



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME:**

**Etude du périmètre d'irrigation d'El Hennaya (200ha) à partir de  
la STEP de Ain El Hout (W.Tlemcen)**

**Présenté par :**

BOUKERMA NASSREDDINE

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examinatrice
SAIL Nadhira	M.A.A	Examinatrice
KERID Rachid	M.C.A	Examineur
SADOUNE Samra	M.C.A	Promotrice

**Session Septembre 2024**

# Remerciement

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force, le courage et la persévérance nécessaires tout au long de mon parcours, me permettant ainsi de mener à bien ce mémoire.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers mes parents, qui ont veillé sur mon éducation. À ma mère et à mon père, qui ont travaillé dur pour m'élever et ont toujours cru en moi, je vous adresse mes remerciements sincères et mon amour du fond du cœur, pour toute ma vie.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame Sadoune Samra, qui a généreusement accepté de superviser ce travail. Je lui suis également reconnaissant pour le temps qu'elle m'a consacré, pour son expertise précieuse dans ce domaine, ainsi que pour sa patience et ses conseils avisés, qui ont enrichi ma réflexion et contribué de manière significative à la réussite de ce mémoire.

Je tiens également à remercier l'ensemble des ingénieurs de l'Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID), ainsi que la direction des ressources hydrauliques de Tlemcen, pour m'avoir fourni les données nécessaires à la réalisation de ce travail.

Je tiens également à remercier tous les professeurs de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), dont l'engagement a joué un rôle essentiel dans ma formation d'ingénieur d'état.

Je tiens également à exprimer ma gratitude aux membres du jury, qui auront l'honneur d'évaluer et de juger mon travail.

# *Dédicace*

À ma famille, qui reste une source inépuisable de soutien et d'inspiration tout au long de ma vie.

À tous mes amis rencontrés au cours de mon parcours universitaire, qui représentent ma deuxième famille.

J'informe un être cher dans les plis du cœur que si je ne le rencontre pas, je le rencontrerai. J'aimerais qu'il sache que je ne me souviens pas de lui et comment puis-je me souvenir de lui parce que je ne l'oublie pas. Vous qui vous imaginez que je ne me souviens pas de lui, et Dieu sait que je ne l'oublierai pas, s'il est absent de moi, l'âme l'habitera.

Celui qui habite l'âme, comme le cœur l'oublie.

## ملخص :

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو التهيئة الهيدرو-زراعية لمنطقة حناية، التي تمتد على مساحة 200 هكتار، باستخدام المياه المعالجة من محطة الصرف الصحي بعين الحوت في ولاية تلمسان. وإدارة استخدام مياه السقي بشكل فعال، قمنا بإجراء تحليل دقيق للبيانات المناخية وخصائص التربة. يهدف هذا التحليل إلى ضمان توفير إمدادات مياه كافية من حيث التدفق والضغط، وتقدير احتياجات المنطقة من المياه. في نهاية المشروع، تم تصميم نظام سقي مناسب، يشمل السقي بالرش والتنقيط، نظرًا لكفاءتهما في استخدام مياه السقي. سيساهم تصميم الشبكة الجديدة في تحسين إدارة المياه، وزيادة إنتاجية المحاصيل، وتحديث الزراعة في سهل حناية .

## Résumé :

L'objectif principal de ce mémoire est l'aménagement hydro-agricole du périmètre de HENNAYA, qui s'étend sur une superficie de 200 hectares, en utilisant les eaux traitées de la station d'épuration de Ain el HOUT wilaya de Tlemcen. Pour gérer efficacement l'utilisation de l'eau d'irrigation, nous avons réalisé une analyse approfondie des données climatiques et des caractéristiques du sol. Cette analyse vise à garantir un approvisionnement en eau adéquat en termes de débit et de pression, et à estimer les besoins en eau du périmètre.

À la fin du projet, un système d'irrigation approprié a été conçu, incluant l'irrigation par aspersion et par goutte-à-goutte, en raison de leur efficacité en matière d'eau d'irrigation. La conception du nouveau réseau d'adduction contribuera à une meilleure gestion de l'eau, à l'augmentation de la productivité des cultures, ainsi qu'à la modernisation de l'agriculture dans la plaine HENNAYA.

## Abstract :

The main objective of this thesis is the hydro-agricultural development of the HENNAYA perimeter, which covers an area of 200 hectares, using the treated waters from the Ain el HOUT wastewater treatment plant in the wilaya of Tlemcen. To effectively manage the use of irrigation water, we conducted an in-depth analysis of climatic data and soil characteristics. This analysis aims to ensure adequate water supply in terms of flow and pressure, and to estimate the water needs of the perimeter.

At the end of the project, an appropriate irrigation system was designed, including sprinkler and drip irrigation, due to their efficiency in irrigation water use. The design of the new water supply network will contribute to better water management, increased crop productivity, and the modernization of agriculture in the HENNAYA plain.

## **Chapitre I : Analyse des conditions naturelles**

I.1. Introduction.....	2
I.2. Présentation de la wilaya de Tlemcen .....	2
I.2.1 Situation géographique .....	2
I.2.2 Présentation de la zone d'étude .....	3
I.3. Caractéristiques topographiques de la zone .....	4
I.3.1 Relief.....	4
I.3.2 Hydrographie .....	4
I.3.3 La Géologie .....	6
I.3.3.1 Description litho-stratigraphique des Monts de Tlemcen.....	6
I.3.3.2 les conglomérats de la plaine d'Hennaya .....	9
I.4. Caractéristiques climatologique de la zone .....	10
I.5. Calcul des indices Agro-météorologiques .....	14
I.5.1 Indice d'aridité de Martonne (1926).....	14
I.5.2 Diagramme d'EMBERGER (1955).....	15
I.5.3 Indice de Bagnols et Gausson.....	16
I.6. Conclusion .....	17

## **Chapitre II : Analyse des ressources en sol et en eau**

II.1. Introduction .....	18
II.2. Ressources en sol.....	18
II.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des sols .....	18
II.2.2. Classification des sols.....	19
II.2.3. L'aptitude culturale .....	26
II.2.3.1. Différentes classes des sols et perméabilité .....	26
II.3. Ressources en eau.....	29
II.3.1. Présentation de la station d'épuration d'Ain el Hout .....	29
II.3.2. Gestion de la STEP.....	30
II.3.3. Classification des eaux de l'irrigation .....	34
II.4. Etude Hydrologique .....	36
II.4.1. Choix de la station pluviométrique .....	36
II.4.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle .....	37
II.4.3. Etude d'homogénéité de la série pluviométrique .....	38
II.4.4. Ajustement de la série pluviométrique.....	40
II.4.4.1. L'ajustement par la loi normale (Gauss).....	41
II.4.4.2. L'ajustement par la loi log normale (Galton).....	41
II.4.5. Test de fiabilité des ajustements.....	42

II.4.6. Détermination de l'année de calcul .....	42
II.5. Conclusion.....	43

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

III.1. Introduction .....	44
III.2. Besoins en eau des cultures .....	44
III.2.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation .....	44
III.2.2. L'évapotranspiration de référence (ET <sub>0</sub> ).....	44
III.2.3. Calcul de la pluie efficace .....	46
III.2.4. Calcul de la réserve en eau du sol .....	46
III.3. Choix des cultures .....	46
III.3.1. Occupation des sols.....	47
III.3.2. Assolement et rotation des cultures .....	47
III.4. Estimation des besoins en eau des cultures choisies .....	48
III.4.1. Estimation des besoins en eau des céréales.....	48
III.4.2. Estimation des besoins en eau des arboricultures .....	52
III.5. Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2.....	53
III.6. Calcul du débit spécifique.....	54
III.7. Calcul du débit caractéristique .....	54
III.8. Estimation des volumes d'eau d'irrigation .....	54
III.9. Conclusion .....	55

### **Chapitre IV : Etude de système d'adduction- distribution**

IV.1. Introduction.....	56
IV.2. Alimentation en eau du périmètre.....	56
IV.3. Organisation et structure du périmètre.....	56
IV.3.1. Découpage des ilots .....	56
IV.3.2. Choix du tracé de réseau d'irrigation.....	57
IV.4. Calcul hydraulique des bornes .....	57
IV.5. Etude de système adduction-distribution .....	59
IV.5.1. Choix du matériau des conduites .....	59
IV.5.2. Calcul des diamètres .....	60
IV.5.3. Estimation des pertes de charge .....	60
IV.5.4. Calcul des pressions des nœuds et des bornes .....	61
IV.6. Conclusion .....	62

### **Chapitre V : Choix des techniques d'irrigation**

V.1. Introduction .....	63
V.2. Choix des techniques d'irrigation.....	63
V.3. Les techniques d'irrigation .....	63
V.4. L'irrigation gravitaire (ou de surface).....	63
V.4.1. Irrigation par ruissellement .....	64
V.4.2. L'irrigation à la raie ou par sillons.....	64
V.4.3. Irrigation par submersion (par bassin).....	64
V.4.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire .....	65
V.5. L'irrigation par aspersion .....	65
V.5.1. Schéma d'un réseau d'aspersion .....	66
V.5.2. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	66
V.6. L'irrigation localisée (goutte à goutte).....	67
V.6.1. Schéma d'un réseau goutte à goutte .....	67
V.6.2. Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte .....	68
V.7. Conclusion .....	68

## **Chapitre VI : dimensionnement à la parcelle**

VI.1. Introduction.....	69
VI.2. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte .....	69
VI.2.1. Données générales .....	69
VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée .....	69
VI.2.3. Calcul de la dose d'irrigation corrigée .....	70
VI.2.4. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) .....	70
VI.2.5. Calcul de la dose réelle .....	70
VI.2.6. Calcul de la dose brute .....	70
VI.2.7. Durée de fonctionnement par d'arrosage .....	71
VI.2.8. Calcul Hydraulique .....	71
VI.2.8.1. Nombre des arbres par rampe .....	71
VI.2.8.2. Nombre des goutteurs par rampe .....	71
VI.2.8.3. Nombre des rampes.....	71
VI.2.8.4. Les débits de la rampe et la porte rampe.....	71
VI.2.8.5. Diamètres de rampe et la porte rampe .....	72
VI.2.8.6. Vérification des pertes de charges .....	72
VI.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	73
VI.3.1. Choix de la culture .....	73
VI.3.2. Choix de la parcelle .....	73
VI.3.3. Calcul de la Dose pratique RFU .....	73

VI.3.4. Dimensionnement de l'asperseur.....	73
VI.3.4.1. Choix du diamètre de la buse.....	74
VI.3.4.2. Calcul de la portée du jet .....	74
VI.3.4.3. Calcul des écartements.....	74
VI.3.4.4. Calcul du Débit de l'asperseur.....	74
VI.3.4.5. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur.....	74
VI.3.4.6. Détermination des paramètres d'arrosage.....	74
VI.3.5. Calculs hydrauliques.....	75
VI.3.5.1. Calcul de la longueur du la rampe .....	75
VI.3.5.2. Nombre des asperseurs par rampe .....	75
VI.3.5.3. Débit des rampes.....	76
VI.3.5.4. Diamètre de la rampe .....	76
VI.3.5.5. Calcul du la longueur du porte rampe.....	76
VI.3.5.6. Débit du porte rampe .....	76
VI.3.5.7. Diamètre du porte rampe .....	76
VI.3.6 .....	76
VI.4. Conclusion .....	77

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

VII.1. Introduction	78
VII.2. Réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution.....	78
VII.3. Calcul des Volumes de terrassement .....	79
VII.3.1. Dimensions des tranchées.....	79
VII.3.2. Profondeur de la tranchée.....	79
VII.3.3. Section de la tranchée .....	80
VII.3.4. Calcul des volumes des tranchées .....	80
VII.3.5. Volume des déblais.....	80
VII.3.6. Volume de lit de sable.....	81
VII.3.7. Volume occupé par la conduite .....	81
VII.3.8. Volume des remblais .....	81
VII.4	81
VII.4.1. Coût de réseau d'adduction et de distribution .....	81
VII.4. Conclusion .....	83
Conclusion générale .....	84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	85
Annexe 1 .....	86



Annexe 2 .....	87
Annexe 3 .....	88
Annexe 4 .....	89

# LISTE DES TABLEAUX

## Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

<b>Tableau I.1.</b> La stratigraphie de la zone d'étude.....	8
<b>Tableau I.2.</b> Références de la station .....	10
<b>Tableau I.3.</b> Précipitations moyennes mensuelles (Station Hennaya) (2020) .....	10
<b>Tableau I.4.</b> Températures moyennes mensuelles de la station de Tlemcen (1995-2020) .....	11
<b>Tableau I.5.</b> Vitesses moyennes mensuelles des vents (1995-2020) .....	12
<b>Tableau I.6.</b> L'humidité relative moyennes mensuelles (1995-2020) .....	12
<b>Tableau I.7.</b> Insolation moyenne mensuelle en heures (1995-2020) .....	13
<b>Tableau I.8.</b> Moyennes mensuelles des gelés de la station de Tlemcen. ....	14
<b>Tableau I.9.</b> Classification du climat selon l'indice d'aridité de Martonne.....	15

## Chapitre II : Analyse des ressources en sol et en eau

<b>Tableau II.1.</b> Analyses physico-chimiques.....	21
<b>Tableau II.2.</b> Réserves minérales.....	21
<b>Tableau II.3.</b> Analyses physico-chimiques.....	23
<b>Tableau II.4.</b> Réserves minérales.....	23
<b>Tableau II.5.</b> Analyses physico-chimiques.....	25
<b>Tableau II.6.</b> Réserves minérales.....	25
<b>Tableau II.7.</b> aptitudes culturales des sols .....	27
<b>Tableau II.8.</b> Fiche technique de la station d'Ain El Hout.....	30
<b>Tableau II.9.</b> Tableau récapitulatif du traitement des eaux usées.....	31
<b>Tableau II.10.</b> Tableau récapitulatif du traitement des boues.....	31
<b>Tableau II.11.</b> résultats des analyses physico-chimiques à l'entrée de la STEP d'Ain El Hout.....	33
<b>Tableau II.12.</b> Les caractéristiques de l'eau épurée sortant de la STEP d'Ain El Hout .....	33
<b>Tableau II.13.</b> Les normes d'irrigation en Algérie pour les eaux usées épurées (journal officiel de la République Algérienne. N41°, Juillet 2012).....	34
<b>Tableau II.14.</b> Risque d'irrigation en fonction de la salinité .....	34
<b>Tableau II.15.</b> Eléments chimiques pour le calcul de SAR. ....	35
<b>Tableau II.16.</b> Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR .....	35
<b>Tableau II.17.</b> La série des Précipitation moyennes mensuelles (1980-2020). ....	37
<b>Tableau II.18.</b> Tableau présentant le test de Wilcoxon .....	39
<b>Tableau II.19.</b> Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi normal. ....	43
<b>Tableau II.20.</b> les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche.....	43

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

<b>Tableau III.1.</b> L'évapotranspiration de référence ETo calculée par le logiciel CROPWAT .....	45
<b>Tableau III.2.</b> Calcul des pluies efficaces.....	46
<b>Tableau III.3.</b> Occupation du sol du périmètre Hennaya.....	47
<b>Tableau III.4.</b> système de cultures proposées .....	47
<b>Tableau III.5.</b> Assolement proposé.....	47
<b>Tableau III.6.</b> Le cycle végétatif des cultures envisagées .....	48
<b>Tableau III.7.</b> Calcul des besoins en eau pour le Blé .....	48
<b>Tableau III.8.</b> Calcul des besoins en eau pour l'orge grain .....	49
<b>Tableau III.9.</b> Calcul des besoins en eau pour l'orge vert .....	49
<b>Tableau III.10.</b> Calcul des besoins en eau pour l'avoine.....	50
<b>Tableau III.11.</b> Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (S).....	50
<b>Tableau III.12.</b> Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS) .....	51
<b>Tableau III.13.</b> Calcul des besoins en eau pour Haricot.....	51
<b>Tableau III.14.</b> Calcul des besoins en eau pour les Agrumes.....	52
<b>Tableau III.15.</b> Calcul des besoins en eau pour l'olivier .....	52
<b>Tableau III.16.</b> Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1 .....	53
<b>Tableau III.17.</b> Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2 .....	53
<b>Tableau III.18.</b> volumes d'eau d'irrigation. ....	55

### **Chapitre IV : Etude de système d'adduction- distribution**

<b>Tableau IV.1.</b> Choix du diamètre de la borne .....	58
<b>Tableau IV.2.</b> Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.....	58
<b>Tableau IV.3.</b> calculs hydraulique du réseau d'adduction et distribution.....	61

### **Chapitre VI : dimensionnement à la parcelle**

<b>Tableau VI.1.</b> Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte.....	73
<b>Tableau VI.2.</b> Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion .....	77

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

<b>Tableau VII.1.</b> Le calcul des dimensions de différents diamètres. ....	80
<b>Tableau VII.2.</b> Le calcul des volumes de terrassement. ....	81
<b>Tableau VII.3.</b> Estimation de coût des travaux de terrassement. ....	82
<b>Tableau VII.4.</b> Estimation de coût de réseau d'adduction et de distribution.....	82
<b>Tableau VII.5.</b> Estimation du coût des pièces spéciales.....	82

## LISTE DES FIGURES

### Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

<i>fig I.1.</i> Situation géographique de la wilaya de Tlemcen.....	2
<i>fig I.2.</i> Localisation du périmètre de la zone d'étude (Google Earth 2024) .....	4
<i>fig I.3.</i> Situation hydrographique du Tlemcen. ....	5
<i>fig I.4.</i> Log litho-stratigraphique synthétique de la région étudiée ( <b>Benest M. &amp; Bensalah M., 1999; in Bensaoula F., 2006</b> ).....	7
<i>fig I.5.</i> Coupe schématique de plateau d'Hennaya ( <b>Bensaoula F., 2006</b> ).....	7
<i>fig I.6.</i> Présentation des conglomérats de base ( <b>Bensaoula F., 2006</b> ).....	9
<i>fig I.7.</i> Disposition observée au niveau de la source d'Ain Hallilifa ( <b>Bensaoula F., 2006</b> ).....	9
<i>fig I.8.</i> Précipitations moyennes mensuelles (Station Hennaya).....	10
<i>fig I.9.</i> Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Tlemcen (1995-2020).....	11
<i>fig I.10.</i> Répartition Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen.....	12
<i>fig I.11.</i> Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen.....	13
<i>fig I.12.</i> Variation d'insolation moyenne mensuelle.....	13
<i>fig I.13.</i> .....	13
<i>fig I.14.</i> Répartition des Moyennes mensuelles des gelés.....	14
<i>fig I.15.</i> Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	16
<i>fig I.16.</i> Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	17

### Chapitre II : Analyse des ressources en sol et en eau

<i>fig II.1.</i> image satellitaire de la STEP (Google Earth 2024) .....	29
<i>fig II.2.</i> Schéma générale de la STEP d'Ain El Hout.....	32
<i>fig II.3.</i> Diagramme de la classification des eaux d'irrigation de l'USSL (1954) .....	36
<i>fig II.4.</i> Ajustement des pluies annuelles par la loi normale.....	41
<i>fig II.5.</i> Ajustement des pluies annuelles par la loi log-normale .....	42

### Chapitre V : Choix des techniques d'irrigation

<i>fig V.1.</i> Irrigation par sillons .....	64
<i>fig V.2.</i> Irrigation par bassin .....	65
<i>fig V.3.</i> Irrigation par aspersion .....	66
<i>fig V.4.</i> Irrigation par goutte à goutte.....	67

### Chapitre VII : Calcul technico-économique

*fig VII.1.* Schéma d'une tranchée ..... 80

## **Liste des planches**

**Planche 1 : Plan de situation.**

**Planche 2 : Plan d'occupation.**

**Planche 3 : Plan d'adduction et de distribution.**

**Planche 4 : Plan de distribution de réseaux goutte à goutte.**

**Planche 5 : Profil en long de la conduite principale.**

# **Introduction générale**

# Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle essentielle pour la vie humaine et les activités économiques. En effet, l'agriculture dépend fortement de l'eau pour assurer la production alimentaire et favoriser le développement économique. Cependant, l'accès à de l'eau de qualité devient de plus en plus limité en raison de la croissance démographique, des effets du changement climatique et de la pollution.

La pollution des eaux usées constitue un défi majeur dans de nombreuses régions du monde. Les stations d'épuration sont conçues pour traiter les eaux usées et réduire les niveaux de pollution avant de les rejeter dans l'environnement. Cependant, ces eaux traitées peuvent également représenter une ressource précieuse pour l'agriculture, notamment dans les zones arides et semi-arides où l'eau est rare.

L'aménagement hydro-agricole après une station d'épuration est une approche innovante qui consiste à utiliser les eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures. Cette pratique permet de répondre aux besoins croissants en eau pour l'agriculture tout en réduisant la pollution de l'environnement.

Dans le cadre de cette étude, nous examinerons le dimensionnement d'un réseau d'irrigation après une station d'épuration, les avantages et les défis liés à cette pratique, ainsi que les mesures nécessaires pour assurer une utilisation sûre et durable de cette ressource en eau.

Nous débuterons notre mémoire par une analyse des caractéristiques naturelles de la zone d'étude, et les ressources en sol et en eau, suivie du calcul des besoins en eau pour l'irrigation et d'une évaluation du système d'adduction et de distribution.

En conclusion, notre étude inclura une estimation technico-économique du coût total du projet, visant à optimiser sa réalisation.



**Chapitre I:**  
**Analyse des conditions**  
**naturelles**

## Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

### I.1. Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous nous intéressons à effectuer une évaluation complète des Conditions naturelles de la zone d'étude, en prenant en considération les caractéristiques géographiques, géologiques et climatologiques afin de mieux valoriser le potentiel de la zone. La zone d'étude concerne le périmètre de HENNAYA situé dans la wilaya de Tlemcen.

### I.2. Présentation de la wilaya de Tlemcen :

#### I.2.1 Situation géographique :

La Wilaya de Tlemcen est située sur le littoral Nord-Ouest du pays et dispose d'une façade maritime de 120 km. C'est une wilaya frontalière avec le Maroc, avec une superficie de 9 017,69 km<sup>2</sup>. Le Chef-lieu de la wilaya est située à 432 km à l'Ouest de la capitale, Alger.

La wilaya est constituée administrativement de 20 daïras et de 53 communes.

La wilaya est limitée par :

- Au nord, par la Méditerranée.
- À l'ouest, par le Maroc.
- Au sud, par la wilaya de Naâma.
- À l'est, par les wilayas de Sidi-Bel-Abbès et Aïn Témouchent.

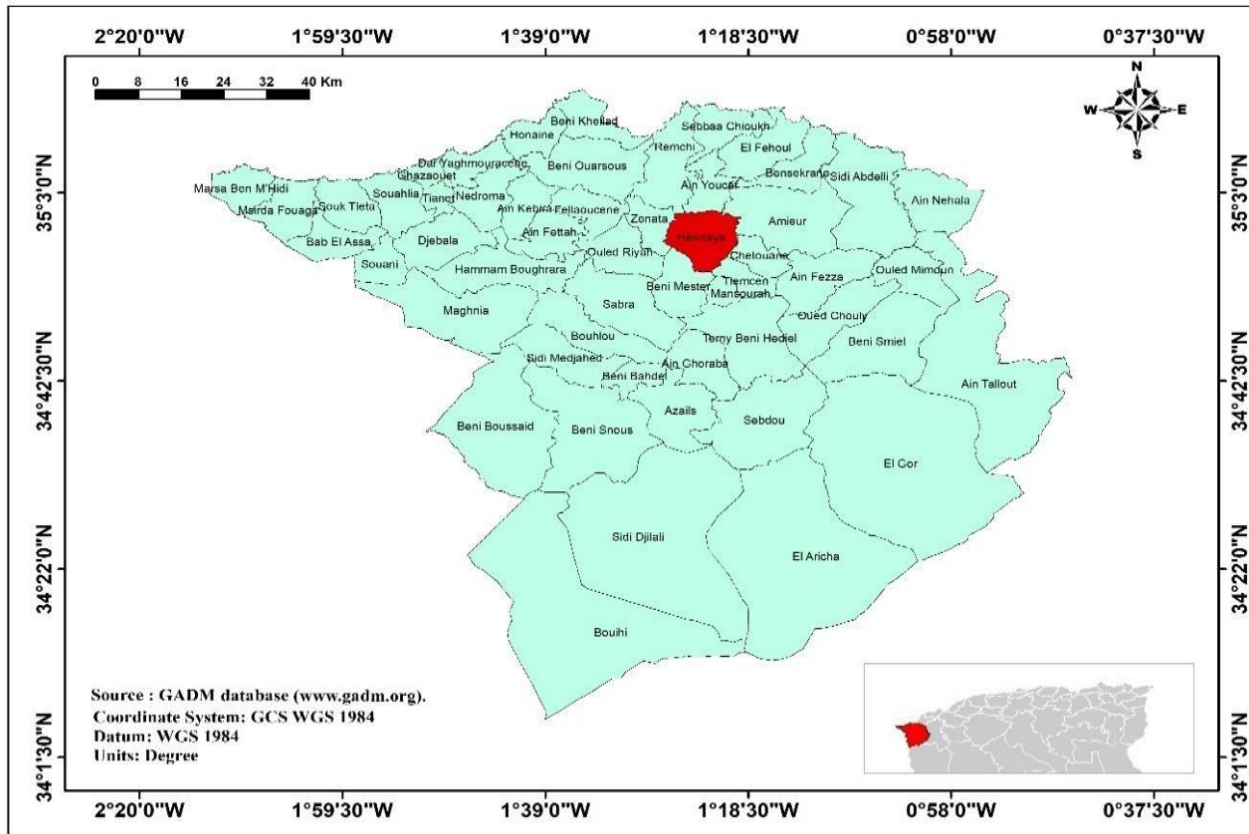


fig I.1. Situation géographique de la wilaya de Tlemcen.

### I.2.2 Présentation de la zone d'étude :

Le grand périmètre d'irrigation TAFNA ISSER ET HENNAYA est caractérisé par une superficie exploitable d'environ 10.000 ha, il est composé de cinq (05) entités géographiques distinctes qui sont :

- La haute et moyenne Tafna.
- La basse Tafna.
- La confluence de Tafna ISSER.
- La vallée de l'oued Tafna ISSER.
- Plateau de HENNAYA.

Le périmètre d'irrigation de Hennaya (912 ha) est situé dans la partie Nord du chef-lieu de la commune Hennaya, il est situé à 11 Km en aval de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tlemcen.

Il est limité par :

- A l'Est par la route communale Hennaya - Ain Youcef.
- A l'Ouest par la route nationale N°22 Hennaya – Remchi.
- Au Nord par la route W71 qui mène au village d'Ain Youcef.
- Au Sud par la ville de Hennaya.

L'alimentation en eau du périmètre de Hennaya est assurée par les eaux usées recyclées en provenance de la station d'épuration de la ville de Tlemcen située à Ain el Hout.

Les terrains qui forment ce périmètre sont caractérisés par le fait qu'ils sont fortement plats avec une pente régulière de 1.7% dirigés vers le Nord, et une altitude qui varie entre 390m et 320m.

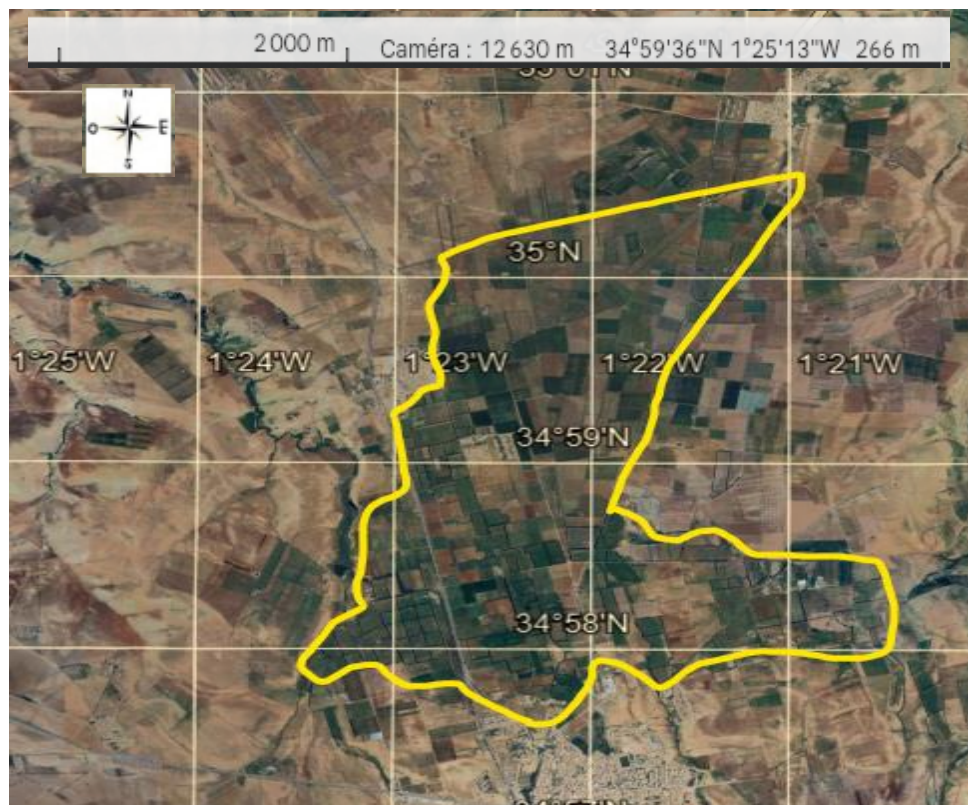
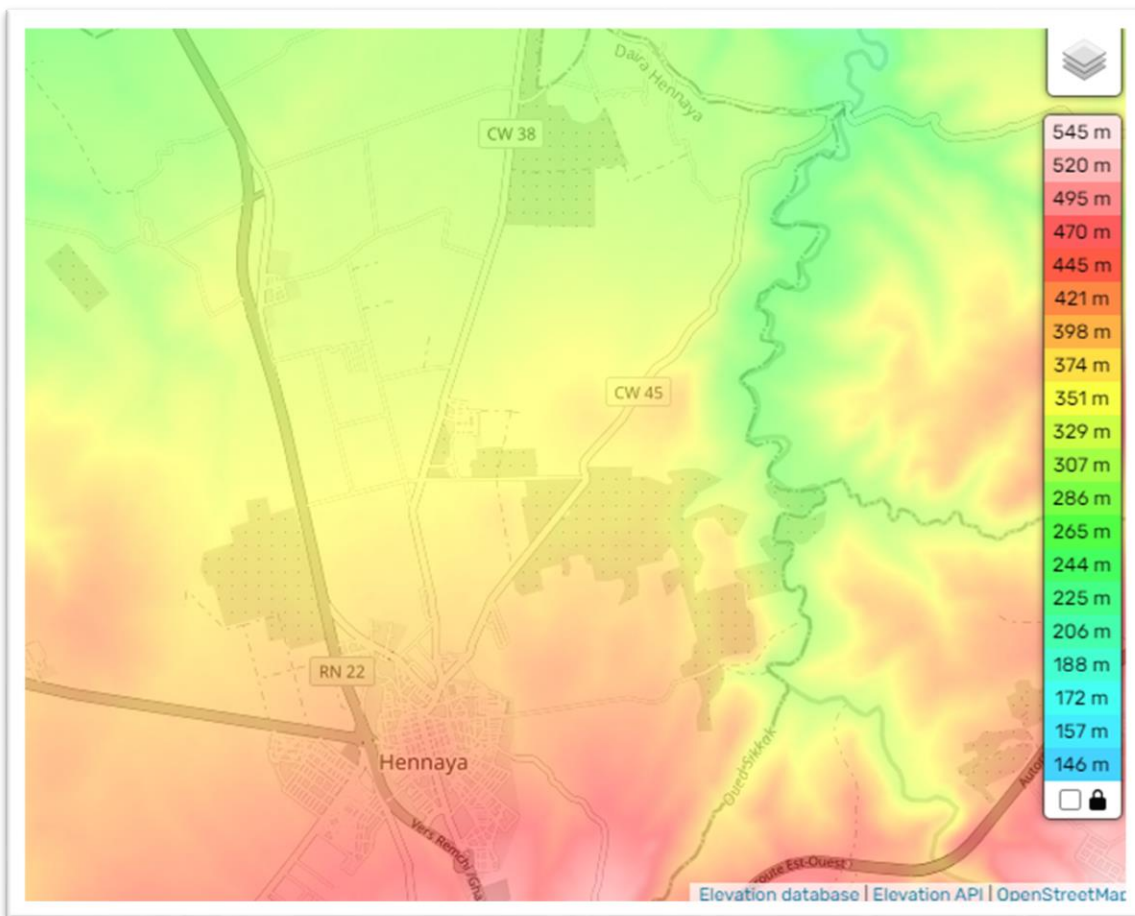


fig I.2. Localisation du périmètre de la zone d'étude (Google Earth 12/09/2024).

### I.3. Caractéristiques topographiques de la zone :

#### I.3.1 Relief :

Le La ville de Hennaya, située dans la wilaya de Tlemcen, fait partie de la plaine de Tlemcen. Le relief de cette région est principalement constitué de plaines fertiles, entourées de montagnes et de collines au nord et au sud. Hennaya elle-même est située dans une zone de transition entre les plaines agricoles de la plaine de Tlemcen et les hauteurs des montagnes environnantes. La plaine de Tlemcen est réputée pour ses terres agricoles riches, bénéficiant d'un climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.



*fig I.3.* Carte topographique Hennaya, altitude & relief.

#### I.3.2 Hydrographie :

Située dans le bassin versant de la Tafna, au nord de la ville de Tlemcen, la plaine d'Henaya est caractérisée par un climat semi aride où se pratique une importante activité agricole. La plaine a connu ces dernières années un important développement agricole qui a engendré un accroissement de la demande en eau pour l'irrigation conduisant à la surexploitation de la nappe d'Henaya d'une capacité d'environ 22 millions de m<sup>3</sup> qui constitue la première source pour l'irrigation, au recours d'utilisation des eaux usées qui proviennent principalement des rejets ouest de la ville de Tlemcen et à l'irrigation avec les eaux usées traitées du périmètre équipé de 912 Ha dans la plaine d'Henaya à partir de la station d'épuration d'Ain el Houtz.

La nappe de la plaine d'Hennaya (Fig.1.4) d'une superficie d'environ 29 Km<sup>2</sup>, se situe à une dizaine de kilomètres, au nord de la ville de Tlemcen (Nord-Ouest Algérien). [1]

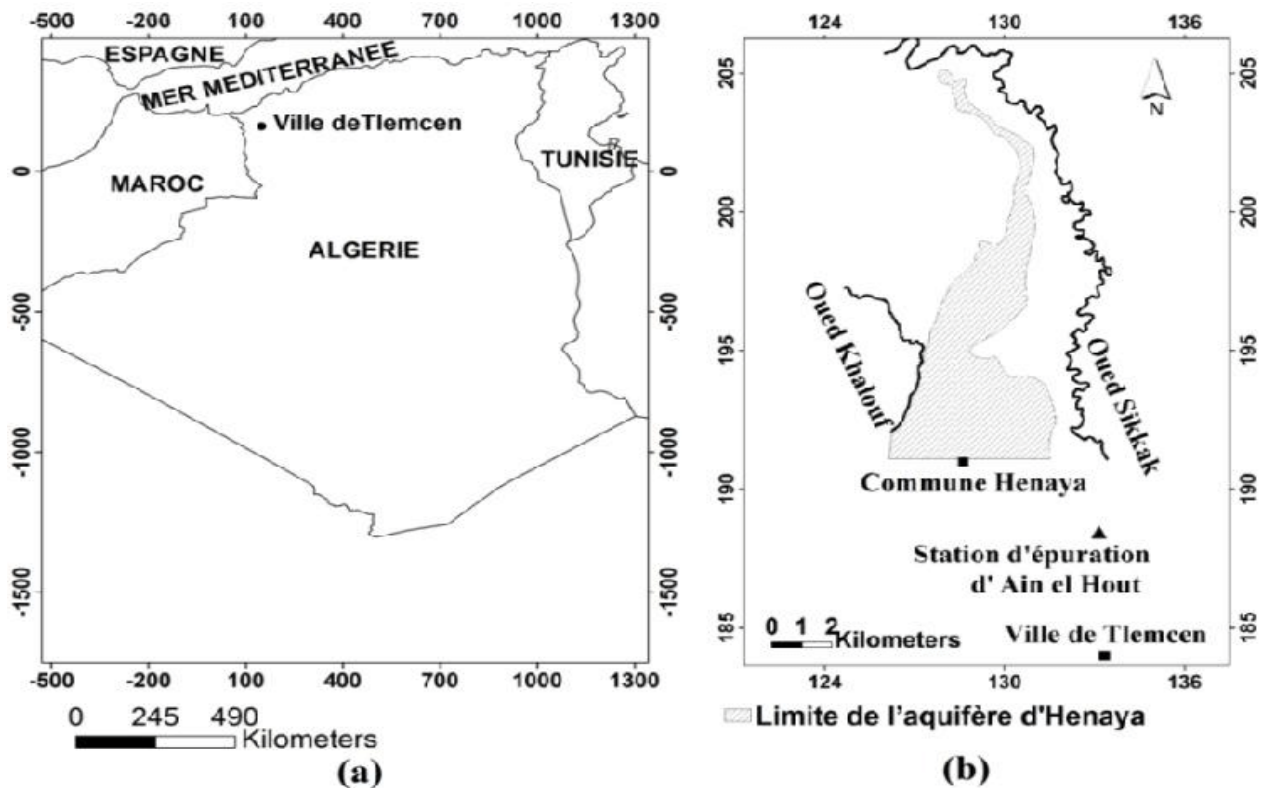


fig I.4. Localisation de la nappe d'Hennaya.

### I.3.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE :

La région d'étude est constituée dans son ensemble de formations quaternaires et miocènes. Le Miocène est représenté par les marnes et grès helvétiques ainsi que les grès tortoniens. Les formations du Quaternaire recouvrent toutes les formations du Miocène à l'exception du Sud de la plaine où les grès affleurent. Les sédiments quaternaires sont variés (conglomérats, graviers, graviers argileux, argiles calcaires, croûtes calcaire et travertins). L'étude hydrogéologique et hydrodynamique de l'aquifère a été réalisée à partir des données de sondages de reconnaissance, des puits existants, des essais par pompage et aussi par des coupes géologiques. Les horizons aquifères de la région sont les grès tortoniens et les sédiments quaternaires (Fig.I.5). L'écoulement de la nappe se fait du sud jusqu'à la zone de drainage au nord. Les apports proviennent du sud sans échange latérale. [2]



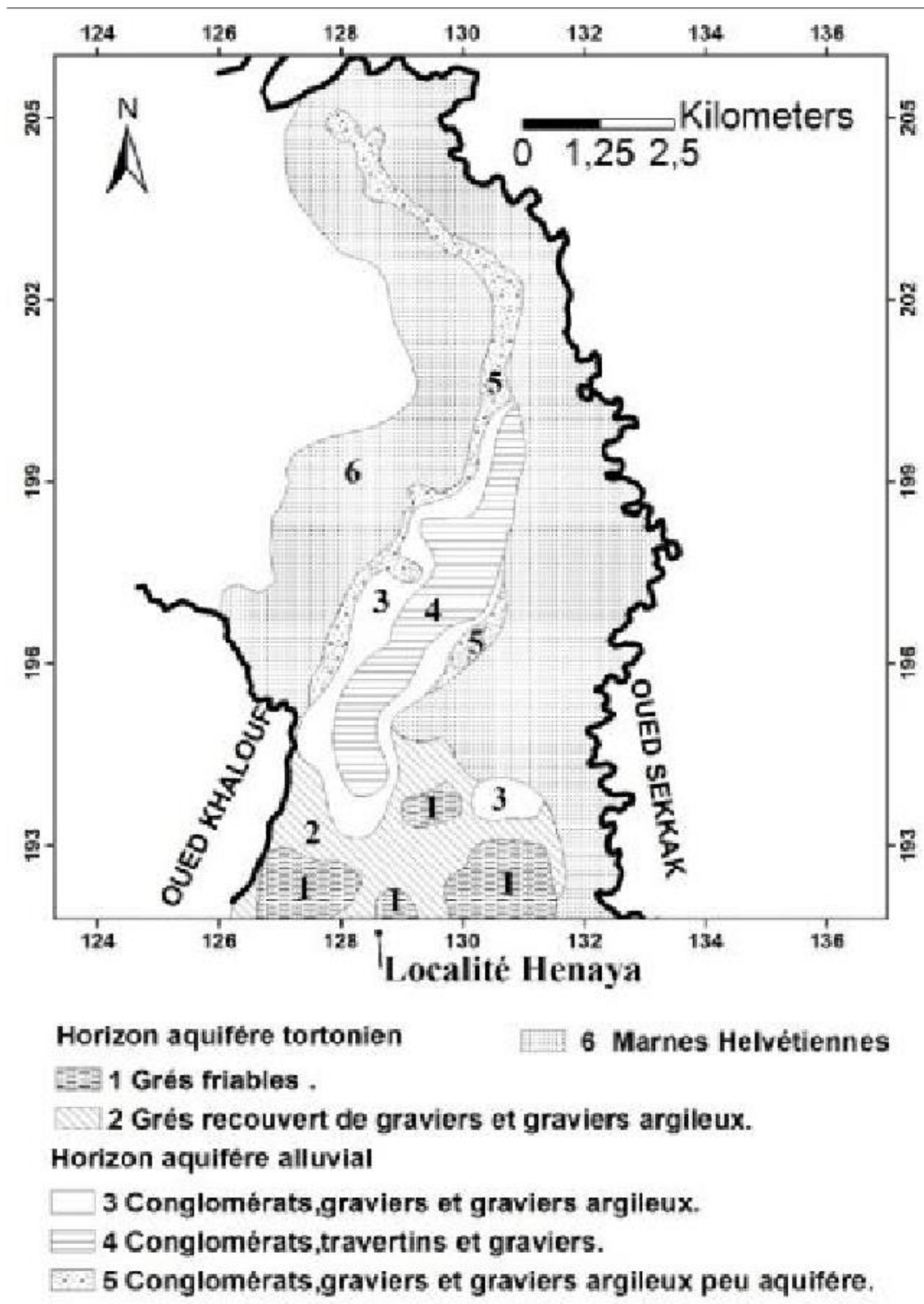


fig 1.5. Hydrogéologie des formations aquifères (Technoexporstroy, 1971).

I.3.3.1 Description litho-stratigraphique des Monts de Tlemcen :

La séquence litho-stratigraphique illustrée dans la Figure ci-dessous (Figure I.6, I.7) offre un aperçu des différentes formations géologiques présentes dans la région des Monts de Tlemcen. Les calcaires et les dolomies du Kimméridgien et du Tithonien constituent la majeure partie des plateaux supérieurs, représentant plus de 80% de leur composition. Cependant, au Sud et au Nord de cette zone, ces formations sont recouvertes par des dépôts sédimentaires tertiaires épais. Au Sud, on observe des dépôts fluviaux datant de l'Éocène, tandis qu'au nord, on trouve des marnes d'âge miocène ainsi que des dépôts continentaux du Plio-Quaternaire. Cette description des formations est principalement basée sur les recherches de Benest M. (1985). [3]

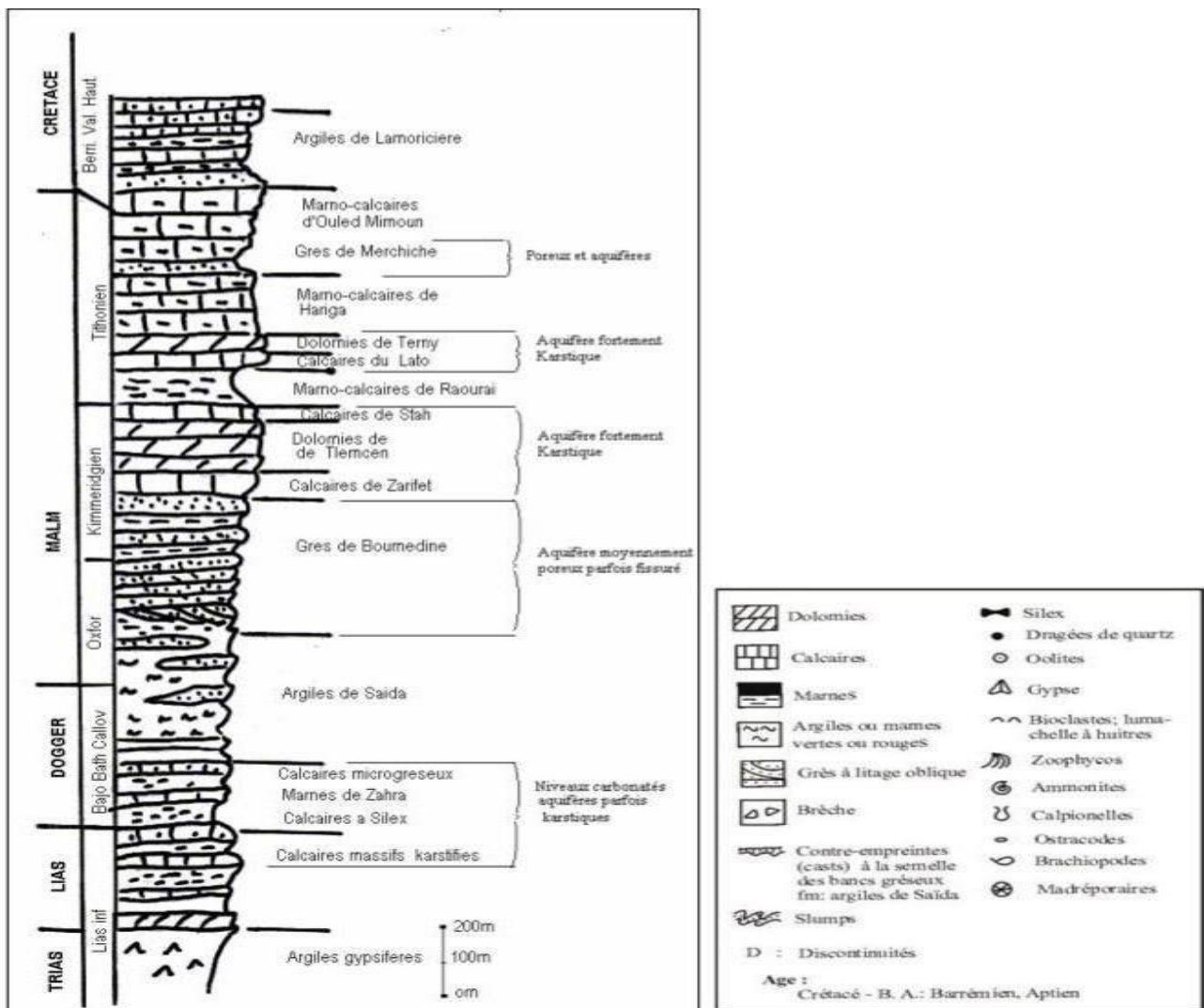


Figure I-6 : Log litho-stratigraphique synthétique de la région étudiée [3]

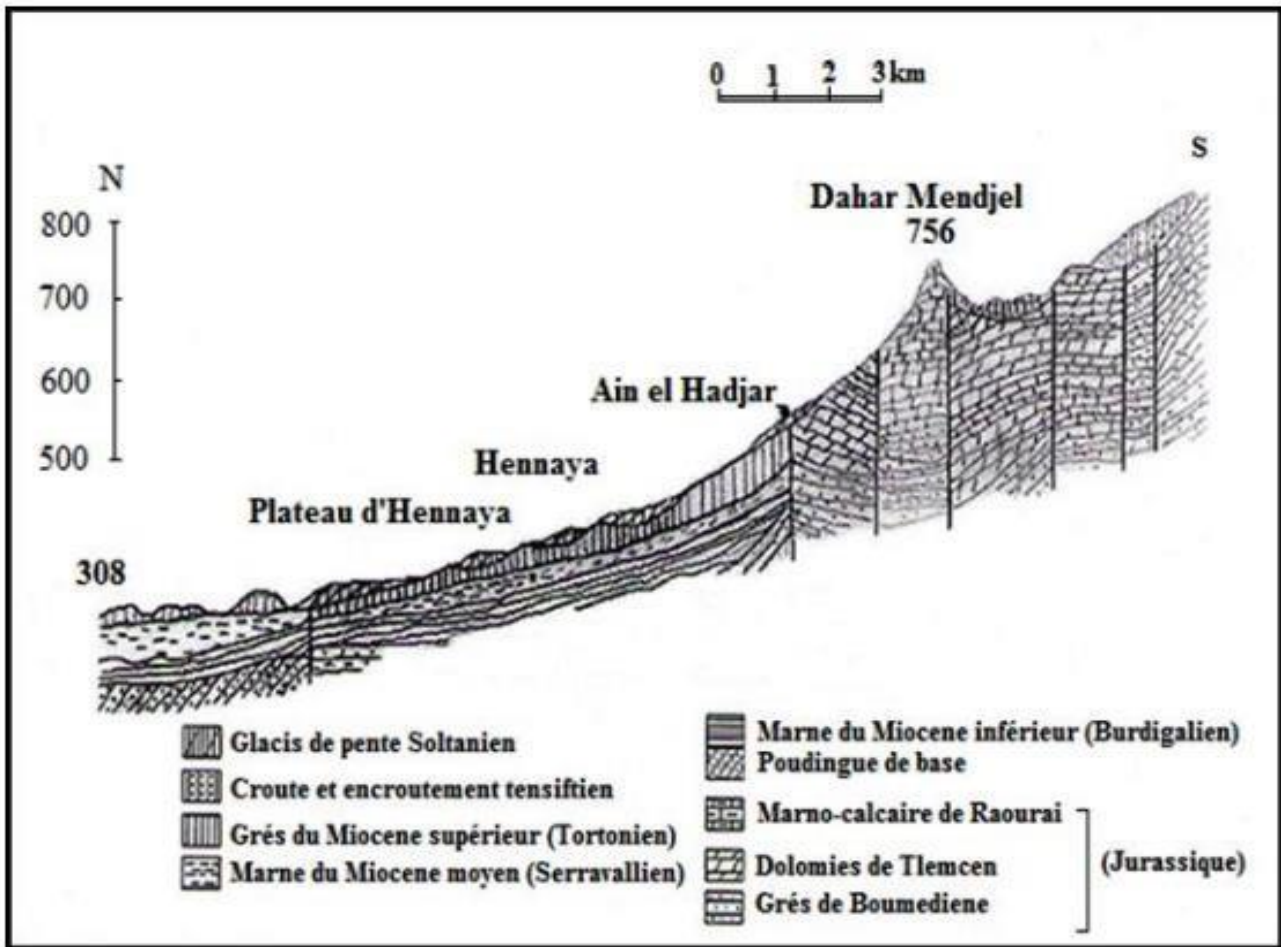


Figure I-7: Coupe schématique de plateau d'Hennaya (Bensaoula F., 2006). [4]



Tableau I.1. La stratigraphie de la zone d'étude [5]

1- Le secondaire :	2- le tertiaire :	3- Quaternaire :
<p>Il est représenté par le jurassique supérieur. On peut distinguer :</p> <p><b>A. Grés de Boumediene :</b> Ils ne drainent que peu d'eau. Cependant, ils présentent des bancs de grés qui sont assez puissants s'intercalant dans les marnes et sont jugés intéressants parce que ces roches présentent des diaclases qui augmentent leur perméabilité. Grâce aussi à des jeux de failles, ils peuvent apparemment donner naissance à de grandes sources qui sont en réalité alimentées par des impluviums calcaires dolomitiques. Les grés ne jouant que le rôle d'écran filtre [Bouanani, 2004].</p> <p><b>B- Les dolomies de Tlemcen</b> Elles sont assez largement répandues dans le groupement puisqu'elles affleurent au Djebel Tefatisset, Ain El Houtz et Boudjlida. Ce sont des cavités remplies de calcites très dures. L'épaisseur de cette formation est impressionnante puisqu'elle peut atteindre les 300 mètres</p> <p><b>C- Les marno calcaires de Raourai</b> Il s'agit d'alternance de marnes grise verdâtre ou blanchâtre et de calcaire marneux durs. En fait, c'est une formation plutôt calcaire que marneuse. Son épaisseur est en moyenne de 40 m. Cette formation est particulièrement bien développée sur le Djebel Tefatisset à la limite Ouest du Groupement au niveau de la ZHUN champ Tir, Djebel Ain el Houtz et El Hadid au Nord de Chetouane</p>	<p>La formation affleure sur une très faible surface au niveau d'Ain Berkouk. C'est un ensemble gréseux de passage de bancs de poudingues dans la basse vallée de l'Oued Isser près de la confluence avec l'Oued Tafna. Ces alternances forment une série de 100 à 150 m d'épaisseur, d'âge éocène supérieur [Medane &amp; Bekadi, 2004].</p> <p><b>a.Le Miocène</b> Le miocène marin se développe presque uniquement sur le versant Nord des monts de Tlemcen. On peut distinguer :</p> <p><b>b.Le Carténien :</b> Est constitué par des marnes grises. D'après Doumergue (1910), il fait partie de la miocène inférieure</p> <p><b>c.L'Helvétien :</b> Est constitué par une épaisse série des marnes grises ou bleutées dont la masse devient ocrés par altération. Au sein de cette série, s'intercalent de nombreux bancs décamétriques de grés jaunes, plus fréquent au sommet. Ces marnes sont très développées dans la vallée de la rive droite de l'Oued Sikkak où leur puissance est de l'ordre de 100 mètres</p> <p><b>d .Le tortonien :</b> Ce sont des grès fissurés jaune avec par endroits de minces poussées marneuses. Les grès sont assez durs, mal limités. Localement ce tortonien peut avoir des faciès différents représentés par des argiles plus ou moins sableuses, ce qui explique la complexité géologique de la ville de Tlemcen. Et c'est justement au niveau de ces smectites ou argiles gonflantes par excellence, qu'un grand nombre de désordre géotechnique de la ville sont enregistré, dues aux tassements et aux retraits. Gonflement surtout pendant les dernières décennies de sécheresse. L'épaisseur de cette formation varie de 20 à 30 mètres</p> <p><b>e.Pliocène (conglomérats de la plaine d'Hennaya) :</b> Dans les zones de décharge de la nappe d'Hennaya, telles qu'Aïn Boukoura, Aïn Ouahab, Aïn Halilifa et Aïn El Kahla, on observe la présence d'une bande continue de conglomérats s'étendant du nord de l'agglomération d'Hennaya à Aïn Halilifa. Ces conglomérats sont constitués de poudingues polygéniques, caractérisés par leur hétérométrie, leur consolidation élevée, leur composition en éléments calcaires dolomitiques, et leur ciment calcaire.</p>	<p>La période quaternaire est caractérisée exclusivement par la présence de formations continentales dont la datation précise s'avère complexe. Au sein des Monts de Tlemcen, dans la région septentrionale, les dépôts lluvionnaires s'étendent rarement au-delà de 100 mètres. Ces dépôts consistent en des marnes sableuses ou des argiles présentant une faible perméabilité. Une analyse approfondie de ces dépôts continentaux a été entreprise par Guardia en 1975.</p> <p>- <b>Le complexe de piémont</b> se caractérise par plusieurs éléments géologiques distincts :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La périphérie des massifs</b> secondaires est marquée par des éboulis de piémont, recouverts plus ou moins par une croûte d'une épaisseur relativement mince, comme l'ont noté Medane &amp; Bekadi en 2004.</li> <li>• <b>Les travertins</b>, quant à eux, représentent d'épaisses couches disposées en terrasses, formant d'imposantes falaises, notamment sur le plateau de Lalla Setti. Ces dépôts, dont l'épaisseur peut dépasser les 60 mètres, résultent de la dissolution interne des massifs calcaires dolomitiques et témoignent de l'importance des résurgences.</li> <li>• <b>La carapace calcaire</b> recouvre les formations miocènes et constitue la partie supérieure horizontale des plateaux, selon les travaux de Guardia en 1975 tels que rapportés par Medane &amp; Bekadi en 2004. Elle est particulièrement bien développée dans la plaine d'Hennaya et vers l'est de la région des Ouled Alaa, où son épaisseur peut atteindre 10 mètres.</li> <li>• <b>La croûte calcaire</b> est formée par l'encroûtement, présentant une teinte claire et des croûtes lamellaires. Cet encroûtement est remarquable dans la plaine d'Hennaya, où il recouvre partiellement les grès tortoniens. Cependant, son épaisseur est relativement mince, d'environ un mètre.</li> <li>• <b>Le glacis de pente soltanien</b> consiste généralement en des formations soltaniennes, souvent limono-argileuses. Les parties des marnes non affectées par l'érosion récente présentent de vastes glacis de sols rouges qui se rattachent aux terrasses soltaniennes,</li> <li>• Les terrasses soltaniennes sont des lambeaux de terrasses qui se situent à une élévation de 10 à 12 mètres au-dessus des alluvions récentes du lit majeur de l'Oued Sikkak. Elles sont généralement composées de limon et d'argile de teinte brique, sans formation de croûte.</li> <li>• les alluvions anciennes et les encroûtements carbonatés sont constitués de matériaux plus grossiers, comprenant des cailloux et des sédiments limoneux, et se trouvent dans les vallées du groupement, ainsi que dans les dépôts de ruissellement</li> </ul>

## I.3.3.2 Les conglomérats de la plaine d'Hennaya:

Concernant les conglomérats de la plaine d'Hennaya, deux hypothèses sont avancées quant à leur origine temporelle, comme c'est indiqué dans les recherches de [Medane & Bekadi, 2004]. [5]

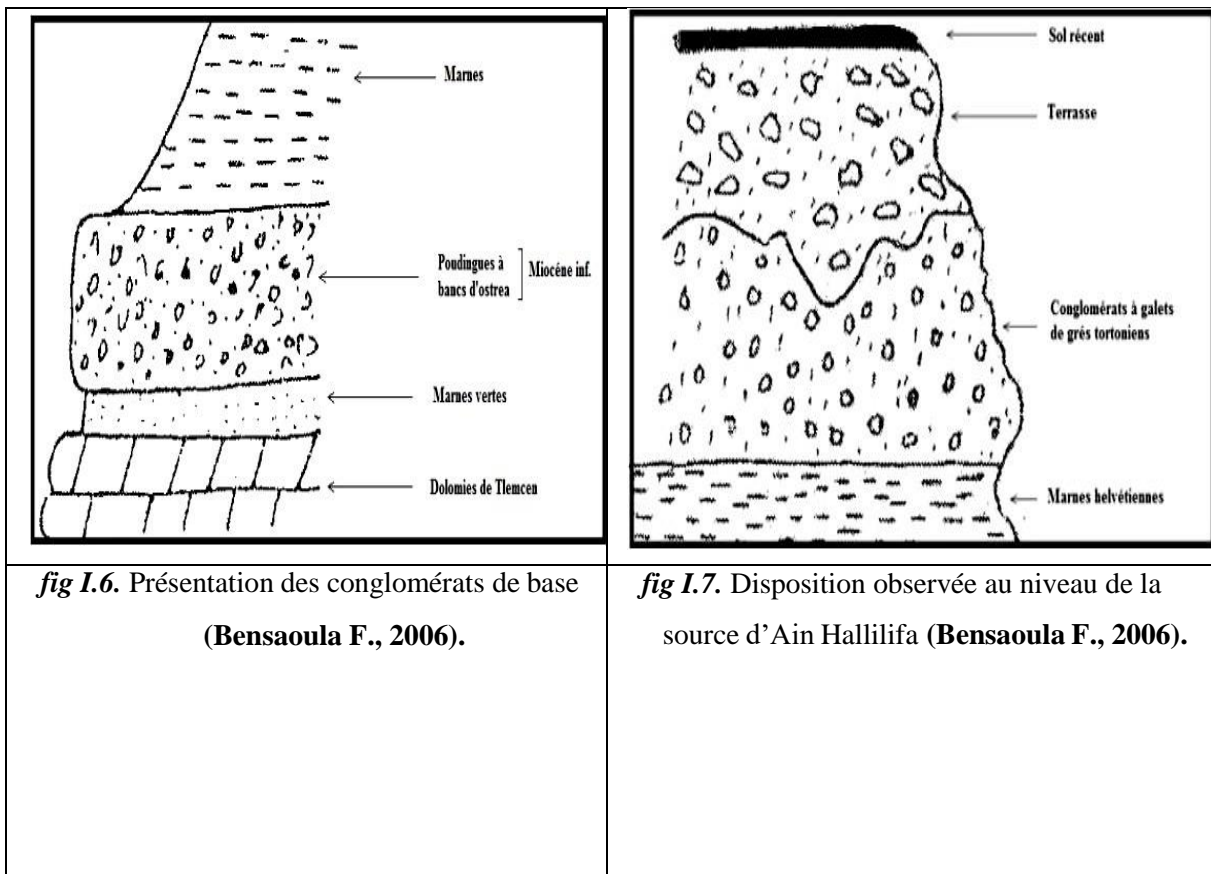
- Ils pourraient être immédiatement postérieurs aux grès tortoniens, ce qui suggérerait qu'ils se sont formés à la fin du Miocène lors de la phase régressive.
- Une autre possibilité est qu'ils datent du Pliocène.

Ces poudingues, qui recouvrent et remanient les grès tortoniens, affichent en moyenne une épaisseur de 7 mètres.

Une coupe réalisée à l'emplacement d'Aïn Ouahab révèle la séquence géologique suivante :

- ✓ Au fond du lit de l'Oued, on trouve des conglomérats reposant sur les marnes de l'Helvétien.
- ✓ Ces conglomérats renforcent des éléments de grès jaune de l'époque tortonienne. Du côté droit de l'Oued, une croûte épaisse et bien consolidée, présentant une structure similaire à celles datées du Moulouyen, fait son apparition au-dessus des poudingues. Ces observations suggèrent que les poudingues de la plaine d'Hennaya ne font probablement pas partie du cycle quaternaire.

Les conglomérats sont bien illustrés dans la figure I.6 Ainsi, la figure I.7 illustre la disposition observée au niveau de la source Ain Hallilifa.



#### I.4. Caractéristiques climatologique de la zone :

L'étude climatologique se base sur l'observation et l'estimation de nombreuses Variables représentatives du climat à long terme.

Les caractéristiques de la station sont données comme suit :

##### I.4.1 Choix de la station de référence :

Tableau I.2. Références de la station

Nom	Altitude (m)	code	coordonnées		Nombre d'observation
			Latitude	Longitude	
Tlemcen	832	160724	34°53'22" N	01°19'58" W	30 ans

Source : ANRH Tlemcen

##### I.4.2 La précipitation :

L'analyse des précipitations moyennes mensuelles est un élément clé pour comprendre les variations saisonnières des précipitations dans une région particulière. Elle permet d'identifier les mois les plus humides, les plus secs et les tendances saisonnières, fournissant ainsi une perspective précieuse sur les schémas climatiques locaux. Cette information est vitale pour la planification agricole et la gestion des ressources en eau.

Tableau I.3. Précipitations moyennes mensuelles Station Tlemcen (1995-2020).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
P(mm)	18.3	31.7	49.5	44.7	45.9	52.4	54.2	47.2	33.9	6.7	2.1	4.2	390.8

Source ANRH Tlemcen

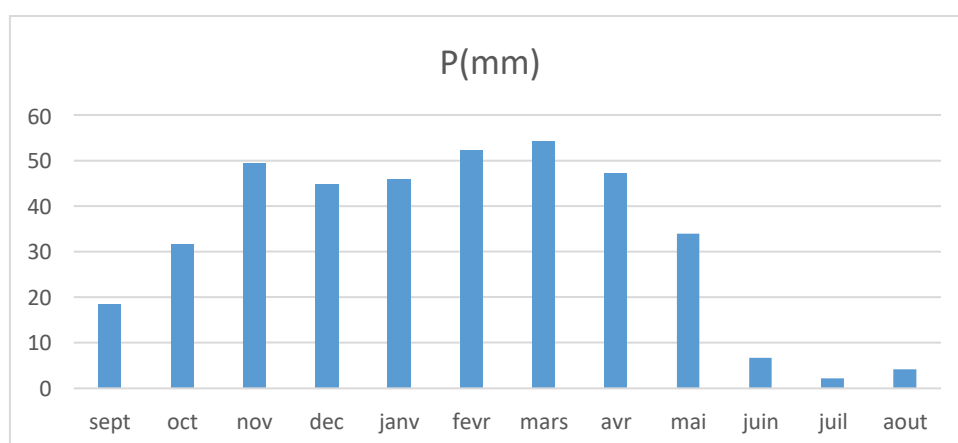


fig I.8. Précipitations moyennes mensuelles (Station Tlemcen).

Cette répartition montre que la période humide est de Novembre jusqu'à Mai avec des valeurs variant entre **49.5mm** à **54.2mm**, tandis que le mois de Juillet est le plus sec, avec seulement **2,1 mm**.

**I.4.3 La Température :**

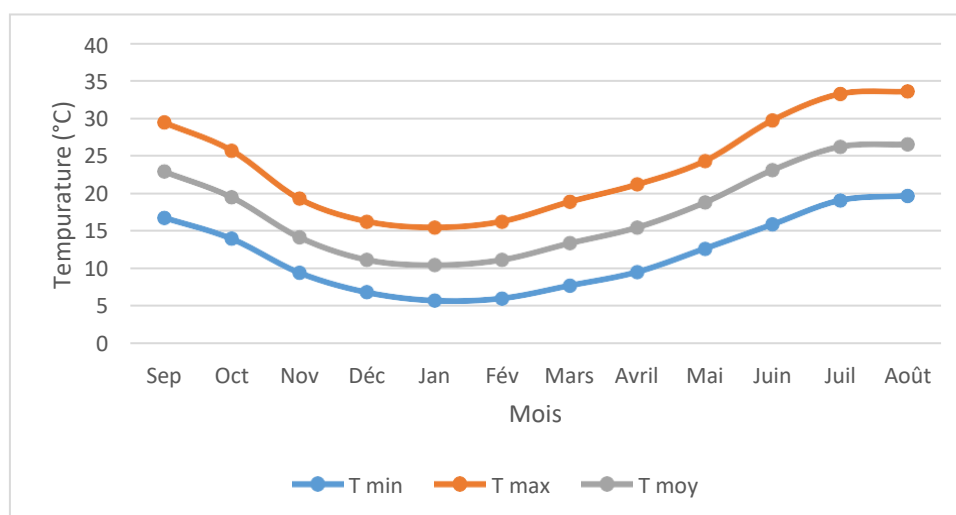
Les températures moyennes mensuelles sont les valeurs moyennes des températures enregistrées pour chaque mois de l'année dans une région particulière. Elles sont essentielles pour la planification, la prévision météorologique et l'analyse des tendances climatiques à long terme.

**Tableau I.4.** Températures moyennes mensuelles de la station de Tlemcen (1995-2020)

T (°C)	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Moy/an
MIN	16.8	14	9.5	6.9	5.8	6.1	7.8	9.6	12.7	15.9	19.1	19.7	12.00
MAX	29.4	25.7	19.3	16.3	15.5	16.3	18.9	21.2	24.3	29.7	33.2	33.5	23.60
MOY	22.9	19.5	14.2	11.2	10.5	11.2	13.4	15.5	18.8	23.1	26.2	26.5	17.80

Source : ANRH Tlemcen

On peut présenter ce tableau dans le graph suivant :



*fig I.9.* Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales à station de Tlemcen (1995-2020)

La région étudiée influencé par un climat méditerranéen avec une saison chaude en été, et autre froide en hiver.

La température moyenne maximale varie entre 33.2 °C à 33.5°C.

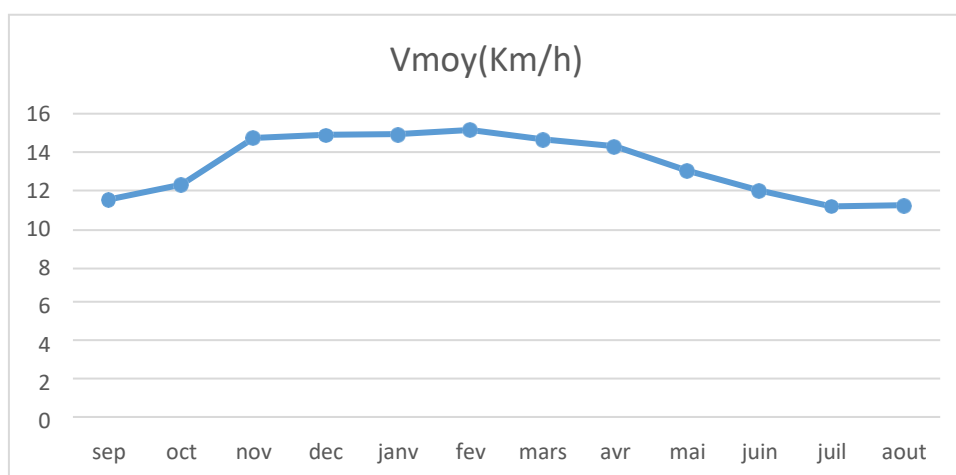
**I.4.4 Le Vent :**

Le vent constitue un facteur climatique exerçant une grande influence sur les cultures, en cas d'irrigation par aspersion, la présence des vents violents provoque une mauvaise répartition de la pluie artificielle des asperseurs.

**Tableau I.5.** Vitesses moyennes mensuelles des vents (1995-2020)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Vitesse (Km/h)	11.52	12.3	14.74	14.89	14.92	15.15	14.66	14.29	13.02	11.99	11.17	11.23

Source ANRH Tlemcen



*fig I.10.* Répartition Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen

D’après le graphe la vitesse moyenne du vent présente une petite variation pendant toute l’année, en oscillant entre une valeur minimale en Juillet de l’ordre 11.17 Km/h et une valeur maximale de 15.15 Km/h en Février.

**I.4.5 Humidité :**

L’humidité relative est une mesure qui indique la quantité d’humidité présente dans l’air par rapport à la quantité maximale d’humidité que l’air peut contenir à une température donnée ,elle est généralement exprimée en pourcentage .

**Tableau I.6.** L’humidité relative moyennes mensuelles (1995-2020)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
H%	63	69	77	73	71	72	75	68	66	60	60	56

Source ANRH Tlemcen

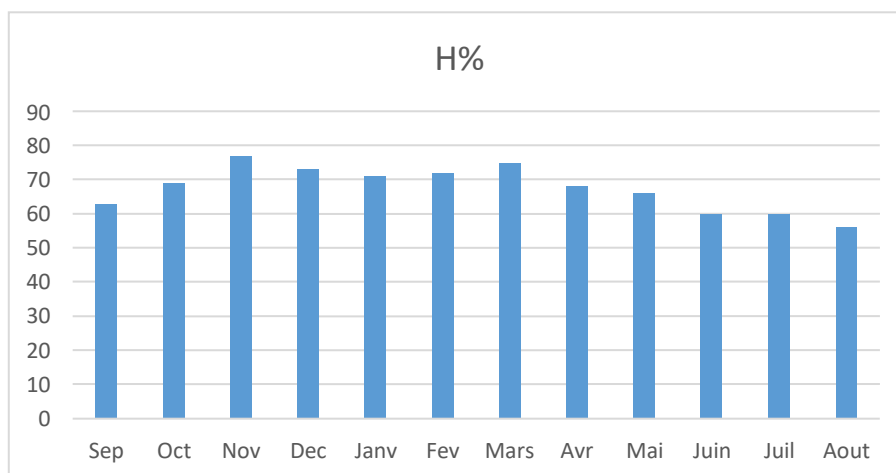


fig I.11. Répartition de l’humidité moyenne en % de la station de Tlemcen .

L’humidité moyenne mensuelle affiche une variation pondent tout l’année, varie entre un minimum de 56% en Aout et un maximum de 77% en Novembre.

**I.4.6 L’insolation :**

L’insolation est un paramètre climatique qui intervient généralement dans le calcul de l’évapotranspiration potentielle. La durée moyenne mensuelle de l’insolation est celle calculée d’après les données de la station météorologique Tlemcen.

**Tableau I.7.** Insolation moyenne journalière en heures (1995-2020)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Insolation (h/jrs)	8.92	10.71	8.78	5.74	6.28	6.56	7.33	8.23	9.36	10.36	11.13	10.27

Source ANRH Tlemcen

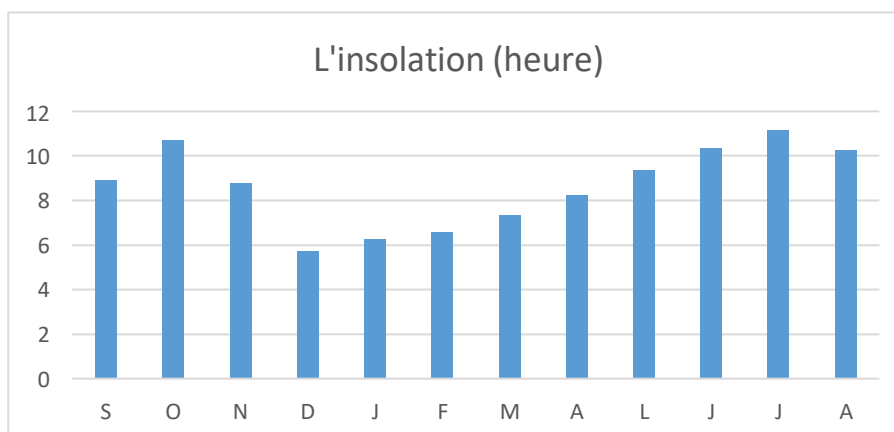


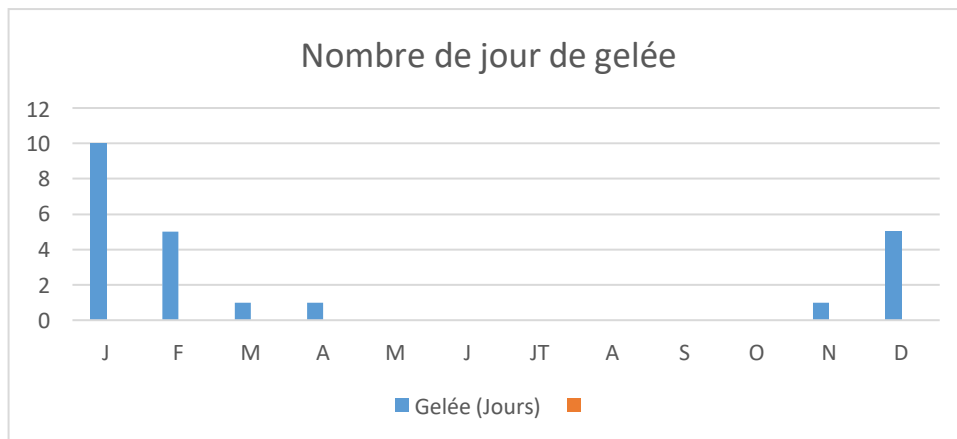
fig I.12. Variation d’insolation moyenne mensuelle.

**I.4.7 La gelée :**

La prise en compte des dates de gel est cruciale, car elles peuvent avoir un impact négatif sur les cultures et altérer la structure du sol. Elles sont donc d'une importance majeure dans le processus de sélection des cultures à cultiver. Les gelées sont plus courantes pendant la saison hivernale, en particulier au printemps.

**Tableau I.8.** Moyennes mensuelles des gelés de la station de Tlemcen.

Année	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
Gelée (Jours)	10	5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5



*fig I.13.* Répartition des Moyennes mensuelles des gelés.

**I.5. Calcul des indices Agro-météorologiques :**

Les indices climatiques sont des paramètres spécifiques utilisés pour déterminer le type de climat d'une région ou d'une période donnée.

**I.5.1 Indice d'aridité de Martonne (1926) :**

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

Avec :

*I* : Représente l'indice d'aridité de De Martonne.

*P* : Précipitation annuelle moyenne en millimètres (mm).

*T* : Température annuelle moyenne en degrés Celsius (c°)

- **Application Numérique :**

$$I = \frac{390.8}{17.80+10} = 14.06$$

**Tableau I.9.** Classification du climat selon l'indice d'aridité de Martonne.

Valeurs	Type du climat	Irrigation
I<5	Désertique.	Indispensable
5< I<10	Très sec	Indispensable
10< I<20	Sec	Souvent Indispensable
20< I<30	Relativement humide.	Parfois utile
I>30	Humide	Inutile

D'après l'indice de Martonne et la classification dans le tableau ci-dessus, on constate que l'indice d'Aridité est compris entre 10 et 20, ce qui se traduit que notre région est soumise à par un climat relativement sec donc l'irrigation est souvent indispensable.

**I.5.2 Diagramme d'EMBERGER (1955) :**

Le diagramme d'EMBERGER est un outil graphique qui aide à représenter et à classer les climats en fonction de leurs caractéristiques thermiques et pluviométriques.

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

Avec :

- Q** : Quotient pluvio-thermique d'EMBERGER.
- P** : précipitations moyennes annuelles (mm).
- M**: températures moyenne maximales du mois le plus chaud (°K).
- m** : températures moyenne minimales du mois le plus froid (°K).
- Avec : **K= T (°C) + 273.**

**\*Application Numérique :**

$$Q = \frac{1000 \times 390.8}{\frac{306.5+278.8}{2} \times (306.5-278.8)} = 48.21 \text{ mm}$$



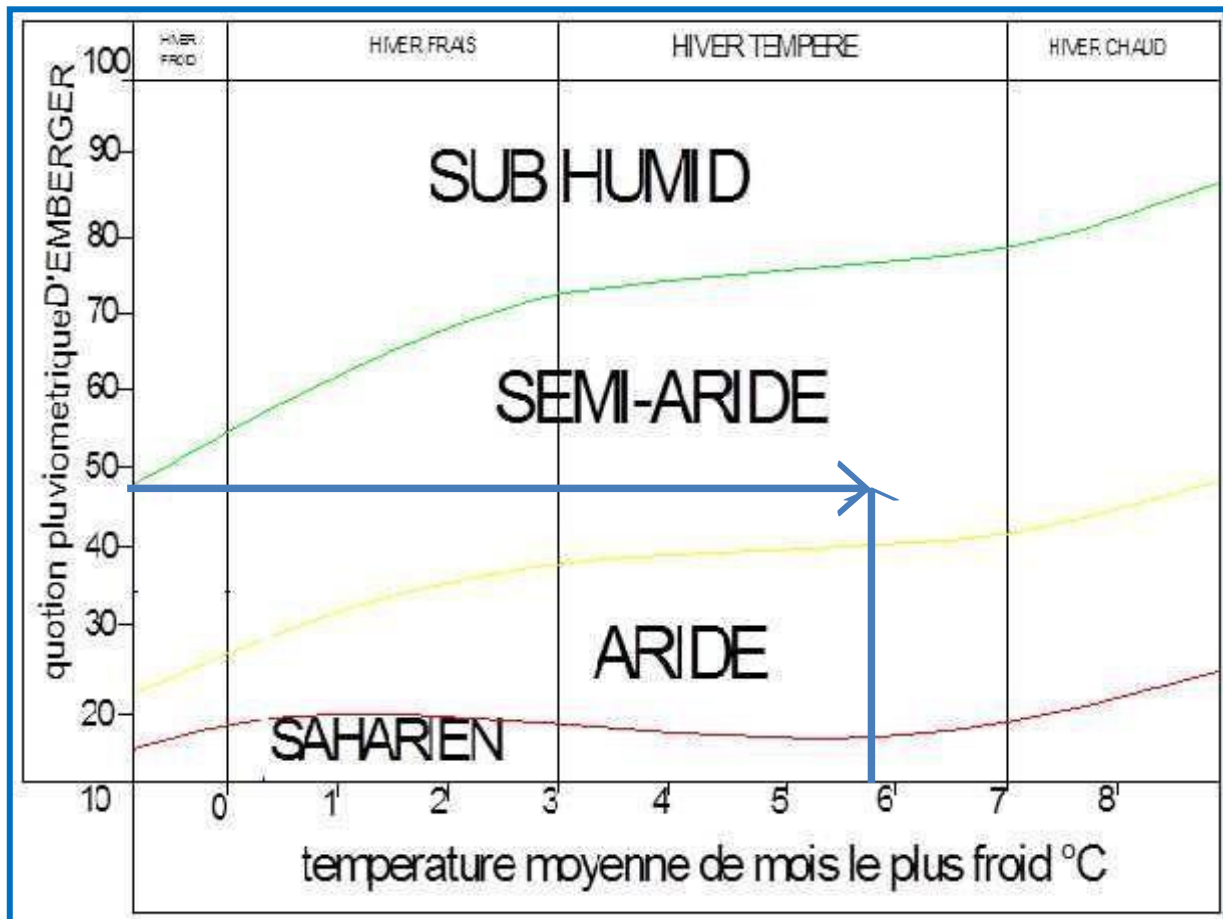


fig I.14. Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

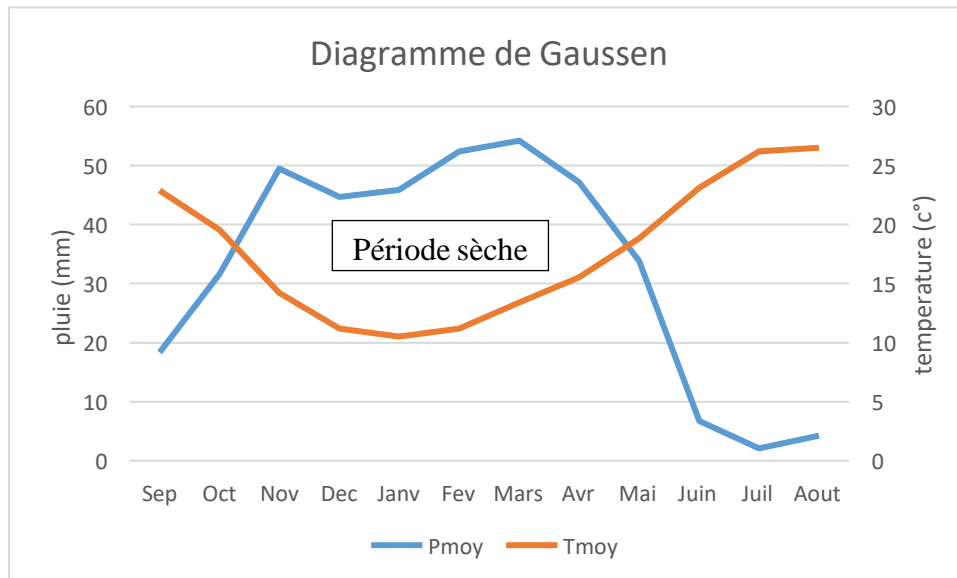
En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (fig. I.14), et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Semi-aride.
- Sous étage : Hiver Tempéré.

### I.5.3 Indice de Bagnols et Gaussen :

Le diagramme de Gaussen, ou également le diagramme Ombrothermique de Gaussen est un outil utilisé pour représenter les caractéristiques climatiques d'une région. Cela permet de visualiser les saisons sèche et humide d'une région et d'identifier le type de climat.

La méthode consiste à représenter dans le même graphique les mois en abscisses et les précipitations et les températures moyennes tout en respectant l'échelle  $P=2T$ .



*fig I.15.* Diagramme ombrothermique de Gaussen.

Analyse du graphe :

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse totale, cette période d'après le graphe la saison sèche s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre (5mois), et la saison humide du mois d'Octobre jusqu'à le mois d'avril (7mois).

## I.6. Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons étudié les principales caractéristiques administratives, géographique et climatiques de notre région d'étude.

Le périmètre de HENNAYA se distingue par un climat semi-aride, caractérisé par un hiver tempéré et un été chaud. La période sèche marquée s'étend de Mai à Octobre, avec une pluviométrie annuelle de 390.8mm, la région connaît un déficit hydrique en été cela nécessite de mettre en place un système d'irrigation pour favoriser le développement d'agriculture dans le périmètre de HENNAYA.

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

---

## Chapitre II : Ressources en sol et en eau

### II.1. Introduction :

L'analyse des ressources en sol et en eau dans un projet d'irrigation est essentielle. La bonne connaissance du sol permet le bon choix des cultures les plus adaptées, la prévention de la salinisation et la planification de l'infrastructure pour irriguer.

Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

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

### II.2. Ressources en sol :

#### II.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des sols :

Les principales caractéristiques physico-chimiques sont: texture, structure, teneur en calcaire actif, complexe absorbant, éléments fertilisants.

- **La texture du Sol** : Le diagramme de textures (classification USDA) montre une prépondérance des textures fines et très fines sur l'ensemble des profils dans la zone d'étude. Le taux d'argile est très élevé et varie de 28 à 64%. Les textures moyennes sont peu répandues (Profil 117 et 124)
- **La structure des sols** : varie de grumeleuse en surface à polyédrique fine et polyédrique moyenne à fine en profondeur, rarement les structures sont grossières. Cette structure favorable bien que les textures sont fines est due à la bonne activité hydro-agricole et au bon travail des sols.
- **Calcaire actif** : a un certain taux devient un facteur limitant essentiel dans la détermination des aptitudes culturales; à un taux compris entre 8 et 12 % il peut y avoir un blocage en assimilation du fer qui entraîne un jaunissement des feuilles (chlorose), une fragilité des cultures aux différentes maladies et par la même une réduction des rendements.
  - ✓ Le taux de calcaire total est moyen (5-15%) dans les sols isohumiques et élevé à très élevé dans les sols calcimagnésiques (15-30% à > 30%).
  - ✓ Le taux de calcaire dans la plaine de Hennaya est en général faible (2 à 7%), dans les sols isohumiques et à sesquioxyde de fer qui ont subi une recalification et élevé (12-20%) dans les sols calcimagnésiques.
- **Matière organique et éléments fertilisants** :
  - ✓ Le taux de matière organique est faible (0,80 à 1,5%) en profondeur pour quelques profils en profondeur et moyen (1,50-3,0%) pour l'ensemble du profil, excepté les profils 94,113 et 71 où le taux de matière organique est élevé (>3 %).
  - ✓ La fertilité croit toujours dans certaines limites avec le taux de matière organique et d'azote total. Le taux de matière organique est en général moyen

pour tous les sols étudiés (1,5 à 3 %), excepté les profils 94-97-99- 113 et 117 où la teneur en matière organique est faible (0,80 et 1,5 %).

- **Conductivité électrique :** Les résultats d'analyses montrent une CE faible elle est inférieure à 4 mmhos sur l'ensemble des profils échantillonnés à l'exception des trois profils 122,113,105 où la CE en surface et subsurface varie entre 4,33 mmhos/cm dans le profil 105 et 6,36 mmhos dans le profil 122. Concernant le profil 113 la CE est de 5,36 et 5,22 respectivement dans les profondeurs 0-35 et 35-60 cm. Ces valeurs induisent une restriction pour la culture arbustive, néanmoins un désalage localisé au niveau de cette zone peut évacuer les sels au dessous de la zone racinaire vu la bonne perméabilité du sol .

### II.2.2. Classification des sols :

Dans la plaine HENNAYA il y a trois classes de sols:

- sols à sesquioxydes de fer;
- sols calcimagnésiques carbonatés ;
- sols isohumiques marrons encroûtés.

#### • Classe des sols à sesquioxydes de fer :

- Localisé à L'Ouest de la plaine, cette classe forme une large plage mitoyenne avec les sols marrons et calcimagnésiques.
- Les sols à sesquioxydes de fer sont des sols rouges formés sous un climat de type méditerranéen.
- Dans la zone d'étude, cette classe est caractérisée par un seul sous-groupe : recalifiés.
- Selon la granulométrie, les textures LA, A et E prédominent, sans changement significatif dans l'ensemble du profil de ces sols.
- Les analyses de ces sols montrent que la teneur en matière organique dans les horizons supérieurs varie entre 1,9 et 2,2%, en diminuant jusqu'à 0,6-0,9 % dans l'horizon de 60-120 cm.
- Le rapport C/N est généralement égal à 9-11, est normal.
- La teneur en CaCO<sub>3</sub> total de ces sols est de 21,2% à 24,8 % .
- La teneur en CaCO<sub>3</sub> actif est de 7-12% en moyenne, facteur limitant de l'aptitude de sols à l'irrigation, ce sont des sols de la classe III d'aptitude à l'irrigation.
- Le pH est légèrement alcalin à alcalin et varie entre 8,0 – 9,4
- La conductivité électrique (CE) est comprise entre 1,5 et 4,0 mmhos/cm en moyenne.
- Ces taux ne sont pas une contrainte limitante de l'aptitude des sols à l'irrigation.

Un exemple est donné par le profil suivant :

#### \*Profil N°117

##### a) Situation :

Carte topographique au 1/25000 (Tlemcen 1,2).

Topographie: plane.

Culture : olivier – agrumes.

Terrain labouré sur 20 cm.

Coordonnées Lambert: (X = 128,800; Y=194,250).

**b) Description :**

Sols à sesquioxydes de fer – sols rouges formés sous un climat de type méditerranéen – sols à réserve calcique et le plus souvent peu lessivé – recalifiés-profond-type:limono- argileux.

- **0 – 30 cm** : Horizon brun rouge (5YR 4/3) – frais, texture-LA à E – structure polyédrique fine – porosité très bonne- friable- débris végétaux enfouis-transition graduelle- HCl++
- **30 – 50 cm** : Horizon brun rouge (5YR 4/3) – sec, texture LA, structure polyédrique fine à moyenne- porosité très bonne- friable- activité biologique bonne-transition graduelle- HCl++
- **50 – 80 cm** : Horizon brun jaunâtre (7,5 YR 4/2) – texture LS à E, structure granuleuse, porosité très bonne- quelques concrétions calcaires épaisses – transition graduelle, HCl++
- **80 – 120 cm** : Horizon brun (10YR 4/3) analogue au précédent – texture équilibrée-structure gruméleuse- porosité très bonne- bonne activité biologique.

**120 – 200 cm** : Horizon brun (10YR 4/3) – texture équilibrée.

**C) Caractéristiques physico-chimiques des sols :**

La teneur en sodium assimilable (Na<sup>+</sup>) dans l'horizon 0-30cm de ce profil est de 6,8 méq/100g , dans l'horizon 80- 120 cm elle augmente jusqu'à 14,28 méq/100 g du sol; la teneur en calcium (Ca<sup>++</sup>) est égale respectivement à 3,13 et 5,11 méq/100 g du sol.

**Tableau II.1.** Analyses physico-chimiques

Profondeur (cm)	A %	Lf+Lg %	Sf+Sg %	MO %	C %	N %	C/N	pH	CE
0-30	23	42	31	1,96	11,4	1,09	10	8	1,40
30-50	28	65	26	1,53	8,9	1,05	8	8	1,70
50-80	16	28	53,1	0,68	4	0,44	9	8	1,87
80-120	19	55	13	0,65	3,8	0,14	27	8	2,87

**Tableau II.2.** Réserves minérales :

Profondeur (cm)	CaCO <sub>3</sub> total %	CaCO <sub>3</sub> actif %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimi ppm	K <sub>2</sub> O
0-30	24,8	12,75	1,59	2,84	12,5
30-50	23,2	12,63	1,27	2,42	10,5
50-80	21,2	11,13	0,78	1,56	20,0
80-120	22,4	10,88	0,71	1,74	22,5

Source : ONID Alger

**d) Interprétation :**

- ✓ Le profil est caractérisé par la couleur rouge ocre due à l'oxydation du fer .la texture est équilibrée à travers l'ensemble du profil. Le taux de matière organique est faible avec une valeur maximale en surface de 1,96% et une minimale de 0,65 % à la profondeur 80-120 cm
- ✓ Le pH est légèrement alcalin, la CE est insignifiante et varie entre 1,4 mmhos/cm en surface et 2,87mmhos/cm en profondeur. Le calcaire total est assez élevé sur l'ensemble du profil et varie entre 21,2 et 24,8 %, le calcaire actif est compris entre 10,18 et 12,75 %. Ces taux limitent le choix des cultures arbustives.

- **Classe des sols Calcimagnésiques carbonatés :**

- Les sols calcimagnésiques carbonatés sont caractérisés par les rendzines modales, les sols bruns calcaires modaux et les sols bruns calcaires à ou sur encroûtement.
- Les textures prédominantes sont LA, AL et A. La quantité des fractions limoneuses augmente, généralement, avec la profondeur.
- La teneur moyenne en matières organiques est 2,2% en moyenne dans l'horizon supérieur et 1 –1,5% dans l'horizon de 70-120 cm. Le rapport carbone - azote (C/N) est égal à 9-11.
- Dans ces sols la teneur en calcaire actif augmente avec la profondeur, en moyenne elle est égale à 6,0-15,0%.
- Le complexe absorbant est saturé de calcium ( $Ca^{++}$ ) – 25,0 – 28,0 méq/100 g du sol, et en ( $Mg^{++}$ ) 2,0-5,0 méq/100g du sol.
- Le pH de l'ordre de 8 est légèrement alcalin
- La conductivité électrique (CE) n'est pas élevée, elle varie entre 0,81 et 4,68 mmhos/cm, la conductivité (CE) moyenne est de l'ordre de 1-2 mmhos/cm et ne peut être que secondaire ayant pour origines, les irrigations aux eaux usées que nous avons relevées dans la zone d'étude lors de la prospection pédologique.
- Les rendzines modales que nous avons rencontrés sont situés au Sud de la plaine , le long de la limite et aux environs du village agricole 'Taquina ' et représentées au centre (surface très réduite) .Ce sont des sols peu profonds (  $P < 35$  cm ) sur croûte ou encroûtement calcaire avec quelques débris de de croûte en surface ( voir description du profil 66 ).
- Ces sols peu profonds sont inaptes à l'irrigation, mais peuvent être utilisés en culture en sec par des cultures rustiques telles que la vigne, le figuier et les céréales à condition d'avoir recours aux épierrages.
- Les bruns calcaires à ou encroûtement calcaire : Ces sols sont identiques aux sols modaux sauf qu'ils sont sur des niveaux limitants ( croûte ou encroûtement calcaire).
- les sols bruns calcaires modaux :Ces sols sont les plus représentatifs avec les sols à sesqui oxyde de fer et forment de larges plages à l'Est du périmètre , ils sont plus profonds

Un exemple est donné par le profil suivant :

**\*Profil N°42**

**a) Situation :**

Carte topographique au 1/25000émé (Tlemcen 1-2)

Profil est situé à droite de la route Ain, Youssef- Hennaya

Topographie: plane

Culture: pêches- amandiers (l'âge – 1 à 2 ans)  
 Coordonnées Lambert ( X=129,175; Y=195)

**b) Description :**

Sols calcimagnésiques – carbonatés- bruns calcaires – modaux – profonds- type: limono-argileux.

- **0 – 30 cm :** Horizon brun (7,5 YR 5/4) – frais- texture LA-structure polyédrique fine-structure gruméleuse- porosité très bonne- quelques radicelles lignifiées- friable- transition graduelle-HCl++
- **30 – 50 cm:** Horizon brun (7,5 YR 5/4) – sec – texture LA- structure gruméleuse- porosité très bonne- activité biologique bonne- traces de vieilles racines en décomposition - porosité- structure gruméleuse- transition graduelle- HC++
- **50 – 80 cm :** Horizon analogue au précédent, avec quelques graviers localisés – HCl++
- **80 – 120 cm :** Horizon brun foncé (7,5 YR 3/2) – texture AL – structure polyédrique moyenne- structure gruméleuse- porpsité très bonne- activité biologique bonne- présence de Pseudomycéliums gypso-salins- HCl++

**C) Caractéristiques physico-chimiques des sols :**

**Tableau II.3.** Analyses physico-chimiques

Profondeur (cm)	A %	Lf+Lg%	Sf+Sg%	MO%	C%0	N%0	C/N	pH	CEmmhos/cm
0 –30	33	41	21	1,68	9,8	1,18	8	8	2,17
30 -50	35	38	25	1 ,44	8,4	0,92	9	8	1,20
50 -80	24	23	54	0,37	3,7	0,44	8	8	1,10
80 -150	43	27	30	1,41	8.2	0,96	8	8	1,13

**Tableau II.4.** Réserves minérales :

Profondeur (cm)	CaCO3 total %	CaCO3 actif %	P2O5 total %0	P2O5 assimil (PPM)	K2O %0
0 – 30	48,4	12,77	1,47	32,06	1,70
30 –50	47.6	11,90	1,14	22,9	1,63
50 –80	39,2	7,68	0,81	16,03	1,06
80 -150	33,2	10,54	1,23	22,90	1,28

Source : ONID Alger

**d) Interprétation :**

- ✓ Les données analytiques du profil montrent que la texture dans l'ensemble du profil est fine du type limono-argileuse avec un niveau moyen du type SA à la profondeur 50-80 cm.
- ✓ Le taux de matériaux organiques est faible dans tout le profil avec un taux maximale de 1,68% en surface. Par ailleurs, les valeurs du rapport C/N<10 indiquent que la MO est fortement minéralisée.



- ✓ Le pH 8 est légèrement alcalin, la CE est comprise entre 1,10 et 2,17 ne présentant pas de contrainte majeure à l'irrigation.
  - ✓ On remarque également la présence du calcaire dans l'ensemble du profil avec des taux compris entre 33 et 48 %. Le taux de calcaire actif varie entre 7,68 et 12%. Ces valeurs peuvent conduire à certaines restrictions au niveau des cultures arbustives.
- **Classe des sols Iso-humiques marrons encroûtés :**
    - Les sols isohumiques marrons encroûtés sont des sols à complexe saturé (principalement en Ca), évoluant sous un pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses, du type limono-argileux. Selon la granulométrie la texture prédominante est LA et A, dans le profil n°4 – TA.
    - Les analyses (voir en annexe) de ces sols montrent que la teneur en matière organique dans les horizons supérieurs est en moyenne égale à 2,0-2,5% régulièrement répartie dans le profil avec la forte teneur à la profondeur. Le rapport carbone - azote (C/N) est sensiblement variable, en moyenne ce rapport est égal à 9-11. La teneur en calcaire actif varie entre 8 et 11%.
    - Dans le complexe absorbant la teneur en Ca<sup>++</sup> est en moyenne égale à 23,0-27,0 méq/100g, en Mg<sup>++</sup> à 2,0 – 6,0 méq/100g et en Na<sup>++</sup> ( 1,5-2,5 méq/100g ) du sol.
    - La réaction de la solution du sol ( pH) est légère,ent alcaline, elle est égale à 8,0 - 8,3.
    - La conductivité électrique (CE) est faible ce qui démontre que les sols ne sont pas salés; les valeurs moyennes de CE sont égales à 1,0 - 2,0 mmhos/cm avec apparence d'efflorescence salines.
    - Ces sols sont sur croûte à différentes profondeurs et limite le choix des aptitudes culturales surtout arboricoles.

Un exemple est donné par le profil suivant :

**\*Profil N°71**

a) Situation :

Carte topographique au 1/25000ème (Tlemcen 1-2)

Topographie: plane

Culture: quelques oliviers

Terrain labouré

Débris de croûte en surface

Coordonnées Lambert: (X =128,625; Y=195,800)

b) Description :

Sols isohumiques à complexe saturé (principalement en Ca) – évoluant sous un pédoclimat frais pendant les saisons pluvieuses- sols marrons –encroûtés - sur croûte calcaire à 55 cm- type: limono-argileux

- 0 – 20 cm : Horizon de labour – frais- brun (7,5YR 5/4) – texture LA-structure gruméleuse à polyédrique- friable-débris – très nombreux débris de chaumes enfouis- quelques débris de croûtes et cailloux roulés (1%)- transition graduelle- HCl +++
- 20 – 55 cm : Horizon analogue au précédent – structure polyédrique moyenne – porosité bonne- quelques débris de croûte – transition nette – HCl +++
- 55 cm > : croûte calcaire.

## C) Caractéristiques physico-chimiques des sols :

Tableau II.5. Analyses physico-chimiques

Profondeur (cm)	A %	Lf+Lg %	Sg+Sf %	MO %	C %0	N %0	C/N	pH	CE mmhos/cm
0-20	44	38	16	3,12	18,1	1,77	10	8	1,85
20-55	49	30	19	2,18	12,7	1,13	11	8	0.93

Tableau II.6. Réserves minérales :

Profondeur (cm)	CaCO3 total %	CaCO3 actif %	P2O5 total %	P2O5 assimil (PPM)	K <sub>2</sub> O %
0-20	13	10,66	1,56	54,96	5,80
20-55	23	11,16	1,28	27,48	5,10

Source : ONID Alger

## d) Interprétation :

- ✓ Ce profil présente deux horizons caractérisés par une structure grumeleuse en surface (0-20cm) et polyédrique moyenne en profondeur
- ✓ La teneur en argile est de l'ordre de 44% (0-20cm) et légèrement plus élevée (49%) en profondeur.
- ✓ La teneur en limon fin et grossier diminue avec la profondeur passant de 38% (0-20cm) à 30% (20-55cm)
- ✓ La matière organique élevée (3,12) en surface décroît en profondeur pour atteindre le taux moyen de 2,18% ; cette matière organique est bien décomposée (C/N=10 à 11) avec un humus stable
- ✓ Le taux de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total est moyen (1,56 et 1,28%)
- ✓ Le CaCO<sub>3</sub> total est élevé (13 à 23 %), alors que le calcaire actif est moyen dans les deux horizons (10,66 et 11,86 %)
- ✓ Le pH est légèrement alcalin (8) pour tout le profil
- ✓ La conductivité électrique, comprise entre 0,93 et 1,85 mmhos/cm insignifiante, ne pose aucun problème pour les différentes aptitudes culturales
- ✓ Néanmoins, ce profil repose sur une croûte calcaire dure qui limite certaines cultures.

## II.2.3. L'aptitude culturale :

## II.2.3.1. Différentes classes des sols et perméabilité : (Annexe 1&amp;2)

**Classe I :** Les sols de cette classe se caractérisent par des horizons profonds (>120cm), par la texture moyenne: sableux-argileuse, limoneuse, équilibrée et par la bonne perméabilité 2-6cm/h. Ces sols occupent des zones à topographie plane, ils ne présentent ni de problème de drainage, ni de salinité, leur aptitude à l'irrigation est bonne.

**Classe II :** Ce sont des sols profonds (supérieur à 80 cm), d'une texture sableux-limoneuse, limoneux-sableuse et limoneux-argileuse. La perméabilité des sols à texture fine est de 0.5-

2.0cm/h, celle des sols à texture grossière 6-12.5cm/h. La salinité est moyenne varient de 4 à 8mmhos/cm. La teneur en calcaire actif attient 7%. Les travaux d'aménagement nécessaire sont mineurs notamment l'apport des engrais minéraux et organiques.

**Classe III :** Ce sont des sols à potentialités agronomiques moyennes, ils sont d'une texture sableux-limoneuse (à forte teneur en sable), argileux-sableuse, argileux-limoneuse. La perméabilité est variable selon la texture (faible de 0.1 à 0.5cm/h ou forte de 12.5 à 25cm/h). Le problème de salinité se pose en présence de la texture fine et de la conductivité électrique de 8-12mmhos/cm. On préconise les travaux d'aménagement suivant : labours profonds, apport de matières organiques, drainage, plantation de brise-vents.

**Classe IV :** Ce sont des sols dont l'aptitude à l'irrigation est limitée à cause de la texture fine argileuse ou très argileuse ou très légère sableuse, de la présence des croutes dans le profil <40cm, de la salinité 12-16mmhos/cm. Les travaux d'aménagement nécessaires sont : lessivage localisé, drainage, apport des engrais organiques et minéraux, labour profond et assainissement de surface.

**Classe V :** Ce sont des sols inaptes à l'irrigation à cause de la pente très forte (plus de 20%), de la présence d'un encroutement ou de dalle calcaire dure qui affleure par endroits, de la faible profondeur des sols <40cm, et de la présence des sols minéraux bruts qui longent le lit de l'oued.

Tableau II.7. Aptitudes culturales des sols (Annexe 3)

Classe	Aptitudes culturales	Propriétés physico-chimiques
I	Bonne aptitude pour toutes les cultures : arbustives, céréalières, maraichères, fourragères et industrielles.	Sols profonds >120cm, texture moyenne(L-SA-M), salinité < 1mmhos/cm, calcaire actif < 5%, topographie plane.
II	Moyennement apte à toutes les cultures.	Profondeur 80-120cm, salinité entre 4 et 8mmhos/cm, calcaire actif entre 5 et 7%, topographie plane.
III	Moyenne aptitude aux cultures maraichères, céréalières, fourragères et peu aptes aux cultures arbustives et industrielles.	Profondeur 40-80cm, salinité entre 8-12mmhos/cm, calcaire actif 7-12%.
IV	Faible aptitude aux cultures maraichères, céréalières et fourragères et inapte à l'arboriculture.	Profondeur <40cm, texture argileuse et sableuse, salinité 12-16mmhos/cm, calcaire actif >12%, topographie forte.
V	Inaptes à toutes les cultures, les sols peuvent avoir une aptitude moyenne pour l'olivier, la vigne, le figuier.	Texture imperméable et grossière, salinité >16mmhos/cm, charge caillouteuse >50%.

**Conclusion :**

La Plaine de Hennaya, s'étend sur 912 ha pour un aménagement hydro agricole de 500ha.

- Elle jouit d'un climat de type méditerranéen, semi-aride avec des étés chauds et des hivers humides et frais. Actuellement dans cette plaine, il y'a une bonne activité hydro-agricole avec présence de cultures diversifiées (maraichère et arbustives : agrumes - pommiers - poiriers - pêchers et pruniers).
- La prospection de terrain, l'interprétation des résultats analytiques et l'ensemble des données collectées mettent en évidence trois classes de sols :
  1. Les sols calcimagnésiques sont représentés par les :
    - ✓ Sols bruns calcaires modaux et à ou sur encroûtement calcaire
    - ✓ Les rendzines modales
  2. Les sols isohumiques représentés par les sols marrons encroûtés, sur croûte calcaire
  3. Les sols à sesquioxydes de fer : les sols rouges formés sous un climat de type méditerranéen recalifiés formés sur croûte et encroûtement calcaire.
- La croûte, l'encroûtement ou dalle calcaire sont omni présentent dans la plaine à des profondeurs variables (35-120cm) et sont un critère incontournable limitant les aptitudes culturales principalement l'arboriculture.
- Cette zone ne pose pas de problèmes de salinité ; ni de drainage, les sols jouissent d'une perméabilité bonne à moyenne dans l'ensemble. Les textures sont fines à très fines et rarement moyenne.

### II.3. Ressources en eau:

#### II.3.1. ressources conventionnelle :

Le barrage d'Ain Youcef (Sekkak) est situé sur l'oued Sekkak à la hauteur de Guadet Boukaben, à environ 1 km du village D'Ain Youcef. Le site du barrage est accessible à partir des routes de wilaya W-38 et W-71, il est destiné à l'alimentation en eau potable de la ville de Tlemcen et l'irrigation de la plaine de Hennaya. Au premier lieu, L'alimentation du périmètre hennaya été assurée par ce barrage, et en raison de la sécheresse de ces dernières années cela conduit à cherchée des solutions durables pour assurer le bon fonctionnement du projet.



*fig II.1. Barrage sikak ou sekkak (commune de ain youcef W.Tlemcen)*

#### II.3.2. ressources non conventionnelle :

##### Présentation de la station d'épuration d'Ain el Hout :

La station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe au nord du chef-lieu « Tlemcen Ville », à l'ouest de Chetouane « Daïra » sur la Route de Ain El Hout conçue pour une population de **150 000 eq/hab** d'une capacité de **30 000 m<sup>3</sup>/j**, elle a été réalisée par l'Entreprise Hydrotraitement mise ne service le 05 Novembre 2005 gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement. La station d'épuration de la ville de Tlemcen est de type **Boues activées à faible charge**. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.





*fig II.1.* Image satellitaire de la STEP (Google Earth 12/09/2024)

### II.3.2 Description de la STEP :

**Tableau II.8.** Fiche technique de la station d'Ain El Hout

<b>Nom de la station</b>	Tlemcen (Ain El Hout)	
Commune	1350-Chetouane	
Localités concernées par le traitement	Tlemcen-Mansourah-Chetouane	
Milieu récepteur	BASSIN D'IRRIGATION O.N.I.D / OUED CHAABET EL HORA	
Nature des eaux brutes	Domestiques	
Capacités de la station	150 000 EH	30 000 m <sup>3</sup> /j
Superficie de l'assiette	17 Hectares	
Groupement de réalisation -Génie civil -Equipements	- HYDROTRAITEMENT - Société d'épuration et entreprise (SEE)	
Arrivée des eaux usées	Mixte (gravitaire+refoulement)	
Date de mise en service	2005	
Date de transfert de la station à l'ONA	17/11/2009	

Source : ONA Tlemcen

### II.3.3. Gestion de la STEP :

La station d'épuration des eaux usées d'Ain El Hout se divise en deux sections :

#### a. Ligne des eaux usées :

Le prétraitement des eaux comprend plusieurs éléments : un ouvrage de réception (Déversoir d'Orage D.V.O), un dégrillage grossier manuel, et un dégrillage fin mécanisé. En cas de défaillance des grilles mécanisées, une grille de by-pass garantit le bon fonctionnement du prétraitement. Cette étape inclut également un dessablage et déshuilage. L'élimination de la pollution carbonée et de l'azote se fait par voie biologique. Les sables décantés sont stockés dans des bacs spécifiques, tandis que les graisses sont extraites par un système air lift et conservées dans des conteneurs appropriés. Les refus de dégrillage sont évacués hors de la station à l'aide d'un tapis roulant.

**Tableau II.9.** Tableau récapitulatif du traitement des eaux usées.

Filière de traitement des eaux
Ouvrage de réception (Déversoir d'Orage D.V.O)
Grille grossière manuelle
Grille fin mécanisée
Grille de by-pass (manuelle)
Dessableur, Déshuileur
Bassin biologique
Clarificateur
Bassin de chloration

**b. Ligne des boues :**

À la sortie du clarificateur, une partie des boues biologiques est dirigée vers l'épaississeur, tandis que l'autre partie est acheminée par tuyauterie vers deux fosses de pompage pour les boues de recirculation et les boues en excès, afin d'assurer un traitement biologique efficace. Les boues ainsi recirculées sont appelées boues de retour. Les boues épaissies sont ensuite pompées et envoyées vers les lits de séchage, puis finalement stockées dans des aires de stockage.

**Tableau II.10.** Tableau récapitulatif du traitement des boues.

Filière de boues
Un poste de pompage des boues avec pompe de recirculation
Epaississeur
Lits de séchage
Aire de stockage



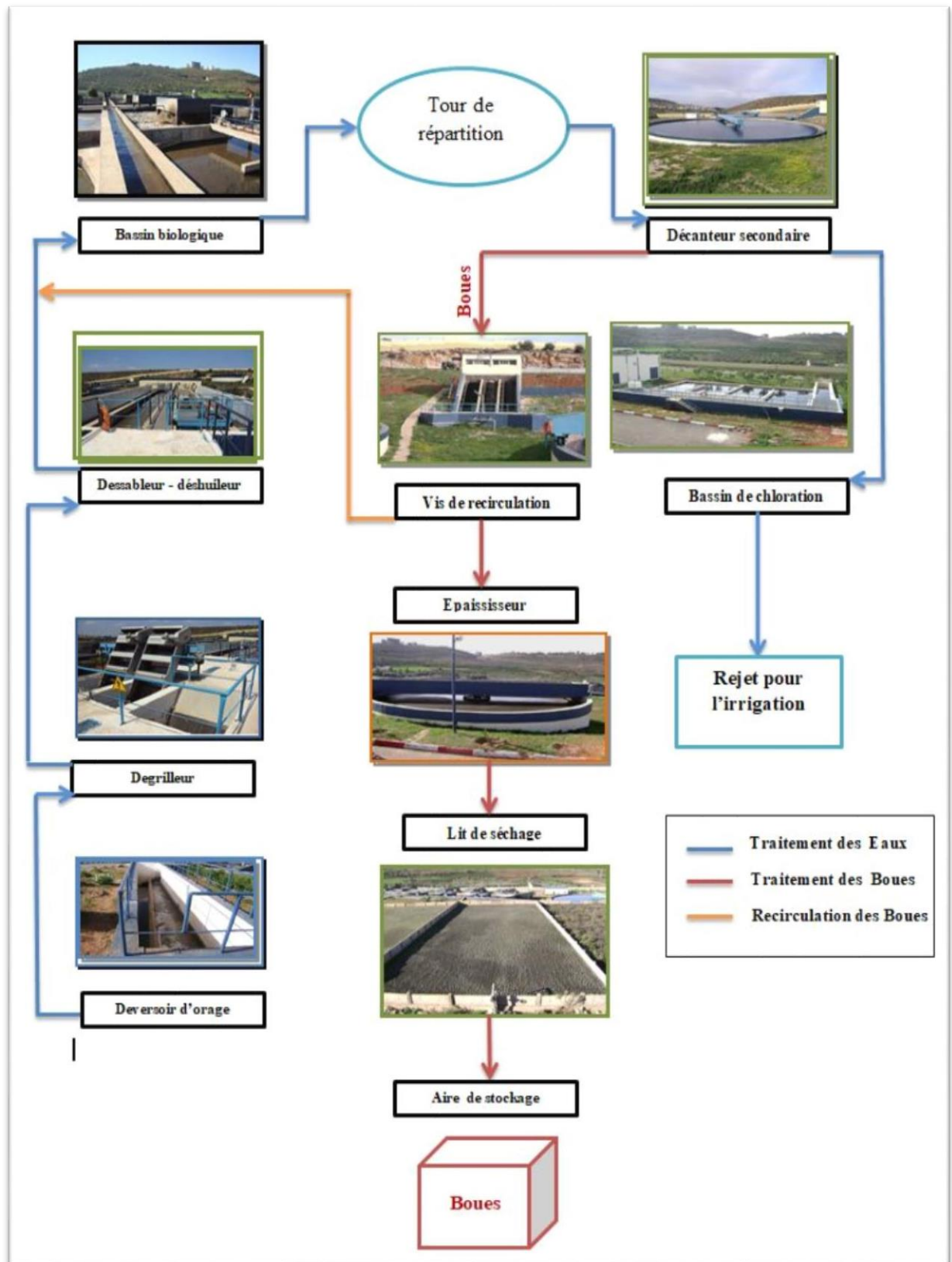


fig II.2. Schéma générale de la STEP d'Ain El Hout

**Tableau II.11.** Résultats des analyses physico-chimiques à l'entrée de la STEP d'Ain El Hout

Paramètre	unité	Moyenne
pH	--	7.75
Température	(c°)	19.06
M.E.S	(mg/l)	279
D.B.O <sub>5</sub>	(mg/l)	236.67
D.C.O	(mg/l)	433
PO <sub>4</sub>	(mg/l)	11.82
Phos	(mg/l)	13.8
N-NH <sub>4</sub>	(mg/l)	42.6

Source : DHW Tlemcen, 2024

**Tableau II.12.** Les caractéristiques de l'eau épurée sortant de la STEP d'Ain El Hout

Paramètre	Unité	Valeur
Température	°C	18.03
pH	--	7.703
Conductivité	µs/cm	920.5
Concentration		
DBO <sub>5</sub>	mg/l	18.6
DCO	mg/l	53.17
MES	mg/l	27.34
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	5.2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	2.8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.37
PO <sub>4</sub>	mg/l	6.99

Source : DHW Tlemcen ,2024

Comparons les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau épurée à la sortie de la station d'épuration avec les normes d'irrigation en Algérie. Nous avons également pris en compte les normes de l'OMS et de la FAO relatives à la pollution.

**Tableau II.13.** Les normes d’irrigation en Algérie pour les eaux usées épurées (journal officiel de la République Algérienne. N41°, Juillet 2012)

Paramètres	Unité	Valeur limitée maximale
Température	°C	30
pH	-	6.5-8.5
MES	mg/l	30
CE	ds/m	3
DBO <sub>5</sub>	mg/l	30
DCO	mg/l	90
Chlorure	meq/l	10
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	meq/l	8.5
Azote	mg/l	30
Phosphates	mg/l	2

**II.3.4. Classification des eaux de l’irrigation :**

Les qualités de l’eau, en vue de son utilisation à des fins agricoles, sont différenciées selon les critères suivants:

- Taux de salinité (Conductivité, CEw en mmho/cm ou ds/m)
- Taux de d’alcalinité
- Taux de toxicité.

**A. Risque lié à la salinité :**

Elle caractérise la présence de sels de sodium, de sulfate et de bicarbonates néfastes pour la culture.

**Tableau II.14.** Risque d’irrigation en fonction de la salinité.

Conductivité électrique (mmhos/cm)		Risque	Remarque
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible	Convient pour toutes les cultures
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

D’après le tableau de classification des eaux en fonction de la conductivité électrique, notre eau appartient à la catégorie C3 avec  $CE=920.5 \mu S/cm$  à 25 °C, ce qui indique une forte salinité d’eau, donc un risque élevé (contrôle de salinité nécessaire).

**B. Risque d'alcalinisation :**

Une eau riche en sodium (Na) provoque une dispersion des argiles dans le sol, ce qui perturbe sa structure, et par conséquent le sol devient imperméable à long terme.

Le taux de sodium absorbé est calculé à partir des cations suivants :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  en (méq/l), est donné par le SAR :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}} \quad \text{Équation (II-1)}$$

Avec :

**Na** : Sodium en m équiv/l

**Ca** : Calcium en m équiv/l

**Mg** : Magnésium en m équiv/l

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

**Tableau II.15.** Eléments chimiques pour le calcul de SAR.

Paramètre	Masse molaire atomique (g.mol <sup>-1</sup> )	Valeur (mg/l)	Valeur (meq/l)
$\text{Ca}^{2+}$	40.1	94	4.69
$\text{Mg}^{2+}$	24.3	51	4.19
$\text{Na}^+$	23	66.25	2.88

Application numérique : **SAR = 1.37**

**Tableau II.16.** Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR.

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S1	$\text{SAR} \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < \text{SAR} \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < \text{SAR} \leq 26$	Risque élevé
S4	$\text{SAR} > 26$	Risque très élevé

D'après le tableau **II.16**, l'eau épurée appartient à la classe S1, avec un risque faible d'alcalinisation.

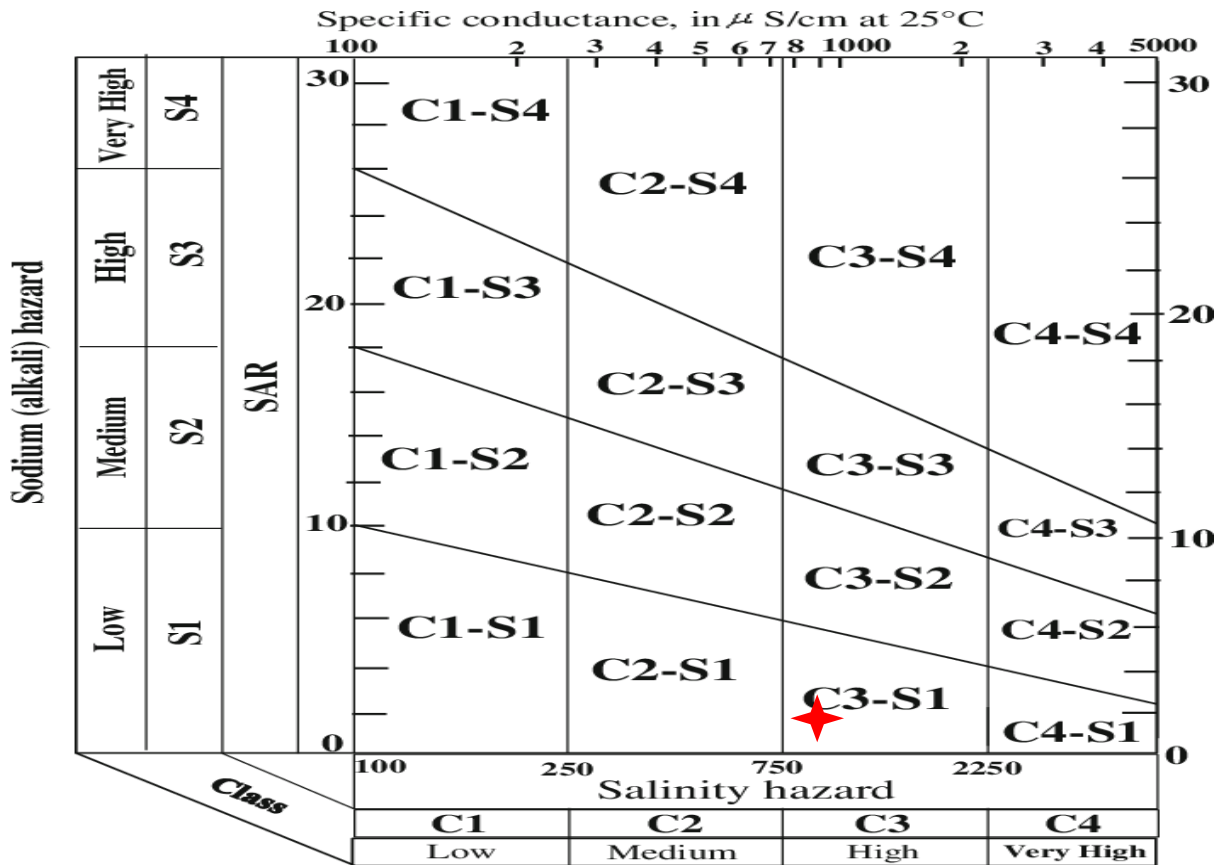


fig II.3. Diagramme de la classification des eaux d'irrigation de l'USSL (1954)

D'après le diagramme, Les eaux de la station Ain El Houtz appartiennent à la catégorie (C3-S1) : alcalinité faible avec une salinité d'eau relativement élevée. Par conséquent, elles doivent être utilisées avec précaution dans les sols lourds et mal drainés, ainsi que pour l'irrigation des plantes sensibles.

## II.4. Etude Hydrologique :

### II.4.1. Choix de la station pluviométrique :

L'observation des précipitations de la plaine de Hennaya se fait par la station météorologique de Tlemcen.

Nom	Altitude (m)	code	coordonnées		Nombre d'observation
			Latitude	Longitude	
Tlemcen	832	160724	34°53'22" N	01°19'58" W	30 ans

Source : ANRH Tlemcen

### II.4.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle :

Tableau II.17. La série des Précipitation moyennes mensuelles (1980-2020).

DATE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1980-1981	22,2	4,7	99,3	9,0	45,2	89,5	31,5	137,5	80,7	15,4	7,6	15,8
1981-1982	36,7	65,2	26,9	64,5	102,5	36,0	41,8	7,2	46,3	4,2	12,5	14,6
1982-1983	0,0	26,8	110,3	16,2	74,6	11,8	38,2	79,2	27,2	4,2	0,0	3,8
1983-1984	0,0	66,0	47,0	12,5	23,1	142,7	38,8	25,8	16,9	2,2	5,4	2,0
1984-1985	20,9	74,2	79,3	64,4	9,3	74,3	104,8	29,8	15,3	0,0	0,0	0,6
1985-1986	16,0	31,4	40,2	204,3	18,7	73,4	53,6	61,8	10,7	47,6	0,0	2,5
1986-1987	6,4	0,4	0,0	16,4	24,4	55,0	1,3	0,0	0,0	5,5	0,0	10,0
1990-1991	1,2	22,2	4,3	51,5	0,0	23,7	16,1	10,3	11,7	0,0	0,7	0,5
1991-1992	0,0	0,0	3,4	77,3	44,7	39,8	29,9	12,6	88,7	3,2	0,0	0,0
1992-1993	10,0	1,1	107,2	28,4	45,2	20,3	54,0	21,4	51,7	0,0	0,0	0,0
1993-1994	9,8	0,8	55,0	45,0	79,9	86,3	76,9	40,2	2,5	8,0	0,0	6,8
1994-1995	28,3	30,2	87,1	35,9	36,5	146,9	18,6	2,2	12,5	2,5	25,7	6,9
1995-1996	4,7	34,4	26,1	30,8	25,3	31,6	7,1	28,9	28,9	7,7	0,9	0,0
1996-1997	17,8	11,1	44,8	8,5	19,1	23,4	178,0	35,9	26,1	5,2	2,1	12,6
1997-1998	10,2	6,0	15,8	38,3	144,9	0,0	25,0	65,8	16,7	5,2	3,0	3,0
1998-1999	17,5	10,5	41,0	80,0	36,9	65,7	158,9	4,9	23,0	0,0	0,0	0,5
1999-2000	31,1	42,2	13,9	32,7	15,6	21,7	101,7	83,3	124,0	30,9	1,0	1,4
2000-2001	0,6	19,1	34,5	20,1	0,0	70,0	16,6	71,5	88,5	0,0	0,0	1,0
2001-2002	9,0	2,0	71,3	3,5	100,3	57,4	6,2	19,3	22,2	0,2	5,6	0,0
2002-2003	36,9	30,8	33,2	13,5	28,7	68,2	176,9	15,1	1,1	9,0	0,0	3,2
2003-2004	12,3	32,3	19,8	63,8	75,2	94,8	100,4	41,5	46,3	5,3	3,1	3,6
2004-2005	36,1	39,8	0,8	32,3	102,3	0,2	4,4	148,0	14,3	3,7	0,6	12,1
2005-2006	78,7	38,5	57,6	67,3	30,1	44,5	45,3	23,2	77,8	0,4	0,6	0,7
2006-2007	13,9	6,5	47,5	11,0	107,8	69,9	93,6	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0
2007-2008	26,9	24,9	73,9	74,7	0,0	0,0	4,8	11,4	38,5	0,0	0,0	0,0
2008-2009	14,4	77,2	69,0	39,5	65,7	48,4	6,9	4,0	9,2	4,0	0,8	0,0

2009-2010	25,2	38,6	150,8	30,7	1,8	7,3	27,0	88,7	75,1	1,0	0,0	28,2
2010-2011	2,5	21,8	97,0	20,4	104,6	84,9	16,8	28,8	13,8	3,1	0,0	0,1
2011-2012	8,9	33,2	53,9	108,4	45,3	23,2	75,5	37,3	75,2	9,0	1,2	0,6
2012-2013	2,4	31,7	35,6	88,0	21,3	70,3	55,5	19,1	4,9	1,1	0,2	0,5
2013-2014	20,2	29,1	32,5	15,7	70,1	53,1	21,0	23,8	63,4	3,3	1,5	0,8
2014-2015	35,4	11,7	4,3	50,4	26,7	33,5	30,5	85,6	2,6	0,0	0,0	0,2
2015-2016	7,9	73,1	59,2	10,5	23,7	18,0	9,4	16,1	55,4	4,3	0,5	0,9
2016-2017	38,2	87,7	99,7	99,8	111,5	28,7	19,5	51,3	5,6	10,0	2,2	1,6
2017-2018	71,0	1,6	57,8	23,0	46,6	53,6	64,5	54,1	12,6	20,1	6,7	12,9
2018-2019	19,7	96,0	38,0	34,2	48,8	28,8	24,9	66,4	69,1	23,8	2,0	8,3
2019-2020	11,9	75,2	63,9	24,8	21,1	50,8	27,0	25,9	6,0	8,3	2,3	1,9
Moy	18,3	31,7	49,5	44,7	45,9	52,4	54,2	47,2	33,9	6,7	2,1	4,2

### II.4.3. Etude d'homogénéité de la série pluviométrique :

Le test de Wilcoxon est utilisé pour évaluer l'homogénéité d'une série pluviométrique en suivant ces étapes :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N1 et N2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement N1 > N2
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.
- Selon Wilcoxon, la série est considérée comme homogène avec une probabilité de 95% (selon Touaibia, 2004) si la relation suivante est vérifiée :

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

Avec :

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

$$W_{min} = \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left( \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \quad \text{Équation (II-2)}$$

$$W_{max} = [(N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min}] \quad \text{Équation (II-3)}$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau II.18. Tableau présentant le test de Wilcoxon

X	Y	XUY	série d'origine	Rang
541,8	416,6	119.4	X	1
602,2	498,4	142.2	X	2
558,4	394,6	226.4	X	3
458,4	464,7	255.1	Y	4
392,3	352,5	278.1	Y	5
382,4	255,1	280.9	Y	6
472,9	339,1	297	X	7
560,2	474,4	299.6	X	8
119,4	391,3	307.1	Y	9
142,2	471,7	321.9	X	10
299,6	330,6	330.6	Y	11
339,3	333,7	333.7	Y	12
411,2	280,9	333.9	X	13
433,3	278,1	339.1	Y	14
226,4	552	339.3	X	15
384,6	424,5	352.5	Y	16
333,9	458	382.4	X	17
438,9	307,1	384.6	X	18
499,5		391.3	Y	19
321,9		392.3	X	20
297		394.6	Y	21
		411.2	X	22
		416.6	Y	23
		424.5	Y	24
		433.3	X	25
		438.9	X	26
		458	Y	27
		458.4	X	28
		464.7	Y	29
		471.7	Y	30
		472.9	X	31
		474.4	Y	32
		498.4	Y	33
		499.5	X	34
		541.8	X	35
		552	Y	36
		558.4	X	37
		560.2	X	38
		602.2	X	39



Selon le tableau :

$N_1 = 21$  et  $N_2 = 18$

$W_{min} = 350.42$

$W_{max} = 489.57$

$W_x = 429$

$$350.42 < W_x < 489.57$$

Interprétation : La condition est vérifiée, donc la série est homogène.

**II.4.4. Ajustement de la série pluviométrique :**

Pour ajuster la pluviométrie, différentes lois statistiques peuvent être utilisées. Cependant, pour notre projet, nous avons sélectionné celle qui offre le meilleur ajustement.

Les lois les plus couramment appliquées pour l'ajustement des pluies annuelles sont :

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

**II.4.4.1. L'ajustement par la loi normale (Gauss) :**

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

Équation II-4

U : variable réduite de Gauss égale à :  $U = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$

Équation II-5

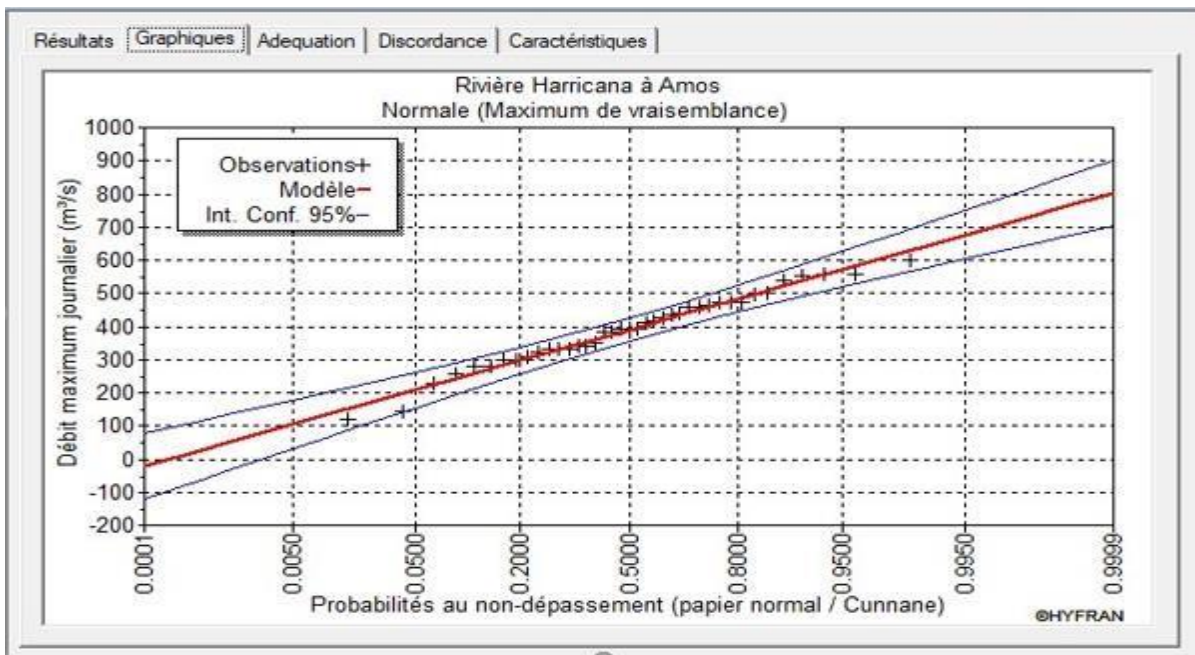


fig II.4. Ajustement des pluies annuelles par la loi normale

**II.4.4.2. L'ajustement par la loi log normale (Galton) :**

La loi log-normale est une distribution de probabilité continue qui est utilisée pour modéliser des variables positives qui ont des variations relatives relativement constantes, c'est-à-dire des variables dont le logarithme suit une loi normale.

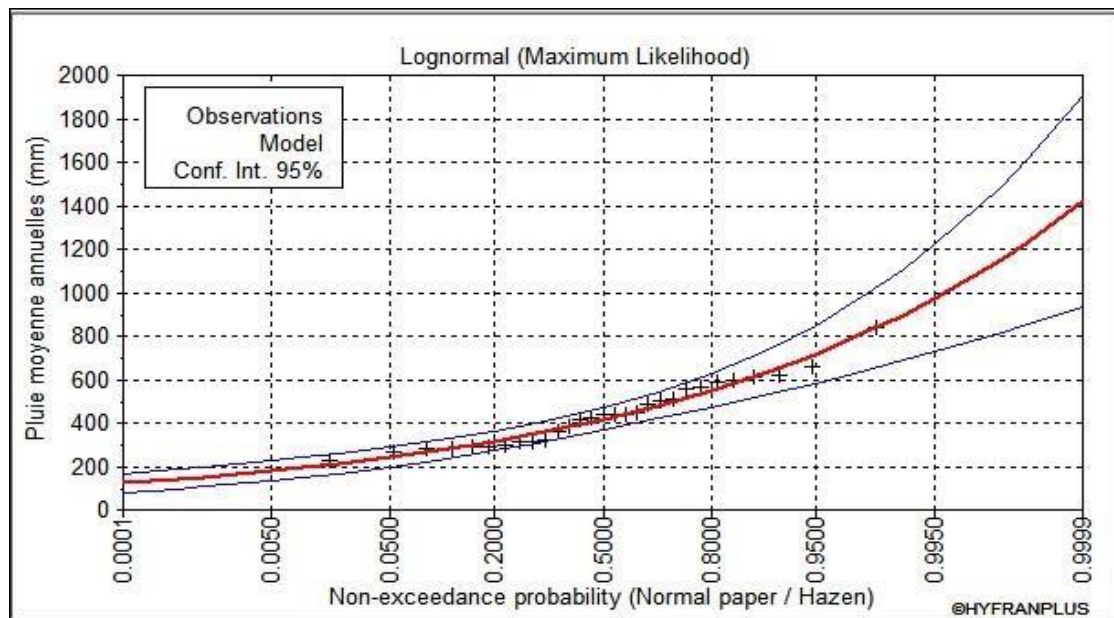


fig II.5. Ajustement des pluies annuelles par la loi log-normale.

**II.4.5. Test de fiabilité des ajustements :**

Après avoir ajusté les données statistiques, il est généralement conseillé de réaliser un test de validité pour évaluer la concordance entre le modèle et les données observées. Dans notre cas, nous avons utilisé le test du Khi carré ( $\chi^2$ ).

La loi est considérée comme adéquate avec une erreur  $\alpha = 0.05$  si et seulement si  $\chi^2$  calculé est inférieur à  $\chi^2$  théorique.

**Tableau II.15 :** les paramètres de test de KHI carré

Paramètre	La loi normale	La loi log-normale
$\chi^2$ calcul	3.05	3.33
Probabilité $p(\chi^2)$	0.692	0.7
Degré de liberté	5	5
$\chi^2$ théorique	7.48	

D'après les valeurs du test de Khi carré détaillées dans le tableau (II.15), Le test montre que les deux lois présentent une même adéquation.

**II.4.6. Détermination de l'année de calcul :**

L'objectif de la détermination de l'année de calcul est d'évaluer la quantité de pluie disponible pour la plante pour une probabilité de 80%, elle est calculée comme suit :

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

Équation II-6

Avec :

$P_{80\%}$  : la précipitation mensuelle de l'année de calcul

$P_{\text{moy.i}}$  : La précipitation moyenne mensuelle

$P_{80\%}$  : La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%

$P_{50\%}$  : La précipitation théorique annuelle de fréquence 50%

**Tableau II.19.** Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi normal.

T (ans)	Fréquence	XT (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
10.0	0.90	532	24.1	485 – 579
5.0	0.80	484	20.7	443 – 524
2.0	0.50	390	17.7	356 – 425
1.25	0.20	297	20.7	256 – 338

Les pluies moyennes mensuelles 80% sont calculées comme suit :

**Tableau II.20.** les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aout
<b>Pmoy (mm/mois)</b>	18,3	31,7	49,5	44,7	45,9	52,4	54,2	47,2	33,9	6,7	2,1	4,2
<b>P80% (mm/mois)</b>	14,64	25,36	39,6	35,76	36,72	41,92	43,36	37,76	27,12	5,36	1,68	3,36

### II.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons réalisé une analyse approfondie des ressources en sol et en eau de notre zone d'étude. Nous avons d'abord examiné en détail les propriétés du sol, puis nous avons concentré notre attention sur l'analyse de la qualité des eaux épurées issues de la station d'épuration d'Ain El Hout, un facteur essentiel pour garantir un approvisionnement en eau suffisant et de haute qualité. Les résultats de l'analyse chimique ont montré que l'eau d'irrigation est moyennement à fortement salée, et faible en sodium, (CE = 920  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; SAR =1.37).

Quant à l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement meilleur avec la loi racine-normale. Ce qui nous a conduits à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement d'un réseau d'irrigation

**Chapitre III :**  
**Besoins en eau des cultures**

## Chapitre III : Besoins en eau des cultures

### III.1. Introduction :

L'évaluation des besoins en eau d'une zone constitue un aspect essentiel dans la planification de tout projet d'aménagement hydro-agricole. Cette démarche permet de planifier et de gérer de manière optimale les ressources en eau afin de répondre aux exigences. Dans ce chapitre, nous procéderons à l'estimation des besoins en eau pour différentes cultures au sein de notre périmètre.

### III.2. Besoins en eau des cultures :

#### III.2.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation :

Le calcul de besoin en eau d'irrigation à apporter pour la culture est réalisé en effectuant le bilan hydrique suivant :

$$B_i = ETM_i - (P_{\text{eff } i} + RS_{i-1}) \quad \text{Équation III-1}$$

ETM : L'évapotranspiration maximale ou besoins des cultures en mm ( $ETM = ET_0 \times kc$ )

Kc : Coefficient culturel de la culture considérée.

$P_{\text{eff}}$  : La précipitation efficace

$RS_{i-1}$  : La réserve en eau de sol du mois précédent

#### III.2.2. L'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) :

L'évapotranspiration potentielle ( $ET_0$ ) correspond au transfert d'eau de la surface du sol vers l'atmosphère, incluant à la fois l'évaporation directe de l'eau du sol et la transpiration des plantes (processus physiques ou physiologiques).

Elle peut être déterminée de deux façons principales : soit directement sur le terrain, soit indirectement à l'aide de formules mathématiques qui ne dépendent que des conditions météorologiques.

- **La méthode indirecte :**

Les méthodes indirectes permettent de calculer l' $ET_0$  à l'aide de formules empiriques basées sur des données climatiques telles que la température, l'humidité de l'air, l'ensoleillement et la vitesse du vent.

Dans notre étude, nous avons utilisé la formule modifiée de Penman-Monteith, recommandée par la FAO, pour estimer l'évapotranspiration de référence. Cette formule est décrite en détail ci-dessous :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad \text{Équation III-2}$$

Avec :

**ET<sub>0</sub>** : évapotranspiration de référence [mm/ jour].

**Rn** : 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].

- $u_2$ : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s].
- $e_s$ : pression de vapeur saturante [kPa].
- $e_a$ : pression de vapeur réelle [kPa].
- $\Delta$  : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1].
- $\gamma$ : constante psychrométrique [kPa °C-1].

Les résultats de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  calculés à l'aide du logiciel CROPWAT (FAO, 2008) selon la formule de Penman-Monteith sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau III.1.** L'évapotranspiration de référence  $ET_0$  calculée par le logiciel CROPWAT

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ET <sub>0</sub> mm/month
January	5,8	15,5	71	4,2	6,2	10,6	64,87
February	6,1	16,3	72	4,2	6,5	13,0	67,02
March	7,8	18,9	75	4,1	7,3	16,8	91,48
April	9,6	21,2	68	3,9	8,2	20,5	119,76
May	12,7	24,3	66	3,6	9,3	23,5	150,24
June	15,9	29,7	60	3,3	10,4	25,5	183,27
July	19,1	33,2	60	3,1	11,1	26,2	208,19
August	19,7	33,5	56	3,1	10,3	23,9	205,32
September	16,8	29,4	63	3,2	8,9	19,6	152,31
October	14,0	25,7	69	3,4	10,7	18,6	122,92
November	9,5	19,3	77	4,1	8,8	13,5	71,75
December	6,9	16,3	73	4,1	5,8	9,5	61,71
<b>Average</b>	<b>12,0</b>	<b>23,6</b>	<b>68</b>	<b>3,7</b>	<b>8,6</b>	<b>18,4</b>	<b>1498,82</b>

### III.2.3. Calcul de la pluie efficace :

Il s'agit de la part des précipitations totales réellement absorbée par la culture, qui varie en fonction du type de sol et des conditions climatiques. Plusieurs méthodes permettent de calculer cette fraction des pluies. Dans notre cas, nous avons opté pour la méthode du pourcentage fixe :

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)}. \quad \text{Équation III-3}$$

A : coefficient de pertes =0.8

Tableau III.2. Calcul des pluies efficaces.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aout
<b>P moy (mm/mois)</b>	18,3	31,7	49,5	44,7	45,9	52,4	54,2	47,2	33,9	6,7	2,1	4,2
<b>P 80% (mm/mois)</b>	14,64	25,36	39,6	35,76	36,72	41,92	43,36	37,76	27,12	5,36	1,68	3,36
<b>P eff (mm/mois)</b>	11.71	20.28	31.68	28.61	29.38	33.54	34.68	30.20	21.69	4.28	1.34	2.68

### III.2.4. Calcul de la réserve en eau du sol :

C'est la quantité d'eau présente dans la zone du sol explorée par les racines, elle dépend de la capacité du sol à retenir l'eau et de la profondeur des racines.

$$RS_{i-1} = K \times RFU_{i-1} \quad \text{Équation III-4}$$

Le coefficient  $K$  peut prendre les valeurs suivantes : 1 dans le cas de mois humide, 1/2 pour l'arboriculture, 1/3 pour les céréaliculture et maraîchage ou 0 dans le cas du mois sec. Avec  $RFU$  la réserve en eau facilement utilisable correspondant à une humidité de sol pour laquelle le flétrissement des plantes est temporaire. Elle se calcul par la formule :

$$RFU = (Hcc - Hpf) \times Y \times Z \times da \quad \text{Équation III-5}$$

$Hcc$  : humidité à la capacité au champs (%).

$Hpf$  : humidité au point de flétrissement (%).

$Y$  : degré de tarissement des cultures, en général on prend ( $Y=2/3$ ).

$Z$  : profondeur racinaire en mm.

$da$  : densité apparente du sol.

### III.3. Choix des cultures :

La diversité agricole dans la plaine Hennaya est influencée par plusieurs paramètres qui contrôlent le choix des cultures, ces paramètres sont :

- Le climat de la région considérée
- Le type de sol et les contraintes pédologiques
- La disponibilité des ressources en eau
- La vocation de la région et les contraintes socio-économiques.

#### III.3.1. Occupation des sols :

Avant d'estimer les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est essentiel de déterminer d'abord l'occupation des terres et la répartition des cultures dans la région. Le tableau ci-dessous présente l'occupation des sols retenue pour notre projet :

**Tableau III.3.** Occupation du sol du périmètre Hennaya

Type de culture	Céréales	Arboriculture	Maraichage	Fourragère	Total
Surface occupée en (%)	50	20	20	10	100%
Surface occupée en (ha)	100	40	40	20	200 ha

**Tableau III.4.** Système de cultures proposées

Céréaliculture	Culture maraichères	Culture fourragère	Culture arboricoles
Blé	Pomme de terre (S)	Avoines	Olivier
Orge grain	Pomme de terre (AS)		Agrumes
Orge en vert	Haricot		

**III.3.2. Assolement et rotation des cultures :**

L'assolement est la succession de plusieurs cultures dans le temps sur une même parcelle, elle est essentielle pour maintenir et améliorer la fertilité des sols, réduire l'impact des maladies et des ravageurs, encouragée la biodiversité et améliorer le rendement.

**Tableau III.5.** Assolement proposé

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge grain
Avoine	Orge en vert
Pomme de terre (S)	Haricot
Pomme de terre (AS)	Pomme de terre (S)
Haricot	Pomme de terre (AS)
Hors assolement : Olivier	Hors assolement : Olivier
Hors assolement : Agrumes	Hors assolement : Agrumes

**Tableau III.6.** Le cycle végétatif des cultures envisagées

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
<b>Blé</b>												
<b>Orge en vert</b>												
<b>Orge en grain</b>												
<b>P.d.t (S)</b>												
<b>P.d.t (AS)</b>												
<b>Haricot</b>												



Avoine										
olivier										
Agrumes										

III.4. Estimation des besoins en eau des cultures choisies :

III.4.1. Estimation des besoins en eau des céréales :

Tableau III.7. Calcul des besoins en eau pour le Blé

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RSi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31						
Octobre	25,36	20,28	122.92						
Novembre	39,60	31,68	71.75	0,30	36,40	0,00	0,4	28,70	0,00
Décembre	35,76	28,61	61.71	0,40	48,53	12,13	0,7	43,20	2,45
Janvier	36,72	29,38	64.87	0,50	60,67	16,18	0,85	55,14	9,58
Février	41,92	33,54	67.02	0,60	72,80	20,22	0,95	63,67	9,91
Mars	43,36	34,68	91.48	0,60	72,80	24,27	1,05	96,05	37,11
Avril	37,76	30,20	119.76	0,60	72,80	0,00	0,95	113,77	83,57
Mai	27,12	21,69	150.24	0,60	72,80	0,00	0,75	112,68	90,99
Juin	5,36	4,28	183.27	0,60	72,80	0,00	0,45	82,47	78,19
Juillet	1,68	1,34	208.19						
Août	3,36	2,68	205.32						

Tableau III.8. Calcul des besoins en eau pour l'orge grain

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RSi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31						
Octobre	25,36	20,28	122.92						
Novembre	39,60	31,68	71.75	0,30	36,40	0,00	0,4	28,70	0,00
Décembre	35,76	28,61	61.71	0,50	60,67	12,13	0,6	37,03	0,00
Janvier	36,72	29,38	64.87	0,60	72,80	20,22	0,8	51,90	2,29
Février	41,92	33,54	67.02	0,60	72,80	24,27	0,9	60,32	2,51
Mars	43,36	34,68	91.48	0,60	72,80	24,27	1,00	91,48	32,53
Avril	37,76	30,20	119.76	0,60	72,80	0,00	0,8	95,81	65,61
Mai	27,12	21,69	150.24	0,60	72,80	0,00	0,6	90,14	68,45
Juin	5,36	4,28	183.27	0,60	72,80	0,00	0,4	73,31	69,03
Juillet	1,68	1,34	208.19						
Août	3,36	2,68	205.32						

**Tableau III.9.** Calcul des besoins en eau pour l'orge vert

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RSi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31						
Octobre	25,36	20,28	122.92						
Novembre	39,60	31,68	71.75	0,30	36,40	0,00	0,3	21,53	0,00
Décembre	35,76	28,61	61.71	0,50	60,67	12,13	0,3	18,51	0,00
Janvier	36,72	29,38	64.87	0,50	72,80	20,22	0,5	32,44	0,00
Février	41,92	33,54	67.02	0,60	72,80	24,27	0,5	33,51	0,00
Mars	43,36	34,68	91.48	0,60	72,80	0,00	1,00	91,48	32,53
Avril	37,76	30,20	119.76	0,60	72,80	0,00	1,15	137,72	107,52
Mai	27,12	21,69	150.24	0,60	72,80	0,00	0,9	135,22	113,53
Juin	5,36	4,28	183.27						
Juillet	1,68	1,34	208.19						
Août	3,36	2,68	205.32						

**Tableau III.10.** Calcul des besoins en eau pour l'avoine

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RSi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31						
Octobre	25,36	20,28	122.92						
Novembre	39,60	31,68	71.75	0,30	36,40	0,00	0,4	28,70	0,00
Décembre	35,76	28,61	61.71	0,50	60,67	12,13	0,7	43,20	2,45
Janvier	36,72	29,38	64.87	0,50	60,67	20,22	0,8	51,90	2,29
Février	41,92	33,54	67.02	0,60	72,80	20,22	0,9	60,32	6,56
Mars	43,36	34,68	91.48	0,60	72,80	24,27	1,1	100,63	41,68
Avril	37,76	30,20	119.76	0,60	72,80	0,00	0,9	107,78	77,58
Mai	27,12	21,69	150.24	0,60	72,80	0,00	0,7	105,17	83,48
Juin	5,36	4,28	183.27						
Juillet	1,68	1,34	208.19						
Août	3,36	2,68	205.32						

## III.4.2. Estimation des besoins en eau des maraichères :

Tableau III.11. Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (S)

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RSi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31						
Octobre	25,36	20,28	122.92						
Novembre	39,60	31,68	71.75						
Décembre	35,76	28,61	61.71						
Janvier	36,72	29,38	64.87						
Février	41,92	33,54	67.02	0,20	24,27	8,09	0,50	33,51	0,00
Mars	43,36	34,68	91.48	0,40	48,53	16,18	0,70	64,04	13,18
Avril	37,76	30,20	119.76	0,50	60,67	0,00	1,00	119,76	89,56
Mai	27,12	21,69	150.24	0,50	60,67	0,00	0,75	112,68	90,99
Juin	5,36	4,28	183.27						
Juillet	1,68	1,34	208.19						
Août	3,36	2,68	205.32						

Tableau III.12. Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS)

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RSi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31	0,20	24,27	0,00	0,50	76,16	64,45
Octobre	25,36	20,28	122.92	0,40	48,53	0,00	0,70	86,04	65,76
Novembre	39,60	31,68	71.75	0,50	60,67	16,18	1,00	71,75	23,89
Décembre	35,76	28,61	61.71	0,50	60,67	20,22	0,75	46,28	
Janvier	36,72	29,38	64.87						
Février	41,92	33,54	67.02						
Mars	43,36	34,68	91.48						
Avril	37,76	30,20	119.76						
Mai	27,12	21,69	150.24						
Juin	5,36	4,28	183.27						
Juillet	1,68	1,34	208.19						
Août	3,36	2,68	205.32						

Tableau III.13. Calcul des besoins en eau pour Haricot

Mois	P80% (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31	0,70	84,93	0,00	0,9	137,08	125,37
Octobre	25,36	20,28	122.92	0,70	84,93	0,00	0,85	104,48	84,20
Novembre	39,60	31,68	71.75						
Décembre	35,76	28,61	61.71						
Janvier	36,72	29,38	64.87						
Février	41,92	33,54	67.02						
Mars	43,36	34,68	91.48						
Avril	37,76	30,20	119.76						
Mai	27,12	21,69	150.24						
Juin	5,36	4,28	183.27	0,50	60,67	0,00	0,50	91,64	87,36
Juillet	1,68	1,34	208.19	0,50	60,67	0,00	0,65	135,32	133,98
<b>Août</b>	<b>3,36</b>	<b>2,68</b>	<b>205.32</b>	<b>0,70</b>	<b>84,93</b>	<b>0,00</b>	<b>0,95</b>	<b>195,05</b>	<b>192,37</b>

## III.4.3. Estimation des besoins en eau des arboricultures :

Tableau III.14. Calcul des besoins en eau pour les Agrumes

Mois	P80% (mm)	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS <sub>i-1</sub> (mm)	KC	ETM (mm)	B <sub>net</sub> (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31	1,50	182,00	0,00	0,65	99,00	87,29
Octobre	25,36	20,28	122.92	1,50	182,00	0,00	0,65	79,00	59,62
Novembre	39,60	31,68	71.75	1,50	182,00	0,00	0,60	43,05	11,37
Décembre	35,76	28,61	61.71	1,50	182,00	91,00	0,60	37,03	0,00
Janvier	36,72	29,38	64.87	1,50	182,00	91,00	0,60	38,92	0,00
Février	41,92	33,54	67.02	1,50	182,00	91,00	0,60	40,21	0,00
Mars	43,36	34,68	91.48	1,50	182,00	91,00	0,65	59,46	0,00
Avril	37,76	30,20	119.76	1,50	182,00	91,00	0,65	77,84	0,00
Mai	27,12	21,69	150.24	1,50	182,00	0,00	0,65	97,66	75,97
Juin	5,36	4,28	183.27	1,50	182,00	0,00	0,65	119,13	114,85
Juillet	1,68	1,34	208.19	1,50	182,00	0,00	0,70	145,73	144,39
<b>Août</b>	<b>3,36</b>	<b>2,68</b>	<b>205.32</b>	<b>1,50</b>	<b>182,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,75</b>	<b>153,99</b>	<b>151,31</b>

Tableau III.15. Calcul des besoins en eau pour l'olivier

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RSi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B net (mm)
Septembre	14,64	11,71	152.31	1,50	182,00	0,00	0,85	129,46	117,75
Octobre	25,36	20,28	122.92	1,50	182,00	0,00	0,85	104,48	84,20
Novembre	39,60	31,68	71.75	1,50	182,00	0,00	0,75	53,81	22,13
Décembre	35,76	28,61	61.71	1,50	182,00	91,00	0,65	40,11	0,00
Janvier	36,72	29,38	64.87	1,50	182,00	91,00	0,65	42,17	0,00
Février	41,92	33,54	67.02	1,50	182,00	91,00	0,65	43,56	0,00
Mars	43,36	34,68	91.48	1,50	182,00	91,00	0,65	59,46	0,00
Avril	37,76	30,20	119.76	1,50	182,00	91,00	0,65	77,84	0,00
Mai	27,12	21,69	150.24	1,50	182,00	0,00	0,65	97,66	75,97
Juin	5,36	4,28	183.27	1,50	182,00	0,00	0,85	155,78	151,50
Juillet	1,68	1,34	208.19	1,50	182,00	0,00	0,85	176,96	175,62
Août	3,36	2,68	205.32	1,50	182,00	0,00	0,85	174,52	171,84

## III.5. Calcule des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :

Tableau III.16. Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois	Blé	Avoine	PDT (S)	PDT (AS)	Haricot	Olivier	Agrumes	TOTAL (mm)
Sep				64,45	125,37	117,75	87,29	394.36
Oct				65,76	84,20	84,20	59,62	293.78
Nov				23,89		22,13	11,37	57.39
Déc	2,45	2,45						4.9
Janv	9,58	2,29						11.87
Fév	9,91	6,56						16.47
Mars	37,11	41,68	13,18					91.97
Avril	83,57	77,58	89,56					250.71
Mai	90,99	83,48	90,99			75,97	75,97	417.4
Juin	78,19				87,36	151,50	114,85	431.9
Juil					133,98	175,62	144,39	453.99
Aout					192,37	171,84	151,31	515.52

Tableau III.17. Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2

Mois	Orge grain	Orge en vert	PDT (S)	PDT (AS)	Haricot	Olivier	Agrumes	TOTAL (mm)
Sep				64,45	125,37	117,75	87,29	394.36
Oct				65,76	84,20	84,20	59,62	293.78
Nov				23,89		22,13	11,37	57.39
Déc								0
Janv	2,29							2.29
Fév	2,51							2.51
Mars	32,53	32,53	13,18					78.24
Avril	65,61	107,52	89,56					262.69
Mai	68,45	113,53	90,99			75,97	75,97	424.91
Juin	69,03				87,36	151,50	114,85	422.74
Juil					133,98	175,62	144,39	453.99
Aout					192,37	171,84	151,31	515.52

### III.6. Calcul du débit spécifique :

Le débit spécifique est défini par la formule suivante :

$$qs = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_i \times N_j \times E_i} \quad \text{Équation III-6}$$

Avec :

qs : Débit spécifique (l/s/ha)

Bnet : Besoin net du mois de pointe en mm/mois

Ni : Nombre des heures d'irrigation = 22 h

Nj : Nombre de jours du mois de pointe = 30 jours

Ei : Efficience d'irrigation que nous avons estimée à 75%

Application numérique :

$$qs = \frac{515,52 \times 10 \times 1000}{3600 \times 22 \times 30 \times 0.75} = 2,89 \text{ l/s/ha}$$

Lorsque le débit spécifique obtenu dépasse 1,5 (l/s/ha), il existe un risque de surdimensionnement des conduites de réseau d'adduction. Pour résoudre ce problème, on prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de Pointe (Haricot, mois de Aout = 192.37mm), qui est égal à:  $qs = 1.08 \text{ l/s/ha}$ , on prend un débit spécifique de **qs=1.1 (l/s/ha)**

**III.7. Calcul du débit caractéristique :**

Le débit caractéristique se calcul comme suit :

$$Q_{car} = q_s \times S \quad \text{Équation III-7}$$

$q_s$  : Débit spécifique de mois de pointe en l/s/ha

$S$  : La superficie nette à irriguer = 200 ha

$$Q_{car} = q_s \times S = 1.1 \times 200 = 220 \text{ l/s.} = 0.22 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_{car} = 0.22 \text{ m}^3/\text{s}$$

**III.8. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :**

Le volume d'eau = Besoin bruts de la culture ( $\text{m}^3$ ) x la surface occupée par la culture en ha.

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau III.18.** Volumes d'eau d'irrigation.

Type de culture	Surface (%)	Surface (ha)	Besoins bruts (mm)	Besoins bruts ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	Besoins totaux ( $\text{m}^3$ )
Blé	30	60	311.8	4157.33	249440
Orge grain	10	20	240.42	3205.6	64112
Orge en vert	10	20	253.58	3381.06	67621.33
Avoine	10	20	214.04	2853.87	57077.33
P.D.T (AS)	7	14	154.1	2054.67	28765.33
P.D.T (S)	7	14	193.73	2583.07	36162.93
Haricot	6	12	623.28	8310.4	99724.8
Olivier	10	20	799.01	10653.47	213069.33
Argumes	10	20	644.8	8597.33	171946.67
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>3434.76</b>	<b>45796.8</b>	<b>987919.72</b>

**III.9. Conclusion :**

L'évaluation des besoins en eau des cultures constitue une étape essentielle dans tout projet d'aménagement hydro-agricole.

Dans ce chapitre, nous avons d'abord sélectionné les cultures adaptées à notre périmètre en tenant compte des paramètres climatiques et des caractéristiques du sol, tout en prenant en considération la vocation agricole de la zone étudiée. Nous avons ensuite estimé l'évapotranspiration de référence à l'aide du logiciel CROPWAT, afin de déterminer avec précision les besoins en eau de chaque culture, permettant ainsi de calculer le débit nécessaire pour l'irrigation de chaque parcelle.

Enfin, nous avons estimé que les volumes d'eau requis pour l'ensemble de notre périmètre avoisinent 1 000 000  $\text{m}^3$ . Ces volumes sont fournis par les eaux épurées de la STEP de Ain el Hout , principalement destinée à l'irrigation.

**Chapitre IV :**  
**Etude de système d'adduction-**  
**distribution**



## **Chapitre IV : Etude de système d'adduction- distribution**

### **IV.1. Introduction :**

L'étude des systèmes d'adduction et de distribution de l'eau est cruciale pour garantir une gestion efficace des ressources hydriques. Elle consiste à évaluer les besoins en eau, à concevoir et à optimiser les réseaux de canalisations pour assurer un approvisionnement fiable et performant. Cela inclut la planification des tracés, le choix des matériaux adéquats, la gestion des pertes d'eau et l'installation de dispositifs de contrôle et de mesure.

Dans ce chapitre, nous analysons tous les aspects du réseau d'irrigation de notre périmètre, ainsi que le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et des canalisations enterrées, de l'adduction jusqu'aux parcelles.

### **IV.2. Alimentation en eau du périmètre :**

La Plaine de Hennaya s'étend sur 912 ha pour un aménagement hydro agricole de 750 ha. L'irrigation de cette zone est assurée par les eaux épurées de la station d'épuration de Ain El Hout, qui peut traiter jusqu'à 30 000 mètres cubes par jour avec un volume recyclé de 10.95 hm<sup>3</sup>/an.

### **IV.3. Organisation et structure du périmètre :**

L'organisation d'un périmètre est essentielle pour une meilleure gestion du réseau d'adduction et de distribution de l'irrigation au sein des parcelles. Le périmètre de notre zone d'étude est subdivisé en 16 îlots dont les superficies s'étendent de 3 jusqu'à 20 hectares, ce qui donne une superficie totale de 200 hectares.

#### **IV.3.1. Découpage des îlots :**

Un îlot d'irrigation est une unité hydro-agricole constituée de parcelles, approvisionnée par une borne d'irrigation. Plusieurs facteurs influencent l'organisation des îlots dans un périmètre, tels que la topographie, les contraintes technico-économiques, ainsi que la taille et le nombre de parcelles. Pour optimiser cette organisation, les recommandations suivantes sont appliquées :

- Une prise est attribuée à chaque îlot d'exploitations.
- Jusqu'à quatre prises peuvent être installées sur une même borne.
- Les bornes doivent être situées aux limites des îlots ou, pour les plus grands, au centre.

La borne d'irrigation, conçue pour les réseaux à la demande, offre un dispositif économique intégrant plusieurs fonctions :

- Réguler le débit, en le limitant à celui de l'îlot.
- Ajuster la pression et absorber les variations accidentelles.
- Garantir la conservation de l'eau pour un ou plusieurs utilisateurs disposant chacun d'une prise individuelle.

### IV.3.2. Choix du tracé de réseau d'irrigation :

Les canalisations de distribution sont conçues en prenant en compte divers paramètres techniques, topographiques, géologiques et géographiques pour assurer un écoulement maîtrisé. Parmi ces paramètres, on peut citer :

- La structure géologique du terrain.
- Les différentes cultures à arroser.
- La sélection du type d'irrigation (gravitaire).
- Chercher un profil en long aussi régulier que possible afin d'éliminer les contre-pentes.
- Le tracé doit être le plus court possible.
- Éviter le phénomène de cavitation, qui pourrait provoquer des éclatements et des vibrations des canalisations lors des phases de surpression.
- Éviter autant que possible de traverser des obstacles tels que routes, voies ferrées, oueds, etc.

### IV.4. Calcul hydraulique des bornes :

La caractéristique hydraulique des bornes est déterminée par la quantité d'eau qu'elles doivent acheminer vers les parcelles. Le débit de chaque borne, pouvant desservir un groupe de parcelles, s'exprime de la façon suivante :

$$Q_b = q_s \times S \quad \text{Équation IV-1}$$

Avec :

- $Q_b$  : Débit de chaque ilot (l/s).
- $q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha).
- $S$  : superficie des îlots (ha).

#### IV.4.1. Choix du diamètre et type des bornes :

Les diamètres des bornes d'irrigation varient en fonction des débits requis pour chaque ilot, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.1.** Choix du diamètre de la borne

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < (40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s})$	D= 65mm-80mm
$(40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s}) < Q \leq (80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s})$	D= 100mm
$(80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s}) < Q \leq (120 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 33.33 \text{ l/s})$	D= 150mm
$Q > (120 \text{ m}^3 \text{ ou } 33.33 \text{ l/s})$	D= 200mm

Le choix du type de borne dépend de la superficie de l'îlot, généralement on admet :

- Pour les îlots contenant entre 4 et 8 parcelles, avec une superficie inférieure à 15 hectares, on opte pour une borne à quatre prises (Borne de type A4).
- Pour les îlots contenant seulement deux parcelles et ayant une superficie inférieure à 15 hectares, on utilise une borne à deux prises (Borne de type A2).

- Si les îlots ont deux parcelles et dépassent 15 hectares en superficie, on choisit une borne à deux prises de type B.
- Pour les grands îlots, des bornes de type C sont prévues.

**Tableau IV.2.** Calcul des débits des îlots et choix du diamètre et type de bornes

N ° Ilot	Surface (ha)	qsp (l/s/ha)	Qb (l/s)	N° de Parcelles	Type de borne	Diamètre (mm)	matériaux
1	15.07	1.1	16.57	4	A4	100	PEHD
2	21.9	1.1	24.09	6	A4	100	PEHD
3	10.94	1.1	12.03	4	A4	100	PEHD
4	17.01	1.1	18.71	6	A4	100	PEHD
5	3.15	1.1	3.46	2	A2	65	PEHD
6	3.02	1.1	3.32	2	A2	65	PEHD
7	6.35	1.1	6.98	2	A2	65	PEHD
8	8.63	1.1	9.49	4	A4	65	PEHD
9	7.27	1.1	7.99	4	A4	65	PEHD
10	17.48	1.1	19.23	8	A4	100	PEHD
11	19.6	1.1	21.56	8	A4	100	PEHD
12	13.5	1.1	14.85	6	A4	100	PEHD
13	17.6	1.1	19.36	6	A4	100	PEHD
14	15.7	1.1	17.27	4	A4	100	PEHD
15	15.83	1.1	17.41	4	A4	100	PEHD
16	4.32	1.1	4.75	2	A2	65	PEHD

#### IV.5. Etude de système adduction-distribution :

Le périmètre de HENNAYA est alimenté par un système gravitaire reliant le réservoir de stockage localisé juste à la sortie de la station d'épuration d'une capacité de 9300 m<sup>3</sup> implanté en tete de l'adduction à la cote de 525m, suite à la sortie de cette eau elle sera transportée sur deux types de réseau :

1-Réseau d'adduction :il fait la liaison entre le réservoir de stockage jusqu'au dernier point du périmètre composé d'une conduite principale DN500, sur le long de ce réseau deux brises de charges et des ouvrages de franchissement sont installés pour la régulation de débits.

2-Réseau de distribution : représente les conduites secondaires en PEHD de différents diamètres.

**IV.5.1. Choix du matériau des conduites :**

Le choix du matériau des conduites dépend de divers facteurs, notamment la capacité à résister à la pression, la réactivité du sol, ainsi que des considérations économiques telles que le coût, la disponibilité sur le marché local et la fabrication en Algérie. Il est également important de tenir compte de la compatibilité avec les composants auxiliaires (joints, coudes, vannes, etc.). Parmi les matériaux utilisés, on trouve la fonte, le polyéthylène haute densité (PEHD), le polychlorure de vinyle (PVC) et l'acier.

- Conduites en Fonte :

- Une grande résistance aux contraintes internes.
- Une excellente résistance à la corrosion.
- Une robustesse et une durabilité remarquables.

Cependant, leur principal inconvénient réside dans leur coût relativement élevé.

- Conduites en PEHD :

- Elles sont légères et faciles à découper.
- Elles possèdent d'excellentes propriétés hydrauliques.
- Elles sont facilement disponibles sur le marché et simples à installer.
- Elles sont également économiques.

Cependant, un inconvénient potentiel à noter est le risque de rupture en cas de soudure défectueuse.

- Conduite en acier :

- Leur légèreté supérieure à celle des conduites en fonte permet de réduire le poids lors du transport et de l'installation.

- Elles offrent une excellente résistance aux contraintes telles que les chocs et les écrasements.

Cependant, il est important de prendre en compte le risque potentiel de corrosion comme un inconvénient.

- Conduites en PVC :

- Elles offrent une grande résistance à la corrosion.
- Elles sont facilement disponibles sur le marché.
- Leur installation comme canalisations est simple.

Toutefois, il est important de noter que le risque de rupture constitue un inconvénient potentiel.

Dans notre cas, nous optons pour des conduites en PEHD lorsque le diamètre est inférieur ou égal à 315mm. Au-delà de cette taille, nous privilégions les conduites en Fonte.

**IV.5.2. Calcul des diamètres :**

En utilisant la formule de LABYE, nous parvenons à standardiser l'approche pour déterminer le diamètre économique, qui est ensuite normalisé.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{ad}}} \tag{Équation IV-2}$$

- Q : débit exprimé en m<sup>3</sup>/s.
- D : diamètre exprimé en mm.
- Vad : vitesse admissible =1.5 m/s.

**IV.5.3. Estimation des pertes de charge :**

Les pertes de charges linéaires sont calculées par la formule de Hazen-Williams :

$$\Delta H_L = J = \frac{(3.592)^{1.852}}{C_{HW}} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \tag{Équation IV-3}$$

- ΔHL : perte de charge linéaire.
- L : Longueur de conduite en m.
- Q : Débit en m<sup>3</sup> /s.
- D : Diamètre en m.
- C : Coefficient de Hazen-Williams : 130-140.
- Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

**IV.5.4. Calcul des pressions des nœuds et des bornes :**

Le calcul des pressions est basé sur le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \tag{Équation IV-4}$$

Z1 et Z2 sont respectivement les cotes terrain amont et aval, P1, P2 sont les pressions amont et avals, ΔH est la perte de charge totale entre les deux points 1 et 2.

Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.3.** Calcul hydraulique du réseau d'adduction et distribution.

N° du tronçon	L (m)	S (ha)	Q (l/s)	D cal (mm)	D nor (mm)	Matériau	V (m/s)	P.d.c total (m)	cote terrain Z (m)	cote piézomé (m)	P (m)	P (Bars)
R-N1	5800	200	200	412.03	500	FONTE	1.02	12.29	379.67	437.71	58.04	5.8
N1-B1	291	15.07	16.57	118.6	125	PEHD	1.35	5.24	371.49	432.47	60.98	6.1
B1-B7	270	6.35	6.98	76.97	90	PEHD	1.09	4.85	364.32	427.62	62.3	6.2
B7-B8	65	8.63	9.49	89.75	90	PEHD	1.49	2.06	362.78	425.56	62.7	6.2

N1-N2	270	169.95	164.8	374.01	400	FONTE	1.31	1.19	379.10	436.52	57.42	5.7
N2-B2	277	21.9	24.09	142.99	160	PEHD	1.19	2.99	367.46	432.24	64.78	6.5
B2-B3	97	10.94	12.03	101.05	110	PEHD	1.26	1.81	366.22	429.95	63.73	6.3
B2-B9	315	7.27	7.99	82.35	90	PEHD	1.25	7.27	362.56	424.97	62.41	6.2
N2-N3	390	129.84	134.38	337.77	400	FONTE	1.07	1.18	379.10	435.34	56.24	5.6
N3-B4	166	17.01	18.71	124.60	125	PEHD	1.52	3.74	374.16	431.6	57.44	5.7
N3-N4	230	112.83	134.38	337.77	400	FONTE	1.07	0.69	378.66	434.65	55.99	5.6
N4-B5	140	3.15	3.46	54.19	63	PEHD	1.23	3.89	375.89	429.25	53.36	5.3
N4-N5	100	109.68	134.38	337.77	400	FONTE	1.07	0.30	378.32	434.35	58.23	5.8
N5-B6	100	3.02	3.32	52.44	63	PEHD	1.04	2.58	375.96	431.14	55.18	5.5
N5-N6	70	106.66	134.38	337.77	400	FONTE	1.07	0.21	378.04	434.14	56.1	5.6
N6-N11	250	83.88	27.27	152.14	160	PEHD	1.35	3.41	375.91	430.73	54.82	5.4
N11-B14	140	15.7	17.27	121.07	125	PEHD	1.41	2.72	374.91	428.01	53.1	5.3
N11-N12	290	68.18	27.27	152.14	160	PEHD	1.35	3.95	372.12	426.78	50.45	5.1
N12-B10	170	17.48	19.23	124.76	125	PEHD	1.48	4.03	371.33	422.75	51.02	5.1
N12-B13	120	17.60	19.36	125.19	125	PEHD	1.48	2.88	371.02	423.89	52.87	5.2
N12-N13	310	33.1	21.27	134.36	160	PEHD	1.06	2.66	370.00	424.11	54.11	5.4
N13-B11	240	19.6	21.56	135.28	160	PEHD	1.07	1.92	363.66	422.18	58.52	5.8
N13-B12	160	13.5	14.85	112.27	125	PEHD	1.21	2.35	367.10	421.76	54.66	5.4
N6-N7	450	20.15	30.22	160.01	160	PEHD	1.5	7.41	376.22	426.73	50.51	5.05
N7-N8	360	20.15	30.22	160.01	160	PEHD	1.5	5.92	376.0	420.81	44.80	4.5
N8-N9	160	20.15	30.22	160.01	160	PEHD	1.5	2.63	375.02	418.17	43.16	4.3
N9-B16	90	4.32	4.75	62.49	63	PEHD	1.32	4.50	375.16	413.66	38.5	3.85

N9-N10	230	15.83	17.41	121.56	125	PEHD	1.41	4.54	372.01	413.63	41.62	4.2
N10-B15	180	15.83	17.41	121.56	125	PEHD	1.41	3.55	371.64	410.08	38.44	3.9

**IV.5.5. Interprétation des résultats :**

**Les vitesses :**

On limite les vitesses dans les conduites à un minimum de 0.5 m/s et un maximum de 2m/s. Les valeurs des vitesses dans les conduites de réseau sont entre deux seuils 0,76 et 1.19 m/s. Ces vitesses sont acceptables, donc elles ne favorisent ni le dépôt des matières en suspension, ni l'érosion des canalisations.

**Les pressions :**

Les pressions imposées en amont des bornes :

- **Entre 2 et 4 bars** dans le cas d'une irrigation par aspersion.
- **1 bar** dans le cas d'une irrigation localisé (gout a gout).

Les pressions au niveau des bornes varient entre **(2.4 à 6.94)** bars donc elles sont valables pour tous les systèmes d'irrigation, mais **6.94 bars** un peu trop donc il faut limite à **6bars**. Pour diminuer ces pressions on utilise soit les vannes de régulation de pression soit les réducteurs de pression.

**Tableau IV.4.** Les points d'installations des ouvrages

point d'installation	L'ouvrage	Le role
N-B1	Vanne de régulation de pression	Réduire la pression au N-B1
B1-B7	Réducteur de pression	Réduire la pression au B1-B7
B7-B8	Réducteur de pression	Réduire la pression au B7-B8
N2-B2	Vanne de régulation de pression	Réduire la pression au N2-B2
B2-B3	Réducteur de pression	Réduire la pression au B2-B3
B3-B9	Réducteur de pression	Réduire la pression au B3-B9

**Figure.V.4 :** réducteur de pression**Figure.V.5 :** vanne de régulation de pression

#### **IV.6. Conclusion :**

Dans ce chapitre, le système d'adduction et de distribution a été identifié comme un élément clé dans le cadre d'un projet d'aménagement hydro-agricole qui comprend le calcul du débit aux bornes, le diamètre du réseau et la perte de charge, et la vérification de la pression.

Nous avons réalisé les calculs des paramètres hydrauliques pour les conduites de l'ensemble des segments du réseau de distribution desservant 16 îlots. Il est recommandé d'utiliser des conduites en fonte pour un diamètre de 400 mm, tandis que le PEHD est préconisé pour des diamètres inférieurs ou égaux à 315mm.

Les pressions obtenues, variant entre 4 et 6 bars, sont globalement satisfaisantes ce qui permet l'intégration des systèmes d'irrigation nécessitant une certaine pression, comme l'irrigation par aspersion.



**Chapitre V :**  
**Choix des techniques**  
**d'irrigation**

## **Chapitre V : Choix des techniques d'irrigation**

### **V.1. Introduction :**

Dans ce chapitre, nous examinerons les diverses méthodes d'irrigation disponibles, en soulignant leurs avantages et inconvénients respectifs. L'objectif est d'identifier la méthode la plus appropriée pour les cultures de notre périmètre. Une compréhension approfondie des caractéristiques de chaque système d'irrigation nous permettra de faire un choix éclairé afin d'optimiser la croissance des cultures tout en gérant efficacement les ressources en eau.

### **V.2. Choix des techniques d'irrigation :**

Pour choisir la technique d'irrigation à adopter, plusieurs paramètres doivent être pris en compte, notamment :

- La nature spécifique des cultures.
- La perméabilité et le type de sol.
- Le climat, le vent et le taux d'évaporation.
- La qualité et la disponibilité de l'eau.
- Les contraintes techniques, telles que la qualification de la main-d'œuvre et l'entretien des équipements.
- Les aspects financiers doivent également être évalués lors du choix de la méthode d'irrigation la plus adaptée.

### **V.3. Les techniques d'irrigation :**

Les techniques d'irrigation se divisent en trois grandes catégories :

- l'irrigation gravitaire (ou de surface).
- l'irrigation par aspersion.
- l'irrigation goutte à goutte.

### **V.4. L'irrigation gravitaire (ou de surface) :**

La technique de l'irrigation de surface consiste à acheminer l'eau depuis un point élevé et à la laisser s'écouler naturellement par gravité. L'eau est ensuite répartie dans le champ par différents moyens : submersion (irrigation par bassins), rigoles d'infiltration (irrigation à la raie) ou ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).

#### **V.4.1. Irrigation par ruissellement :**

L'irrigation par ruissellement est une méthode qui utilise des rigoles pour acheminer l'eau à partir des fossés du champ. La surface à irriguer est divisée en bandes rectangulaires, alignées selon la pente naturelle du terrain.

L'irrigation par planches consiste à acheminer l'eau dans de larges bandes rectangulaires spécialement aménagées pour l'irrigation.

#### V.4.2. L'irrigation à la raie ou par sillons :

Les sillons sont de petites rigoles en terre aménagées dans le sens de la pente du terrain pour acheminer l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés des sillons, tout au long de son parcours suivant la pente. En général, les plantes sont cultivées sur les raies qui séparent deux sillons adjacents. Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes (cultures maraichères ou arboricoles).



*fig V.1.* Irrigation par sillons

#### V.4.3. Irrigation par submersion (par bassin) :

Les bassins sont formés de cuvettes en terre, aménagées sur des terrains à faible pente ou plats, entourées de petites diguettes conçues pour retenir l'eau et empêcher son écoulement vers les parcelles voisines. Cette technique d'irrigation par bassins est adaptée aux cultures tolérant la submersion, comme les rizières. Cependant, elle présente l'inconvénient de nécessiter de grandes quantités d'eau.



*fig V.2.* Irrigation par bassin

#### V.4.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire :

Avantages :

- Coût relativement bas.
- Technique simple à mettre en œuvre.
- Exige peu de connaissances pour l'exploitation et l'entretien.

Inconvénients :

- Forte consommation d'eau avec des pertes importantes.
- Temps d'irrigation long.
- Risque de lessivage des engrais.
- Nécessite un bon nivellement et un entretien régulier.

#### V.5. L'irrigation par aspersion :

La technique d'irrigation par aspersion imite le processus de la pluie naturelle. L'eau est pompée sous pression à travers un réseau de conduites, puis diffusée en forme de pluie artificielle par des asperseurs rotatifs.



*fig V.3.* Irrigation par aspersion

##### V.5.1. Schéma d'un réseau d'aspersion :

Le schéma typique d'un réseau d'irrigation par aspersion comprend les éléments suivants :

- L'unité de pompage: elle inclut généralement une pompe centrifuge qui prélève l'eau de la source et la propulse à la pression nécessaire dans le réseau de canalisations.
- Les canalisations principales et secondaires: elles transportent l'eau de la pompe jusqu'aux rampes d'arrosage. Ces canalisations sont habituellement fixes, soit en surface, soit enterrées, comme les portes rampes et les rampes.
- Les asperseurs: ils peuvent être équipés d'une ou deux buses et sont chargés de produire un jet d'eau sous pression. L'eau est alors diffusée en fines gouttes, imitant ainsi la pluie.



### V.5.2. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :

Avantages :

- Permet des économies d'eau et assure une distribution uniforme de l'arrosage.
- Adapté à tous les types de sol.
- Possibilité d'automatiser le système, réduisant ainsi le besoin en main-d'œuvre.

Inconvénients :

- Coût d'installation élevé.
- Uniformité de la distribution de l'eau réduite en présence de vent.
- Pression requise généralement plus élevée.

### V.6. L'irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'irrigation goutte à goutte, également appelée micro-irrigation, consiste à fournir de l'eau à la surface du sol sous forme de gouttes avec un débit faible (2 à 8 litres par heure). L'eau est distribuée directement au voisinage des cultures. Cette méthode nécessite des arrosages plus fréquents que les autres techniques (généralement tous les 4 à 5 jours), ce qui maintient une humidité élevée du sol, favorable à la croissance des plantes. L'irrigation goutte à goutte est adaptable à tout type de terrain irriguable et est particulièrement bien adaptée aux cultures en lignes, telles que les légumes, les arbres fruitiers et la vigne.



*fig V.4.* Irrigation par goutte à goutte

#### V.6.1. Schéma d'un réseau goutte à goutte :

Une installation typique d'irrigation goutte à goutte comprend les éléments suivants :

- L'unité de pompage: elle prélève l'eau de la source et la propulse à la pression souhaitée dans le réseau de distribution, garantissant ainsi le bon fonctionnement des goutteurs.
- L'unité de tête ou station de tête: elle comprend une série de vannes pour contrôler le débit et la pression dans le réseau. Elle peut également être équipée d'un filtre

pour assurer la clarté de l'eau. Les filtres couramment utilisés sont les filtres à sable et les filtres à particules (pour argiles et limons).

- Les canalisations principales et secondaires, ainsi que les rampes: elles transportent l'eau depuis l'unité de tête jusqu'aux champs d'irrigation. Ces canalisations sont généralement en PVC ou en PEHD.
- Les goutteurs: ces dispositifs délivrent le débit d'eau souhaité directement aux plantes. L'espacement habituel entre les goutteurs est d'environ 1 mètre, et un ou plusieurs goutteurs peuvent être installés pour irriguer un arbre.

### **V.6.2. Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte :**

#### Avantages :

- Utilisation optimale de l'eau et des engrais, garantissant une grande efficacité de l'irrigation ;
- Équilibre parfait entre l'eau, les engrais et l'oxygène, ce qui favorise un développement plus rapide des plantes.
- Adaptabilité à la fois pour des cultures à petite échelle et à grande échelle (très polyvalent).
- Installation fixe sur le terrain, nécessitant donc très peu de main-d'œuvre.

#### Inconvénients :

- Coût d'installation élevé, ce qui limite son utilisation aux cultures à forte productivité et de haute qualité.
- Nécessité d'une filtration de l'eau pour éviter l'obturation des goutteurs et d'un entretien régulier de l'installation.

### **V.7. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons exploré en détail les principales techniques d'irrigation, ainsi que leurs principes, avantages et inconvénients. Une fois toutes les contraintes prises en compte, le choix de la technique d'irrigation appropriée devient plus simple.

Pour notre zone d'étude, l'irrigation par aspersion est mieux adaptée à la céréaliculture, tandis que l'irrigation goutte à goutte est préférée pour les cultures maraîchères et arboricoles.

## **Chapitre VI :**

# **Dimensionnement à la parcelle**

## Chapitre VI : dimensionnement à la parcelle

### VI.1. Introduction :

L'alimentation en eau des champs d'irrigation se fait via des prises d'eau (ou bornes), et l'eau est transportée depuis la borne jusqu'au point le plus éloigné de la parcelle à l'aide d'un système d'irrigation adapté, garantissant une distribution équitable et optimale de l'eau. L'objectif de ce chapitre est de dimensionner les réseaux d'irrigation goutte à goutte et par aspersion, qui sont les plus appropriés pour notre étude, afin de maximiser l'économie d'eau.

### VI.2. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte :

#### VI.2.1. Données générales :

Pour la mise en place du système d'irrigation goutte à goutte, nous avons choisi la parcelle N° de l'îlot N°11, qui présente les caractéristiques suivantes :

- Superficie : 2.45 ha
- Longueur : 245 m
- Largeur : 100 m

Nous avons choisi l'olivier comme culture pour dimensionner le réseau d'irrigation goutte à goutte. L'olivier a besoin d'eau tout au long de l'année, avec un besoin maximum de 175,62 mm/mois en Juillet. L'espacement des arbres de 4 x 4 m.

Caractéristiques du goutteur :

- Le nombre de goutteurs par arbre est de 2 goutteurs /arbre.
- Débit nominal de 4 l/h et pression nominale égale 1m.c.e.
- Distance entre les goutteurs est de 1 à 2 mètres.

#### VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

Dans le cas de l'irrigation goutte à goutte, il est nécessaire de réduire l'évapotranspiration maximale, car seule la zone autour des racines est irriguée.

L'évapotranspiration modifiée (ETMc) se calcule ainsi :

$$ETMc = ETM \times Kr \quad \text{Équation VI-1}$$

La valeur de Kr est influencée par le taux de couverture du sol et peut être calculé à l'aide de différentes formules, qui sont :

- KELLER et KARMELI :  $Kr = Cs / 0.85$
  - La formule de Decroix (CTGREF) :  $Kr = 0.1 + Cs$ .
  - La formule de Freeman et Garzoli :  $Kr = Cs + 0.5 (1-Cs)$ .
- Cs : Taux de couverture des arbres = 60%, donc :
- Kr = 0.7 Selon Keller et Karmeli et Decroix.

$$ETMc = ETM \times Kr = \frac{175.62}{30} \times 0.7 = 4.09 \text{ mm/j.}$$



**VI.2.3. Calcul de la dose d'irrigation corrigée :**

$$D_p = RFU \times P = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times d_a \times P \quad \text{Équation VI-2}$$

Avec :

- $H_{cc}$  : humidité à la capacité au champ (28%)
- $H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement (15%)
- $Y$  : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- $Z$  : profondeur d'enracinement en (1,5m)
- $D_a$  : la densité apparente = 1,4
- $P$  : Pourcentage du sol humidifié

$$P = \frac{n \times Spd \times Sh}{Sa \times Sr} \quad \text{Équation VI-3}$$

- $n$  : Nombre de point de goutteurs par arbre = 2.
- $Spd$  : Distance entre deux goutteurs voisins du même arbre = 1.5m.
- $Sh$  : Largeur de la bande humidifiée = 1m.
- $Sr$  : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.
- $Sa$  : Espacement des arbres sur les rangs = 4m.

$$P = \frac{2 \times 1.5 \times 1}{4 \times 4} = 0.19 = 19\%$$

$$D_p = (0.28 - 0.15) \times 2/3 \times 1.5 \times 1.4 \times 0.19 = 34.58 \text{ mm}$$

**VI.2.4. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :**

$$Fr = \frac{\text{dose corrigée}}{ETMc} \quad \text{Équation VI-4}$$

$Fr = 8,45$ . Donc on prend un tour = 8 jours.

**VI.2.5. Calcul de la dose réelle :**

$$D_{réelle} = Fr \times ETMc \quad \text{Équation VI-5}$$

$$D_{réelle} = 8 \times 4.09 = 32.72 \text{ mm}$$

**VI.2.6. Calcul de la dose brute :**

$$D_{brute} = \frac{D_r}{eff \times cu} \quad \text{Équation VI-6}$$

- $Eff$  : Efficacité du réseau d'irrigation = 90%.
- $cu$  : Coefficient d'uniformité = 90%.

$$D_{brut} = \frac{32.72}{0.9 \times 0.9} = 40.39 \text{ mm}$$

**VI.2.7. Durée de fonctionnement par d'arrosage :**

$$\theta = T_f = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g} \quad \text{Équation VI-7}$$

- $S_r$  : Espacement entre les rangs.
- $S_d$  : Espacement entre les distributeurs.
- $n$  : Nombre des goutteurs.
- $Q_g$  : Débit des goutteurs = 4 l/h.

$$T_f = \frac{40.39 \times 1.5 \times 4}{2 \times 4} = 30.29 \text{ heures}$$

**VI.2.8. Calcul Hydraulique :**

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

$$\Delta q / q = 10\% \quad \text{Équation VI-8}$$

- $\Delta q$  : Variation du débit entre goutteurs. VI.25
  - $q$  : Débit des goutteurs.
- $\Delta H$  silières totale = 10%  $\Delta H_{max} = 0,2$  m. et  $\Delta H$  linéaire totale = 1,8 m

Pour les rampes :  $\Delta H_{Lr} = 2/3 \times 1,8 = 1,2$ m. Pour le porte rampe on a  $\Delta H_{lpr} = 1/3 \times 1,8 = 0,6$ m.

**VI.2.8.1. Nombre des arbres par rampe :**

$$\text{Nbr}_{\text{arbre/rampe}} = L_{\text{rampe}} / E_r \quad \text{Équation VI-9}$$

$$\text{Nbr}_{\text{arbre/rampe}} = 100 / 4 = 25 \text{ arbres.}$$

**VI.2.8.2. Nombre des goutteurs par rampe :**

$$\text{Nbr}_{\text{goutteur/rampe}} = 2 \times \text{Nbr}_{\text{arbre/rampe}} \quad \text{Équation VI-10}$$

$$\text{Nbr}_{\text{goutteur/rampe}} = 2 \times 25 = 50 \text{ goutteurs}$$

**VI.2.8.3. Nombre des rampes :**

$$\text{Nrampe} = L_{pr} / E_r \quad \text{Équation VI-11}$$

$$\text{Nrampe} = 245 / 4 = 61 \text{ rampes}$$

**VI.2.8.4. Les débits de la rampe et la porte rampe :**

$$\text{Débit de la rampe : } Q_r = Q_g \times N_g \quad \text{Équation VI-12}$$

$$\text{Débit de la porte rampe : } Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad \text{Équation VI-13}$$

- $Q_r$  : Débit de la rampe (l/h).
- $Q_{pr}$  : Débit du porte rampe (l/h).
- $Q_g$  : Débit du goutteur (l/h).
- $N_r$  : Nombre de rampe.
- $N_g$  : Nombre de goutteur.

$$Q_r = 4 \times 50 = 200 \text{ l/h} = 5.55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_{pr} = 200 \times 61 = 12200 \text{ l/h} = 0,0034 \text{ m}^3/\text{s.}$$

**VI.2.8.5. Diamètres de rampe et la porte rampe :**

D'après la formule de perte de charge de Hazen-Williams, les formules des diamètres sont :

$$\varnothing_r = \left( \frac{P_{dc}(r) \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right)^{-1/4.75} \quad \text{Équation VI-14}$$

$$\varnothing_{pr} = \left( \frac{P_{dc}(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q_{pr}^{1.75} \times L_{pr}} \right)^{-1/4.75} \quad \text{Équation VI-15}$$

Avec :

- Pdc(r) : La perte de charge dans la rampe.
- Pdc(pr) : La perte de charge dans la porte rampe.
- Q(r) : Le débit de la rampe en (l/h).
- L(r) : La longueur de la rampe en m.
- Ør : Diamètre de la rampe.
- Øpr : Diamètre de la porte rampe.

$$\text{Ør} = \left( \frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 200^{1.75} \times 100} \right)^{-1/4.75} = 12.36 \text{ mm}$$

$$\text{Øpr} = \left( \frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 12200^{1.75} \times 245} \right)^{-1/4.75} = 78.56 \text{ mm}$$

Nous utilisons un diamètre normalisé en PEHD de DN=16 mm pour la rampe et DN=90 mm pour la porte rampe.

### VI.2.8.6. Vérification des pertes de charges :

Les Perte de charge selon hazen- williams :

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{Équation VI-16}$$

On trouve :

$$\Delta H(r) = 0.95 \text{ m} < 1.2 \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

$$\Delta H(pr) = 1.05 \text{ m} > 0.6 \rightarrow \text{condition non vérifiée,}$$

On prend un diamètre supérieur D=110 mm  $\Rightarrow \Delta H_{pr} = 0,39 \text{ m} < 0,6 \text{ m}$  (vérifiée)

**Tableau VI.1.** Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte

conduite	La rampe	la porte rampe	conduite tertiaire
Longueur (m)	100	245	10
Diamètre (mm)	16	110	110
Débit (m <sup>3</sup> /s)	5.55×10 <sup>-5</sup>	0.0034	0.0034
Perte de charge (m)	0.95	0.39	0.39

$$\Delta H_t = 0,95 + 0,39 + 0,39 = 1,73 \text{ m}$$

La pression est amplement suffisante pour alimenter les goutteurs et garantir le bon fonctionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte.

### VI.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion requiert une bonne maîtrise des besoins en eau, des pertes de charge, de la pression nécessaire, ainsi que de divers paramètres agronomiques liés à la culture et au choix de la parcelle.

**VI.3.1. Choix de la culture :**

Pour le dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion, nous avons sélectionné le blé comme culture. Le blé nécessite une irrigation pendant les mois d'avril, mai et juin, l'avant dernier étant le mois de pointe avec un besoin maximal de 90,99mm.

**VI.3.2. Choix de la parcelle :**

La parcelle sélectionnée pour l'irrigation par aspersion est P1, située dans l'ilot N°1, avec une superficie de 3.8 hectare. La parcelle est rectangulaire avec des dimensions de 211m x 180m et est alimentée par la borne N°1 qui a une pression de 6.1 bars.

**VI.3.3. Calcul de la Dose pratique RFU :**

$$\text{RFU} = Y \times (\text{Hcc} - \text{Hpf}) \times \text{Da} \times Z \quad \text{Équation VI-17}$$

- Y: degré de tarissement : égal à 2/3
- Da: densité apparente : égale à 1.4
- Z: profondeur d'enracinement mm (60 cm)
- Hcc: humidité à la capacité au champ (28%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (15%)

$$\text{A.N : RFU} = 2/3 \times (0.28 - 0.15) \times 1.4 \times 0.6 = 72.8 \text{ mm}$$

**VI.3.4. Dimensionnement de l'asperseur :****VI.3.4.1. Choix du diamètre de la buse :**

D'après la fiche technique d'un arroseur Perrot, nous avons opté pour le diamètre de 4,5mm avec une pression de 3 bars, ce qui nous permet d'atteindre une portée théorique de 15.2 m

**VI.3.4.2. Calcul de la portée du jet :**

La portée des asperseurs représente la distance maximale qu'ils peuvent arroser avec l'eau projetée. Elle est calculée à l'aide de la formule empirique suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times H^{0.25} \quad \text{Équation VI-18}$$

- d : Diamètre de la buse en mm
- H : Pression à la buse en m

$$L = 3 \times 4,5^{0.5} \times 30^{0.25} = 14,89\text{m} ; \text{ d'après Perrot } L=15 \text{ m.}$$

**VI.3.4.3. Calcul des écartements :**

Les écartements sont calculés par les relations suivantes :

$$Ea = 0.8 \times L = 0.8 \times 15 = 12$$

$$El = 1.2 \times L = 1.2 \times 15 = 18$$

Avec :

Ea : La distance entre les asperseurs de la même rampe

El : La distance entre les rampes

L'écartement final du réseau d'irrigation par aspersion est : 12m x 18m.

#### VI.3.4.4. Calcul du Débit de l'aspenseur :

$$Q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2gh} \quad \text{Équation VI-19}$$

A.N :  $Q_{asp} = 1.32 \text{ m}^3/\text{h}$

#### VI.3.4.5. Vérification de la pluviométrie de l'aspenseur :

La relation suivante permet d'évaluer la pluviométrie horaire p en mm/h :

$$P = \frac{Q_{asp}}{Ea \times El} \quad \text{Équation VI-20}$$

$$P = \frac{1.32 \times 1000}{12 \times 18} = 6.11 \text{ mm/h}$$

#### VI.3.4.6. Détermination des paramètres d'arrosage :

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

La durée du tour d'eau correspond au temps requis pour irriguer l'ensemble des parcelles.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{dose RFU} \times Nj}{Bmp} \quad \text{Équation VI-21}$$

- Bmp : Besoin net du mois de pointe de la culture choisi.
- Nj : Nombre de jours de travail par mois = 26 jours.

$$T_{\text{eau}} = \frac{72.8 \times 26}{90.99} = 20.8 \text{ jours}$$

On prend un tour d'eau de 15 jours, donc on irrigue 2 fois par mois.

##### 2. Calcul de la dose réelle :

$Dr = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière}$

$$\text{A.N : } Dr = 15 \times (90.99/30) = 45.49 \text{ mm}$$

##### 3. Calcul de la dose brute :

$$Db = Dr / \text{eff} = 45.49 / 0.75 = 60.66 \text{ mm}$$

##### 4. Temps d'arrosage :

$$T = Db / P = 60.66 / 6.11 = 9.93 \text{ heures}$$

On prend un temps d'arrosage de 10 heures.

##### 5. Débit d'équipements :

$$Q_{\text{éq}} = \frac{S \times B \times 10}{T \times n \times Nj \times \text{eff}} \quad \text{Équation VI-22}$$

- Q<sub>éq</sub> : débit d'équipement en m<sup>3</sup>/h.
- S : Surface de parcelle en ha.
- B : besoin net de mois de point de mois de la culture choisi.
- T : Tour d'eau en heures.
- N : nombre de position d'un asperseur par jour.

$$Q_{\text{éq}} = \frac{3.8 \times 90.99 \times 10}{15 \times 1 \times 10 \times 0.75} = 8.86 \text{ m}^3/\text{h}$$

### VI.3.5. Calculs hydrauliques :

#### VI.3.5.1. Calcul de la longueur du la rampe :

$$L_r = \text{largeur du terrain} - E_a/2$$

- L<sub>r</sub>: longueur de la rampe en m.
- E<sub>a</sub> : Écartement entre asperseurs dans la même rampe en m.

$$A.N : L_r = 174\text{m}$$

#### VI.3.5.2. Nombre des asperseurs par rampe :

$$N_{\text{asp/rampe}} = \frac{L_r}{E_a}$$

$$N_{\text{asp/rampe}} = 14.5$$

on prend 14 asperseurs.

#### VI.3.5.3. Débit des rampes :

$$Q_r = q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp/rampe}}$$

$$Q_r = 1.32 \times 14 = 18.48 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0052 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### VI.3.5.4. Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt[4]{\frac{Q_r}{\pi \times v}} \quad \text{Équation VI-23}$$

V : vitesse admissible égale à 1.5 m/s.

$$D_r = 0.066 \text{ m} = 66\text{mm}.$$

Le diamètre normalisé optimal est de 75mm.

#### VI.3.5.5. Calcul du la longueur du porte rampe :

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - E_r/2 = 211 - (18/2) = 202\text{m}$$

#### VI.3.5.6. Débit du porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_{\text{rampe}} = 0.0052 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### VI.3.5.7. Diamètre du porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{Q_{pr}}{\pi \times v}} \quad \text{Équation VI-24}$$

$D_{pr} = 66\text{mm}$ , On prend un diamètre normalisé de 75mm pour des pertes de charges optimal.

### VI.3.6 Vérification des pertes de charge de la rampe et le porte rampe :

On utilise la formule de Hazen-Williams pour calculer les pertes de charge linéaires :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{Équation VI-25}$$

Les pertes de charge totales :

$$\Delta H (r) = 1.1 \times 4.04 = 4.44 \text{ m}$$

$$\Delta H (pr) = 1.1 \times 4.65 = 5.11 \text{ m}$$

**Tableau VI.2.** Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

conduite	La rampe	la porte rampe	conduite tertiaire
Longueur (m)	174	202	10
Diamètre (mm)	75	75	75
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.0052	0.0052	0.0052
Perte de charge (m)	4.44	5.14	0.23

D'après le tableau, on voit que les pertes de charge totales sont de 9.81m, en plus de la pression de service de 3 bars, on conclut soit 19% perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée. Donc l'installation du réseau d'aspersion est conforme.

### VI.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation : l'aspersion appliquée à la culture de blé et le goutte-à-goutte pour l'olivier. La conception du système hydraulique a été soigneusement analysée afin de garantir une distribution précise de l'eau tout en minimisant les pertes de charge.

Après divers calculs, nous avons déterminé un espacement des asperseurs de 18x12 m, avec des diamètres de 75 mm pour les rampes et la porte rampe. Pour le système goutte-à-goutte, les diamètres des conduites sont de 16 mm pour les rampes et 110 mm pour la porte rampe, avec un espacement de 4x4 m entre les rangs et les arbres.

Ces systèmes a pour but d'optimiser l'irrigation de nos cultures, en assurant une utilisation plus efficace des ressources en eau.

**Chapitre VII :**  
**Calcul technico-économique**



## Chapitre VII : Calcul technico-économique

### VII.1. Introduction :

L'étude économique et financière d'un projet d'irrigation fournit les informations nécessaires pour évaluer son coût et ainsi déterminer sa faisabilité. Les calculs technico-économiques englobent l'ensemble des dépenses opérationnelles et de maintenance, permettant une évaluation détaillée du financement et, in fine, une planification optimale des investissements.

L'objectif principal de ce chapitre est d'estimer le coût total d'un aménagement hydro-agricole, depuis l'adduction jusqu'à la distribution de l'eau aux parcelles.

### VII.2. Réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution :

La mise en place d'un réseau d'adduction et de distribution d'eau se déroule en plusieurs phases essentielles, visant à assurer une installation optimale tout en réduisant l'impact environnemental et en garantissant la sécurité. Les étapes sont les suivantes :

- **Excavation de la tranchée :** L'excavation des tranchées consiste à creuser des tranchées destinées à l'installation des canalisations. Cette étape nécessite une planification rigoureuse pour assurer la profondeur, la largeur et la pente adéquates, tout en garantissant la sécurité des travailleurs et la préservation de l'environnement. Elle est réalisée à l'aide d'une pelle hydraulique, avec les déblais déposés à proximité de la tranchée, tandis que le bardage des conduites est placé de l'autre côté.
- **Pose du lit de sable :** Ce lit de sable est généralement installé au fond des tranchées avant la pose des canalisations. Son rôle principal est de fournir une base stable et uniforme, tout en protégeant les canalisations des éventuels dommages causés par les mouvements du sol. Il contribue ainsi à la durabilité et au bon fonctionnement du réseau hydraulique. Dans notre cas, le lit de sable a une épaisseur de 14 cm.
- **Pose des conduites :** Après la mise en place du lit de sable, une sélection des conduites est effectuée pour éliminer celles ayant subi des dommages. Les conduites sont ensuite descendues progressivement dans le fond de la tranchée à l'aide d'un appareil de levage. Une fois installées dans les tranchées, il est essentiel de vérifier leur positionnement correct, ainsi que leurs connexions et leur protection, afin de garantir le bon fonctionnement du réseau hydraulique.
- **Joint et soudure de la canalisation :** Le joint et la soudure des canalisations sont effectués afin d'assurer une étanchéité optimale et une connexion solide entre les sections de conduites. Il est impératif de réaliser un test de pression des conduites et des raccords avant le remblaiement. Ce test s'effectue à l'aide d'une pompe d'essai, qui remplit la conduite d'eau sous une pression équivalente à 1,8 fois celle prévue pour le fonctionnement normal. Cela permet de détecter et de corriger toute fuite ou faiblesse dans les joints.

- **Remblayage des tranchées :** Le remblayage des tranchées est une opération de terrassement consistant à recouvrir les conduites avec le matériau extrait lors de l'excavation. Le remblai est réalisé en couches successives, chacune étant compactée afin de prévenir les affaissements futurs, de protéger les conduites et d'assurer la stabilité du sol au-dessus de celles-ci.
- **Nivellement et compactage :** Après le remblayage, le nivellement est réalisé pour répartir les mottes de terre et restaurer la surface du terrain à son état initial ou selon une configuration spécifiée. Ensuite, le compactage est effectué pour augmenter la densité du sol et prévenir tout tassement futur. Cette étape est essentielle pour garantir la stabilité du sol et éviter toute déformation avec le temps, afin de protéger les conduites enterrées contre d'éventuels dommages.

### VII.3. Calcul des Volumes de terrassement :

#### VII.3.1. Dimensions des tranchées :

La largeur de la tranchée sera déterminée en fonction du diamètre de la conduite, et elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$B = D + 0.6 \quad \text{VII.1}$$

B : largeur de fond de la tranchée en m.

D : diamètre de la conduite en m.

#### VII.3.2. Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la conduite doit être déterminée pour permettre un raccordement adéquat tout en évitant toute interférence avec d'autres conduites. La profondeur de la tranchée est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Htr} = e + D + h \quad \text{VII.2}$$

e : Hauteur du lit de pose = 0,1 à 0,2m.

D : Diamètre de la conduite (m).

h : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite = 0,8m.

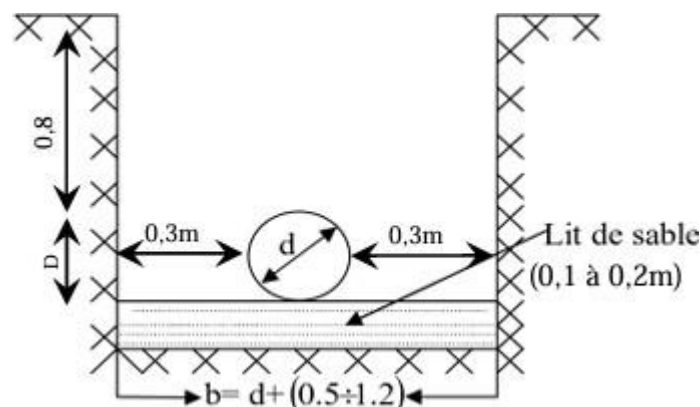


fig VII.1. Schéma d'une tranchée

**VII.3.3. Section de la tranchée :**

$$\text{Str} = \text{Htr} \times \text{B} \quad \text{VII.3}$$

Htr : Profondeur total de la tranchée (m).

B : Largeur du fond de la tranchée (m).

**VII.3.4. Calcul des volumes des tranchées :**

Le volume d'une tranchée est calculé par la formule suivante :

$$\text{Vtr} = \text{Str} \times \text{L} \quad \text{VII.4}$$

Str : La section de la tranchée (m<sup>2</sup>).

L : Longueur de la tranchée (m).

**Tableau VII.1.** Le calcul des dimensions de différents diamètres.

Diamètre(mm)	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Section (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
63	330	0.663	1.063	0.705	232.65
90	650	0.69	1.09	0.7521	488.865
110	97	0.71	1.11	0.7881	76.4457
125	1457	0.725	1.125	0.816	1188.912
160	2047	0.76	1.16	0.8816	1804.6352
400	1060	1	1.4	1.4	1484
500	5800	1.1	1.5	1.65	9570

**VII.3.5. Volume des déblais :**

$$\text{Vdéblai} = \text{B} \times \text{Htr} \times \text{L} \quad \text{VII.5}$$

B : Largeur de tronçon (m).

Htr : Profondeur de tronçon (m).

L : Longueur de tronçon (m).

**VII.3.6. Volume de lit de sable :**

$$\text{Vls} = e \times \text{B} \times \text{L} \quad \text{VII.6}$$

e : épaisseur de la couche de lit de sable = 0.15m.

B : Largeur de tronçon (m).

L : Longueur de tronçon (m).

**VII.3.7. Volume occupé par la conduite :**

$$\text{Vcon} = \text{Scon} \times \text{L} \quad \text{VII.7}$$

Scon : Section de la conduite(m).

L : Longueur de tronçon (m).

**VII.3.8. Volume des remblais :**

$$V_{rem} = V_{déblai} - (V_{ls} + V_{con}) \quad \text{VII.8}$$

V<sub>déblai</sub> : Volume de déblai (m<sup>3</sup>).

V<sub>ls</sub> : Volume de lit de sable (m<sup>3</sup>).

V<sub>con</sub> : Volume occupé par la conduite (m<sup>3</sup>).

**Tableau VII.2.** Le calcul des volumes de terrassement.

Diamètre (mm)	Volume déblai (m <sup>3</sup> )	Volume lit de sable (m <sup>3</sup> )	Volume conduite (m <sup>3</sup> )	Volume remblai (m <sup>3</sup> )
63	232.65	32.8185	1.0286	198.8029
90	488.865	67.275	4.1351	417.4549
110	76.4457	10.3305	0.9218	65.1934
125	1188.912	158.44875	17.88	1012.58325
160	1804.6352	233.358	41.1573	1530.12
400	1484	159	133.2035	1191.7965
500	9570	957	1138.8273	7474.1727

**VII.4 Calcul de coût de projet :**

Le prix du mètre cube de déblai est de 300DA.

Le prix du mètre cube de remblai est de 400DA.

Le prix du mètre cube de sable est de 2500 DA.

**VII.4.1. Coût de réseau d'adduction et de distribution:**

Notre réseau d'adduction est composé d'une seule conduite de DN500 en fonte avec une longueur de 5800m, alors que le réseau de distribution est composé d'un ensemble de conduites de diamètres qui varient de 63mm et 400mm, pour les diamètres de 400mm le matériau utilisé est la fonte, les diamètres inférieurs à 400mm c'est en PEHD.

**Tableau VII.3.** Estimation de coût des travaux de terrassement.

Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant (Da)
Déblai	m <sup>3</sup>	14845.5079	300DA	4453652.37
Lit de sable	m <sup>3</sup>	1618.2295	2500 DA.	4045573.75
Remblai	m <sup>3</sup>	11890.12365	400DA.	4756049.46
			Total	13255275.58
			TVA 19%	2518502.36
			<b>Montant TTC</b>	<b>15 773 777,94</b>

Tableau VII.4. Estimation de coût de réseau d'adduction et de distribution.

Diamètre (mm)	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant (DA)
63	mL	330	245	80850
90	mL	650	490,8	319020
110	mL	97	778,6	75524.2
125	mL	1457	1100	1602700
160	mL	2047	1700	3479900
400	mL	1060	7 900	8374000
500	mL	5800	8560	49648000
			Total	63579994.2
			TVA 19%	12080198.9
			<b>Montant TTC</b>	<b>75 660 193,1</b>

Tableau VII.5. Estimation du coût des pièces spéciales.

Pièce	Quantité	Prix unitaire	Montant (Da)
Borne A2	4	13400	53600
Borne A4	12	20000	240000
Té	12	1230	14760
Vanne	16	12790	204640
Vanne de sectionnement	2	21700	43400
Coude 45°	3	1190	3570
coude 90°	6	1280	7680
		Total	567650
		TVA 19%	107853.5
		<b>Montant TTC</b>	<b>675 503,5</b>

Tableau VII.6. Devis estimatif total du projet

Désignation de travaux	Montant TTC(DA)
Travaux de terrassement	15 773 777,94
Réseaux adduction/distribution	<b>75 660 193,1</b>
Bornes d'irrigation et pièces spéciales	<b>675 503,5</b>
coût total	<b>92 109 474,54</b>

Le coût total de projet est : Quatre-vingt-douze millions cent neuf mille quatre cent soixante-quatorze Dinars Algériens et cinquante-quatre centimes.

**VII.4. Conclusion :**

La planification d'un chantier est cruciale pour la mise en place d'un réseau d'irrigation. Son principal objectif est de réaliser le projet en optimisant la gestion tout en minimisant les coûts.

Dans ce chapitre, nous avons évalué les coûts de l'ensemble des travaux nécessaires à l'aménagement hydro-agricole du périmètre de HENNAYA, aboutissant à un coût total estimé à **92 109 474,54 DA** (Quatre-vingt-douze millions cent neuf mille quatre cent soixante-quatorze Dinars Algériens et cinquante-quatre centimes.)

# **Conclusion générale**

---

## Conclusion générale

Dans le cadre de ce mémoire, notre objectif principal est de dimensionner un réseau d'irrigation dans le périmètre de HENNAYA, en partant de la station d'épuration de Ain el Hout. L'analyse approfondie des conditions naturelles de la zone d'étude a révélé un climat semi-aride, soulignant ainsi la nécessité cruciale d'une irrigation efficace pour soutenir l'agriculture locale.

La deuxième phase de notre étude s'est concentrée sur l'évaluation des ressources en sol et en eau dans la région. Cette exploration détaillée a été essentielle pour garantir une gestion adéquate et durable de ces ressources, assurant ainsi la quantité nécessaire d'eau traitée pour le projet.

Après avoir sélectionné les cultures les mieux adaptées à notre périmètre, nous avons calculé avec précision leurs besoins en eau, aboutissant à un volume total estimé à 1 000 000 m<sup>3</sup>. Cette étape a constitué la base essentielle pour la planification du réseau d'irrigation.

Parallèlement, une étude approfondie du système d'adduction-distribution a été menée afin de garantir une alimentation fiable du périmètre. Cette étape a permis de concevoir un système robuste assurant une distribution équitable de l'eau dans l'ensemble du périmètre d'irrigation.

Le choix du système d'irrigation par goutte-à-goutte pour les arboricultures et par aspersion pour les céréales et maraichères sont dimensionnés avec précision garantissant une utilisation optimale de l'eau et des rendements agricoles accrus.

Enfin, notre évaluation économique a permis d'estimer le coût global du projet à 92 109 474,54 DA, fournissant une perspective financière solide pour la mise en œuvre du réseau d'irrigation.

En conclusion, ce mémoire offre une solution complète aux défis spécifiques de la région de HENNAYA. En intégrant des données climatiques, des analyses des conditions naturelles, des choix de cultures, des calculs de besoins en eau, de l'étude du système d'adduction-distribution, et des considérations économiques, ce projet vise à soutenir le développement agricole durable de la wilaya de Tlemcen.

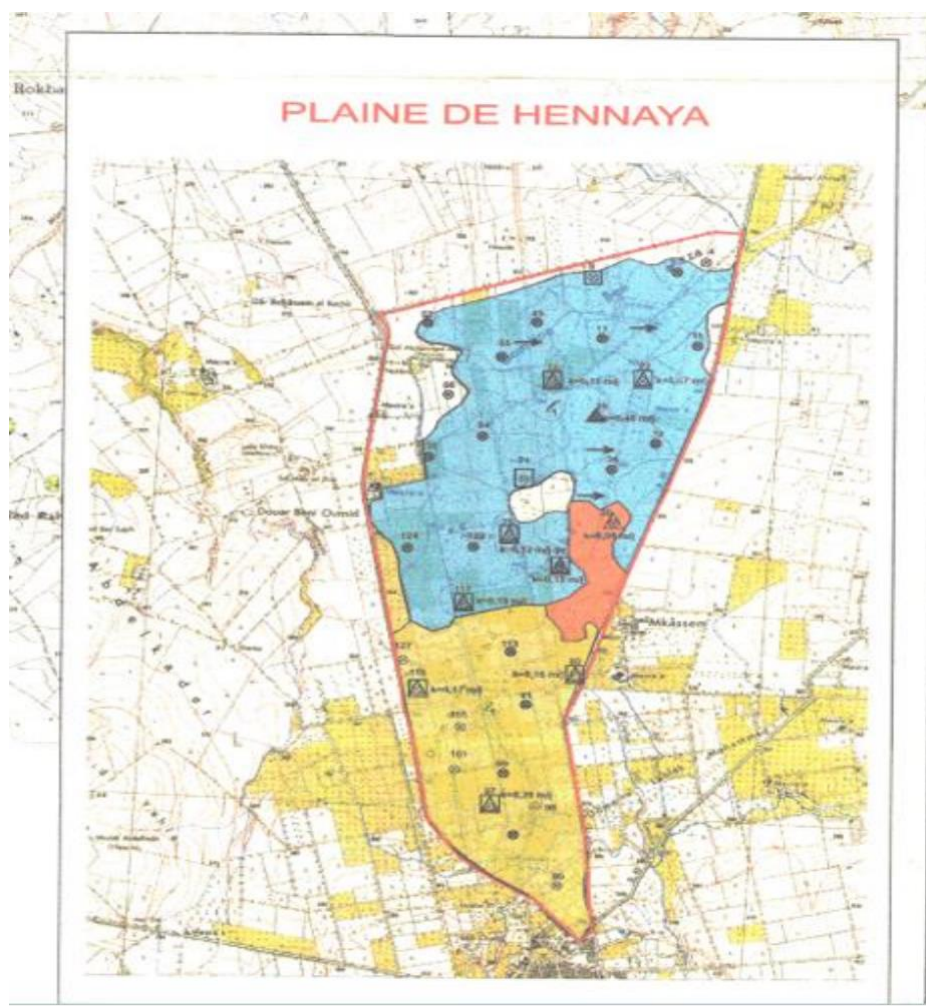


## **REFERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1] **A.Benmoussat et al.** / Larhyss Journal, 18 (2014), 63-76
- [2] **BENSAOULA.F, BEMMOUSSAT.A, ADJIM.M (2006).** ETUDE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE D'HENAYA (BASSIN DE LA TAFNA- NW ALGERIEN)
- [3] **BENEST M., BENSALAH M., BOUABDELLAH H., OURDAS T. (1999)** La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcenien
- [4] **F. Bensaoula, M. Bensalah, et M. Adjim, (2006)** « LES FORAGES RECENTS DANS LES AQUIFERES KARSTIQUES DES MONTS DE TLEMEN ».
- [5] **Medane & Bekadi,2004** L'IMPACT DE L'ACTIVITE AGRICOLE SUR LA NAPPE D'HENAYA



# Annexe 1 :



## LEGENDE

- \* Sondage décrit
- x Profil décrit
- Sondage décrit et échantillonné
- ⊗ Profil décrit et échantillonné
- △ Station de mesure de la conductivité hydraulique
- Station de mesure de la perméabilité
- ▣ Station de mesure de la conductivité hydraulique et de la perméabilité
- Limite du périmètre d'étude
- Assainissement de surface
- ⇨ Drainage

## Perméabilité

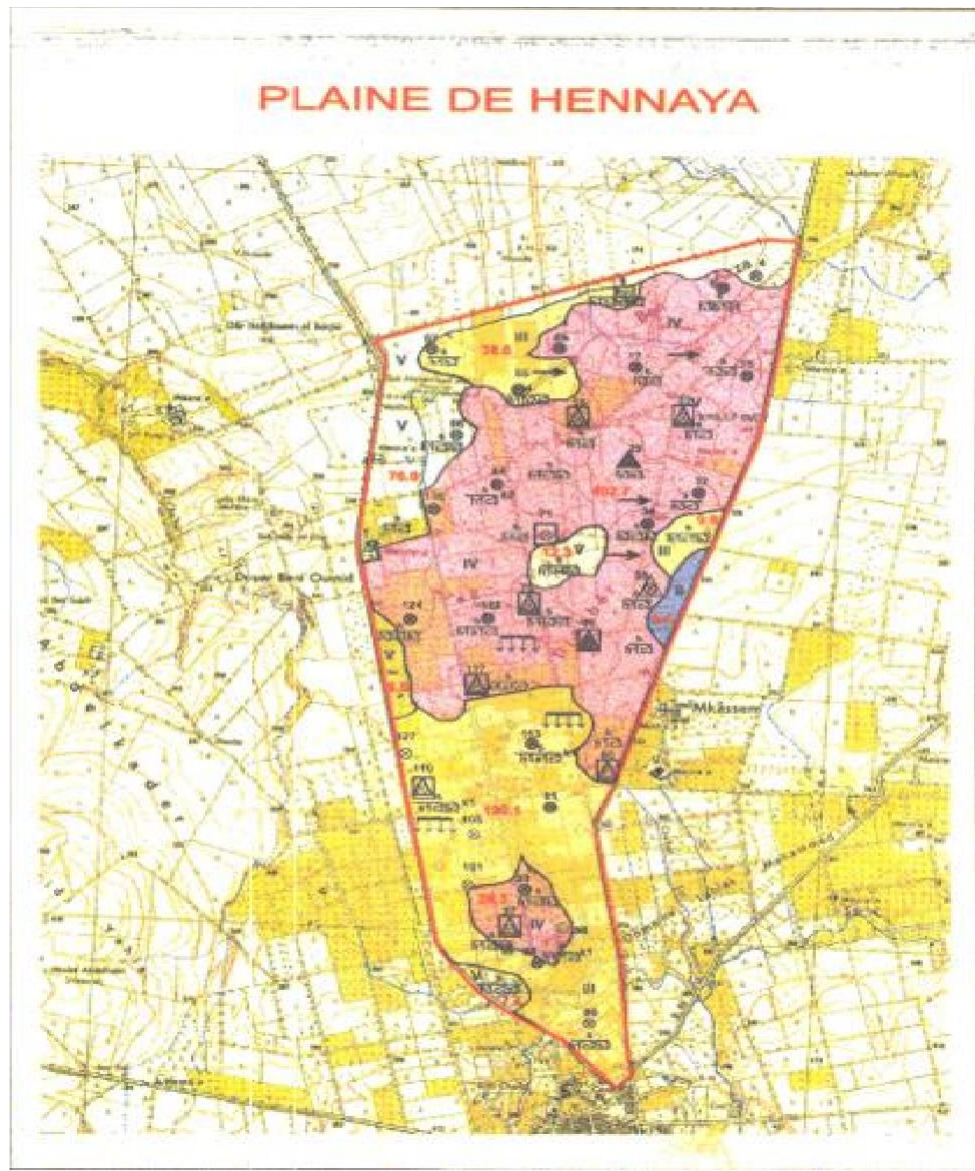
$\epsilon_5$	> 25 cm/h
$\epsilon_2$	12,5 - 25 cm/h
$\epsilon_3$	6 - 12,5 cm/h
	2 - 6 cm/h
$\epsilon_1$	0,5 - 2 cm/h
$\epsilon_4$	0,1 - 0,5 cm/h
$\epsilon_3$	< 0,1 cm/h

## Conductivité hydraulique

$k=0,4$  m/j - coefficient de conductivité

- $k > 1$  m/j - drainage latéral bon, élevé
- $1 \text{ m/j} < k < 0,5 \text{ m/j}$  - drainage latéral modéré
- $k < 0,5 \text{ m/j}$  - drainage latéral faible

## Annexe 2 :



### LEGENDE

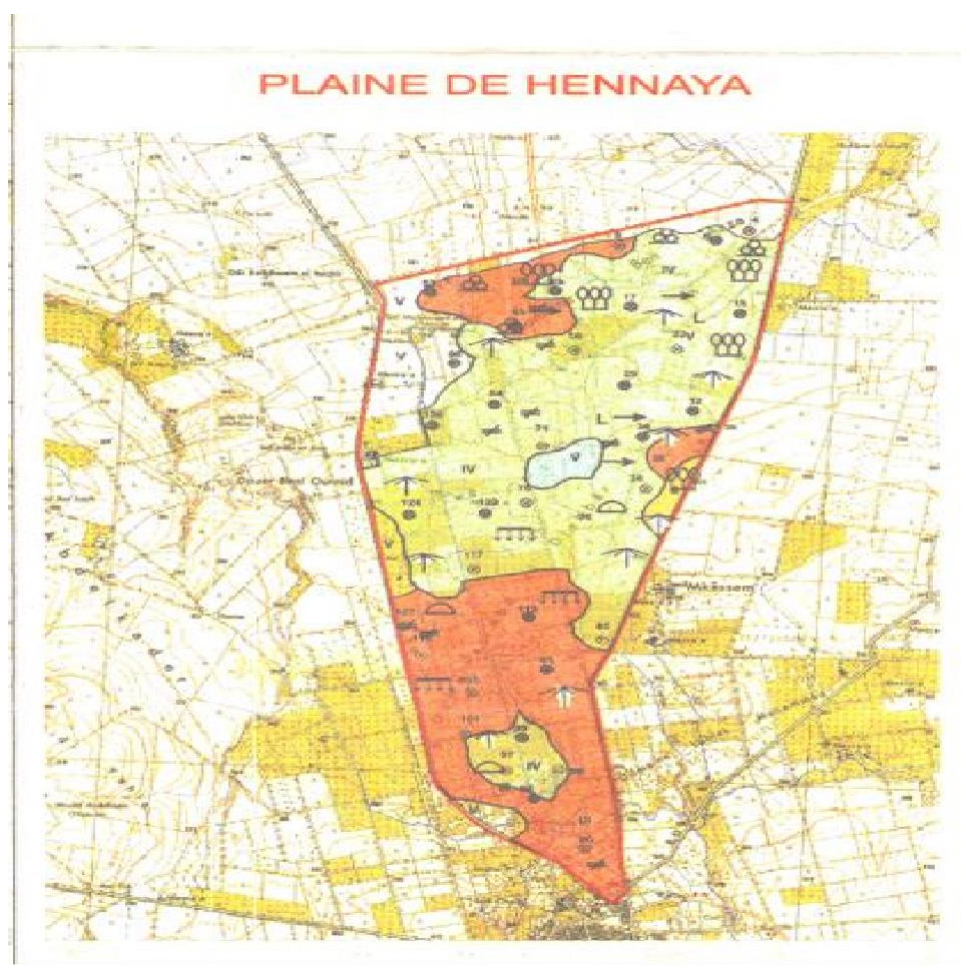
*	Sondage décrit
x	Profil décrit
o	Sondage décrit et échantillonné
⊙	Profil décrit et échantillonné
△	Station de mesure de la conductivité hydraulique
□	Station de mesure de la perméabilité
⊗	Station de mesure de la conductivité hydraulique et de la perméabilité
—	Limite du périmètre d'étude
—	Assainissement de surface
—	Drainage
—	Lessivage
Contrainte du sol (s) : $\frac{s}{\delta k_{z,v} A S x l a} K(1,2,3)$	
b, k, z	Profondeur limitée par horizon imperméable, matériel grossier ou encroûtement calcaire
v	Texture fine
V	Texture grossière
A	Imperméable
S	Sable
x	Pierrosité
i	Perméabilité faible
I	Perméabilité forte
a	Salinité
Contrainte de topographie (t) : $\frac{t}{g}$	
g	Pente
Contrainte de drainage (d) : $\frac{d}{l w}$	
f	Inondation
w	Profondeur de la nappe
Les chiffres 1,2,3 expriment l'intensité progressive de la contrainte	
K(1,2,3) Symboles et valeurs de la conductivité hydraulique	
85,8	Superficie en ha indiquée en rouge

### CLASSES






	<b>Classe I.</b> Les sols de cette classe se caractérisent par des horizons profonds (> 120 cm), par la texture moyenne: sablo-argileuse, limoneuse, équilibrée et par la bonne perméabilité: 2-6 cm/h. Ces sols occupent des zones à topographie plane, ils ne présentent ni de problèmes de drainage, ni de salinité. Leur aptitude à l'irrigation est bonne.
	<b>Classe II.</b> Ce sont des sols profonds (supérieurs à 60 cm), d'une texture sablo-limoneuse, limono-sableuse et limono-argileuse. La perméabilité des sols à texture fine est de 0,5-2,0 cm/h, celle des sols à texture grossière 6-12,5 cm/h. La salinité est moyenne variant de 4 à 8 mmols/cm. La teneur en calcaire actif atteint 7%. Les travaux d'aménagement nécessaires sont mineurs, notamment, l'apport des engrais minéraux et organiques.
	<b>Classe III.</b> Ce sont des sols à potentialités agronomiques moyennes; ils sont d'une texture sablo-limoneuse; la perméabilité est variable selon la texture (faible de 0,1 à 0,5 cm/h ou forte de 12,5 à 25 cm/h). Le problème de salinité se pose en présence de la texture fine et de la conductivité électrique de 8-12 mmols/cm. On préconise les travaux d'aménagement suivants: labours profonds, apport de matières organiques, drainage, plantation de brise-vents.
	<b>Classe IV.</b> Ces sont des sols dont l'aptitude à l'irrigation est limitée à cause de la texture fine argileuse ou très légère-sableuse, de la présence des croûtes dans le profil (< 40 cm), de la salinité (12-16 mmols/cm). Les travaux d'aménagement nécessaires sont: lessivage localisé, drainage, apport des engrais organiques et minéraux, labour profond et assainissement de surface.
	<b>Classe V.</b> Ce sont des sols inaptes à l'irrigation à cause de la pente très forte (plus de 20%), de la présence d'un encroûtement ou de dalle calcaire dure qui affleure par endroits, de la faible profondeur des sols (< 40 cm) et de la présence des sols minéraux bruts qui longent le lit de l'oued.



## Annexe 3 :



**Tableau des aptitudes culturales de sols, établi sous réserves de sélectionner les cultures, possibles sous le climat de la région et d'utiliser une eau d'irrigation de bonne qualité chimique**

Classe	Aptitudes culturales	Propriétés physico-chimiques	Contraintes	Travaux d'aménagement	Superficie (ha)
<b>I</b> 	Bonne aptitude pour toutes les cultures: arborives, industrielles, céréalières, fourragères et maraichères	Sols profonds > 120 cm, Texture moyenne (L-SA-M) Salinité < 1mmhos/cm Calcaire actif <5% Topographie plane	Pas de problèmes majeurs de mise en valeur	Amendement organique et minéral par endroits	
<b>II</b> 	Moyennement apte à toutes les cultures: arborives, industrielles, céréalières, fourragères et maraichères	Profondeur du sol compris entre 80/120 cm Texture limoneuse fine, limono-argileuse-sablo-limoneuse ou limono-sableuse Salinité comprise entre 4 et 8 mmhos/cm Calcaire actif compris entre 5 et 7% Topographie plane	Texture fine (LA) Texture grossière (LS et SL) Salinité Calcaire actif	Labour Amendement organique et minéral Irrigation par aspersion préconisée	
<b>III</b> 	Moyenne aptitude aux cultures maraichères, céréalières et fourragères et peu aptes aux cultures arborives et industrielles	Profondeur 40-80 cm Texture limoneuse très fine, argilo-limoneuse, argilo-sableuse et sablo-limoneuse avec pourcentage de sable plus important. Salinité comprise entre 8 et 12 mmhos/cm Calcaire actif compris entre 7 et 12%	Texture fine (AL-AS) Salinité Calcaire actif	Labour profond Amendement organique et minéral Drainage Dessalage Brise-vents Epierreage	
<b>IV</b> 	Faible aptitude aux cultures maraichères, céréalières et fourragères et inapte à l'arboriculture	Profondeur du sol limitée (< 40 cm) Texture argileuse et sableuse Salinité comprise entre 12 et 16 mmhos/cm Calcaire actif supérieur à 12% Charge caillouteuse >50% Topographie forte	Croûte et encroûtement Texture argileuse et sableuse Salinité Calcaire actif Charge caillouteuse Pente	Labour profond Drainage Dessalage Amendement organique et minéral Epierreage Brise-vents	
<b>V</b> 	Inaptes à toutes les cultures Les sols de cette classe peuvent avoir une aptitude moyenne pour l'olivier, la vigne, le figuier et les céréales en secretary	Texture imperméable et grossière Salinité >16 mmhos/cm Charge caillouteuse >50%	Zones à forte pente Croûte, encroûtement et dalle superficielle (<40 cm) Texture imperméable (très argileuse et très grossière (sableuse) Zones inondables Charge caillouteuse Salinité Zones urbaines(bâti et autres)		

## Annexe 4 :

