12,6	14,2	14,8	18,2	21,1	25,2	28,3	29,1	24,9	21,9	17,8	14,4
Min	9,7	8,8	12,8	14,8	17,5	20,6	24,9	26,4	22,9	19,1	13,0	10,4
Moy	11,3	11,8	13,8	16,5	19,6	22,9	26,7	27,2	23,9	20,6	15,5	12,2

Source (ONM Alger 2015)





**Figure 3 :** Graphique descriptif de la variation des températures

D'après le graphique, il est observable que les mois les plus chauds sont juillet et août, présentant une moyenne de 27,2 °C, tandis que la période la plus froide correspond aux mois de janvier et février (11,3°C).

#### I.5.4 Humidité :

Cet élément revêt une importance cruciale dans le cycle hydrologique, car il influence l'évaporation du sol et de la couverture végétale, tout en représentant le niveau de saturation de l'air en vapeur d'eau.

**Tableau 6 :** Humidités maximales, moyennes et minimales.

statistiques	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Max	87,0	82,0	86,0	82,0	77,0	69,0	70,0	71,0	78,0	80,0	85,0	87,0
Min	71,0	73,0	62,0	59,0	58,0	57,0	54,0	49,0	62,0	65,0	68,0	69,0
Moy	78,2	77,6	75,3	73,4	67,1	63,1	59,1	61,7	69,6	72,8	74,5	77,0

Source (ONM Alger 2015)

On constate que l'humidité relative dans la région atteint 78.2% au mois de Janvier, elle décroît en juillet à 59.1%.

### I.5.5 Vitesse du vent :

Ce paramètre revêt une grande importance pour les agronomes et les aménagistes, car il influe sur le choix du type d'irrigation adapté et est également pris en considération lors de la conception du système de protection du périmètre.

**Tableau 7:** Vitesse du vent maximal, moyen et minimal.

Statistiques	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
Max	3.19	3.50	3.86	3.06	3.17	3.22	3.22	3.22	3.11	2.94	3.28	2.81	3.21
Min	1.64	2.08	2.08	2.08	2.00	2.08	2.22	2.06	2.14	1.97	1.81	1.69	2.22
Moy	2.39	2.64	2.61	2.67	2.69	2.64	2.72	2.69	2.61	2.47	2.47	2.25	2.57

Source (ONM Alger 2015)

La vitesse moyenne annuelle des vents s'élève à 2,57 m/s et atteint son pic en juillet. Cependant, il convient de noter que le changement de vitesse tout au long de l'année demeure généralement constant, ce qui représente un avantage pour l'irrigation et l'aménagement.

### I.5.6 Evaporation :

Ce critère revêt une importance capitale lors du calcul de la capacité des réservoirs de barrages et lors de la conception d'un système d'irrigation.

**Tableau 8 :** Les valeurs des évaporations mensuelles

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
Evaporation	58,2	56,4	88,9	104,8	146,6	201,1	276,0	266,4	186,2	118,8	78,8	63,3	1599

Source (ONM Alger 2015)

La période la plus critique en termes d'évaporation se situe durant les mois de juillet et août, en raison de la hausse de la température.

### I.5.7 Insolation :

Ce paramètre a un rôle crucial dans le processus d'évaporation et d'évapotranspiration.

**Tableau 9 :** Insolation moyenne (ONM ALGER)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Heure/jour	6.57	7.08	7.82	8.89	8.83	10.67	10.76	10.25	8.83	7.61	6.58	5.94

La période de juin et juillet est associée à la plus grande valeur d'insolation.

### I.5.8 Les caractéristiques bioclimatiques :

Pour la classification du climat, on utilise généralement les paramètres agrométéorologiques, qui reposent sur la température et la pluviométrie de la zone.

### I.5.9 Indice de De Martonne :

L'indice d'aridité est un paramètre climatique qui exprime la relation entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles. Il sert à classifier le climat et offre des informations sur la nécessité d'introduire l'irrigation en fonction des conditions climatiques. En effet, cet indice permet d'estimer la quantité d'eau disponible dans une zone donnée par rapport aux besoins en eau des plantes cultivées, ce qui permet de déterminer la viabilité de la production agricole dans cette région sans recourir à une irrigation supplémentaire :

$$IA = \frac{P}{T+10} \dots\dots\dots(I.1)$$

Avec :

- IA : indice climatique.
- P : précipitation moyenne annuelle (mm)
- T : température moyenne annuelle (°C)

**Tableau 10 :** classification des climats

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

Dans notre cas, nous avons :

**Tableau 11 :** Résumé

Pmoy (mm)	Tmoy (°C)	IA
341.89	18.5	12

Alors  $10 < IA < 20$  donc le type du climat est sec et l'irrigation est souvent indispensable.

**I.5.10 Classification du climat selon le diagramme d'Emberger :**

Le quotient pluviométrique d'Emberger s'exprime par la formule suivante :

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

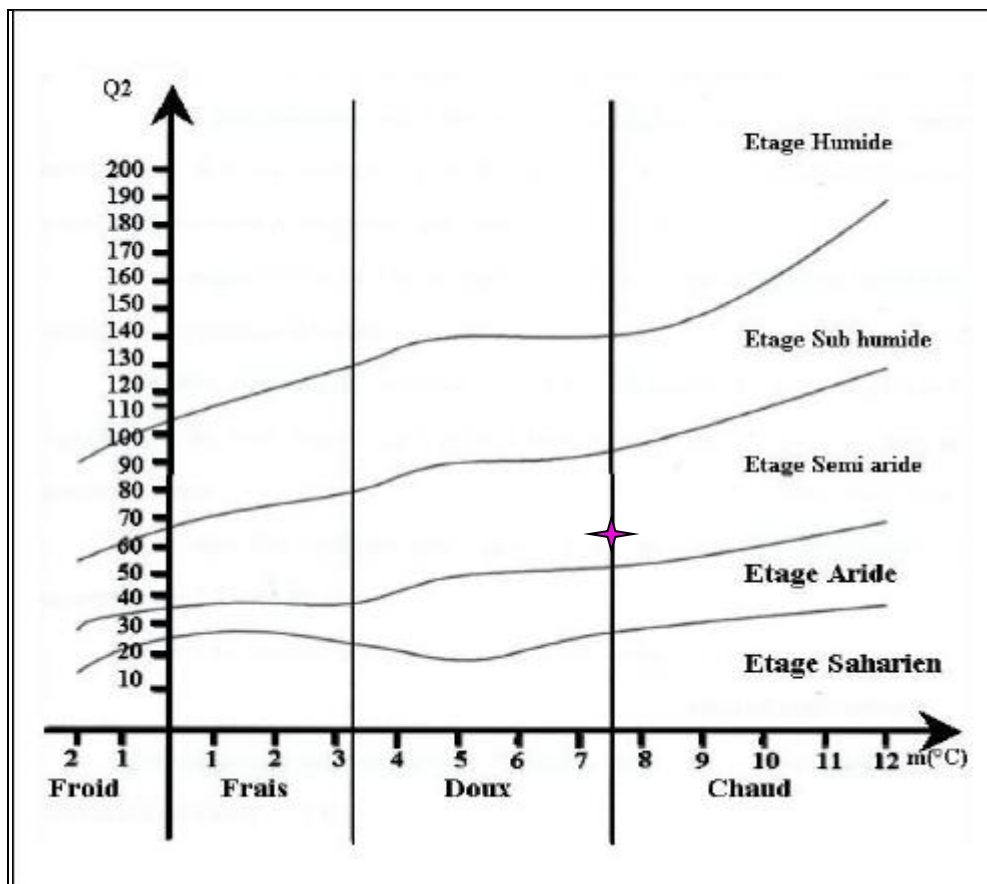
Avec :

- Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.
- P : précipitation moyenne annuelle (mm)
- M : température moyenne maximale du mois le plus chaud (Kelvin)
- m : température moyenne minimale du mois le plus froid (Kelvin)

Dans notre cas, nous avons :

**Tableau 12 : Résumé**

Pmoy (mm)	M (kelvin)	M (kelvin)	Q
341.89	302.1	281.8	57.69



**Figure 4 : le diagramme bioclimatique d'Emberger**

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger on peut dire que le climat de notre région est un climat Semi-aride.

### I.5.11 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен :

Le test se base sur la délimitation d'une période sèche où la somme moyenne des précipitations mensuelles est inférieure ou égale au double de la température moyenne ( $P < 2T$ ). À l'inverse, la période humide est définie lorsque cette somme est supérieure au double de la température moyenne ( $P > 2T$ ).

Pour illustrer ce principe, on établit un diagramme représentant les précipitations et les températures en fonction des mois de l'année. Ce diagramme utilise une échelle où P est égal à deux fois T sur l'axe des ordonnées.

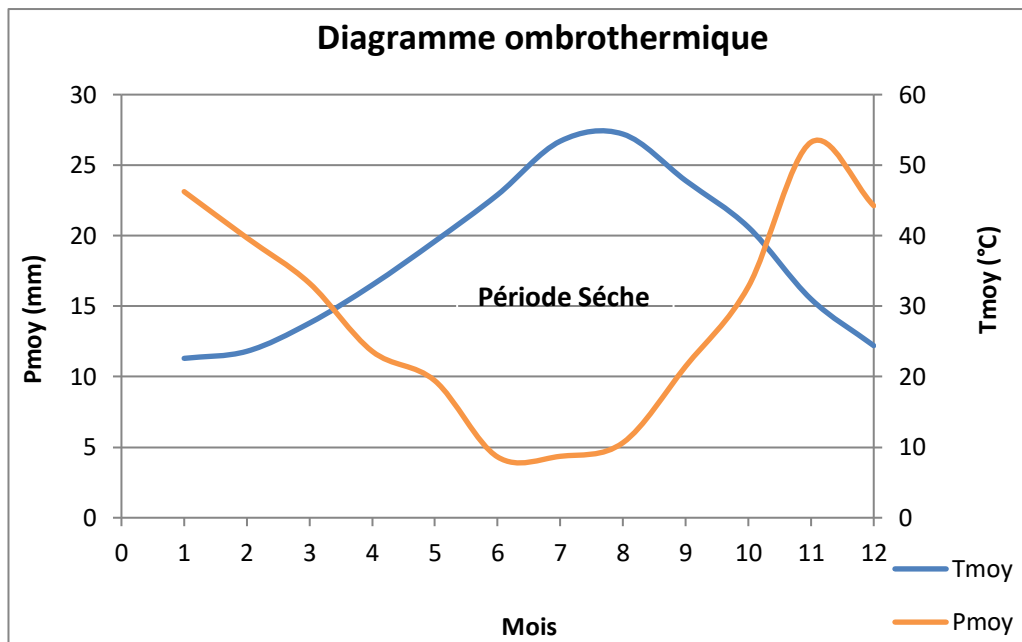


Figure 5 : Schéma déterministe de la période sèche

## **I.7 Conclusion :**

Nous avons examiné les caractéristiques climatiques principales de notre zone d'étude, et nos résultats ont révélé que la région présente un climat semi-aride, caractérisé par des conditions sèches et des précipitations variables en termes de volume et de répartition temporelle. La répartition saisonnière des précipitations est plus favorable pour les cultures hivernales, tandis que les cultures de printemps dépendent principalement de l'irrigation. En introduisant des systèmes d'irrigation efficaces, il serait possible d'augmenter les rendements de ces cultures et garder un équilibre salin du sol le plus possible.

Cette analyse vise à explorer en profondeur le rôle du drainage agricole, ses implications environnementales, ses avantages potentiels et les défis actuels auxquels il fait face, dans un contexte où la demande alimentaire mondiale ne cesse de croître et où la durabilité des ressources naturelles est devenue une priorité cruciale.

## **Chapitre II : Ressource en sol**

## II.1 Introduction :

L'eau et le sol jouent un rôle fondamental dans le domaine de l'agriculture, qui cherche à répondre à la demande croissante d'aliments due à la croissance démographique.

En Algérie, en raison du climat aride, l'eau revêt une importance capitale en tant que moteur du développement socio-économique, tandis que le sol est une ressource non renouvelable à l'échelle humaine. Par conséquent, il est essentiel de trouver des solutions visant à accroître les terres agricoles tout en préservant la qualité des sols.

Le principal objectif de ce chapitre est de développer une compréhension approfondie de la couverture du sol. Pour distinguer les sols destinés à être aménagés pour l'irrigation de ceux à préserver contre la dégradation, il est nécessaire de quantifier et de classer les ressources hydriques disponibles pour l'irrigation dans le bassin versant auquel appartient notre zone d'étude. Cette démarche doit être réalisée en prenant en compte les besoins des parties prenantes concernées.

## II.2 Étude agro-pédologique des basses vallées des oueds Tafna-Isser :

L'étude agro-pédologique des basses vallées des oueds Tafna-Isser, réalisée en 1972, avait pour objectif principal de définir les zones propices à l'irrigation des sols et à la pratique agricole.

La région examinée englobe principalement la plaine de Fouhoul, qui correspond à la basse vallée de l'oued Isser et de l'oued Sikkak, ainsi que la zone de confluence entre ces deux cours d'eau.

Les limites de l'étude pédologique sont constituées:

- au Nord – par les bordures du glacis de Remchi;
- au Nord- Ouest – par la confluence des oueds Tafna et Bou Kiou;
- au Nord - Est – par le village d'El Fouhoul;
- à l'Est et à l'Ouest – par les piedmonts et bordures des Djebels et plateaux qui couvrent la vallée de la basse Tafna.

La superficie totale cartographiée est de 6634 ha.

Les vallées de la basse Tafna et de l'oued Isser sont caractérisées par une série de terrasses alluviales formées par les cours d'eau Isser et Tafna. La pente de ces terrasses varie en fonction de leur ancienneté, avec des terrasses anciennes affichant une pente de 7 à 20%, tandis que les terrasses plus récentes ont une pente de 1 à 3%.



Ces terrasses sont fortement traversées par le réseau hydrographique, comprenant des oueds et des chaâbates, ce qui limite les possibilités agricoles dans ces deux vallées. Les sols subissent des remaniements dus aux dépôts alluvionnaires marneux transportés par les oueds.

L'étude agro-pédologique s'est concentrée exclusivement sur les terrasses de ces deux oueds, afin d'évaluer leur aptitude à des fins agricoles.

La méthode utilisée pour la classification des sols est celle de « classification française » méthode utilisée par la direction de la pédologie de l'ANRH.

### II.3 Les secteurs des basses vallées des oueds Tafna-Isser :

#### II.3.1 Secteur AT :

##### II.3.3.1 Localisation

Ce secteur englobe la vallée de l'o. Tafna depuis Sidi el Houari jusqu'à l'embouchure de l'oued. La longueur totale est de 8,5 km, la direction est nord-ouest.

La superficie du levé pédologique est de 755,0 ha.

##### II.3.3.2 Caractéristiques générales des sols

Le secteur AT est constitué des sols suivants:

- |   |        |
|---|--------|
| • sols peu évolués, sous-classe non climatiques : 470,4 ha, | 62,3%  |
| • sols calcimagnésiques rendziniformes : 124,4 ha,          | 16,5 % |
| • sols isohumiques : 130,6 ha,                              | 17,3 % |
| • sols halomorphes : 29,6 ha,                               | 3,9 %  |



Figure 6 : Tache de sel envahissant les sols labourés et cultivés.

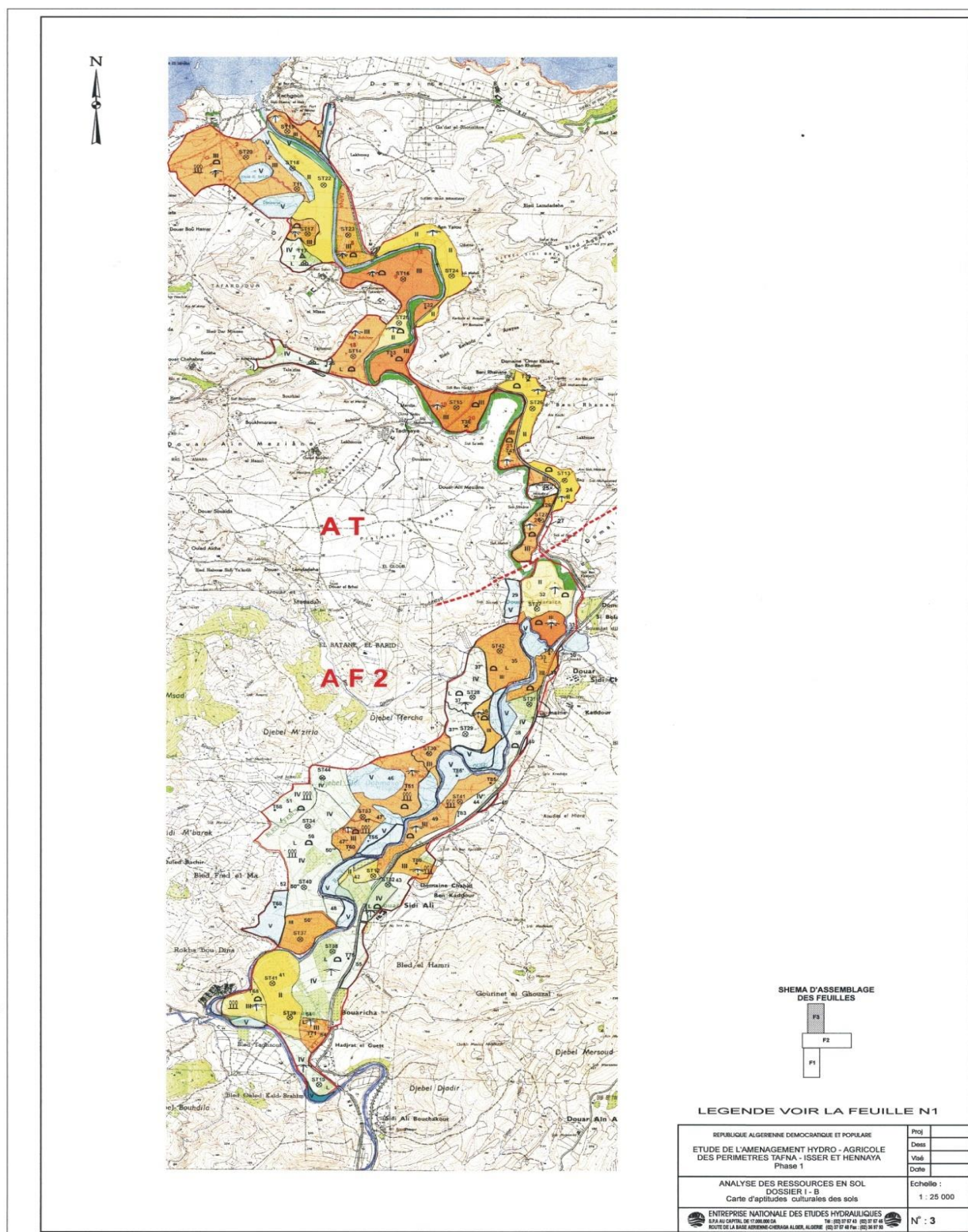


Figure 7 : Plan de la basse Tafna Isser présentant les classes des sols selon l'aptitude à l'irrigation (ONID Alger, 1/25000)

## II.4 Classification selon l'aptitude des sols à l'irrigation :

Dans notre étude, seulement 4 classes de sols figurent dans le périmètre choisi : **II**, **III**, **IV** et **V**.

**Classe II** : Les sols de cette zone présentent une profondeur supérieure à 80 cm, et leur texture varie de sablo-limoneuse à limono-sableuse et limono-argileuse. La perméabilité des sols à texture fine se situe dans la fourchette de 0,5 à 2,0 cm/h, tandis que celle des sols à texture grossière est de 6 à 12,5 cm/h. La salinité est modérée, avec des valeurs variant de 4 à 8 mmohs/cm, tandis que la teneur en calcaire actif peut atteindre 7%.

En ce qui concerne les travaux d'aménagement, ils sont relativement mineurs et se limitent principalement à l'apport d'engrais minéraux et organiques. La superficie totale de ces sols s'étend sur 377,1 hectares.

**Classe III** : Ces sols affichent une potentialité agronomique moyenne, avec une texture variant de sablo-limoneuse (avec une forte teneur en sable) à argilo-sableuse et argilo-limoneuse. La perméabilité varie en fonction de la texture, avec une faible perméabilité comprise entre 0,1 et 0,5 cm/h et une forte perméabilité entre 12,5 et 25 cm/h. Le problème de la salinité se pose davantage lorsque la texture est fine, avec une conductivité électrique oscillant entre 8 et 12 mmohs/cm.

Les travaux d'aménagement recommandés pour ces sols incluent des labours profonds, l'apport de matières organiques, le drainage et la plantation de brise-vents. La superficie totale de ces sols s'étend sur 959,2 hectares.

**Classe IV** : Ces sols présentent une aptitude limitée à l'irrigation en raison de leur texture principalement fine et argileuse, avec une légère présence de sable, la formation de croûtes dans le profil (à moins de 40 cm de profondeur), et un niveau de salinité compris entre 12 et 16 mmohs/cm.

Les travaux d'aménagement nécessaires pour ces sols comprennent le lessivage localisé, le drainage, l'apport d'engrais organiques et minéraux, le labour profond, ainsi que l'assainissement de la surface. La superficie totale de ces sols s'étend sur 592,5 hectares.

**Classe V** : Ces sols ne conviennent pas à l'irrigation en raison de plusieurs facteurs, notamment une pente très prononcée (supérieure à 20 %), la présence de croûtes ou de dalles calcaires dures en surface, une faible profondeur des sols (inférieure à 40 cm) et la présence de sols minéraux bruts le long du lit de l'oued. La superficie totale de ces sols s'étend sur 322,4 hectares.

## II.5 Classification selon l'aptitude culturale du sol :

**Classe II :** Ces sols présentent une aptitude moyenne à la culture d'une variété de plantes, notamment les cultures arbustives, industrielles, céréalières, fourragères et maraîchères.

**Classe III :** Ces sols présentent une aptitude moyenne pour les cultures maraîchères, céréalières et fourragères, mais une faible aptitude pour les cultures arbustives et industrielles.

**Classe IV :** Ces sols ont une faible aptitude pour les cultures maraîchères, céréalières et fourragères, et ils ne sont pas adaptés à l'arboriculture.

**Classe V :** Ces sols sont inaptes à la plupart des cultures, mais ils peuvent avoir une aptitude moyenne pour l'olivier, la vigne, le figuier et les céréales.

## II.6 Classifications selon les propriétés physico-chimiques :

### Classe II :

- Profondeur du sol compris entre 80 et 120 cm
- Texture limoneuse fine, limono-argileuse, sablo-limoneuse ou limono-sableuse
- Salinité comprise entre 4 et 8mmhos/cm
- Calcaire actif compris entre 5 et 7%
- Topographie plane

### Classe III :

- Profondeur du sol compris entre 40 et 80 cm
- Texture limoneuse très fine, argilo-limoneuse, argilo-sableuse et sablo-limoneuse avec pourcentage de sable plus important
- Salinité comprise entre 8 et 12mmhos/cm
- Calcaire actif compris entre 7 et 12%

### Classe IV :

- Profondeur du sol limitée (<40 cm)
- Texture argileuse et sableuse
- Salinité comprise entre 12 et 16mmhos/cm
- Calcaire actif supérieure à 12%
- Charge caillouteuse > 50%
- Topographie forte

### Classe V :

- Texture imperméable et grossière
- Salinité > 16 mmhos/cm

- Charge caillouteuse > 50%

## II.6 Solutions préconisées et travaux d'aménagement :

**Classe II :** Pour ce type de sol, il est conseillé d'effectuer un labour de moyenne intensité, d'apporter des amendements organiques et minéraux, et d'opter pour l'irrigation par aspersion. Il est également recommandé d'assurer un bon calage du réseau de drainage, notamment dans les zones où la nappe phréatique peut remonter.

**Classe III :** Pour ce type de sol, il est recommandé de réaliser un labour profond afin d'aérer le sol, suivi d'un apport d'amendements organiques et minéraux pour améliorer sa fertilité. Un système de drainage est également nécessaire pour évacuer l'excès d'eau, et dans certains cas, un dessalage peut être requis pour réduire la salinité. Il est également conseillé de planter des brise-vents pour protéger les cultures des vents violents et d'effectuer un épierrage pour enlever les pierres qui pourraient entraver la croissance des plantes.

**Classe IV :** Pour ce type de sol, il est recommandé d'entreprendre un labour en profondeur afin d'améliorer l'aération du sol, suivi d'un système de drainage et de lessivage pour améliorer la qualité du sol. L'apport d'amendements organiques et minéraux est également nécessaire pour fournir aux plantes les nutriments essentiels. De plus, il est important de réaliser un épierrage pour éliminer les pierres du sol, ce qui facilitera les opérations de labour et de plantation. Enfin, il est conseillé de mettre en place des brise-vents pour protéger les cultures des vents forts.

**Classe V :** La classe cinq des sols présente des défis importants en termes d'aménagement pour l'irrigation, notamment en raison de leur exposition aux inondations. Ces travaux peuvent s'avérer très coûteux.

## II.7 Conclusion :

Pour notre cas on va prendre un sol de **Classe III** qui a une moyenne aptitude aux cultures maraîchères, céréalières et fourragères et peu aptes aux cultures arbustives et industrielles et Profondeur 40-80 cm Texture limoneuse très fine, argilo-limoneuse, argilo-sableuse et sablo-limoneuse avec pourcentage de sable plus important et une salinité comprise entre 8 et 12 mmhos/cm par endroit , qui nécessite des travaux d'aménagements tels que : Labour profond ,Amendement organique et minéral , Drainage ,Dessalage , Brise-vent et enfin Epierrage.

Les résultats sont présenté comme suivant :

- Texture : limoneuse très fine, argilo-limoneuse, argilo-sableuse et sablo-limoneuse
- Hcc : 27%
- Hpf : 13%
- Da : 1.3
- K : 8 mmhos/cm

## **Chapitre III : Resource en eau**

### III.1 Introduction :

L'eau est une ressource vitale pour la croissance des plantes et constitue un élément essentiel de la matière végétale. Dans ce chapitre, nous allons explorer les ressources en eau disponibles pour approvisionner notre zone d'étude, ainsi que l'analyse des précipitations, un élément crucial pour notre projet d'aménagement hydro-agricole. Notre étude comprendra l'analyse de la qualité de l'eau, l'homogénéisation des séries pluviométriques, l'analyse fréquentielle des séries pluviométriques en utilisant des lois statistiques, ainsi que la détermination de l'année de calcul.

### III.2 Ressources en eau superficielles :

#### III.2.1 Barrage Ain Youcef :

Le périmètre de la basse Tafna est proche de l'oued Tafna, mais pour l'irrigation de notre zone d'étude, nous comptons utiliser les eaux provenant du barrage Ain Youcef (Sikkak) situé en amont. Le barrage Ain Youcef (Sikkak) est situé à environ 18 km au nord de la ville de Tlemcen, avec des coordonnées Lambert de  $x=131,8$  et  $y=202,2$ , et une altitude minimale de 180 mètres. La pluviométrie annuelle moyenne dans son bassin versant est estimée à 640 mm.

**Tableau 13** : caractéristiques du barrage Sikkak

Nom du barrage		Ain Youcef
Type du barrage		Barrage en matériaux meuble
Code du barrage		160704
Capacité		127 Hm <sup>3</sup>
Volume régularisé		22 Hm <sup>3</sup>
Superficie du bassin versant		326 Km <sup>2</sup>
Périmètre du bassin versant		85 Km
Longueur de l'oued		74 Km
Altitude	Min	180 m
	Moy	740 m
	Max	1579 m
Densité du drainage		2,1 (Km / Km <sup>2</sup> )

Source (ONID Alger, 1998)



**Tableau 14** : Récapitulatif des résultats de la régularisation

Barrage	Ain Youcef		
Capacité totale (Mm <sup>3</sup> )	26,5		
NNR (m.NGA)	218		
Retenue initiale	Vide	A moitié pleine	Pleine
Volume régularisé(Mm <sup>3</sup> )	17,72	18,18	18,63

### III.2.2 Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage :

La qualité de l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance des plantes et peut avoir des conséquences majeures sur la santé publique, l'écosystème et l'efficacité du système d'irrigation. Par conséquent, lors de la planification d'un projet hydro-agricole, il est impératif d'évaluer la qualité de l'eau en suivant des critères spécifiques.

### III.2.3 Degré d'adsorption du Sodium (SAR) :

Le SAR (Sodium Adsorption Ratio) est un paramètre qui évalue la proportion des ions sodium par rapport aux ions calcium et magnésium dans les réactions d'échange qui se produisent dans les sols. Il quantifie la concentration relative de sodium par rapport à celle des autres ions. Cette mesure est couramment exprimée au moyen d'une formule mathématique :

$$SAR = \frac{NA}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \dots\dots\dots(III.1)$$

- Na : Sodium en mg équiv/l
- Ca : Calcium en mg équiv/l
- Mg : Magnésium en mg équiv/l

D'autre part, il est essentiel de noter que pour un SAR donné, il est possible d'améliorer le taux d'infiltration en augmentant la conductivité de l'eau. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser à la fois le SAR et la conductivité pour évaluer de manière complète les problèmes potentiels liés à la qualité de l'eau.

**Caractéristique de l'eau** : D'après les résultats des analyses, l'eau est caractérisée par :

**Tableau 15** : Caractéristique de l'eau

Minéralisation	SAR	Conductivité électrique
0,7 g/l	2,05	1,22 mmhos/cm

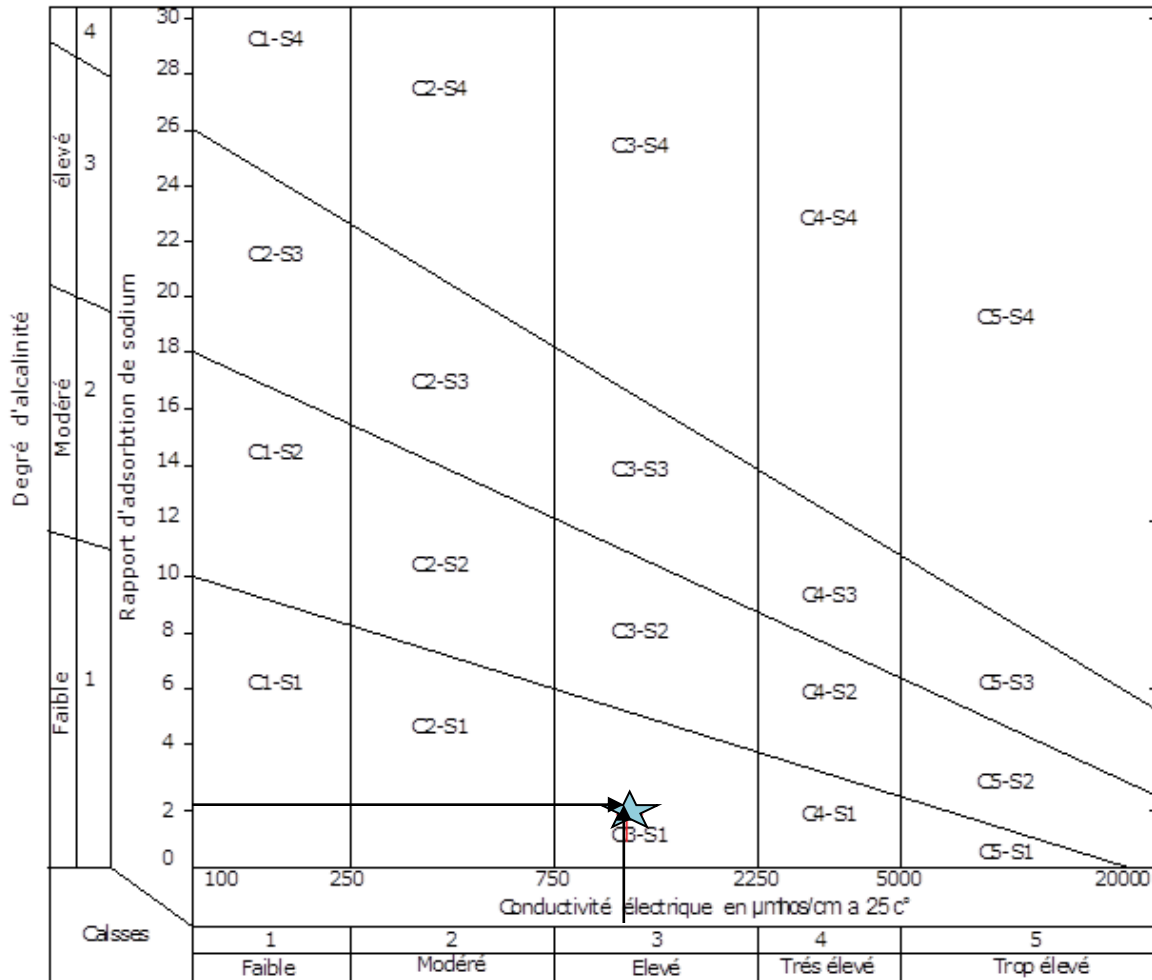


Figure 8 : diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon USSL, 1954)

### III.2.4 Classification des eaux pour l'irrigation :

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

- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR)
- La conductivité électrique CE
- La minéralisation

**Tableau 16** : classification des eaux d'irrigation

SAR en Méq/l		(CE) en mmho/cm	
0 – 10	<b>Classe S1</b> : risque alcalin faible	$\geq 0,25$	<b>C1</b> : risque faible de salinité
10 – 18	<b>Classe S2</b> : risque alcalin moyen	$0,25 < CE \leq 0,75$	<b>C2</b> : risque moyen de salinité
18 – 26	<b>Classe S3</b> : risque alcalin élevé	$0,75 < CE \leq 2,25$	<b>C3</b> : risque élevé de salinité
> 26	<b>Classe S4</b> : risque alcalin très élevé	$CE > 2,25$	<b>C4</b> : risque très élevé de salinité

Selon la classification donnée :

L'eau provenant du barrage Ain Youcef présente un faible risque alcalin (S1), ce qui indique qu'elle peut être utilisée avec un risque minimal d'accumulation de sodium nuisible pour pratiquement tous les types de sols. Cependant, elle présente un risque très élevé de salinité, ce qui nécessite une attention particulière. Une concentration élevée en sel peut rendre cette eau inadaptée à certains types de sols et de cultures, et elle peut nécessiter des mesures spéciales telles que le drainage adéquat et le choix de plantes tolérantes. Il est crucial de prendre en compte ces caractéristiques lors de l'utilisation de l'eau du barrage Ain Youcef pour l'irrigation, en particulier en ce qui concerne le choix judicieux des cultures et la mise en place de pratiques de gestion de l'eau visant à minimiser les effets négatifs de la salinité.

### III.3 Étude Hydrologique :

L'étude hydrologique revêt une importance capitale dans les projets d'irrigation et du drainage, car elle permet de déterminer les niveaux de précipitations de fréquence spécifique, ce qui est essentiel pour notre projet d'aménagement hydro-agricole. Voici quelques aspects clés de cette étude :

- Calcul des besoins des cultures prévues dans le périmètre : L'étude hydrologique nous permet d'évaluer les besoins en eau des différentes cultures qui seront cultivées dans la zone d'irrigation. Cela inclut la prise en compte de facteurs tels que les exigences en eau spécifiques de chaque culture, les conditions climatiques locales et les propriétés du sol.
- Calcul des pluies extrêmes de 1jr, 2jrs, 3jrs ....etc. pour différentes périodes de retours. Cette étude nous permet de déterminer la pluie qui peut provoquer des problèmes de remontée de la nappe ou la création des nappes perchées provoquant ainsi le pourrissement des racines des cultures et ainsi donc la chute de rendement ou la perte totale des cultures.

L'analyse hydrologique est donc essentielle pour garantir une gestion efficace de l'eau dans notre projet, en optimisant l'utilisation des ressources disponibles tout en répondant aux besoins spécifiques et exigences de chaque culture.

### III.3.1 Choix de la station pluviométrique :

Le choix des stations pluviométriques pour estimer les précipitations dans le bassin versant a été effectué en tenant compte de deux principaux critères : leur emplacement géographique et la période d'observation disponible pour chacune d'entre elles. Ces critères visent à garantir une représentation adéquate des conditions pluviométriques dans la zone d'étude.

L'emplacement géographique des stations pluviométriques revêt une grande importance, car il permet de couvrir de manière efficace l'ensemble du bassin versant et de saisir les variations spatiales des précipitations. Il est essentiel de sélectionner des stations réparties stratégiquement pour obtenir une vue d'ensemble complet des conditions pluviométriques dans la région.

La période d'observation des stations a également été prise en considération. Une période d'observation plus longue offre des données pluviométriques plus fiables et permet de mieux caractériser les variations saisonnières et interannuelles des précipitations. Cette approche contribue à une meilleure compréhension des régimes pluviométriques locaux et à une évaluation plus précise des ressources en eau disponibles.

**Tableau 17** : les stations pluviométriques de la zone d'étude

Nom	Coordonnées en Lambert		Coordonnées en degrés		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années Observées
	X(km)	Y(km)	Longitude	Latitude			
Beni Ouassine	91.60	180.65	01°46'00''W	34°50'20''	413	1953-1996	37
Khemis Ould Moussa	109.55	157.30	01°33'35''W	34°38'05''	1000	1923-1955/1968-1993	55
Smala Sidi M'Djehed	102.80	173.10	01°38'27''W	34°46'57''	390	1953-1961/1967-1978/1980- 1996	34
M'Lila Hennaya	126.75	188.25	01°23'17''W	34°55'20''	515	1973-1996	20
Zaouia Ben Amar	102.75	202.50	01°34'48''W	35°00'00''	370	1973-1993	21
Djebel Chouachi	117.45	203.45	01°31'12''W	35°03'32''	110	1954/1974-1993	21
Chouly	149.63	181.00	01°28'01''W	34°51'51''	725	1956/1961/1963/1968-1996	33
Ouled Mimoun	159.00	185.10	01°02'22''W	34°53'58''	705	1923-1962/1979-1996	55
Sidi Bounekhla	160.40	200.00	01°01'29''W	35°02'20''	524	1973-1996	22
Sidi Herriz	158.00	201.05	01°03'06''W	35°02'51''	976	1973-1996	21
Bensekrane	142.45	204.60	01°13'26''W	35°04'28''	247	1913-1917/1923-1993	73
Lalla Setti	132.45	181.60	01°19'29''W	34°51'58''	1007	1956-1996	40
Pierre du Chat	123.10	253.35	01°26'52''W	35°08'37''	50	1952/1967-1996	27

Pour l'exécution de l'étude hydrologique, nous avons pris en considération la station de Pierre du Chat qui est proche du site et comporte une période d'observations de pluies annuelles plus longue.

**Tableau 18** : les pluies moyennes (ANRH Alger) (1985-2015) et NASA (2015-2021)

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Totale
1985	0.3	0	49.8	47.3	37.3	87.2	70.5	38	2.1	1.3	0	1.6	335.4
1986	34.2	56.4	83.7	34.2	28.7	118.3	4.9	2	12.2	0	5.2	0	379.8
1987	8.6	39.8	19.6	29.3	21.6	13.3	6.1	18.1	9.8	14.8	0	0	181
1988	12.4	1.5	19.9	0	31.6	18.4	93.5	25.2	12.2	0.4	0	0	215.1
1989	12.8	2.9	11.9	62.2	135.5	0	37.7	36.3	17.5	0.6	0	0	317.4
1990	18.5	10.5	58.7	30.3	61	49.2	114.3	16.3	7.1	0	0	0	365.9
1991	2.8	21.2	67	18.02	14.8	17	80.6	9.1	55.3	27.1	0	0	312.9
1992	0.2	12.1	24.4	18.2	0	121.8	31.3	28.5	69.6	3.4	0	0	309.5
1993	7	33.5	94.6	3.9	46.5	43.5	4.7	13.1	15.8	0	2	0	264.6
1994	23.9	10.9	19.1	17.1	18.7	54.2	90.8	20	0.1	3.7	0	0.1	258.6
1995	1.8	30.5	8.8	47	57.6	108.9	24.6	12.1	22.1	0	0	1.6	315
1996	32.9	5.1	10	31.9	125.1	0	0.2	42.6	7.2	2.9	0.4	12.7	271
1997	43.8	17.6	47.8	34.3	26.1	28.5	20	22.7	55.8	0	0.6	3.5	300.7
1998	10.6	3.4	40.9	2.9	65.1	87.7	115.1	0	0.3	0	0	0	326
1999	19.1	12.3	85.5	59	0.4	0	4	10.6	17.7	0	0	0	208.6
2000	8.8	335.9	71.2	18.9	36.9	56	5.2	1.7	10.7	0	0	0	545.3
2001	7.5	11.4	111.7	32.8	3.2	5.7	16.2	52.4	35.7	0	0	53.5	330.1
2002	0	21.7	81.8	9.5	94.8	100.5	23.3	21.1	12.4	0.1	0.5	0	365.7
2003	3.3	24.1	56.2	99.3	39.6	23.2	46.1	23.1	47.6	8.5	0	9.5	380.5
2004	0	42.1	51.6	76.4	29.9	69.3	40.4	14.5	0	0	0	4	328.2
2005	5.6	10.4	28.7	29.4	64.2	50.2	0	32.2	39.5	5	0.5	0	265.7
2006	11.7	7.6	8.2	58.5	12.9	61.7	43.5	83.1	3.3	0	0	1.3	291.8
2007	13.7	62.5	66.2	0	8	32.9	26.7	7	23.3	5	0.7	0	246
2008	18.09	71	83.1	122.3	84.6	34.6	29.9	38	5.5	0	0	6	493.1
2009	43	1	14.5	57.2	91.9	38.5	56.8	34.8	7	15.3	0	7.3	367.3
2010	4.7	50.7	38.8	17	39.6	27.7	37.7	48.9	34.7	7.9	0	0.6	308.3
2011	1.5	52.3	88.3	38	30.5	32.7	19.3	37.4	4.5	0	4.3	7.1	315.9
2012	20.3	61.1	173.5	17.3	122.5	24.5	37.3	87.7	41	0	0	2.2	587.4
2013	32.8	0	75	126.6	82.3	29.3	49.9	6.5	20.5	15	0	0	437.9
2014	27	10.2	67.6	117.8	123.5	45.4	14.3	5.4	10.8	0	0	2.5	424.5
2015	3.5	34.8	16.8	0	24.4	54.2	34.1	22.3	27.6	1	0	0	218.7
2016	21.09	73.83	52.73	52.73	26.37	5.27	0	0	26.37	10.55	79.1	68.55	416.6
2017	147.66	21.09	21.09	15.82	5.27	0	0	21.09	0	36.91	36.91	42.19	348.05
2018	63.28	47.46	142.38	110.74	36.91	15.82	0	10.55	31.64	105.47	63.28	5.27	632.81
2019	63.28	15.82	15.82	58.01	10.55	0	5.27	26.37	15.82	47.46	68.55	58.01	384.96
2020	31.64	0	15.82	94.92	47.46	0	5.27	0	5.27	0	10.55	79.1	290.04
2021	36.91	0	47.46	47.96	25.42	13.04	40.6	4.36	10.4	6.7	49.55	27.21	309.63
Moyenne	21.47	32.78	53.25	44.24	46.24	39.69	33.25	23.60	19.42	8.62	8.71	10.64	341.89

Les données du tableau présenté mettent en évidence une irrégularité marquée dans la répartition des précipitations, ainsi qu'une variabilité mensuelle notable sur la période de 1985 à 2021. Il est clair que les précipitations sont nettement insuffisantes pendant les mois de juin, juillet et août, tandis qu'elles atteignent un niveau moyen pendant les mois de printemps et connaissent des valeurs relativement maximales en hiver. Cette variabilité mensuelle des précipitations peut avoir un impact significatif sur la gestion de l'eau et l'irrigation dans la région d'étude, nécessitant ainsi une planification et une allocation judicieuse des ressources en eau pour répondre aux besoins des cultures tout au long de l'année.

### III.3.2 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Le Test de Wilcoxon est utilisé pour évaluer l'homogénéité d'une série pluviométrique et il suit les étapes suivantes pour déterminer si la série est homogène :

- La série pluviométrique complète est divisée en deux sous-séries, notées X et Y, où la taille de la sous-série X est généralement supérieure à celle de la sous-série Y, représentées respectivement par n et m.
- Ensuite, une série X union Y est constituée en classant la série de pluie d'origine par ordre croissant. Chaque valeur de la série pluviométrique classée se voit attribuer un rang, en indiquant à quelle sous-série (X ou Y) elle appartient.
- Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (selon Touaibia, 2004) si la relation suivante est vérifiée.

Ce test permet d'évaluer si la série pluviométrique présente une homogénéité statistiquement significative, ce qui est important pour comprendre la stabilité des régimes de précipitations dans la région d'étude et prendre des décisions éclairées en matière de gestion de l'eau.

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

Avec :

- $W_x$  : Somme des rangs de sous-séries.
- $W_{min} = \frac{n(n+m+1)}{2} - 1.96 \left( n \cdot m \left( \frac{n+m+1}{12} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(III.2)$
- $W_{max} = \frac{n(n+m+1)}{2} + 1.96 \left( n \cdot m \left( \frac{n+m+1}{12} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(III.3)$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

**Tableau 19** : Tableau présentant le test de Wilcoxon

X	Y	XUY	série d'origine	Rang
335.4	265.7	181	X	1
379.8	291.8	208.6	X	2
181	246	215.1	X	3
215.1	493.1	218.7	Y	4
317.4	367.3	246	Y	5
365.9	308.3	258.6	X	6
312.9	315.9	264.6	X	7
309.5	587.4	265.7	Y	8
264.6	437.9	271	X	9
258.6	424.5	290.04	Y	10
315	218.7	291.8	Y	11
271	416.6	300.7	X	12
300.7	348.05	308.3	Y	13
326	632.81	309.5	X	14
208.6	384.96	309.63	Y	15
545.3	290.04	312.9	X	16
330.1	309.63	315	X	17
365.7		315.9	Y	18
380.5		317.4	X	19
328.2		326	X	20
		328.2	X	21
		330.1	X	22
		335.4	X	23
		348.05	Y	24
		365.7	X	25
		365.9	X	26
		367.3	Y	27
		379.8	X	28
		380.5	Y	29
		384.96	X	30
		416.6	Y	31
		424.5	Y	32
		437.9	Y	33
		493.1	Y	34
		545.3	X	35
		587.4	Y	36
		632.81	Y	37

On a alors selon le tableau :

- $n = 20$
- $m = 17$
- $W_{\min} = \frac{20(20+17+1)}{2} - 1.96 \left( 20 \times 17 \left( \frac{20+17+1}{12} \right) \right)^{\frac{1}{2}} = 315.69$
- $W_{\max} = \frac{20(20+17+1)}{2} + 1.96 \left( 20 \times 17 \left( \frac{20+17+1}{12} \right) \right)^{\frac{1}{2}} = 444.31$
- $W_x = 336$

Donc :

$$315.69 < W_x < 444.31$$



La condition de Mr Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Pierre du Chat est homogène.

### III.3.3 Ajustement statistique des pluies :

Lors de l'analyse des données de pluies annuelles, il est courant d'ajuster ces données à différentes lois statistiques pour déterminer celle qui offre le meilleur ajustement possible. Parmi les lois d'ajustement les plus couramment utilisées pour les pluies annuelles, on trouve les suivantes :

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

#### III.3.3.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale :

On considère qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition suit la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \dots\dots\dots(III.4)$$

$u$  Est la variable réduite de Gauss, Elle est donnée par :

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \dots\dots\dots(III.5)$$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Attribuer un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale.
- Calculer la variable réduite de Gauss,  $u$ .
- Calculer les caractéristiques empiriques de la loi, telles que moyenne arithmétique  $\bar{x}$ , la variance  $\sigma$ , le coefficient de variation  $Cv$ , et le coefficient d'asymétrie  $Cs$ .
- Tracer la droite de Henry sur un papier de probabilité gaussien.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est :  $x_{p\%} = \bar{x} + \dots \cdot u_{p\%} \dots\dots\dots(III.6)$

$x_{p\%}$  : Précipitation de probabilité  $P\%$  .

### III.3.3.2 Test de validité d'un ajustement :

Lorsque l'on choisit une loi pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, cette loi représente approximativement l'échantillon étudié. L'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il est donc important de comparer l'adéquation de différentes lois afin de choisir le meilleur ajustement. L'un des tests les plus utilisés est le test du khi carré ( $\chi^2$ ).

Considérons un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant, que nous souhaitons étudier et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée. Nous divisons cet échantillon en un certain nombre de classes K, chaque classe contenant Ni valeurs expérimentales. Le nombre Vi représente le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs attribuées à la classe i par la loi de répartition, et est donné par la relation suivante :

$$p_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots(III.7)$$

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

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

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n_i')^2}{n_i'} \dots\dots\dots(III.8)$$

On calcule  $\chi^2$ , on calcule le nombre de degré de liberté :

$$\gamma = k - 1 - m. \dots\dots\dots(III.9)$$

On détermine  $\chi^2_{théorique}$  sur la table de Pearson .

Avec :

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

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

- Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN

Après examen des ajustements obtenus, il ressort un bon ajustement par la loi normale de la série des pluies annuelles de la station de Pierre du Chat.

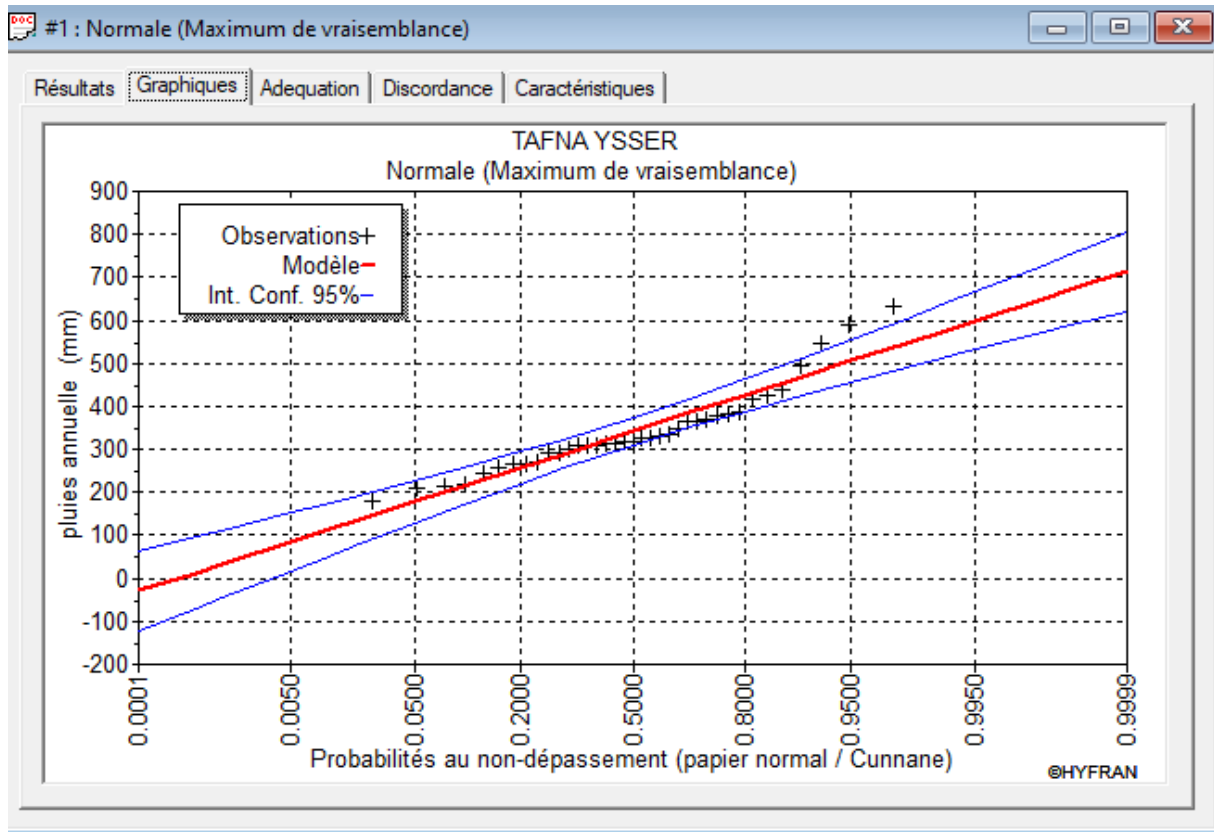


Figure 9: L'ajustement par la loi normale obtenue par le logiciel HYFRAN

### III.3.3.3 Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi normale est la plus adéquate pour ajuster la distribution de la pluviométrie, nous la retenons pour estimer la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région, avec une fréquence de 80%.

Tableau 20 : la pluie en fonction de la période de retour

T (ans)	Fréquence	XT (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
10.0	0.90	470	22.3	426 – 514
5.0	0.80	426	19.2	388 – 463
2.0	0.50	342	16.4	310 – 374
1.25	0.20	258	19.2	220 – 295

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

- $$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy}} \text{ de chaque mois} \times \frac{P_{\text{theorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{theorique (50\%) annuelle}}} \dots \dots \dots \text{(III.10)}$$

$$\frac{P_{\text{theorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{theorique (50\%) annuelle}}} = 0.80$$

- $P_{\text{théorique de 50\%}} = 426 \text{ mm}$  et  $P_{\text{théorique de 80\%}} = 342 \text{ mm}$ ;
- $P_{\text{moy80\%}} = \frac{342}{426} \times P_{\text{moy-mensuelle}}$ .

**Tableau 21 : calcul de P80%**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou
Pmoy mm/mois	21.47	32.78	53.25	44.24	46.24	39.69	33.25	23.60	19.42	8.62	8.71	10.64
P%80 mm/mois	17.17	26.22	42.60	35.39	36.99	31.75	26.60	18.88	15.53	6.90	6.97	8.52

### III.4 Conclusion :

L'irrigation est essentielle pour compenser les faibles précipitations naturelles pendant la période sèche, assurer le bon développement des cultures et obtenir de meilleurs rendements.

Dans ce chapitre consacré à l'analyse des ressources en eau, les eaux provenant du barrage de Ain Youcef, qui alimentent notre zone, sont classées comme C3S1, avec une faible alcalinité et un risque élevé de salinité.

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la loi normale ajuste bien la série des pluies annuelles à la station de Pierre du Chat.

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

## IV.1 Introduction :

Les pluies jouent un rôle crucial en fournissant une partie de l'eau requise pour satisfaire les besoins d'évapotranspiration des cultures. Dans les régions caractérisées par un climat humide, une portion de l'eau de pluie est absorbée par le sol et peut être utilisée ultérieurement par les cultures en cas de besoin. Cependant, dans les zones arides ou lors de périodes prolongées de sécheresse, il devient impératif de recourir à l'irrigation pour compenser les pertes en eau résultant de l'évapotranspiration.

## IV.2 Besoin en eau du périmètre :

L'irrigation désigne la pratique consistant à apporter de l'eau au sol dans le but de créer un environnement favorable à la croissance et à l'épanouissement des cultures. Elle intervient pour compenser les insuffisances de l'approvisionnement naturel en eau, qui est généralement assuré par les précipitations. Les besoins en eau nécessaires à cette fin varient en fonction du type de culture et sont influencés par divers paramètres climatiques tels que la quantité de pluie, la vitesse du vent, la température, l'intensité lumineuse et l'humidité atmosphérique.

### IV. 2.1 Calcul des besoins en eau :

Les besoins en eau d'une culture donnée sont définis comme la disparité entre l'évapotranspiration maximale potentielle, qui découle du climat et des attributs des plantes (ETM), et l'apport réel provenant des précipitations. Pour estimer les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation, il est crucial d'effectuer un bilan hydrique régulier à chaque phase de croissance des végétaux :

$$B_i = ETM_i - (P_{eff} + RFU_{i-1}) \dots\dots\dots(IV.1)$$

Où :

- **ETM:** est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à :  $ET0 * Kc$
- **Kc :** le coefficient culturel de la culture considérée.
- **Peff :** est la pluie efficace du mois i.
- **RFU :** La réserve facilement utilisable du mois i-1

### IV. 2.1.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET0) :

L'évapotranspiration de référence est la quantité d'eau évaporée d'une culture bien irriguée lorsque le sol est saturé en eau, C'est une valeur limite de l'évapotranspiration.

Afin d'obtenir une estimation plus précise de l'évapotranspiration, une référence a été établie. Cette référence correspond au taux d'évapotranspiration d'une pelouse d'herbe verte,

d'une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, en pleine croissance, couvrant complètement le sol et bénéficiant d'un apport d'eau adéquat.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer l'évapotranspiration de référence, qui peuvent être regroupées en deux catégories :

#### IV. 2.1.1.1 Les méthodes directes :

- L'évapotranspiration par cuve lysimétrique
- Le bac évaporant

#### IV. 2.1.1.2 Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent de calculer l'ET<sub>0</sub> à partir de formules basées sur des paramètres climatiques. Il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- Formule de Turc
- Formule de Banney-Criddle
- Formule de Thornthwaite
- Formule de Penman.

#### IV. 2.1.1.3 Formule Modifiée de Penman-Monteith :

La formule la plus utilisée et recommandée par la FAO est la formule de Penman-Monteith modifiée, détaillée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{c_{ste}}{T+273} u_2 (es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \dots\dots\dots(IV.2)$$

Avec :

- **ET<sub>0</sub>** : évapotranspiration de référence [mm/ jour].
- **R<sub>n</sub>** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m<sup>-2</sup>/ jour].
- **G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m<sup>-2</sup> /jour].
- **T** : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C].
- **u<sub>2</sub>** : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s].
- **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<sup>-1</sup>].
- **g** : constante psychrométrique [kPa °C<sup>-1</sup>].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Pierre du Chat :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 selon la formule de Penman-Monteith, modifiée sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray. MJ/m²/jour	ET0 mm/mois
Janvier	9.7	12.6	78	2.4	6.6	10.6	42.68
Février	8.8	14.2	77	2.6	7.1	13.4	50.81
Mars	12.8	14.8	75	2.6	7.8	17.2	77.92
Avril	14.8	18.2	73	2.7	8.9	21.3	103.89
Mai	17.5	21.1	67	2.7	8.8	22.7	133.93
Juin	20.6	25.2	63	2.6	10.7	25.9	161.70
Juillet	24.9	28.3	59	2.7	10.8	25.7	190.38
Août	26.4	29.1	61	2.7	10.3	23.7	184.80
Septembre	22.9	24.9	69	2.6	8.8	19.3	129.40
Octobre	19.1	21.9	72	2.5	7.6	14.7	94.17
Novembre	13.0	17.8	74	2.5	6.6	11.0	59.72
Décembre	10.4	14.4	78	2.3	5.9	9.3	42.09
<b>Moyenne</b>	<b>16.7</b>	<b>20.2</b>	<b>71</b>	<b>2.6</b>	<b>8.3</b>	<b>17.9</b>	<b>1271.47</b>

Figure 10 : Calcul de l'évapotranspiration potentielle mensuelle avec Cropwat 8.0

#### IV. 2.1.2 L'évapotranspiration maximale (ETM) :

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET0), également appelée ET de référence (ETP), on fait usage de coefficients culturaux (Kc) qui varient en fonction du type de culture, de son stade de développement et des conditions climatiques locales.

L'ETM est quantifiée à travers des mesures expérimentales, puis elle est comparée à l'évapotranspiration de référence (ET0). Cette comparaison permet de calculer le coefficient culturel (Kc) en utilisant la formule suivante :

$$ETM = ET0 \times Kc \dots\dots\dots(IV.3)$$



### IV. 2.1.3 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace fait référence à la portion des précipitations qui véritablement satisfait les besoins d'évapotranspiration de la culture, une fois que l'on a soustrait les pertes résultant du ruissellement en surface, de la percolation en profondeur, et d'autres facteurs similaires. Ces pertes sont généralement évaluées à environ 20% du volume total de pluie qui tombe.

$$P_{eff} = A \times P80\% \dots\dots\dots(IV.4)$$

- $P_{eff}$  : Pluies efficaces (en mm/mois)
- P80% : Pluies de l'année sèche (mm/mois)
- A : coefficient du pourcentage fixe estimé à 0,8 dans notre cas d'étude.

Les valeurs moyennes mensuelles de  $P_{eff}$  sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau 22** : calcul des pluies efficaces

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Totale
P80%(mm)	17.17	26.22	42.60	35.39	36.99	31.75	26.60	18.88	15.53	6.90	6.97	8.52	273.51
$P_{eff}$ (mm)	13.74	20.98	34.08	28.31	29.59	25.40	21.28	15.10	12.43	5.52	5.57	6.81	218.81

### IV. 2.1.4. Calcul de la réserve en eau du sol :

La réserve utile en eau fait référence à la quantité d'eau contenue dans la zone du sol explorée par les racines des plantes, située entre le point de ressuyage (où l'eau est épuisée) et le point de flétrissement permanent (où la plante commence à se dessécher de manière irréversible).

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Da \times Z \dots\dots\dots(IV.5)$$

Avec:

- $H_{cc}$  : Humidité a la capacité aux champs (27%).
- $H_{pf}$  : Humidité au point de flétrissement (13%).
- $Da$ : densité apparente (1.3).
- Y: degré de tarissement (2/3).
- Z : profondeur d'enracinement en mm.

### IV. 2.2 Choix des cultures en fonction du contexte pédoclimatique :

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

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

### IV.2. 2.1 Occupation des sols :

Les cultures de grande envergure, telles que les céréales et les cultures maraîchères, présentent une certaine flexibilité pour s'adapter aux conditions pédoclimatiques de la zone d'étude. Nous suggérons de développer un modèle d'occupation des terres axé principalement sur ces types de cultures, y compris les cultures fourragères. Voici comment cela pourrait être configuré :

**Tableau 23** : Choix des cultures de la zone d'études

Cultures	
Céréales	Blé Orge
Fourragères	Vesce avoine Orge vert
Maraichères	Tomate Carotte Courgette Oignon sec Oignon vert Ail Chou vert Pomme de terre saison Pomme de terre arrière saison Haricot vert

### IV.2. 2.2 Assolements des cultures :

L'assolement agricole fait référence à la répartition des terres d'une exploitation agricole en différentes parcelles distinctes, appelées soles, où chaque sole est dédiée à une culture spécifique pendant une saison de culture donnée.

D'un autre côté, la rotation culturale, ou simplement rotation, est un concept différent. Elle implique la séquence planifiée de cultures sur une période donnée. La rotation culturale est cruciale pour préserver ou améliorer la fertilité des sols, ce qui contribue à augmenter les rendements agricoles. Les types de cultures cultivées dans chaque sole peuvent varier d'une année à l'autre dans le cadre d'une rotation culturale.

### IV.2. 2.3 Avantages de la rotation des cultures :

L'assolement agricole présente plusieurs avantages, notamment :

- Diversification des cultures.
- Gestion de la fertilité du sol.
- Contrôle des mauvaises herbes, des ravageurs et des maladies.
- Utilisation efficace des ressources.
- Stabilité économique.

En combinant ces avantages, l'assolement peut contribuer à accroître la durabilité, la productivité et la résilience des exploitations agricoles.

Dans notre situation particulière, nous avons opté pour un scénario qui favorise une plus grande diversification des cultures et des rotations culturales. L'assolement proposé est détaillé comme suit :

**Tableau 24 : Assolement 1 : purement maraichères**

Soles (ha)	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil
60   65	Haricot vert					Pomme de terre saison						
40   85	Chou vert					Oignon sec						
90   90	Pomme de terre A saison					Oignon vert						
70	Carotte											

**Tableau 25 : Assolement 2 : maraichères + céréales**

Soles (ha)	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil
45   50			Ail					Courgette				
75   80	Pomme de terre A saison							Tomate				
150	Blé											
100	Vesce avoine											

**Tableau 26 : Assolement 3 : céréales + fourragères**

Soles (ha)	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil
140	Blé											
95	Orge grain											
160	Orge vert											
105	Vesce avoine											

### IV.2. 3 Estimation des besoins en eau des cultures :

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant pour chaque période (mois) le bilan calculé à partir de la formule (IV.1).

Les différents besoins des cultures pour l'assolement proposé sont calculés comme suit :

## IV.2. 3.1 Estimation des besoins en eau des céréales / fourragères :

Tableau 27 : calcul des besoins en eau du Blé

Blé									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM (mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	17.17	13.74	129.40						
Oct	26.22	20.98	94.17						
Nov	42.60	34.08	59.72	0.4	23.89	0.3	36.00	18.00	
Dec	35.39	28.31	42.09	0.65	27.36	0.5	60.00	60.00	
Janv	36.99	29.59	42.68	0.9	38.41	0.5	60.00	60.00	
Fev	31.75	25.40	50.81	1	50.81	0.6	72.00	72.00	
Mars	26.60	21.28	77.92	1.05	81.82	0.6	72.00	36.00	
Avril	18.88	15.10	103.89	0.85	88.31	0.6	72.00	36.00	37.21
Mai	15.53	12.43	133.93	0.6	80.36	0.6	72.00	24.00	31.93
Juin	6.90	5.52	161.70	0.35	56.60	0.6	72.00	0.00	27.08
Juil	6.97	5.57	190.38						
Aout	8.52	6.81	184.80						

Tableau 28 : calcul es besoins en eau de la Vesce - avoine

Vesce-avoine									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM (mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	17.17	13.74	129.40						
Oct	26.22	20.98	94.17						
Nov	42.60	34.08	59.72	0.3	17.92	0.2	24.00	12.00	
Dec	35.39	28.31	42.09	0.5	21.05	0.45	54.00	54.00	
Janv	36.99	29.59	42.68	0.75	32.01	0.5	60.00	60.00	
Fev	31.75	25.40	50.81	0.95	48.27	0.6	72.00	72.00	
Mars	26.60	21.28	77.92	1.05	81.82	0.6	72.00	36.00	
Avril	18.88	15.10	103.89	1.05	109.08	0.6	72.00	36.00	57.98
Mai	15.53	12.43	133.93	0.75	100.45	0.6	72.00	24.00	52.02
Juin	6.90	5.52	161.70	0.4	64.68	0.6	72.00	0.00	35.16
Juil	6.97	5.57	190.38						
Aout	8.52	6.81	184.80						

Tableau 29 : calcul des besoins en eau de l'Orge grain

Orge grain									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM (mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	17.17	13.74	129.40						
Oct	26.22	20.98	94.17						
Nov	42.60	34.08	59.72	0.4	23.89	0.3	36.00	18.00	
Dec	35.39	28.31	42.09	0.65	27.36	0.5	60.00	60.00	
Janv	36.99	29.59	42.68	0.9	38.41	0.5	60.00	60.00	
Fev	31.75	25.40	50.81	0.9	45.73	0.6	72.00	72.00	
Mars	26.60	21.28	77.92	0.9	70.13	0.6	72.00	36.00	
Avril	18.88	15.10	103.89	0.85	88.31	0.6	72.00	36.00	37.21
Mai	15.53	12.43	133.93	0.6	80.36	0.6	72.00	24.00	31.93
Juin	6.90	5.52	161.70	0.35	56.60	0.6	72.00	0.00	27.08
Juil	6.97	5.57	190.38						
Aout	8.52	6.81	184.80						

Tableau 30 : calcul des besoins en eau de l'Orge en vert

Orge vert									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40						
oct	26.22	20.98	94.17						
nov	42.60	34.08	59.72	0.30	17.92	0.30	36.00	18.00	
dec	35.39	28.31	42.09	0.30	12.63	0.50	60.00	60.00	
janv	36.99	29.59	42.68	0.50	21.34	0.50	60.00	60.00	
fev	31.75	25.40	50.81	0.50	25.41	0.60	72.00	72.00	
mars	26.60	21.28	77.92	1.00	77.92	0.60	72.00	36.00	
avril	18.88	15.10	103.89	1.15	119.47	0.60	72.00	36.00	68.37
mai	15.53	12.43	133.93	1.00	133.93	0.70	84.00	28.00	85.50
juin	6.90	5.52	161.70						
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

**IV.2. 3.2 Estimation des besoins en eau des maraichères :**

**Tableau 31 : calcul des besoins en eau de la pomme de terre de saison**

pomme de terre saison									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40						
oct	26.22	20.98	94.17	0.50	47.09	0.40	48.00	16.00	26.11
nov	42.60	34.08	59.72	0.70	41.80	0.60	72.00	36.00	
dec	35.39	28.31	42.09	1.00	42.09	0.60	72.00	72.00	
janv	36.99	29.59	42.68	0.75	32.01	0.60	72.00	72.00	
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93						
juin	6.90	5.52	161.70						
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

**Tableau 32 : calcul des besoins en eau de la carotte**

Carotte									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40	0.42	54.35	0.30	36.00	0.00	40.61
oct	26.22	20.98	94.17	0.70	65.92	0.40	48.00	16.00	44.94
nov	42.60	34.08	59.72	0.81	48.37	0.50	60.00	30.00	
dec	35.39	28.31	42.09	0.77	32.41	0.60	72.00	72.00	
janv	36.99	29.59	42.68	0.57	24.33	0.70	84.00	84.00	
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93						
juin	6.90	5.52	161.70						
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

**Tableau 33** : calcul des besoins en eau du chou vert

Chou vert									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40	0.50	64.70	0.30	36.00	0.00	50.96
oct	26.22	20.98	94.17	0.70	65.92	0.40	48.00	16.00	44.94
nov	42.60	34.08	59.72	0.95	56.73	0.50	60.00	30.00	6.65
dec	35.39	28.31	42.09	0.80	33.67	0.60	72.00	72.00	
janv	36.99	29.59	42.68						
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93						
juin	6.90	5.52	161.70						
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

**Tableau 34** : calcul des besoins en eau de la tomate

Tomate									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40						
oct	26.22	20.98	94.17						
nov	42.60	34.08	59.72						
dec	35.39	28.31	42.09						
janv	36.99	29.59	42.68						
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92	0.50	38.96	0.70	84.00	42.00	17.68
avril	18.88	15.10	103.89	0.85	88.31	0.90	108.00	54.00	31.21
mai	15.53	12.43	133.93	1.15	154.02	1.20	144.00	48.00	87.59
juin	6.90	5.52	161.70	0.90	145.53	1.20	144.00	0.00	92.01
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

Tableau 35 : calcul des besoins en eau de l'oignon sec

Oignon sec									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40						
oct	26.22	20.98	94.17	0.50	47.09	0.40	48.00	16.00	26.11
nov	42.60	34.08	59.72	0.75	44.79	0.40	48.00	24.00	
dec	35.39	28.31	42.09	0.95	39.99	0.40	48.00	48.00	
janv	36.99	29.59	42.68	0.95	40.55	0.40	48.00	48.00	
fev	31.75	25.40	50.81	0.75	38.11	0.40	48.00	48.00	
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93						
juin	6.90	5.52	161.70						
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

Tableau 36 : calcul des besoins en eau de l'haricot vert

Haricot vert									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40	0.90	116.46	0.70	84.00	0.00	102.72
oct	26.22	20.98	94.17						
nov	42.60	34.08	59.72						
dec	35.39	28.31	42.09						
janv	36.99	29.59	42.68						
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93	0.40	53.57	0.40	48.00	16.00	41.14
juin	6.90	5.52	161.70	0.50	80.85	0.50	60.00	0.00	59.33
juil	6.97	5.57	190.38	0.65	123.75	0.50	60.00	0.00	118.18
aout	8.52	6.81	184.80	0.95	175.56	0.70	84.00	0.00	168.75



**Tableau 37** : calcul des besoins en eau de la pomme de terre arrière saison

pomme de terre as									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40						
oct	26.22	20.98	94.17						
nov	42.60	34.08	59.72						
dec	35.39	28.31	42.09						
janv	36.99	29.59	42.68						
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92	0.75	58.44	0.4	48.00	24.00	37.16
avril	18.88	15.10	103.89	1.1	114.28	0.6	72.00	36.00	75.18
mai	15.53	12.43	133.93	1.2	160.72	0.6	72.00	24.00	112.29
juin	6.90	5.52	161.70	0.75	121.28	0.6	72.00	0.00	91.76
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

**Tableau 38** : calcul des besoins en eau de la courgette

Courgette									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40	0.85	109.99	0.6	72.00	0.00	96.25
oct	26.22	20.98	94.17						
nov	42.60	34.08	59.72						
dec	35.39	28.31	42.09						
janv	36.99	29.59	42.68						
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93						
juin	6.90	5.52	161.70	0.5	80.85	0.4	48.00	0.00	75.33
juil	6.97	5.57	190.38	0.75	142.79	0.45	54.00	0.00	137.22
aout	8.52	6.81	184.80	0.85	157.08	0.5	60.00	0.00	150.27

**Tableau 39** : calcul des besoins en eau de l'oignon vert

oignon vert									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40						
oct	26.22	20.98	94.17	0.6	56.50	0.5	60.00	20.00	35.52
nov	42.60	34.08	59.72	0.75	44.79	0.75	90.00	45.00	
dec	35.39	28.31	42.09	0.95	39.99	0.95	114.00	114.00	
janv	36.99	29.59	42.68	0.95	40.55	0.95	114.00	114.00	
fev	31.75	25.40	50.81	0.7	35.57	0.75	90.00	90.00	
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93						
juin	6.90	5.52	161.70						
juil	6.97	5.57	190.38						
aout	8.52	6.81	184.80						

**Tableau 40** : calcul des besoins en eau de l'Ail

Ail									
Mois	P 80%	peff (mm)	ET0 (mm/mois )	Kc	ETM(mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17.17	13.74	129.40						
oct	26.22	20.98	94.17						
nov	42.60	34.08	59.72						
dec	35.39	28.31	42.09						
janv	36.99	29.59	42.68						
fev	31.75	25.40	50.81						
mars	26.60	21.28	77.92						
avril	18.88	15.10	103.89						
mai	15.53	12.43	133.93	1	133.93	0.4	48.00	16.00	121.50
juin	6.90	5.52	161.70	1.05	169.79	0.4	48.00	0.00	148.27
juil	6.97	5.57	190.38	1.05	199.90	0.4	48.00	0.00	194.33
aout	8.52	6.81	184.80	1.05	194.04	0.4	48.00	0.00	187.23

## IV.2. 4 Calcul des besoins en eau pour les Assolements 1 , 2 et 3 :

Tableau 41 : Calcul des besoins en eau pour l'assolement 1

Mois	Haricot vert	Pomme de terre saison	Chou vert	Oignon sec	Oignon vert	Pomme de terre A saison	Carotte	Totale
Sept	102.72		50.96				40.61	194.29
Oct		26.11	44.94	26.11	35.52		44.94	177.62
Nov			6.65					6.65
Dec								
Janv								
Fev								
Mars						37.16		37.16
Avril						75.18		75.18
Mai	41.14					112.29		153.43
Juin	59.33					91.76		151.09
Juil	118.18							118.18
Aout	168.75							168.75

Tableau 42 : Calcul des besoins en eau pour l'assolement 2

Mois	Ail	Courgette	Pomme de terre A saison	Tomate	Blé	Vesce avoine	Totale
Sept		96.25					96.25
Oct							
Nov							
dec							
janv							
fev							
mars			37.16	17.68			54.84
avril			94.33	31.21	37.21	57.98	220.73
mai	121.50		144.65	87.59	31.93	52.02	437.69
juin	148.27	75.33	113.33	92.01	27.08	35.16	491.18
juil	194.33	137.22					331.55
aout	187.23	150.27					337.5

**Tableau 43 :** Calcul des besoins en eau pour l’assolement 3

Mois	Orge vert	Orge grain	Blé	Vesce avoine	Totale
sept					
oct					
nov					
dec					
janv					
fev					
mars					
avril	68.37	37.21	37.21	57.98	200.77
mai	85.50	31.93	31.93	52.02	201.38
juin		27.08	27.08	35.16	89.32
juil					
aout					

**IV.2. 5 Le lessivage :**

En agriculture irriguée, le processus de lessivage est utilisé pour prévenir la salinisation primaire, en supposant qu'il n'y a pas de problème de drainage. Dans un sol naturellement salé, on estime qu'un équilibre semi-permanent est atteint (Hulin, 1982).

La fraction de lessivage (LR), calculée par Rhoades (1976), représente la quantité minimale de lessivage nécessaire pour lutter contre la salinité en utilisant les techniques d'irrigation de surface courantes. On suppose que la fraction de lessivage LR est entièrement efficace et qu'elle percole lentement à travers le sol.

Rhoades a développé un modèle qui nécessite moins d'eau, à condition que le sol soit maintenu dans un état hydrique adéquat grâce à des apports réguliers ou :

Rhoades a mis au point un modèle qui permet d'utiliser moins d'eau, à condition que le sol soit maintenu à un niveau d'humidité adéquat grâce à des apports réguliers ou :

$$LR = \frac{Ce_{iw}}{5C_{ees} - Ce_{iw}} \dots\dots\dots(IV.7)$$

avec :

- Ce<sub>iw</sub> : conductivité électrique d’eau d’irrigation.
- C<sub>ees</sub> : salinité de la patte saturé.

Application numérique on trouve :

$$LR = \frac{1.22}{(5 \cdot 4) - 1.22} = 6.5\% \text{ ETM}$$

Dans la réalité, en raison de l'hétérogénéité du sol, une partie de l'eau s'infiltré très rapidement à travers des voies privilégiées telles que les limites entre le sol et les racines, ainsi que les fissures, sans véritablement provoquer d'effet de lessivage. Par conséquent, il est nécessaire de prendre en compte l'efficacité de lessivage (Le), qui dépend de la texture et de la structure du sol.

Le nouveau LR égale a :

$$LR \text{ eff} = \frac{LR}{Le} \dots\dots\dots(IV.8)$$

Avec :

- Le : l'efficacité de lessivage **Le = 60%**

Application numérique on trouve : **LR eff = 10.83% ETM**

Les résultats de calcul du volume de lessivage pour chaque culture sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau 44 : LR \* ETM pour l'assolement 1**

Mois	Haricot vert	Pomme de terre saison	Chou vert	Oignon sec	Oignon vert	Pomme de terre A saison	Carotte	Totale
Sept	11.12		5.52				4.40	21.04
Oct		2.83	4.87	2.83	3.85		4.87	19.24
Nov			0.72					0.72
Dec								
Janv								
Fev								
Mars						4.02		4.02
Avril						8.14		8.14
Mai	4.46					12.16		16.62
Juin	6.43					9.94		16.36
Juil	12.80							12.80
Aout	18.28							18.28

Tableau 45 : LR \* ETM pour l'assolement 2

Mois	Ail	Courgette	Pomme de terre de saison	Tomate	Blé	Vesce avoine	Totale
sept		10.42					10.42
oct							
nov							
dec							
janv							
fev							
mars			4.02	1.91			5.94
avril			10.22	3.38	4.03	6.28	23.91
mai	13.16		15.67	9.49	3.46	5.63	47.40
juin	16.06	8.16	12.27	9.96	2.93	3.81	53.19
juil	21.05	14.86					35.91
aout	20.28	16.27					36.55

**Tableau 46 : LR \* ETM pour l'assolement 3**

Mois	Orge vert	Orge grain	Blé	Vesce avoine	Totale
sept					
oct					
nov					
dec					
janv					
fev					
mars					
avril	7.40	4.03	4.03	6.28	21.74
mai	9.26	3.46	3.46	5.63	21.81
juin		2.93	2.93	3.81	9.67
juil					
aout					

#### **IV.2. 7 Estimation des besoins en eau totaux du secteur :**

La connaissance des volumes totaux d'irrigation permet une gestion plus efficace des ressources en eau, une planification optimale de l'irrigation et une utilisation durable des ressources hydriques dans l'agriculture.

Tableau 47 : volume total pour les trois assolements

Assolement 1								Totale
Haricot vert	Pomme de terre saison	Chou vert	Oignon sec	Oignon vert	Pomme de terre A saison	Carotte		
S (ha)	60	65	40	85	90	90	70	500
Bnet (m <sup>3</sup> /ha)	530.9	28.3	111.1	28.3	38.5	342.6	92.7	1172.2
Brute (m <sup>3</sup> /ha)	707.87	37.73	148.13	37.73	51.33	456.80	123.60	1562.93
volume lessivage (m <sup>3</sup> /ha)	57.50	3.06	12.03	3.06	4.17	37.10	10.04	126.95
Btotale (m <sup>3</sup> )	45921.79	2651.88	6406.62	3467.85	4995.26	44451.32	9354.76	844941.30
Assolement 2								Totale
Ail	Courgette	Pomme de terre A saison	Tomate	Blé	Vesce avoine			
S (ha)	45.00	50.00	75.00	80.00	150.00	100.00		500.00
Bnet (m <sup>3</sup> /ha)	705.5	497.1	421.8	247.4	104.2	157.2		2133.2
Brute (m <sup>3</sup> /ha)	940.67	662.80	562.40	329.87	138.93	209.60		2844.27
volume lessivage (m <sup>3</sup> /ha)	76.41	53.84	45.68	26.79	11.28	17.02		231.03
Btotale (m <sup>3</sup> )	45768.25	35831.80	45606.07	28532.81	22532.73	22662.48		1537646.11
Assolement 3								Totale
Orge vert	Orge grain	Blé	Vesce avoine					
S (ha)	160.00	95.00	140.00	105.00			500.00	
Bnet (m <sup>3</sup> /ha)	166.6	104.2	104.2	157.2			532.2	
Brute (m <sup>3</sup> /ha)	222.13	138.93	138.93	209.60			709.60	
volume lessivage (m <sup>3</sup> /ha)	18.04	11.28	11.28	17.02			57.64	
Btotale (m <sup>3</sup> )	38428.18	14270.73	21030.55	23795.60			383618.63	



**Remarque :**

- On remarque que le volume total des besoins en eau de notre périmètre est de  $1.54\text{hm}^3$  pour une superficie de 500 ha.
- Ce volume peut être déduit du barrage de Ain Youcef puisque le volume régularisé est de  $22\text{hm}^3$ .

**IV.3 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons exposé les exigences en matière d'approvisionnement en eau pour notre zone agricole. Le choix des cultures a été minutieusement effectué en prenant en considération divers facteurs tels que les propriétés du sol et les conditions climatiques locales.

Une fois que nous avons établi la sélection des cultures, nous avons utilisé la méthode de Penman pour estimer les besoins en eau de chaque culture. Cette méthode nous a permis de quantifier la quantité d'eau évaporée du sol et transpirée par les plantes, en prenant en compte divers paramètres climatiques.

Enfin, nous avons calculé les volumes d'eau nécessaires à apporter par le biais de l'irrigation pendant la période de croissance des cultures en lui ajoutant bien sur un pourcentage bien calculer des besoins de lessivage. Notre objectif était de garantir un approvisionnement hydrique suffisant et constant pour favoriser le développement optimal des plantes et une bonne maîtrise de l'équilibre salin du sol.

Ces estimations des besoins en eau et des volumes d'irrigation et du pourcentage de lessivage (LR) jouent un rôle crucial dans notre gestion de l'eau. Elles nous permettent de planifier de manière proactive nos ressources hydriques, de déterminer avec précision les quantités d'eau à fournir et de nous assurer que nos cultures bénéficient de l'approvisionnement en eau nécessaire pour leur croissance optimale.

## **Chapitre V : Dimensionnement du Réseau de drainage**

## **V.1 Introduction :**

Le drainage est l'opération visant à faciliter l'élimination artificielle de l'eau accumulée dans la couche supérieure du sol. Son objectif principal est de lutter contre la salinisation des terres irriguées, ce qui permet d'augmenter la productivité des sols.

## **V.2 LE RESEAU DE DRAINAGE :**

### **V.2.1 PRÉSENTATION :**

Le drainage consiste à éliminer les eaux de surface ou souterraines excédentaires, qu'elles soient naturelles ou artificielles, dans le but de rendre un terrain excessivement humide ou inondé plus sec. Cette pratique vise à valoriser le terrain pour des activités telles que l'agriculture, l'élevage ou la construction.

### **V.2.2 FONCTIONS :**

Le drainage est une technique qui permet de contrôler l'excès d'humidité des sols, qu'elle soit due à leur composition naturelle ou à la présence de sources d'eau ou de nappes phréatiques proches de la surface. Cette humidité excessive entraîne divers problèmes, tels qu'une diminution de l'activité biologique du sol, des échanges thermiques défavorables pour le développement des cultures, une résistance réduite des plantations face aux périodes de sécheresse, une efficacité réduite des engrais, un manque d'oxygène conduisant à une asphyxie des racines, la désagrégation des particules du sol et une instabilité du sol lui-même. Ces conditions rendent les travaux agricoles difficiles et les plantes sont moins bien nourries, ce qui a un impact négatif sur leur croissance et leur développement.

Le drainage des sols présente plusieurs avantages, tels que l'amélioration de l'assainissement des habitations, une meilleure qualité de vie et la réduction, voire l'élimination, des problèmes liés à l'humidité. Il permet également d'améliorer les conditions de santé dans les zones humides et d'intensifier la production agricole. En effet, le drainage contribue à augmenter les rendements agricoles (en culture céréalière, cette amélioration peut varier de 5 à 15 quintaux par hectare selon les années), tout en optimisant les dépenses en semences, en énergie et en main-d'œuvre. Dans les cas où les sols se trouvent en dessous du niveau des voies d'évacuation de l'eau, l'utilisation de pompes pour le refoulement de l'eau est devenue une pratique courante.

### **V.2.3 Intérêt :**

Dans nos régions, lorsque les terres agricoles ne bénéficient pas d'un bon drainage naturel, elles ont tendance à être saturées en eau. Cela se produit notamment pendant la période hivernale, lorsque le sol retient une quantité excessive d'eau. Dans de tels cas, il est essentiel de mettre en place un système de drainage artificiel. Différents facteurs peuvent retenir l'eau dans les couches supérieures du sol, tels que des zones où l'argile s'accumule ou

des couches imperméables comme le grès. De plus, les argiles dites gonflantes ont tendance à "capturer" l'eau, empêchant ainsi son évacuation. Afin de remédier aux inconvénients d'un mauvais drainage naturel du sol, des dispositifs appropriés sont installés.

Pour valoriser un terrain ou un territoire, il existe deux techniques de drainage principales : le drainage par fossés et le drainage par canalisations. Dans certains cas particuliers, notamment lorsque les sols à assécher se trouvent en dessous du niveau des voies d'évacuation des eaux, des opérations de pompage sont nécessaires. Idéalement, pour rendre l'installation de drainage économiquement viable, il est préférable que la surface à traiter atteigne un minimum de 2 000 hectares. Cependant, des dispositifs d'aide tels que les subventions du ministère de l'Agriculture, éventuellement des départements, et les prêts subventionnés encouragent les exploitants agricoles à entreprendre les travaux nécessaires pour valoriser les terres agricoles, ce qui améliore leur rentabilité.

Dans le cadre d'un projet de drainage à grande échelle, il est important d'établir les plans de canalisation en concertation avec les propriétaires riverains afin de ne pas perturber les flux d'eau existants, tels que les fossés de curage et les caniveaux de surverse, et de les connecter au projet global à moindre coût. Afin de maintenir l'efficacité de l'installation, il est recommandé de prévoir l'entretien des émissaires, qui sont des canalisations de plus grande capacité ou de simples fossés, auxquels les drains et les collecteurs sont connectés. De plus, il est nécessaire d'aménager des regards à intervalles réguliers le long des collecteurs. Ces regards sont généralement des éléments préfabriqués en béton ou en plastique, de forme cylindrique ou cubique, munis d'un couvercle.

#### **V.2.4 Drains :**

La méthode la plus simple pour réduire le taux d'humidité d'un terrain consiste à creuser une tranchée. Cette tranchée permet aux eaux qui ne peuvent pas pénétrer le sol par gravité de s'écouler vers ce creux, détournant ainsi une partie des eaux de surface des terres environnantes. Si le terrain présente une pente, une tranchée située en amont et perpendiculaire à la direction de la pente permet de détourner une grande partie des eaux de ruissellement des terres en aval. De plus, si l'on creuse suffisamment profondément et atteint un sol perméable, on peut drainer une plus grande quantité d'eau. Une évolution de cette méthode consiste à canaliser les eaux pour les collecter ailleurs. Il est possible de recouvrir la canalisation, à condition de préserver sa perméabilité. Lorsqu'il est nécessaire de pomper de grandes quantités d'eau dans un laps de temps relativement court, l'utilisation de pompes est recommandée.

En agriculture, un drain est un conduit souterrain utilisé pour collecter et évacuer l'excès d'eau présente dans le sol. Les drains les plus couramment utilisés sont des tuyaux en plastique (comme le polyvinyle ou le polyéthylène), généralement flexibles et perforés. Il existe également des drains composés de cylindres en terre cuite, assemblés de manière à permettre la pénétration de l'eau. Certains drains peuvent être enrobés, ce qui améliore leur

efficacité en réduisant la résistance à la pénétration de l'eau. Pour éviter les problèmes de colmatage, il est préférable que les perforations ne soient pas obstruées par des opercules.

Les drains en PVC peuvent avoir des diamètres internes variant de 44 à 58 cm. Un plus grand diamètre offre de meilleures performances car il présente moins de résistance à l'entrée de l'eau, réduit les risques de colmatage et permet un débit plus élevé. Afin de protéger le système de drainage, il est courant d'ajouter un drain de ceinture. Ce type de drain améliore l'assainissement du réseau en interceptant les apports externes et en évitant le colmatage causé par les racines, en particulier celles des haies.

Les collecteurs sont des tuyaux de section supérieure qui rassemblent l'eau provenant des drains qui y sont connectés, puis la dirigent vers un émissaire. Il est recommandé que la longueur des collecteurs soit inférieure ou égale à 20% de la longueur totale des tuyaux enterrés.

### **V.2.5 Draineuses :**

De nos jours, le drainage des sols est réalisé de manière mécanisée. Pour creuser les tranchées où les drains seront installés, on utilise des machines appelées draineuses. Ces machines sont soit automotrices, soit adaptées à être attelées à un tracteur. Elles sont capables, d'une part, de creuser des tranchées à la profondeur souhaitée en ajustant constamment leur position (à l'aide de visée optique ou de rayon laser) et, d'autre part, de poser les drains et les collecteurs simultanément en un seul passage.

La trancheuse-poseuse est une machine qui combine les fonctions de creusement de tranchées et de pose de drains. Elle est équipée d'une grande roue verticale ou d'une chaîne sans fin munie de couteaux ou de godets, ce qui lui permet de creuser une tranchée d'environ 20 cm de largeur et de 1,5 à 2 m de profondeur. Elle dispose également d'un système de déblayage qui éjecte le matériau excavé sur le côté de la tranchée. La trancheuse-poseuse est équipée d'un caisson de pose et de dérouleurs (pour les drains en plastique) ou d'un dispositif d'alimentation des drains en terre cuite. Cette machine peut poser environ 300 mètres de drains par heure.

La poseuse à outil fouisseur est conçue pour être utilisée avec des tracteurs à chenilles d'une puissance minimale de 150 chevaux. Elle est capable de creuser des galeries à une profondeur maximale variant entre 1,60 m et 1,80 m en utilisant un outil de fouissage à une dent. Les drains sont ensuite déposés dans la tranchée à l'aide d'un caisson de pose situé à l'arrière de l'outil de creusement. Cette machine est capable de poser jusqu'à 1 500 mètres de drains par heure.

L'assainissement comporte 3 phases:

**Captage :** Il s'agit de la collecte des eaux excédentaires, généralement dans le cadre du drainage à l'échelle de la parcelle. Cela implique de recueillir et de diriger l'eau accumulée dans les drains ou les tranchées vers un point centralisé.

Acheminement : Une fois les eaux captées, elles sont acheminées à travers un réseau de collecteurs ou de fossés. Ces canaux permettent de diriger l'eau vers des points de restitution ou d'évacuation.

Restitution : L'eau captée est finalement restituée au réseau hydrographique naturel, tel qu'une rivière, un cours d'eau ou un exutoire. Cette étape vise à évacuer l'eau excédentaire du système de drainage et à la réintroduire dans le cycle naturel de l'eau.

### **V.2.6 Effets positifs de l'assainissement du sol :**

Le drainage des sols présente plusieurs avantages qui contribuent à l'amélioration des conditions agricoles et à l'augmentation des rendements des cultures :

Meilleure aération du sol : Le drainage permet d'éliminer l'excès d'eau du sol, favorisant ainsi une meilleure circulation de l'air. Cela permet une meilleure oxygénation des racines des plantes et favorise le développement des microorganismes bénéfiques du sol.

Amélioration de la structure du sol : Le drainage réduit la compaction du sol en éliminant l'excès d'eau qui peut causer la formation de couches compactes. Cela permet aux racines de se développer plus facilement et favorise la perméabilité du sol.

Pénétration plus profonde des racines : En éliminant l'excès d'eau, le drainage permet aux racines de pénétrer plus profondément dans le sol à la recherche de nutriments et d'eau. Cela favorise une meilleure absorption des éléments nutritifs et contribue à la croissance saine des plantes.

Chauffage plus rapide du sol : Un sol bien drainé se réchauffe plus rapidement au printemps, ce qui permet un démarrage précoce des cultures et une saison de croissance plus longue.

Augmentation des processus de nitrification : Le drainage favorise une meilleure disponibilité de l'oxygène dans le sol, ce qui favorise les processus de nitrification. Cela permet une meilleure conversion de l'azote organique en formes utilisables par les plantes.

Diminution des mauvaises herbes et des maladies des cultures : En éliminant l'excès d'humidité, le drainage réduit les conditions favorables à la croissance des mauvaises herbes et des maladies des cultures qui se développent souvent dans les sols humides.

Travail du sol facilité : Un sol bien drainé est plus facile à travailler, ce qui facilite les opérations agricoles telles que le labour, le semis et la récolte.

Accès possible aux parcelles en temps opportun : En éliminant l'excès d'eau, le drainage permet un accès plus facile aux parcelles agricoles, même après des périodes de pluie intense.

Augmentation du rendement des cultures et amélioration de la qualité des récoltes : Globalement, le drainage des sols contribue à une augmentation des rendements des cultures en créant des conditions de croissance optimales, notamment en assurant un approvisionnement adéquat en eau et en nutriments. Cela se traduit par une amélioration de la qualité des récoltes en termes de taille, de poids, de goût et de résistance aux maladies.

#### Systemes de drainage :

- Drainage de surface
- Drainage de subsurface
- par fossés à ciel ouvert
- par drains enterrés
- Classique

#### Techniques associées

- drainage taupe
- drainage par galeries drainantes
- C. Autres techniques de contrôle de la nappe
- drainage par puits
- biodrainage

### V.2.7 Drainage de surface :

Dans les zones plates, à très faible pente ou à surface irrégulière, où des défauts d'infiltrabilité ou de drainage interne sont présents, une pratique courante pour réduire les risques de submersion prolongée du sol sans provoquer d'érosion est la création de surfaces de décompression ou de surfaces drainantes.

- Aplanissement: élimination des irrégularités du sol(dépressions locales, obstacles, etc.), sans modification de la topographie terrain
- Nivellement : aménagements lourds du sol pour lui donner une pente suffisante .
- Création (ou amélioration) d'un réseau de collecte et d'évacuation des eaux de ruissellement.

#### Nivellement :

!Choix de la pente  $i$  et de la longueur des surfaces nivelées  $L$

- Sols très érodibles:  $i < 0.5 \%$  et  $L < 150 \text{ m}$
- Sols lourds:  $i$  peut atteindre  $2 \%$  et  $L < 300 \text{ m}$

#### Inconvénients:

- Coût
- Gêne offerte au travail mécanisé
- Frais d'entretien des fossés de collecte

Le drainage de surface vise à éliminer les accumulations d'eau à la surface du sol et à faciliter l'écoulement hypodermique dans un délai raisonnable pour les plantes, généralement inférieur à 24 heures. Il a plusieurs objectifs importants :

- Répartition uniforme des précipitations : Le drainage de surface favorise l'infiltration uniforme des précipitations dans le sol, permettant ainsi aux plantes d'accéder à l'eau nécessaire à leur croissance.
- Évacuation de l'eau de ruissellement et hypodermique : Il permet d'éliminer efficacement l'eau de ruissellement et l'écoulement hypodermique en utilisant des pentes adéquates vers des structures hydrauliques agricoles telles que des réseaux de drainage, tout en évitant l'érosion des sols.
- Élimination des dépressions et des zones humides : Le drainage de surface contribue à éliminer les petites dépressions et les irrégularités de la surface du sol, ce qui évite la formation de zones humides néfastes aux cultures. Cela permet également de récupérer des surfaces non productives et d'améliorer les conditions de croissance des plantes.
- Compatibilité avec les opérations culturales et la machinerie agricole : Le drainage de surface est conçu pour minimiser les perturbations lors des opérations culturales et l'utilisation de la machinerie agricole, en assurant des conditions de terrain optimales.
- Amélioration des conditions de récolte : Un bon drainage de surface permet une entrée plus rapide sur le champ et améliore les conditions de récolte, facilitant ainsi les opérations de récolte des cultures.
- Augmentation des rendements : En éliminant les excès d'eau à la surface du sol, le drainage de surface favorise des conditions de croissance optimales pour les plantes, ce qui peut entraîner une augmentation des rendements agricoles.

Il est important de localiser et de cartographier les zones dépressionnaires qui retiennent l'eau des environs. Ces cuvettes peuvent entraîner des problèmes tels que des retards dans l'entrée au champ, une diminution des rendements et des difficultés lors des récoltes tardives. L'observation du relief et l'utilisation de cartes topographiques avec des cotes de niveau aident à identifier ces zones et à planifier l'aménagement de surface nécessaire.

### **V.2.8 Drainage par drains enterrés :**

Des tuyaux perforés d'un diamètre de 4 à 10 cm sont installés dans le sol pour créer des drains.

Les drains sont connectés à un réseau de collecteurs qui permettent l'évacuation de l'eau vers un émissaire tel qu'une rivière ou un lac.

Les collecteurs ont également pour fonction de recueillir les eaux de ruissellement de surface à l'aide de sacs spéciaux équipés de grilles.

Si la pente du terrain n'est pas suffisante pour permettre une évacuation gravitaire, une station de pompage est utilisée pour relever les eaux.

Des chambres de visite sont placées aux endroits stratégiques tels que les jonctions entre les collecteurs, les changements de direction et de pente, afin de faciliter l'accès pour l'entretien et la maintenance du système.

### **Techniques associées :**



**Drainage –taupe :**

Un réseau de drains conventionnel à grand écartement, avec des distances entre les drains de 30 à 60 mètres ou plus, est associé à un remblai poreux. Parallèlement, un réseau dense de galeries taupes est également présent.

**Aspects pratiques :**

- galeries perpendiculaires aux files de drains
- diamètre: env. 4 cm
- profondeur: 40 à 70 cm
- écartement: 2 à 4 m
- durée de vie: variable (quelques années).

Pour créer les galeries taupes, un tracteur est utilisé, équipé d'une charrue-taupe munie d'un boulet expanseur. Ce boulet expanseur permet de lisser et de compacter les parois de la galerie, ce qui lui permet de conserver sa forme. Il est important que les sols soient plastiques, c'est-à-dire qu'ils aient une teneur élevée en argile et une humidité adéquate, pour assurer le bon fonctionnement de ce processus.

**V.3 Calcul du débit caractéristique :**

Le débit caractéristique d'un réseau de drainage est le débit par unité de surface nécessaire pour évacuer efficacement les précipitations critiques. Le calcul de ce débit (noté  $q_c$ ) dépend du régime de drainage considéré et de la prise en compte ou non de la possibilité de stockage.

**V.3.1 Cas où l'excès provient des pluies :**

Pour calculer le débit caractéristique qui provient des pluies, il faudra d'abord procéder par une analyse fréquentielle des pluies.

Ensuite, l'ajustement des séries pluviométriques triées par la loi de Gumbel .

Car en matière de drainage ce n'est pas la pluviométrie totale annuelle ou mensuelle qui importe, ce sont les épisodes pluvieux de courte durée et de forte intensité qui dépassant les capacités naturelles de drainage et pourraient provoquer la formation ou l'élévation d'une nappe jusqu'à proximité de la surface du sol.

**V.3.1.1 Analyse fréquentielle de la série pluviométrique :**

On possède une série pluviométrique journalière de la période ( 1991 – 2021 ) , depuis la station Pierre du Chat .

Il faudra d’abord dans un premier temps de classer et traiter statistiquement les données pluviométriques existantes , l’objectif du classement et traitement sera de mettre en évidence les pluies maximums de courte durée 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 jours et leurs fréquences d’apparition .

Ce travail peut se faire annuellement mais pour des raisons de rigueur , le travail par trimestre est conseillé afin d’essayer de tenir compte de la période durant laquelle se produit la pluie critique en relation avec le stade sensible des différentes cultures .

**V.3.1.2 Ajustement par la loi de Gumbel :**

Après avoir relevé les pluies max de 1, 2, 3, 4, 5,6 jours sur n années d’observations, on classe ces valeurs par ordre de grandeur croissante et on attribue a chaque valeur une fréquences F(x) au non dépassement :

$$F(x) = \frac{(r-0.5)}{n} \dots\dots\dots(V.1)$$

- r : est le rang de l’observation.
- n : nombre totale d’années d’observation.
- Loi de Gumbel = F(x) fonction de répartition.
- x0 et α coefficient d’ajustement.

en effectuant un changement de variable on aura :

$$y = \alpha ( x - x0 ) \dots\dots\dots(V.2)$$

$$F(y) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots(V.3)$$

- y : variable réduite de Gumbel .
- F(y) : fréquence au non dépassement de la variable y .

L’ajustement par la loi de Gumbel est fait par logiciel HYFRAN , les résultats de l’ajustement sont présentés dans les tableaux suivants :

**Tableau 48 :** les résultats de l’ajustement pour trimestre 1 ( sept oct nov )

Durée/fréquence	2ans	3ans	5ans	10ans
1J	1.22	1.83	2.52	3.39
2J	4.83	6.76	8.90	11.6
3J	5.96	8.89	12.1	16.2
4J	8.96	13.5	18.5	24.8
5J	11.3	18	25.6	35
6J	15.8	25.3	36	49.4

**Tableau 49 :** les résultats de l’ajustement pour trimestre 2 ( déc, jan, fév )

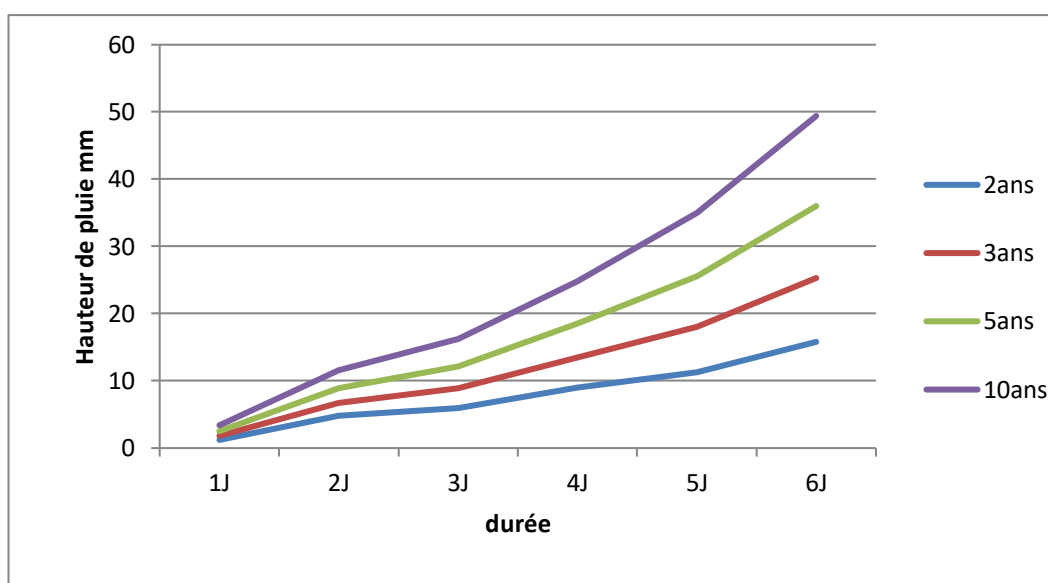
Durée/fréquence	2ans	3ans	5ans	10ans
1J	1.26	1.94	2.71	3.66
2J	6.63	9.04	11.7	15.1

3J	8.01	12.2	16.9	22.8
4J	8.3	12.6	17.4	23.4
5J	8.65	14.5	21	29.2
6J	8.08	13.9	20.4	28.6

**Tableau 50** : les résultats de l'ajustement pour trimestre 3 (mars avr mai)

Durée/fréquence	2ans	3ans	5ans	10ans
1J	1.12	1.66	2.26	3.01
2J	4.13	5.88	7.82	10.3
3J	5.49	8.54	11.9	16.2
4J	11.6	17.2	23.4	31.2
5J	16.7	25.6	35.4	47.8
6J	11.4	18.5	26.5	36.5

On peut par la suite tracer les graphiques : hauteur – durée – fréquence



**Figure 11** : les graphiques : hauteur – durée – fréquence pour trimestre 1

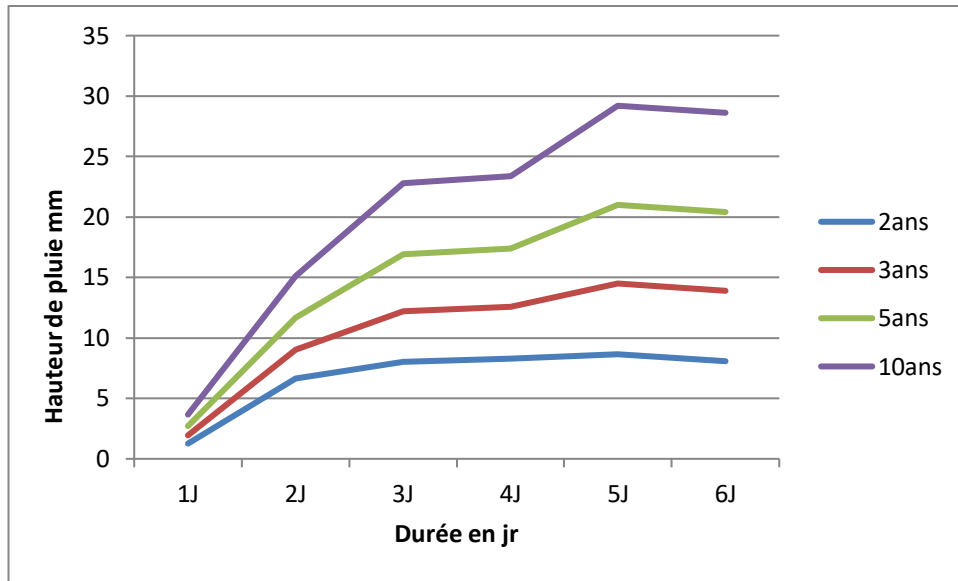


Figure 12 : les graphiques : hauteur – durée – fréquence pour trimestre 2

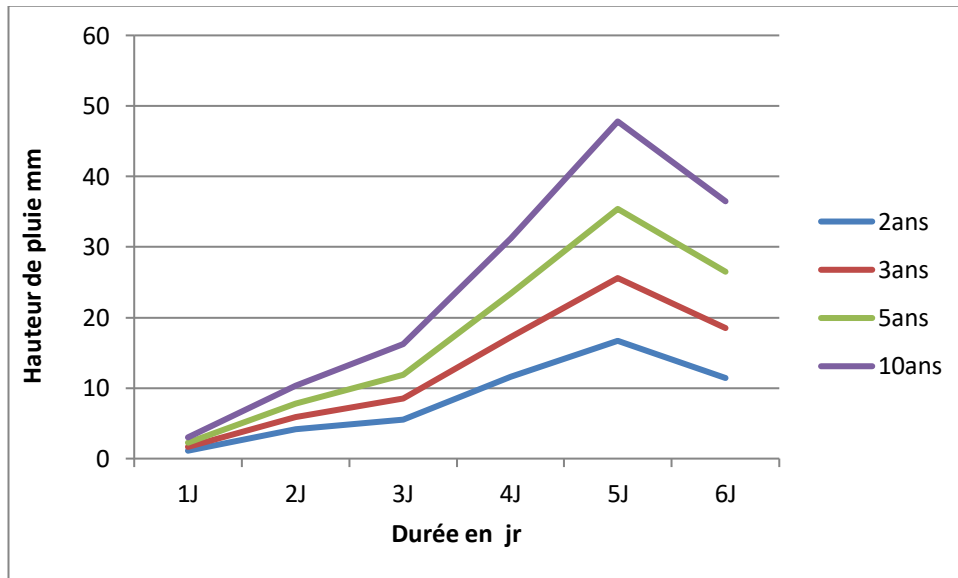


Figure 13 : les graphiques : hauteur – durée – fréquence pour trimestre 3

Les graphiques permettent de déterminer rapidement pour une période de retour et une durée données la hauteur max probable .

**V.3.1.3 Régime permanent en tenant compte du stockage :**

On peut calculer le débit caractéristique par loi suivante :

$$qc = \frac{P-E-S}{\theta} \dots\dots\dots(V.4)$$

tel que :

$$S = hc \times \mu \dots\dots\dots(V.5)$$

Avec :

- **qc** : débit caractéristique.
- **μ** : Porosité de drainage (%).
- **P** : pluie critique (mm).
- **E** : l'évapotranspiration (mm).
- **θ** : durée de submersion admissible .

**Tableau 51** : Débit caractéristique En régime permanent en tenant compte du stockage

Cultures	<b>θ</b>	hc (m)	U	S(mm)	P(mm)	E(mm)	qc (mm/j)
Maraichères	2	0.3	0.05	15	6.63	0	-
Céréales	3	0.4	0.05	20	12.2	0	-

On remarque que la valeur du stockage (15 et 20 mm respectivement pour les maraichères et les céréales) est largement supérieure a celle de la pluie (6.63 et 12.2 mm), ce qui signifie que dans ce cas nous avons rien a drainer ou cette formule n'est pas applicable dans ce cas là.

### V.3.1.4 Le débit caractéristique (qc) en régime permanent sans stockage

En considérant l'intensité de la pluie critique (ip) et la quantité de précipitations qui survient pendant une période donnée, nous supposons que la partie de cette précipitation à évacuer par le réseau de drainage est la somme du ruissellement direct et de l'infiltration :

$$(r+i) = (1-e) \dots\dots\dots(V.6)$$

Le débit à évacuer par unité de surface est :

$$qs =(1-e) ip \text{ (mm/j)} \dots\dots\dots(V.7)$$

**Tableau 52** : Débit caractéristique En régime permanent sans tenir compte du stockage

Cultures	<b>θ</b>	1-e	P (mm)	ip(mm/j)	qs (mm/j)
Maraichères	2	0.9	6.63	3.31	2.98
céréales	3	0.8	12.2	6.1	4.88

### V.3.2 Cas où l'excès provient de l'irrigation

Nous allons calculer le débit caractéristique de l'excès qui pourrait résulter de l'irrigation gravitaire. Ce système d'irrigation présente une efficacité de 70% lorsqu'il est correctement réalisé, mais seulement 45% en cas de mauvaise exécution. Par conséquent, il y a des pertes par percolation qui alimentent la nappe.

Dans notre périmètre, le système d'irrigation en place présente une efficacité de 60%, ce qui entraîne une perte totale de 40%. Parmi ces pertes, 30% sont dues à la percolation et 10% à l'évaporation.

- $B_{net} = 194.33 \text{ mm}$
- $B_{brut} = b_{net} / 0.6$
- $Brut = 194.33 / 0.6 = 323.88 \text{ mm}$
- $RFU_{theo} = 48 \text{ mm}$  (cette dose est déjà calculé pour les besoins voir chapitre 4 )
- $Dose\ brute = dose\ net / 0.6 = 48 / 0.6 = 80 \text{ mm}$
- $Nombre\ d'irrigation = B_{net} / dose\ brute = 323.88 / 80 = 4 \text{ fois}$
- $Fréquence\ d'irrigation = 30 / 4 = 7.5$  (on prends 7jours ) .

Sur 80 mm on a 30% d'eau qui va percoler comme perte par le réseau gravitaire c'est à dire 24 mm doivent être évacué en 7jours .

$$Dose\ percolé = 0.3 * 80 = 24 \text{ mm}$$

Le débit de drainage :

$$q_c = 24 / 7 = 3.43 \text{ mm/j}$$

### V.3.3 Cas ou l'excès provient de lessivage :

Pour ce mode, la dose de lessivage est apportée par fraction en même temps que les doses d'irrigation, c'est à dire qu'on ne laissera pas les sels s'accumuler dans le sol, ils seront progressivement lessivés.

$$DL = besoin * c_{eiw} / (c_{ees} * (1-LR)) \dots\dots\dots(V.8)$$

- $DL = 80 * 1.22 / 4 * (1 - 0.11)$
- $DL = 27.42 \text{ mm}$

Le debit de lessivage egale :

$$q_c = 27.42 / 7 = 3.92 \text{ mm / j}$$

#### Remarque :

Pour le dimensionnement du réseau de drainage on doit prendre la valeur la plus grande entre le débit caractéristique calculé par la pluie, l'irrigation et le lessivage .

Alors le débit caractéristique destiné au dimensionnement du drainage  $q_c = 4.88 \text{ mm/j}$  on la arrondi à  $q_c = 5 \text{ mm/j}$

## V.4 Calcul de l'écartement entre les drains :

Le réseau de drainage est dimensionné pour pouvoir évacuer la pluie critique  $P_c$  de durée égale à la durée de submersion admissible et de période de retour donnée (Mermoud., 2007).

### V.4.1 Équation de Hooghoudt

Le processus de détermination de l'espacement des drains enterrés "E" à l'aide de la formule de Hooghoudt comprend plusieurs étapes :

- Calcul des critères de conception de base, notamment le débit caractéristique et la hauteur optimale ( $q_c$  et  $h_{op}$ ).
- Établissement de la base de drainage du champ "W" et de la hauteur de chute disponible " $h_c$ ," qui est calculée en soustrayant la hauteur optimale de la précipitation totale (P).
- Détermination des paramètres du sol, tels que la perméabilité K (ou la perméabilité en dessous et en dessus du drain  $K_1$  et  $K_2$ ) et la distance entre les drains et la couche imperméable D.
- Sélection du type de drain (conduite ou fossé) et la détermination de la porosité du drainage  $\mu$ .
- Calcul de l'espacement des drains (E ou L) en résolvant l'équation de Hooghoudt.

La dernière étape implique la résolution de l'équation de Hooghoudt par des essais et des erreurs (itérations) :

- Supposer une valeur pour E et déterminer "d" à partir du tableau .
- Résoudre la formule de Hooghoudt pour l'espacement E supposé et comparer cette valeur avec la valeur calculée.
- Modifier la valeur de E et répéter le processus jusqu'à ce que les valeurs calculées et supposées soient égales.

$$E^2 = \frac{4k_1h^2}{q_c} + \frac{8k_2dhc}{q_c} \dots\dots\dots(V.9)$$

Avec :

- $h_c$  : hauteur critique =0.4 m
- P : profondeur de la pose des drains = 0.6m
- $h_{op}$  : hauteur optimale (profondeur à maintenir en sec) =0.2m
- d : Profondeur équivalente
- k : perméabilité du sol  $k = 0.5m/j$

avec une profondeur de la couche imperméable de 15 m .

alors :

$$E^2 = \frac{4 \cdot 0.5 \cdot (0.4)^2}{5 \cdot 10^{-3}} + \frac{8 \cdot 0.5 \cdot 0.4 \cdot 2.15}{5 \cdot 10^{-3}}$$

$$E = 27\text{m}$$

## V.5 Dimensions des drains

Les principaux paramètres pour le dimensionnement des drains sont :

- le diamètre  $\phi$  des drains.
- la pente d'installation  $i$ .
- la longueur des drains.

En régime permanent, le calcul se fait selon les caractéristiques de projet :

- l'écartement.
- le pas horaire.
- la longueur et le nombre de drain.
- le débit caractéristique  $q_c$  (régime permanent).
- l'écoulement dans les drains.
- la parcellaire, topographie, hydrographie et contraintes techniques.

### V.5.1 La pente d'installation

Le choix de la pente a un impact direct sur la vitesse d'écoulement dans le système de drainage. Une pente suffisamment élevée permet d'éviter la sédimentation des particules et, par conséquent, l'obstruction des drains. Voici quelques normes qui facilitent l'installation basées sur des expérimentations multiples :

La pente minimale absolue, notée "i min absolue," est fixée à 0,05 %. Cependant, cette valeur minimale doit être augmentée pour les petits diamètres ( $\phi$ ).

- $i = 0,1\% \rightarrow \phi < 150 \text{ mm}$
- $i = 0,08\% \rightarrow 200 \text{ mm} < \phi < 250 \text{ mm}$
- $i = 0,05\% \rightarrow \phi > 250 \text{ mm}$ .

#### Pente "i" est fonction de type de sol

- la pente "i" est en fonction du type de sol (stabilité du sol  $\Rightarrow$  stabilité de la pose du drain) ;
- la présence de sable ;
- risque de colmatage féérique.



- la vitesse de l'écoulement dans le drain doit être comprise entre 1 m/s et 1.25 m/s afin de ralentir le phénomène de colmatage et éviter l'effet d'aspiration au niveau des joints et la perforation des drains.

Le diamètre ( $\phi$ ) des drains est inversement proportionnelle à la pente ( $i$ ). Cela signifie que plus la pente est élevée, plus le diamètre des drains peut être réduit. Cependant, il est préférable d'éviter d'avoir une pente trop importante, généralement supérieure à 1 %. En pratique, les pentes les plus couramment utilisées se situent dans la plage de 0,1 % à 1 %. Le choix de la pente doit être basé sur des considérations telles que la topographie du terrain, l'emplacement des collecteurs, la position des émissaires et la longueur totale du système de drainage.

### V.5.2 Longueur d'installation des drains

Les longueurs "L" sont choisies en fonction des dimensions de la parcelle. La longueur maximale "Lmax" acceptable :  $L_{max} = 1000$  m. C'est la limite imposée par le diamètre  $\phi_{max}$ . les longueurs les plus fréquentes sont situées entre 200 m - 400 m.

### V.5.3 Débit à évacuer par le drain

$$Q_d = q * S \dots\dots\dots(V.10)$$

$$Q_d = q * L * E \text{ (m}^3\text{/j ou l/s) } \dots\dots\dots(V.11)$$

- S : la surface drainée par le drain,
- q : le débit du drain ;
- L : la longueur du drain ;
- E : l'écartement entre les drains.

### V.5.4 Caractéristiques techniques des drains

Dans les canaux d'écoulement, il faut tenir compte de la rugosité qui dépend du matériau exemple : drain en poterie, drain lisse ou drain annelé.

Pour les drains :

#### La rugosité pour la formule de Manning-Strickler ( $\eta$ )

Plastique ( pvc, PE lisse avec perforation =>  $\eta = 0,0054$

Béton  $\eta = 0,011$  à  $0,015$  (en fonction de la qualité)

Pour les drains annelés la rugosité  $\eta$  varie en fonction de l'intérieur du drain

- $\phi = 44\text{mm}$  -  $\eta = 0,0222$
- $\phi = 60\text{ mm}$  -  $\eta = 0,0167$

- $\phi = 72\text{mm}$  -  $\eta = 0,0143$   
valeur moyenne  $\eta = 0,0141$

Pour le dimensionnement on utilise :

### *Écoulement non uniforme*

Pour les drains perforé annulés on travail avec l'équation de Chezy- Manning

$$Q_{\text{drain}} = 38 * d^{2,67} * i^{0,50} \dots\dots\dots(V.12)$$

## **V.6 Dimensionnement d'un collecteur**

Dans le cas ou la pente d'installation est de l'ordre de 0.1 %, le collecteur reçoit l'eau de l'ensemble des débits des drains reliés à ce dernier. Il faut prévoir une réduction de 25 % de sa capacité qui est due essentiellement aux particules charriées par les eaux des drains.

D'où :

$$Q_{\text{collecteur}} = \frac{50 * d^{2.71} * i^{0.57}}{0.75} \dots\dots\dots(V.13)$$

Voici les résultats présentés dans les tableaux :

Tableau 53 : dimensionnement des drains

Drain / Collecteur	L (m)	Q (m3/j)	$\phi$ calculé (mm)	$\phi$ normalisé (mm)
Drain1	196	26.46	101.55	110
Drain2	227	30.65	107.29	110
Drain3	232	31.32	108.17	110
Drain4	242	32.67	109.89	110
Drain5	255	34.43	112.07	160
Drain6	255	34.43	112.07	160
Drain7	264	35.64	113.53	160
Drain8	267	36.05	114.02	160
Drain9	255	34.43	112.07	160
Drain10	251	33.89	111.41	160
Drain11	253	34.16	111.74	160
Drain12	253	34.16	111.74	160
Drain13	242	32.67	109.89	110
Drain14	222	29.97	106.40	110
Drain15	230	31.05	107.82	110
Drain16	249	33.62	111.07	160
Drain17	277	37.40	115.60	160
Drain18	300	40.50	119.10	160
Drain19	328	44.28	123.15	160
Drain20	349	47.12	126.05	160
Drain21	362	48.87	127.78	160
Drain22	386	52.11	130.89	160
Drain23	410	55.35	133.88	160
Drain24	436	58.86	137.00	160
Drain25	40	5.40	56.00	110
Drain26	164	22.14	94.99	110
Drain27	238	32.13	109.21	110
Drain28	253	34.16	111.74	160
Drain29	255	34.43	112.07	160
Drain30	305	41.18	119.84	160
Drain31	322	43.47	122.30	160
Drain32	333	44.96	123.85	160
Drain33	344	46.44	125.37	160
Drain34	355	47.93	126.85	160
Drain35	265	35.78	113.69	160
Drain36	282	38.07	116.37	160
Drain37	297	40.10	118.65	160
Drain38	312	42.12	120.86	160
Drain39	333	44.96	123.85	160
Drain40	345	46.58	125.50	160
Drain41	358	48.33	127.25	160
Drain42	362	48.87	127.78	160
Drain43	363	49.01	127.92	160
Drain44	363	49.01	127.92	160
Drain45	364	49.14	128.05	160
Drain46	415	56.03	134.49	160
Drain47	379	51.17	130.00	160
Drain48	318	42.93	121.73	160
Drain49	267	36.05	114.02	160
Drain50	219	29.57	105.86	110
Drain51	176	23.76	97.54	110
Drain52	143	19.31	90.24	110
Drain53	108	14.58	81.23	110
Drain54	69	9.32	68.69	110
Drain55	91	12.29	76.19	110
Drain56	147	19.85	91.18	110
Drain57	169	22.82	96.07	110
Drain58	210	28.35	104.21	110
Drain59	253	34.16	111.74	160
Drain60	292	39.42	117.90	160
Drain61	322	43.47	122.30	160
Drain62	331	44.69	123.57	160
Drain63	342	46.17	125.09	160
Drain64	354	47.79	126.72	160
Drain65	366	49.41	128.31	160
Drain66	375	50.63	129.48	160
Drain67	402	54.27	132.90	160
Drain68	429	57.92	136.17	160

Tableau 54 : dimensionnement des drains

Drain / Collecteur	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /j)	φcalculé (mm)	φnormalisé (mm)
Drain69	450	60.75	138.63	160
Collecteur1	422	455.09	294.72	315
Drain70	181	24.44	98.57	110
Drain71	181	24.44	98.57	110
Drain72	181	24.44	98.57	110
Drain73	182	24.57	98.77	110
Drain74	182	24.57	98.77	110
Drain75	182	24.57	98.77	110
Drain76	182	24.57	98.77	110
Drain77	182	24.57	98.77	110
Drain78	182	24.57	98.77	110
Drain79	182	24.57	98.77	110
Drain80	182	24.57	98.77	110
Collecteur2	282	269.87	242.34	250
Drain81	285	38.48	116.84	160
Drain82	285	38.48	116.84	160
Drain83	276	37.26	115.44	160
Drain84	267	36.05	114.02	160
Drain85	259	34.97	112.72	160
Drain86	250	33.75	111.24	160
Drain87	241	32.54	109.72	110
Drain88	232	31.32	108.17	110
Drain89	223	30.11	106.58	110
Drain90	214	28.89	104.95	110
Drain91	205	27.68	103.27	110
Drain92	196	26.46	101.55	110
Drain93	187	25.25	99.78	110
Drain94	178	24.03	97.95	110
Collecteur3	368	445.23	292.32	315
Drain95	120	16.20	84.50	110
Drain96	93	12.56	76.81	110
Drain97	79	10.67	72.26	110
Drain98	76	10.26	71.22	110
Drain99	84	11.34	73.94	110
Drain100	95	12.83	77.42	110
Drain101	95	12.83	77.42	110
Drain102	87	11.75	74.92	110
Drain103	63	8.51	66.38	110
Drain104	415	56.03	134.49	160
Drain105	390	52.65	131.40	160
Drain106	362	48.87	127.78	160
Drain107	334	45.09	123.99	160
Drain108	308	41.58	120.28	160
Drain109	282	38.07	116.37	160
Drain110	258	34.83	112.56	160
Collecteur4	213	317.12	257.43	315
Collecteur5	203	762.35	357.55	400
Collecteur6	248	1032.21	400.52	400

Tableau 55 : la longueur totale des drains

Diamètre φ (mm)	L(m)
110	7832
160	20227
250	282
315	1003
400	451

**V.7 Conclusion :**

Les particularités du périmètre et le choix de la culture nous conduisent à concevoir un système de drainage en tenant compte des spécifications suivantes :

- Profondeur du placement des drains de 0.6 m.
- Ecartement entre les drains de 27 m.
- Les diamètres des drains sont de 110, 160, 250, 315 et 400 mm en PVC avec des longueurs totales de 7832, 20227, 282, 1003 et 451 m respectivement.
- Une longueur moyenne de 350 m.

## **Chapitre VI : L'entretien du système de drainage et l'estimation des devis**

## **VI.1 Introduction :**

L'entretien des réseaux de drainage est souvent sous-estimé, principalement en raison de la perception que le drainage est moins essentiel que l'irrigation, et que les eaux de drainage sont considérées comme des pertes pour le système. En outre, ces eaux de drainage ont tendance à avoir une qualité médiocre, car elles accumulent des sels, des nutriments, et divers éléments minéraux ou organiques à l'état de traces lors de leur passage dans le sol. Deux autres facteurs contribuent à la négligence de l'entretien des réseaux de drainage : premièrement, l'impact de l'entretien sur les performances du système n'est pas immédiatement évident, et deuxièmement, il est souvent plus facile de trouver des fonds pour la création de nouvelles infrastructures que pour leur entretien ultérieur.

## **VI.2 Causes de non fonctionnement du drainage :**

Il existe plusieurs causes potentielles susceptibles de compromettre ou d'entraver le bon fonctionnement du système de drainage. Ces causes peuvent découler de défauts lors de la conception ou de l'exécution des travaux, de facteurs naturels, ou d'autres circonstances.

## **VI.3 Obstructions d'origine technique :**

### **VI.3.1 Insuffisance de la section des drains :**

Même si un projet de drainage a été soigneusement étudié, avec des calculs précis des dimensions des drains et collecteurs conformément aux règles et normes, il est important de se rappeler que ces calculs sont basés sur des modèles théoriques et sont soumis aux variations naturelles du terrain.

En conséquence, les résultats de l'étude ne sont que des indications préliminaires pour définir les paramètres du projet, tels que le diamètre, la profondeur et l'espacement des drains. La solution optimale ne peut être déterminée qu'à travers l'expérience pratique. Il est donc fortement recommandé de mener des projets pilotes ou des tests sur le terrain en parallèle avec la conception du projet, afin de simuler des conditions réelles avec différents systèmes de drainage et des filtres, sous l'impact des pratiques d'irrigation.

### **VI.3.2 Insuffisance de la pente des drains :**

Lorsque la pente est insuffisante, la vitesse de l'eau peut devenir inférieure à la vitesse minimale acceptable, ce qui peut entraîner la formation de dépôts de sable ou d'argile. Cependant, cela ne devrait pas se produire si les paramètres de drainage ont été correctement étudiés et si le travail a été exécuté de manière adéquate.

L'irrégularité de la pente des travaux de drainage peut avoir deux origines principales : la machine de drainage elle-même et l'opérateur. La machine de drainage peut présenter des erreurs dans sa configuration initiale, qui doivent être corrigées en tenant compte de

l'installation du guidage laser et de l'hydraulique de la machine. Ces ajustements doivent être effectués par un spécialiste dès la réception de la machine en usine.

Une fois arrivée sur le site du projet, la draineuse, qu'il s'agisse d'une excavatrice ou d'une draineuse à outil taupe, doit être adaptée et optimisée pour les conditions locales. Des tests menés par des experts permettent d'adapter les outils et le système de guidage aux caractéristiques spécifiques du sol et du climat local.

Il est important de noter que les erreurs humaines sont fréquentes dans la qualité des travaux, en particulier lorsque le guidage est effectué manuellement à l'aide de nivelettes ou de commandes radio. Même l'utilisation du guidage laser ne peut pas résoudre automatiquement ce problème.

La vitesse de travail de la draineuse est un autre facteur critique, car une vitesse excessive, notamment avec une draineuse à outil taupe, peut perturber la fréquence du laser rotatif et dévier la machine de sa trajectoire prévue.

#### **VI.4 Mauvaise qualité des tuyaux :**

De nos jours, la plupart des projets de drainage utilisent des tuyaux en polyéthylène (PE) ou en polychlorure de vinyle (PVC). Cela permet d'éviter les problèmes potentiels associés à l'utilisation de tuyaux en poterie ou en béton de qualité médiocre, souvent fabriqués sur place. Les tuyaux en PE ou en PVC sont généralement de haute qualité, mais il convient de noter que le matériau PVC est sensible aux rayons ultraviolets. Son intégrité peut être compromise s'il est exposé pendant de longues périodes sans protection adéquate. De plus, il est sensible aux températures élevées et peut se déformer à partir d'une température d'environ 80°C.

#### **VI.5 Défectuosités pendant l'exécution des travaux :**

Le système peut subir des dommages résultant de la casse de tuyaux pendant la phase de construction, comme lors du remblaiement, de la rupture des connexions entre les tuyaux, ou encore du raccordement entre le drain et le collecteur, pouvant être causé par une force excessive exercée par la machine.



## **VI.6 Obstructions d'origine naturelle :**

### **VI.6.1 Pénétration dans les drains de petits animaux :**

Pour éviter le colmatage des drains par les animaux, on peut recourir à l'utilisation de sorties spéciales en matériau rigide équipées de grilles à leur extrémité.

### **VI.6.2 Dépôts de matières minérales :**

L'ensablement ou l'envasement est fréquemment observé dans les sols à faible stabilité, tels que les sols sableux ou argileux, en particulier lorsque les travaux de drainage sont réalisés dans des sols saturés en eau. Ce phénomène survient généralement peu de temps après la pose du tuyau et peut persister, bien que de manière atténuée. Dans les conditions favorables à l'envasement, il est nécessaire de protéger le drain à l'aide d'un filtre ou d'un matelas de couverture. Dans les sols sableux, une protection complète du tuyau par un filtre est essentielle.

Les collecteurs, quant à eux, ne sont généralement pas destinés à drainer l'eau, mais plutôt à collecter l'eau des drains et à la transporter vers le système de décharge.

Par conséquent, il est recommandé d'utiliser des drains non perforés en tant que collecteurs. Il est important de noter que toutes les connexions, boîtes de jonction et regards d'inspection peuvent constituer des points potentiels d'ensablement ou d'envasement. Afin de minimiser ces risques, il est crucial de veiller à ce que les raccordements soient étanches.

Lorsqu'il existe un risque d'ensablement ou d'envasement dans le collecteur, il est recommandé d'installer un dessableur dans la boîte de jonction ou le regard d'inspection pour prévenir ces problèmes.

### **VI.6.3 Colmatage par dépôts à réaction chimique :**

L'effet d'ensablement ou d'envasement est généralement causé par la présence de fer, de fer-sulfure et de manganèse dans le sol. Lorsque le fer ferreux ( $Fe^{++}$ ) présent dans le sol entre en contact avec l'oxygène, il s'oxyde pour former du fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ), ce qui entraîne la formation de dépôts. Ce problème peut parfois cesser de lui-même après quelques années de fonctionnement, mais dans les cas les plus graves, il peut persister. Les mesures préventives sont souvent difficiles à mettre en œuvre, mais il existe une solution consistant à réduire l'aération du système en utilisant une pièce spéciale à la sortie du drain.

**VI.7 Devis quantitative et estimative :****Tableau 56 :** Devis quantitative et estimative

Désignation des travaux	Diamètre (mm)	Quantité	Prix unitaire	Prix total (Da)
<b>Drain</b>	110	7832m	325 DA / ml	2545400
	160	20227m	560 DA / ml	11327120
<b>Collecteur</b>	250	282m	1350 DA / ml	380700
	315	1003m	2200 DA / ml	2206600
	400	451m	3500 DA / ml	1578500
<b>Tracteur</b>	/	90h	22000 DA / h	1980000
<b>Total</b>				20018320
<b>TVA 19%</b>				3803480.8
<b>Total TTC</b>				23821800.8

**VI.8 Conclusion :**

Il est essentiel de réaliser des inspections régulières des réseaux de drainage enterrés, en mettant particulièrement l'accent sur les points critiques tels que les bouches de décharge.

Si nécessaire, des nettoyages sous pression des drains enterrés peuvent être effectués. Cependant, il convient de noter que cette pratique ne doit pas être systématique, car elle comporte le risque de perturber la stabilité du sol à proximité du tuyau.

## Conclusion générale

Notre étude a porté sur une zone caractérisée par un climat semi-aride avec des conditions sèches, des précipitations variables et une eau assez saline. On a identifié la nécessité d'introduire un système de drainage efficace pour améliorer les rendements des cultures, en particulier pour les cultures de printemps qui dépendent principalement de l'irrigation.

On a également analysé les caractéristiques du sol de **Classe III**, mettant en évidence la nécessité d'aménagements tels que le labour profond, l'amendement organique et minéral, le drainage, le dessalage, le brise-vent et l'épierrage.

L'analyse des ressources en eau provenant du barrage de Ain Youcef a révélé des classifications C3S1, avec une faible alcalinité et un risque élevé de salinité. On a utilisé la loi normale pour ajuster la série des pluies annuelles.

Notre étude a également pris en compte les exigences en eau pour différentes cultures, en utilisant la méthode de Penman pour estimer les besoins en eau de chaque culture ainsi que la quantité d'eau nécessaire pour garder un équilibre salin du sol et éviter des chutes de rendement conséquentes. Cela nous a permis de quantifier la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation et au lessivage pendant la période de croissance des cultures, garantissant un approvisionnement hydrique suffisant.

Enfin, on a élaboré un système de drainage en tenant compte de spécifications telles que la profondeur du placement, l'écartement entre les drains, la pente et les diamètres des drains. On a souligné l'importance des inspections régulières et de l'entretien des réseaux de drainage pour assurer leur efficacité.

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance de la gestion de l'eau dans une zone semi-aride, en utilisant des méthodes telles que l'irrigation et le drainage pour optimiser les rendements agricoles. Notre approche méthodique et nos recommandations pourraient contribuer à améliorer la durabilité et la productivité de l'agriculture dans cette région.

# Les annexes

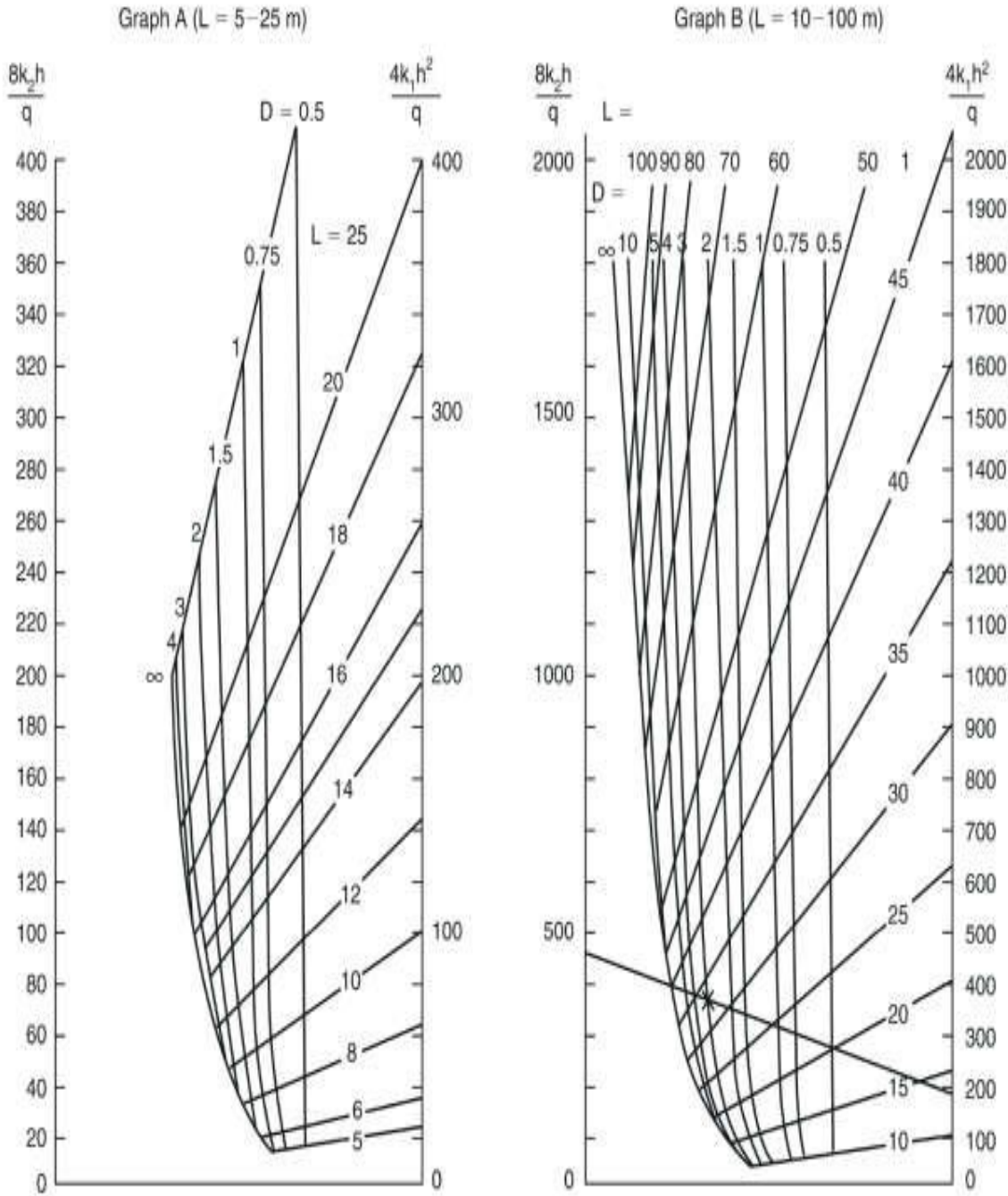
## Annexe 1 : Profondeur équivalente "d" pour des conduites enterrées (Vlotman et al., 2020)

TABLE 7.1 Equivalent depth 'd' for commonly used pipe drains ( $r_e = 4-10$  cm;  $u \geq 0.3$  m)

D(m)	L(m)→																			
	5	7.5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	80	85	90	100	150	200	250	
0.50	0.45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50													
0.75	0.60	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75									
1.00	0.65	0.75	0.80	0.85	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.25	0.70	0.80	0.90	1.00	1.05	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15									
1.50		0.90	0.95	1.10	1.20	1.25	1.30	1.30	1.35	1.35	1.35									
1.75		0.90	1.00	1.20	1.30	1.40	1.45	1.50	1.50	1.55	1.55									
2.00			1.10	1.30	1.40	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.70	1.80	1.80	1.80	1.85	1.85	1.90	1.90	1.90	1.95
2.25			1.15	1.35	1.50	1.70	1.70	1.75	1.80	1.85	1.85									
2.50				1.40	1.55	1.70	1.80	1.85	1.95	2.00	2.00									
2.75				1.40	1.65	1.75	1.90	2.00	2.05	2.10	2.20									
3.00				1.45	1.65	1.85	1.95	2.10	2.15	2.25	2.30	2.50	2.50	2.55	2.55	2.60	2.70	2.80	2.80	2.85
3.25				1.50	1.70	1.90	2.05	2.15	2.25	2.35	2.40									
3.50				1.50	1.75	1.95	2.10	2.25	2.35	2.45	2.55									
3.75				1.50	1.80	1.95	2.15	2.30	2.45	2.55	2.65									
4.00					1.80	2.00	2.20	2.35	2.50	2.60	2.70	3.05	3.10	3.10	3.15	3.25	3.45	3.60	3.60	3.65
4.50					1.85	2.10	2.30	2.50	2.65	2.75	2.85									
5.00					1.90	2.15	2.40	2.60	2.75	2.90	3.00	3.50	3.55	3.60	3.65	3.80	4.10	4.30	4.30	4.45
5.50						2.20	2.45	2.65	2.85	3.00	3.15									
6.00							2.50	2.70	2.90	3.10	3.25	3.85	3.95	4.00	4.10	4.25	4.70	4.95	5.15	5.15
7.00							2.55	2.80	3.05	3.25	3.45	4.15	4.25	4.35	4.40	4.60	5.20	5.55	5.80	5.80
8.00							2.55	2.85	3.15	3.35	3.55	4.40	4.50	4.60	4.70	4.95	5.70	6.15	6.45	6.45
9.00								2.90	3.20	3.45	3.65	4.55	4.70	4.80	4.95	5.25	6.10	6.65	7.00	7.00
10.00									3.25	3.50	3.75	4.75	4.90	5.05	5.20	5.45	6.45	7.10	7.55	7.55
12.50												5.00	5.20	5.40	5.55	5.90	7.20	8.05	8.70	8.70
15.00												5.20	5.40	5.60	5.80	6.25	7.75	8.85	9.65	9.65
17.50												5.30	5.55	5.75	6.00	6.45	8.20	9.45	10.40	10.40
20.00													5.60	5.85	6.10	6.60	8.55	9.95	11.10	11.10
25.00													5.75	5.95	6.20	6.80	9.00	10.70	12.10	12.10
30.00																	9.25	11.30	12.90	12.90
35.00																	9.45	11.60	13.40	13.40
40.00																		11.80	13.80	13.80
45.00																			12.00	13.80
50.00																			12.10	14.30
60.00																				14.60
~	0.70	0.95	1.15	1.55	1.90	2.25	2.60	2.90	3.25	3.55	3.90	5.40	5.75	6.00	6.25	6.80	9.55	12.20	14.70	14.70

Roughly  
d = constant for  $D > \frac{1}{2}L$

**Annexe 2 :** Abaque pour la solution des écartements entre drains de la formule de Hooghoudt (Vlotman et al., 2020)



**Annexe 3 : Carte d'élévation**



## Références bibliographiques

Bahbouh L. et Aziez O. (2021) : Polycopie Cours Drainage et Assainissement Agricole, ensh, 123 p .

Mermoud A. (2006) : Élément de drainage des sols agricoles. Section science et ingénierie de l'environnement. Cours Aménagement est équipements du territoire. École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL. 49 p.

Mermoud A. (2007) : Assainissement des sols agricoles. Section science et ingénierie de l'environnement. Cours Gestion du régime hydrique des sols. École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL. 100 p.

Vlotman W. F., Smedema L.K., Rycroft D.W. (2020) : Modern Land Drainage. Planning, Design and Management of Agricultural Drainage Systems. 2nd Edition Revised and updated 2020. Copyright © 2004 Taylor & Francis Group plc, London, UK, ISBN 90-5809-554-1 Paperback edition published 1988. 509 p.