

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**ETUDE DE LA PROJECTION D'UN SYSTEME DE
DRAINAGE AGRICOLE DU PERIMETRE DE SID
ABDELI (185 HA) (W.TLEMCEN)**

Présenté par :

RAIS Mohammed Achraf

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
SADOUNE Samra	M.C.A	Examinateur
MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinateur
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Promotrice

Session..... 2023

Remerciements

Louange à Allah le Miséricordieux, de nous avoir ouvert les yeux et orienté vers le savoir, infime qu'il soit par rapport à l'immensité de sa science, et de nous avoir armé de courage et de persévérance pour mener à terme ce travail.

Je tiens à adresser tous mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé à la réalisation de mon travail.

Je souhaite en premier lieu adresser les plus sincères remerciements à ma promotrice, Mme AZIEZ Wahiba dont les directives précieuses et pertinentes m'ont aidé à avancer et terminer ce travail dans la confiance et la reconnaissance.

Je remercie vivement Mme SADOUNE Samra et Mme MMAZOUZI Sabra, qui m'ont fait l'honneur de juger et d'examiner notre recherche. Je suis également reconnaissant à M. MEDDI Mohamed d'avoir aimablement accepté de présider le jury et d'évaluer ce travail.

Mes sincères remerciements aux personnels de différents archives et bibliothèques, qui m'ont toujours obligeamment accueilli et favorablement renseigné.

Je dois évidemment un grand merci à ma famille: mes parents, sans leur soutien et leur encouragement, ce travail n'aurait pas vu le jour, mes grands-parents, qui ont toujours cru en nous et nous ont donné confiance, et enfin mes frères et mes sœurs, qui m'ont supporté en partageant avec dévouement les moments les plus difficiles de nos études.

L'avènement d'un travail de recherche est souvent tributaire de tant de personnes qu'il est difficile de les toutes mentionner. J'adresse donc l'expression de ma gratitude, à tous ceux qui ont rendu possible l'achèvement de ce travail.

RAIS Mohammed Achraf

Dédicaces

A mes chers parents

A ma famille

A mes frères et sœurs

A mes collègues

RAIS Mohammed Achraf

ملخص

تقع منطقة سيدي العبدلي في ولاية تلمسان.

وتطرح تحديات كبيرة على الاستثمار الزراعي بسبب ارتفاع ملوحة الأراضي الزراعية واستخدام المياه المالحة في الري، مما يؤدي إلى مشاكل تراكم المياه.

وفي هذا السياق، تم تقديم مشروع يهدف إلى تقليل ملوحة التربة وإيجاد طرق للاستخدام المفيد للمياه التي لها تأثير سلبي على الإنتاج الزراعي.

الكلمات المفتاحية: الري، المحاصيل الزراعية، شبكة الصرف الصحي.

Résumé

La région de Sidi Abdelli se trouve dans la wilaya de Tlemcen.

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

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

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

Summary

The region of Sidi Abdelli is located in the wilaya of Tlemcen.

It presents significant agricultural investment challenges due to the high salinity of agricultural land and the use of salt water for irrigation, leading to water accumulation problems.

In this context, a project was presented with the aim of reducing soil salinity and finding ways to beneficially use waters that have a negative impact on agricultural yield.

Key words: irrigation, agricultural crops, drainage network.

Tables des matières

Introduction générale

1.....	Introduction
CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	3
3.....	Introduction
Situation géographique de la commune de Sidi Abdelli :	I-1.
3	
I-1.1 Situation géographique du périmètre de Sidi Abdelli:.....	6
Les Caractéristiques de la région:	I-2.
6	
I-2.1 Les Caractéristiques HYDRO CLIMATIQUES:.....	6
I-2.1.1 Pluviométrie :	7
I-2.1.2 TEMPERATURE:.....	8
I-2.1.3 HUMIDITE :	9
I-2.1.4 REGIME DES VENTS :	9
I-2.1.5 Evaporation :	10
I-2.1.6 Insolation:	10
I-2.1.7 LA GELE :	10
I-2.1.8 SIROCO :	11
I-2.1.9 LA NEIGE:	11
I-2.2 Les aspects bioclimatiques:.....	11
I-2.2.1 Indice d’aridité de MARTONE :	11
I-2.2.2 Quotient Ombrothermique d’Emberger :	12
I-2.2.3 Diagramme Ombrothermique de “GAUSSEN ET BAGNOULS”:	13
I-2.2.4 Comparaison entre les indices bioclimatiques:	14
Etude socio-économique:	I-3.
14	
AGRICULTURE:	I-4.
16	

19.....	I-Conclusion:
CHAPITRE II: RESSOURCES EN SOL	21
21.....	Introduction :
Ressources en sol	II 1.
21	
II-1.1 L'étude pédologique :	21
II-1.2 Classification :	23
II-1.2.1 L'analyse pédologique :	23
II-1.2.2 Les aptitudes culturales :	25
Ressources en eau:	II 2.
25	
II-2.1 Présentation de la station thermale d'Ain Mimouna:	25
II-2.2 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU:	25
II-2.3 Interprétation:	27
II-2.3.1 Classification des eaux en fonction de CE:	28
31.....	Conclusion:
CHAPITRE III: L'ETUDE HYDROLOGIQUE	35
35.....	Introduction:
35.....	III-1.Traitement des données pluviométriques:
37.....	III-2.Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :
39.....	III-3.Ajustement à la loi normale (Gauss) :
41.....	III-4.Test de Khi carrée:
42.....	III-5.Précipitation de projet:
44.....	Conclusion:
CHAÏTRE IV: Le Drainage.....	35
Introduction :	36
IV-1. Situation du drainage agricole dans le monde :	36
IV-2. Principaux modes du drainage :	37
IV-2.1. Drainage De surface :	38

IV-2.1.1. Définition :	38
IV-2.1.1.1. OBJECTIFS DU DRAINAGE DE SURFACE :	38
IV-2.2. Drainage Souterrain :	38
IV-2.3. Drainage Par fossé :	39
IV-2.4. Par drain enterré :	39
IV-2.5. Puits du drainage :	40
Conclusion :	40
CHAPITRE V : EVALUATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES	42
42.....Introduction:	
42.....V-1.Présentation Besoin en eau du périmètre:	
V-1.1Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET ₀):	42-
V-1.1.1Les méthodes directes:	43-
V-1.1.2Formule Modifiée de Penman-Monteith:	43
V-1.2 L'évapotranspiration maximale (ETM):	44
V-1.3 Calcul de la pluie efficace:	44
V-1.4Calcul de la réserve en eau du sol:	45
45... V-2. Choix des cultures en fonction du contexte pédoclimatique :	
V-2.1 Choix Occupation des sols:	46
V-2.2 Assolements des cultures:	46
V-2.3 Avantages de la rotation des cultures:	46
47..... V-3. Estimation des besoins en eau des cultures :	
V-3.1 Estimation des besoins en eau des céréales / fourragères:	48
V-3.2 Estimation des besoins en eau des maraichères:	50
55..... V-4. Calcul des besoins en eau pour les Assolements 1 , 2 et 3 :	
57..... V-5. Le lessivage:	
60..... Conclusion:	
CHAPITRE VI: DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DRAINAGE	63
63.....Introduction:	
63..... VI-1. Drainage:	
VI-1.1 définition:	63

VI-1.2 But de drainage:	63
63..... VI-2. Calcul du débit caractéristique:	
VI-2.1 Cas où l'excès provient des pluies:	64
VI-2.1.1 Analyse fréquentielle de la série pluviométrique:	64
VI-2.1.2 Ajustement par la loi de Gumbel:	64
VI-2.1.3 Régime permanent en tenant compte du stockage:	67
VI-2.1.4 Le débit caractéristique (qc) en régime permanent sans stockage:	68
VI-2.2 Cas où l'excès provient de l'irrigation.....	68
VI-2.3 Cas où l'excès provient de lessivage :	69
69..... VI-3. Calcul de l'écartement entre les drains :	
VI-3.1 Équation de Hooghoudt.....	69
71..... VI-4. Dimensions des drains	
VI-4.1 La pente d'installation	71
VI-4.2 Longueur d'installation des drains.....	72
VI-4.3 Débit à évacuer par le drain.....	72
VI-4.4 Caractéristiques techniques des drains.....	72
73..... VI-5. Dimensionnement d'un collecteur	
75..... Conclusion:	
CHAPITRE VII : L'ENTRETIEN DU SYSTEME DE DRAINAGE	
77..... ET L'ESTIMATION DES DEVIS	
77..... Introduction:	
77..... VII-1. Causes de non fonctionnement du drainage:	
77..... VII-2. Obstructions d'origine technique:	
VII-2.1 Insuffisance de la section des drains:.....	77
VII-2.2 Insuffisance de la pente des drains :	78
78..... VII-3. Mauvaise qualité des tuyaux :	
78..... VII-4. Défectuosité pendant l'exécution des travaux :	
79..... VII-5. Obstructions d'origine naturelle :	
VII-5.1 Pénétration dans les drains de petits animaux :	79
VII-5.2 Dépôts de matières minérales :.....	79

VII-5.3 Colmatage par dépôts à réaction chimique:	79
79.....	VII-6. Devis quantitative et estimative:
80.....	Conclusion:
81.....	Conclusion générale
83.....	Bibliographie

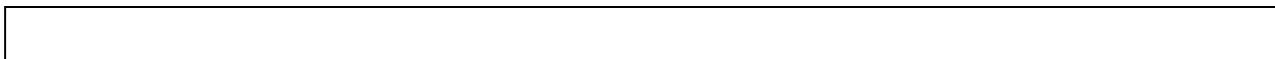


Table des illustrations

Liste des figures

Figure 1: situation géographique de la zone d'étude

Figure 2: localisation géographique de la commune de Sidi Abdelli dans la wilaya de TLEMCEM

Figure 3: Diagramme Ombrothermique de "GAUSSEN ET BAGNOULS"

Figure 4: Carte pédologique des monts de tlemcen (KAZI TANI, 1996)

Figure 5: Pyramide des âges de la wilaya de TLEMCEM

Figure 6 : Classification du sol dans le triangle de texture (USDA).

Figure 7: Ajustement par la loi normale (HYFRAN)

Figure 8 : L'outil de sous solage.

Figure 9: Calcul de l'évapotranspiration potentielle mensuelle avec Cropwat 8.0

Figure 10: les graphiques : hauteur – durée – période de retour pour trimestre 1

Figure 11: les graphiques : hauteur – durée – période de retour pour trimestre 2

Figure 12: les graphiques : hauteur – durée – période de retour pour trimestre 3

Liste des tableaux

Tableau 1: Précipitations Moyennes année 1985-2021 Station de Sidi Abdelli

Tableau 2: Températures Moyennes mensuelles (Station de Tlemcen)

Tableau N°3: Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen

Tableau N°4 : Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen

Tableau 5: Les valeurs des évaporations mensuelles

Tableau 6: Insolation moyenne (ONM ALGER)

Tableau N° 07: Moyennes mensuelles en jours des gelés de la station de Tlemcen.

Tableau 8: Moyennes mensuelles du siroco de la station de Tlemcen

Tableau N° 09: Moyennes mensuelles de la neige de la station de Tlemcen

Tableau N° 10: Répartition des terres agricoles de la commune de Sidi Abdelli

Tableau N° 11: Production agricole de la commune de Sidi Abdelli

Tableau 12: Humidité au champ

Tableau 13: Résultats d'humidité du sol.

Tableau 14: Résultats de la densité apparente.

Tableau 15: Valeurs de la densité réelle.

Tableau 16: Valeurs de la porosité

Tableau 17: Résultats pH du mélange de sol avec l'eau de la station d'épuration

Tableau 18: Bulletin d'analyse de l'eau de la source d'Ain Mimouna

Tableau 19: Bulletin d'analyse de l'eau à la sortie de la station thermique

Tableau 20: Précipitation moyenne mensuelle 1985 – 2021

Tableau 21: Tableau présentant le test de Wilcoxon

Tableau 22: L'ajustement par la loi de Gauss (loi normal)

Tableau 23: Évaluation de l'adéquation de l'ajustement par le test du chi carré.

- Tableau 24:** Précipitation moyenne mensuelle de l'année de référence.
- Tableau 25:** calcul des pluies efficaces
- Tableau 26:** Choix des cultures de la zone d'études
- Tableau 27:** Assolement 1, purement maraichères
- Tableau 28:** Assolement 2, maraichères + céréales
- Tableau 29:** Assolement 3, céréales + fourragères
- Tableau 30:** calcul des besoins en eau du Blé
- Tableau 31:** calcul des besoins en eau de la Vesce – avoine
- Tableau 32:** calcul des besoins en eau de l'Orge grain
- Tableau 33:** calcul des besoins en eau de l'Orge en vert
- Tableau 34:** calcul des besoins en eau de la pomme de terre de saison
- Tableau 35:** calcul des besoins en eau de la carotte
- Tableau 36:** calcul des besoins en eau du chou vert
- Tableau 37:** calcul des besoins en eau de la tomate
- Tableau 38:** calcul des besoins en eau de l'oignon sec
- Tableau 39:** calcul des besoins en eau de l'haricot vert
- Tableau 40:** calcul des besoins en eau de la pomme de terre arrière saison
- Tableau 41:** calcul des besoins en eau de la courgette
- Tableau 42:** calcul des besoins en eau de l'oignon vert
- Tableau 43:** calcul des besoins en eau de l'Ail
- Tableau 44:** Calcul des besoins en eau pour l'assolement 1
- Tableau 45:** Calcul des besoins en eau pour l'assolement 2
- Tableau 46:** Calcul des besoins en eau pour l'assolement 3
- Tableau 47:** LR * ETM pour l'assolement 1
- Tableau 48:** LR * ETM pour l'assolement 2
- Tableau 49:** LR * ETM pour l'assolement 3
- Tableau 50:** les résultats de l'ajustement pour trimestre 1 (sept oct nov)
- Tableau 51:** les résultats de l'ajustement pour trimestre 2 (déc, jan, fév)
- Tableau 52:** les résultats de l'ajustement pour trimestre 3 (mars avr mai)
- Tableau 53:** Débit caractéristique En régime permanent en tenant compte du stockage.
- Tableau 54:** Débit caractéristique En régime permanent sans tenir compte du stockage

Tableau 55: dimensionnement des drains et collecteurs

Tableau 56: la longueur totale des drains et collecteurs

Tableau 57: Devis quantitative et estimative

Liste des graphes

Graphe 1: Graphique descriptif de la variation des températures

Liste des planches :

Planche 1 : Plan de situation de périmètre de sidi abdeli

Planche 2 : Plan d'occupation du sol

Planche 3 : Plan profil en long de drain

Planche 4 : Plan de réseau de drainage

Liste des annexes

ANNEXE1 : Profondeur équivalente "d" pour des conduites enterrées (Vlotman et al., 2020)

ANNEXE2 : Abaque pour la solution des écartements entre drains de la formule de Hooghoudt (Vlotman et al., 2020)

ANNEXE3 : Indice croisé SAR/conductivité

ANNEXE4 : les diamètres des drains

ANNEXE5 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT, 2004).

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage.

ONM : Office National de Météorologie.

DRE : Direction ressources Tlemcen

Introduction générale

Introduction

L'objectif principal de l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Sidi Abdelli dans la wilaya de Tlemcen est d'améliorer de manière significative le rendement des cultures variées, y compris les cultures maraîchères, les cultures arboricoles et les céréales. Ce périmètre joue un rôle essentiel dans la satisfaction des besoins alimentaires de la région, justifiant ainsi la nécessité d'une modernisation de l'infrastructure de drainage pour accroître la production. Pour atteindre cet objectif, il est impératif d'introduire des systèmes de drainage modernes, économiques et performants, notamment des drains et des fossés.

Cette étude préliminaire est principalement axée sur les calculs essentiels à la planification initiale du projet d'aménagement, en mettant l'accent sur les aspects techniques et économiques. La performance du système de drainage à mettre en place repose sur des choix judicieux en matière de techniques et d'équipements, qui doivent être installés de manière adéquate, tout en tenant compte d'une compréhension approfondie des données techniques et économiques relatives aux conditions de mise en œuvre. De plus, il est impératif que les conditions climatiques, pédologiques et topographiques soient favorables, soulignant ainsi l'importance d'une sélection minutieuse de la zone d'intervention pour garantir des résultats optimaux.

Le travail effectué au sein de cette étude a suivi les étapes suivantes :

- Représentation et description détaillée de la zone d'étude.
- Évaluation des ressources en sol.
- Analyse des ressources en eau disponibles.
- Calcul des besoins en eau spécifiques aux différentes cultures.
- Dimensionnement du réseau de drainage conformément aux besoins identifiés.
- Établissement des procédures d'entretien du système de drainage, y compris l'estimation des coûts associés.

Dans l'ensemble, cette étude préliminaire vise à jeter les bases du projet d'aménagement hydro-agricole en identifiant les besoins, les opportunités et les défis liés au drainage, en vue de contribuer de manière significative à l'augmentation de la productivité agricole dans la région de Sidi Abdelli.

Chapitre I

Présentation

de la zone d'étude

CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction

À travers ce chapitre, nous présenterons la zone d'étude en termes de localisation géographique, les caractéristiques de la zone dans le but de mieux explorer et caractériser la zone.

I-1.Situation géographique de la commune de Sidi Abdelli :

La commune de Sidi Abdelli est située à 33km environ à l'Est de Tlemcen, elle est créée lors du découpage administratif de 1985.

Elle est limitée administrativement :

- **Au Nord** par les communes d'Aghlal et Aoubéllil (W.AinTémouchent) ;
- **A l'Est** par les communes d'AinNehala et Ain Tellout ;
- **Au Sud** par les communes d'Ain Fezza et Ouled Mimoun ;
- **A l'Ouest** par les communes de Bensekrane et Amieur ;

L'agglomération de la commune de Sidi Abdelli s'étend sur une superficie de: **22701 Ha.**

Présentation de la zone d'étude

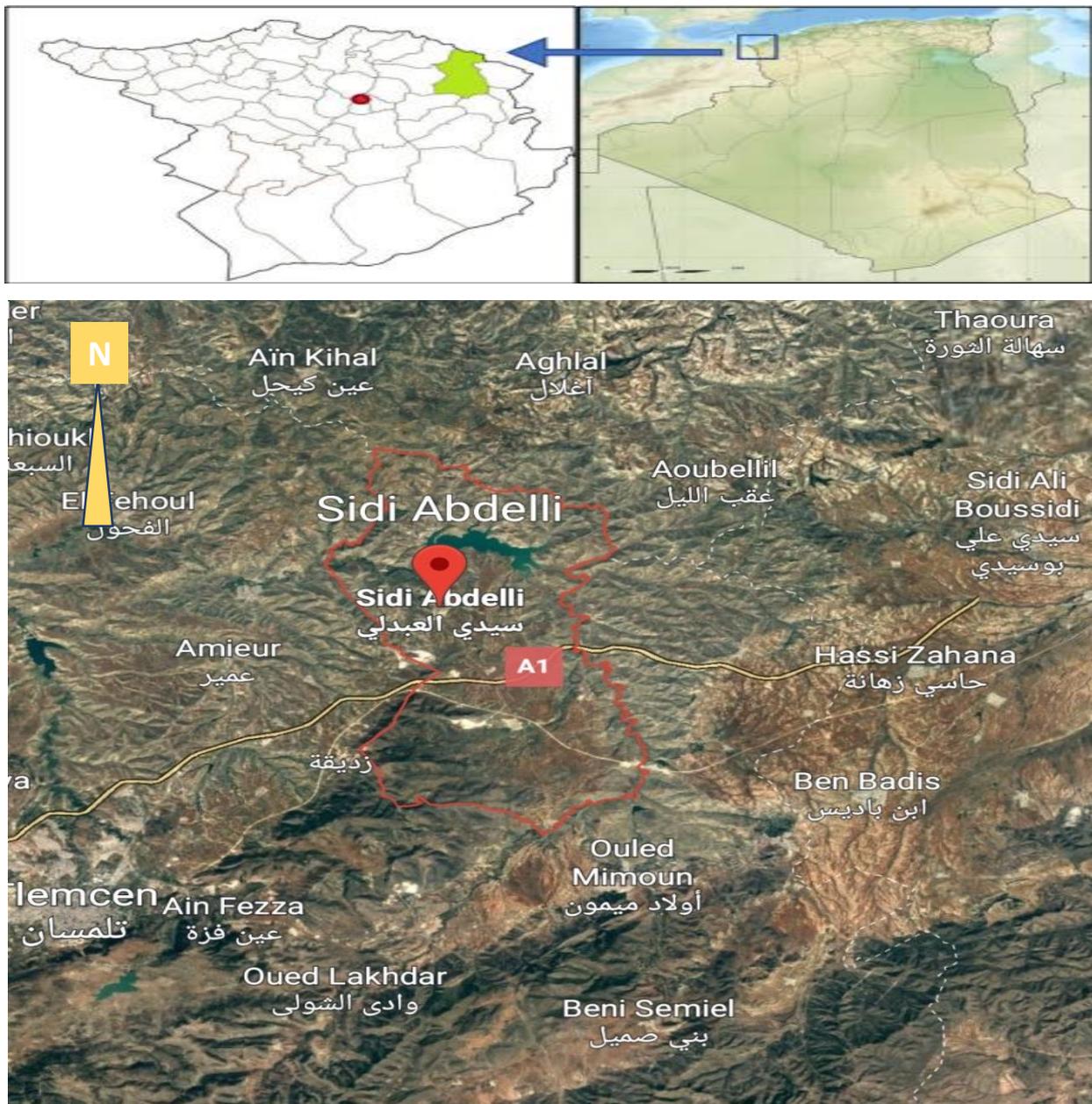


Figure 1: situation géographique de la zone d'étude

source : Google earth, date de prise (22/06/2023)

<https://www.google.com/maps/place/Sidi+Abdelli/@35.0430305,-1.2729163,11z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0xd7f2e7829b605cd:0x564afd2863d7f8f6!8m2!3d35.0601163!4d-1.1309704!16s%2Fm%2F0fqt2hb?entry=ttu>

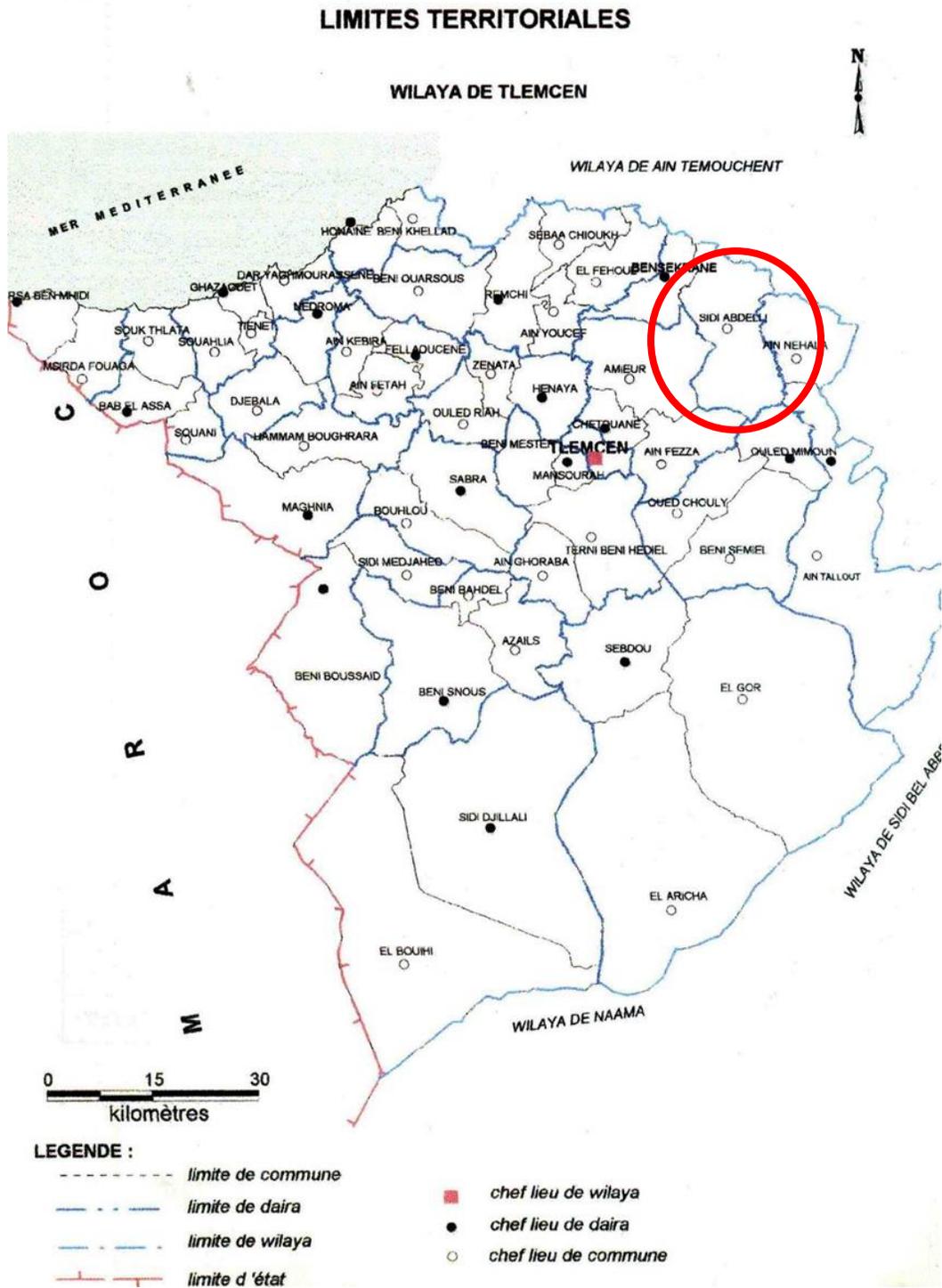


Figure 2 : Carte des wilayas géographique de la wilaya de Tlemcen Source :
découpage administratif Algérie (1/10000)

I-1.1 Situation géographique du périmètre de Sidi Abdelli:

Ain El Hammam se situe à 2,00 km de la ville de Sidi-Abdelli. Elle fait partie de sa commune, son altitude est de 360 mètres par rapport au niveau de la mer. Sur le plan géographique cette région se situe à 35 km de Tlemcen chef-lieu de la wilaya et Ain-Temouchent, Elle se trouve à 70 km de la ville de Sidi-Bel-Abbes.

D'après le levé topographique du périmètre d'irrigation exécuté , on constate deux zones différentes :

La 1ère zone :

Elle est limitrophe de la station thermale de Sidi Abdelli, située au Nord-Est par rapport à la station citée si dessus ; caractérisée par :

- Une topographie plus ou moins plane.
- Une géomorphologie des terrains non accidentés.
- Ces caractéristiques morpho-métriques du terrain posent des problèmes à l'écoulement gravitaire dans les canaux d'irrigation. Ce qui nous conduit de faire un tracé suivant les courbes de niveau pour pallier à la contrainte topographique.

La 2ème zone :

Elle est située au Nord-Ouest de la station thermale ; partie avale par rapport à la première zone. Caractérisée par :

- Géomorphologie convexo-concave ; ondulation : terrain accidenté.
- Le périmètre est en pente importante.

I-2. Les Caractéristiques de la région:

I-2.1 Les Caractéristiques HYDRO CLIMATIQUES:

L'influence du climat régional est d'une grande importance dans le développement des cultures. En scrutant les conditions météorologiques de la région sous étude, il devient possible

Présentation de la zone d'étude

d'évaluer la quantité d'eau requise aux diverses étapes de la croissance des plantes et d'aboutir à un équilibre hydrique, sujet que nous aborderons dans le chapitre suivant.

De plus, les caractéristiques physiques du sol revêtent une importance capitale dans la gestion de l'eau, que nous détaillerons dans les pages à venir. Les données relatives au temps et au climat revêtent une grande importance dans la planification et la gestion des activités humaines, dont l'agriculture est l'une des principales. Dans ce contexte, il est essentiel de prendre en considération des facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, l'ensoleillement, l'évapotranspiration, les précipitations et le vent lors de la conception de projets d'irrigation.

I-1.1.1 Pluviométrie :

La région subit l'influence de perturbations météorologiques complexes liées au régime méditerranéen. Lorsqu'on examine la répartition des précipitations sur une base mensuelle, on observe un contraste marqué en termes de pluviométrie entre les deux saisons humides, à savoir la période d'octobre à janvier et celle de février à mai. La station de mesure de référence pour cette étude est la station Sidi Abdelli, qui représente la zone d'étude.

Dans une vision culturelle, le patrimoine peut se définir comme étant "l'ensemble des biens matériels ou immatériels ayant une importance artistique et/ou historique certaine et qui appartiennent soit à une entité privée (personne, entreprise, association, etc.) soit à une entité publique (commune, département, région, pays, etc.) et qui est préservé, restauré, sauvegardé et généralement montré au public.

Tableau 1: Précipitations Moyennes des année (1985-2015) Station de Sidi Abdelli

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Pmoy(mm)	21.47	32.78	53.25	44.24	46.24	39.68	33.25	23.60	19.42	8.62	8.71	10.64	331.89

Source: ANRH-2015

La **saison** des pluies est généralement active d'octobre à avril. Les données pluviométriques montrent que, sauf en été (juin à août), les précipitations sont relativement bien réparties tout au long de l'année.

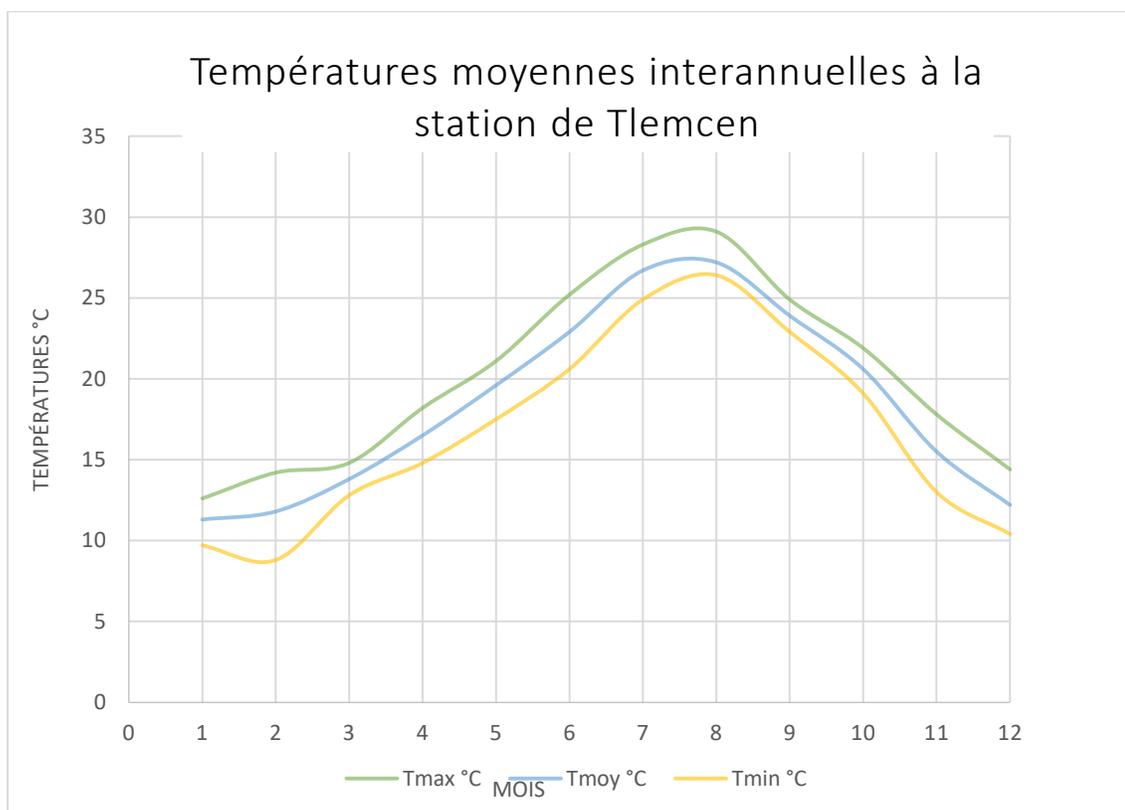
I-2.2. TEMPERATURE:

Les données climatiques recueillies présentent généralement des variations irrégulières, en particulier lorsqu'il s'agit des températures à l'échelle horaire ou quotidienne.

Tableau 2: Températures Moyennes mensuelles (Station de Tlemcen)

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

Source: ANRH-2015



Graph 1: Graphique descriptif de la variation des températures

Présentation de la zone d'étude

Selon les données graphiques, on peut constater que les mois de juillet et août affichent les températures les plus élevées, avec une moyenne de 27,2 °C, tandis que les mois les plus froids se situent en janvier et février, avec une moyenne de 11,3 °C.

I-2.3. HUMIDITE :

L'humidité **relative** annuelle moyenne est estimée à environ 69 % dans le bassin et à 67% le long de la côte.

Tableau N°3: Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN.
Station de Tlemcen	71	72	75	68	66	60	60	56	63	69	77	73	67
Moyenne trimestrielle à Tlemcen (%)	72			64			59			73			
Saisons	<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Eté</i>			<i>Automne</i>			/

Source: ANRH-2015

I-2.4. REGIME DES VENTS :

C'est un facteur déterminant pour le choix du système d'irrigation. Les valeurs présentées dans le tableau représentent la vitesse du vent maximale, moyenne et minimale.

Tableau N°4: Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen

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

Source: ANRH-2015

Les vents dominants sont les moyens à forts, voire violents, reste celui dont la trajectoire principale est conditionnée par la direction de masses d'air frontales d'origine atlantique.

I-2.5. Evaporation :

Ce facteur revêt une signification cruciale tant dans le calcul de la capacité des réservoirs de barrages que dans la planification d'un système d'irrigation.

La période la plus délicate en ce qui concerne l'évaporation se trouve pendant les mois de juillet et août, en raison de l'augmentation de la température.

Tableau 5: Les valeurs des évaporations mensuelles

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

Source : ANRH-2015

I-2.6. Insolation:

Ce facteur joue un rôle essentiel dans le mécanisme d'évaporation et d'évapotranspiration.

La période de juin et juillet correspond à la plus haute incidence d'ensoleillement.

Tableau 6: Insolation moyenne (ONM ALGER)

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

Source : ANRH-2015

I-2.7. LA GELE :

La connaissance des dates de la gelé est nécessaire car elle influe négativement sur les cultures et dégradent la structure du sol. On peut le voir au mois de décembre et janvier.

Tableau N° 07: Moyennes mensuelles en jours des gelés de la station de Tlemcen.

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Nombre	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3

Source ONM-2021

I-2.8. SIROCO :

Les valeurs de l'observation du phénomène du siroco sont très limitées dans notre zone d'étude (1 jour par mois). Elles sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau 8: Moyennes mensuelles du siroco de la station de Tlemcen

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Siroco (jour)	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0

Source : ONM-2021

I-2.9. LA NEIGE:

Les valeurs de l'observation de la neige dans la zone d'étude sont très faibles. Il se forme au mois de février et mars.

Tableau N° 09: Moyennes mensuelles de la neige de la station de Tlemcen

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Neige (jour)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Source : ONM-2021

I-3. Les aspects bioclimatiques:

Ce Pour catégoriser le climat, on recourt couramment aux indicateurs agrométéorologiques, lesquels se fondent sur les données de température et de précipitations de la région.

I-3.1. Indice d'aridité de MARTONE :

L'Indice d'aridité de MARTONE est un indicateur utile pour caractériser le phénomène d'aridité, il sert à déterminer la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, et permet à se renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation dans la zone.

$$IA = \frac{P}{T+10} \dots \dots \dots \mathbf{I-1}$$

Tel que :

P: précipitation moyenne annuelles en (mm) ;

T: température moyenne annuelle en (°C) ;

IA: indice d'aridité.

Présentation de la zone d'étude

$P_{moy}=341.89$ mm/an

$T_{moy}=18.5$ C°

$$I = \frac{341.89}{18.5 + 10}$$

$$IA = 12$$

En se basant sur IA , on peut déterminer le type de climat suivant le tableau ci-dessous:

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

D'où IA =12, le climat de la zone de Sid Abdelli est Sec ou l'irrigation est souvent indispensable.

I-3.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger :

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique, il est calculé comme suit :

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

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Donc :
$$Q = \frac{341.89 \times 2000}{(302.1^2 - 281.8^2)} = 57.69$$

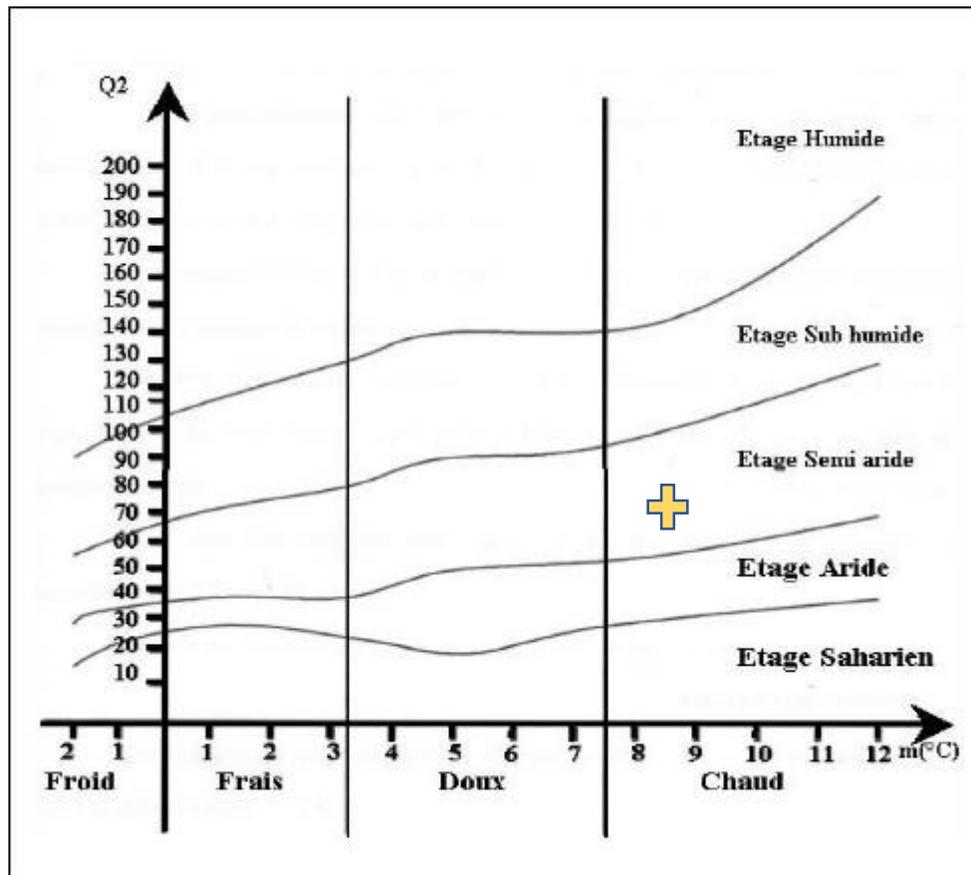


Figure 3: le diagramme bioclimatique d'Emberger

Selon le diagramme bioclimatique d'Emberger, il est possible d'affirmer que le climat de notre région est de type semi-aride. Sous étage chaud.

I-2.3. Diagramme Ombrothermique de “GAUSSEN ET BAGNOULS”:

Le diagramme Ombrothermique a raison pour faire ressortir les mois ou la période sèche au cours de l'année.

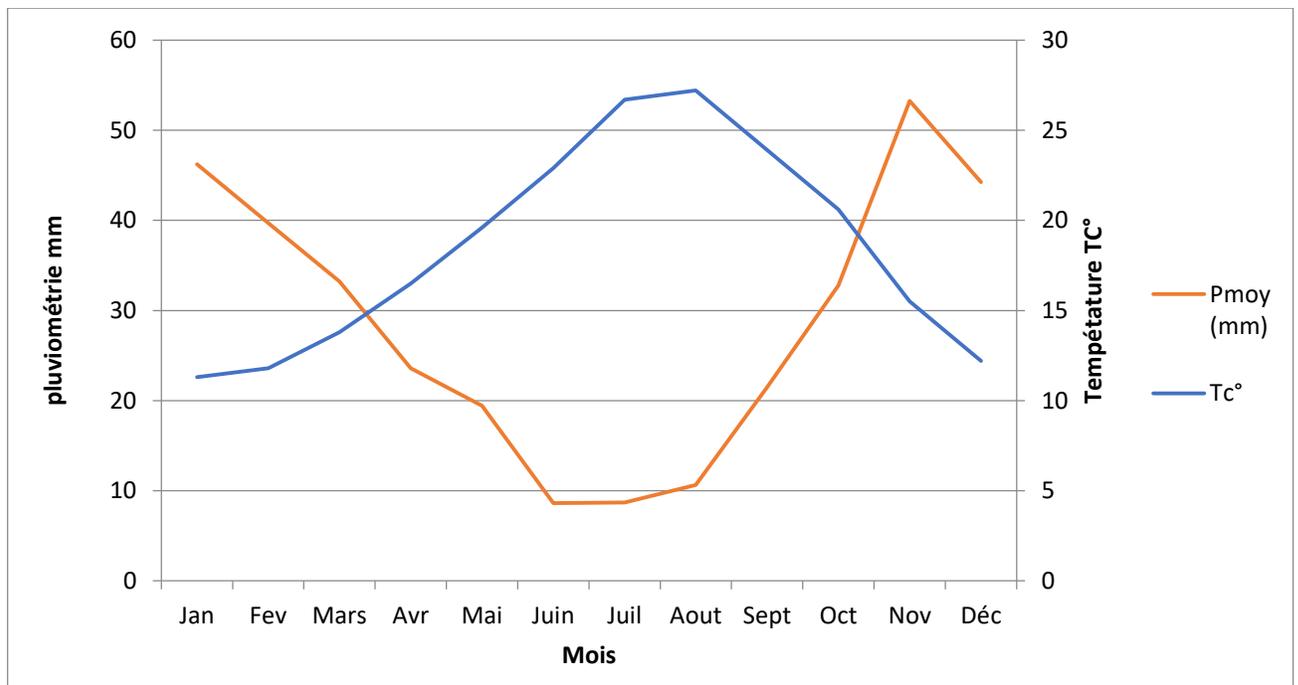


Figure 4 : Diagramme Ombrothermique de "GAUSSEN ET BAGNOULS"

À partir de ce diagramme Ombrothermique, on peut déduire que la période sèche commence en mois de la mi-Mars allant jusqu'à la mi-October.

I-3.4. Comparaison entre les indices bioclimatiques:

Les méthodes qui intègrent les principaux paramètres climatiques tels que les précipitations, les températures et l'évaporation ont caractérisé le climat de la zone d'étude comme étant semi aride, en accord avec la carte des étages bioclimatiques établie par l'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT, 2004);(annexe 5).

I-4. Etude socio-économique:

La situation sociale et démographique et de la base économique de la région d'étude permet d'apprécier les contraintes de développement dans un projet d'irrigation.

Présentation de la zone d'étude

La population :

L'étude de la population humaine de la wilaya de Tlemcen qui regroupe 59 communes présente une superficie totale de 8740 km².

Tranches d'âge	Féminin	Masculin	Total
0 à 4	36128	50658	86786
5 à 9	56890	62149	119039
10 à 14	60654	68795	129449
15 à 19	45698	56214	101912
20 à 24	45254	47965	93219
25 à 29	25891	35648	61539
30 à 34	25493	24897	50390
35 à 39	18953	19876	38829
40 à 44	14637	16587	31224
45 à 49	9654	12498	22152
50 à 54	9542	10479	20021
55 à 59	8976	8543	17519
60 à 64	7564	7469	15033
65 à 69	6542	4563	11105
70 à 74	4559	3254	7813
75 à 79	2563	3025	5588
80 à plus	2085	2147	4232
N D	562	356	918
Total	381645	435123	816768

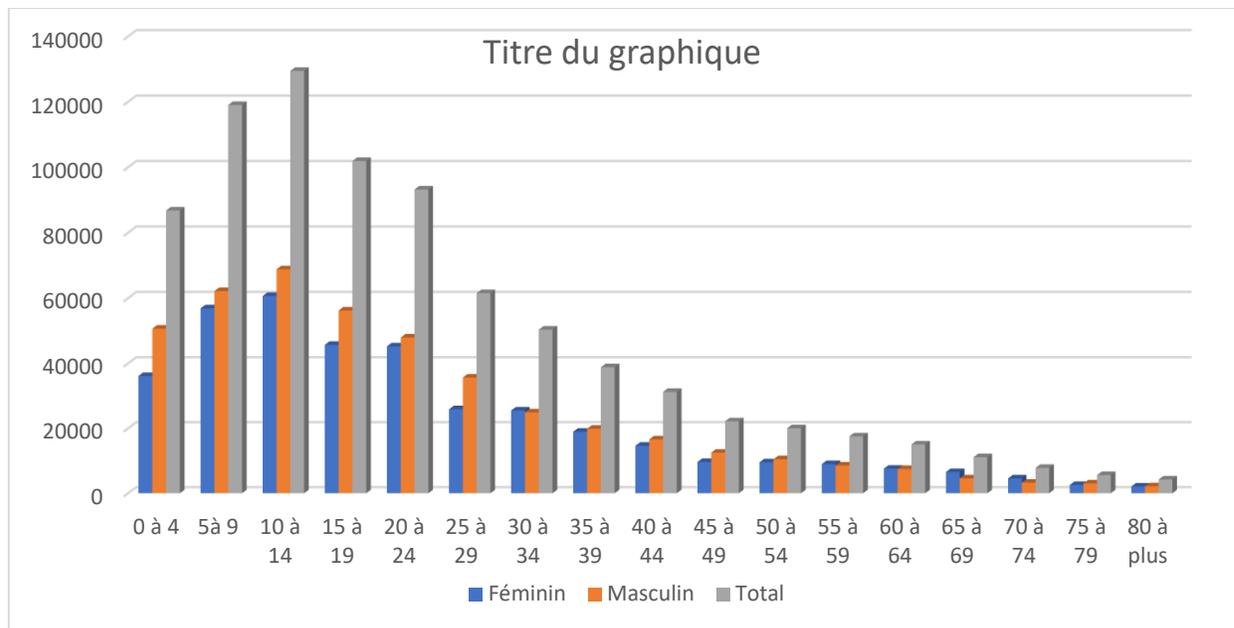


Figure 4 : Pyramide des âges de la wilaya de TLEMCEN

On observe que la population de la wilaya de TLEMCEN est jeune

I-4.1. AGRICULTURE:

La commune de Sidi Abdelli est à vocation agricole. Elle contient une superficie agricole totale de 20 202 hectares et une superficie agricole utile (SAU) de 17 337 hectares.

La répartition de l'activité agricole est répartie comme suit :

Présentation de la zone d'étude

Tableau N° 10: Répartition des terres agricoles de la commune de Sidi Abdelli

communes	secteur	Terres labourables		Vignobles (ha)	Plantation d'arbres fruitiers (ha)	Surfaces Agricoles utiles S.A.U (ha)	Parcours Pacages y compris terres défrichées	Terres productives (ha)	Superficie agricole totale S.A.T (ha)
		Cultures herbacées (ha)	Terre au repos (ha)						
Sidi Abdelli	F.P	400	102	32	27	561	0	11	572
	S.P	7267	8770	238	501	16776	1500	1354	19630

F.P : Ferme pilote

S.P : Secteur publique

Emploi:

Tableau N° 11: Production agricole de la commune de Sidi Abdelli

Cultures	Spécifications	2006/2007		2007/2008		2008/2009		2009/2010		2010/2011	
		superficie Ha	Production Qx								
	Ails	2	20	0	0	0	0	8	200	7	280
	feves verts	6	200	30	3600	50	5000	60	6000	45	2250
	petits pois	3	70	20	2000	35	2800	45	3600	25	1000
Arboricultures	Abricotier	8	375	29-août	110	29-août	150	27/15	300	27/25	640
	Amandier	26	780	30/26	390	26	520	26	520	26	520
	Pêché	37	740	37	370	157	1780	117	3500	119	7000
	Pommier	23/17	510	23	460	23	460	23	460	23	1200
	Prunier	81/74	2960	141/81	970	106/81	1680	106/95	2800	106	4240
	Olivier	461		589		516		491		501	
	Poirier					35	700	32	640	32	1280

Source : DSA-2022

Présentation de la zone d'étude

Potentialités agricoles et contraintes au développement agricole de la wilaya de

Tlemcen :

Cultures	Spécifications	2006/2007		2007/2008		2008/2009		2009/2010		2010/2011	
		superficie Ha	Production Qx								
céréalières	blé dur	1990	9580	289	2036	1250	17822	2347	28060	1350	1450
	blé tendre	1893	7390	110	757	1100	12100	1598	18400	1500	9770
	orge	1996	14302	443	3500	1650	36000	1788	15960	1350	8610
	avoine	40	320	10	30	45	600	30	600	0	0
Maraichères	pomme de terre	43	7380	190	27550	116	33350	204	44910	165	27200
	carotte	3	180	10	500	15	1800	10	1000	12	1200
	tomate	4	720	20	3600	20	4000	20	4000	4	800
	oignon	6	780	60	3600	42	7560	12	1200	9	950
	haricot vert	0	0	1	40	3	240	5	250	0	0
	melon/pastèque	14	2100	30	5500	35	7000	85	17000	100	31000
	artichaut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	piment	0	0	1	60	1	100	0	0	1	15
	poivron	5	420	10	500	25	1750	10	800	4	400
	concombre	3	260	5	300	5	750	4	480	0	0
	Courgettes	3	250	2	80	10	1200	5	600	3	240
	aubergine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	choux fleur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	choux vert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
navet	0	0	5	250	2	200	1	100	3	300	

Le future périmètre sera irrigué à partir de la source alimentant la station thermale de Sidi Abdelli , appelée Ain Mimouna, limitrophe du site du projet, ayant les coordonnées Lambert suivantes : Ain Mimouna: $x = 149.300$, $y = 204.500$ $z = 390$; elle est caractérisée par un

Débit de 88 l/s à une température de 34 °c (essai pompage effectué le 29.06.2008 par les services de l'ANRH).

Conclusion:

Après avoir analysé en détail les caractéristiques climatiques de la zone d'étude, nos conclusions confirment que cette région présente un climat semi-aride, se caractérisant par des conditions de sécheresse et des précipitations variables en termes de volume et de distribution saisonnière.

Les cultures d'hiver bénéficient d'une répartition saisonnière des précipitations plus propice, tandis que les cultures de printemps dépendent principalement de l'irrigation. La mise en place de systèmes d'irrigation efficaces pourrait permettre d'augmenter les rendements de ces cultures et de maintenir l'équilibre salin du sol de manière optimale.

CHAPITRE II

Ressources en sol

CHAPITRE II: RESSOURCES EN SOL

Introduction :

Dans le cadre de ce chapitre actuel, nous allons examiner les caractéristiques des ressources en eau et en sol de la région d'intérêt, dans le but de déterminer les parcelles appropriées pour l'irrigation ainsi que la viabilité des eaux pour cet usage, tout en prenant en compte leurs propriétés physico-chimiques. Cela contribuera à une meilleure conception de ce projet.

II-1. Ressources en sol :

L'étude des ressources en sol revêt une importance primordiale dans le cadre de la préservation durable de notre écosystème. Les sols représentent une ressource vitale pour l'agriculture, tout en jouant un rôle crucial dans le cycle hydrique, la régulation climatique et la préservation de la diversité biologique. La compréhension de la nature, de la qualité et de la répartition des sols s'avère cruciale pour des prises de décision éclairées en matière de gestion des terrains, de protection environnementale et d'exploitation pérenne des ressources naturelles. Dans cette optique, l'objectif de l'analyse des ressources en sol consiste à identifier et à mettre en évidence les zones offrant un fort potentiel d'irrigation dans la région.

II-2. L'étude pédologique :

Le bassin versant de la Tafna-Isser se situe au Nord-Ouest du territoire Algérien. Il s'étend sur la totalité de la wilaya de Tlemcen et une partie du royaume marocain. Il s'étend en territoire algérien sur une superficie de 7245 km² (Annuaire hydrologique, 79-80). Globalement, le bassin versant de la Tafna-Isser peut être subdivisé en quatre (04) plaines et les plateaux occupent la partie centrale du bassin enfermée entre les zones montagneuses :

La plaine de Maghnia : Elle est limitée au Nord et nord-est par les piémonts sud des Traras, au sud par les piémonts Nord des monts de Tlemcen et à l'ouest par un prolongement naturel formé par la plaine des Angad (Maroc). Cette plaine a une grande partie recouverte de limons très fertiles sauf dans sa partie centrale où on note la présence de sols salés. Les sols de la plaine sont limités en profondeur par des croûtes calcaires.

La plaine de Hennaya : Elle est limitée au sud par les piémonts Nord des monts de Tlemcen, au nord par le plateau de Zenâta. Ces sols sont formés par des dépôts d'alluvions récents. Par la position géographique et la structure granuleuse des sols, la plaine profite de la proximité des points d'eau (cours d'eau, nappe phréatique) pour développer une agriculture irriguée traditionnelle.

Plateau de Zenata-Ouled Riah : Le plateau de Zenata-Ouled Riah est situé au nord-ouest de la plaine de Hennaya, il est constitué de sols rouges méditerranéens reposant sur des encroûtements où parfois sur la carapace calcaire, la texture du sol est argilo limoneuse.

Ressources en sol

Plateau Sidi Abdelli (notre zone d'étude) : Le plateau est formé des sols bruns calcaires, leur teneur en argile est de l'ordre de 45%. La teneur en calcaire dans ces formations est élevée en profondeur

Plateau Sidi Abdelli

Les sols de ce plateau sont représentés par les classes suivantes :

- Sols peu évolués, sous-classe non climatique, - 667,1 ha, 24,6%
- Vertisols litho morphes – 40,4 ha, 1,5%
- Sols calcimagnésiques – 301,8 ha, 11,1% (notre périmètre se situe dans les 11.1%)
- Sols iso humiques – 1475,6 ha, 54,5%
- Sols minéraux bruts – 224,6 ha, 8,3%

Les sols calcimagnésiques : Ce sont des sols à encroutés calcimagnésiques carbonatés bruns calcaires modaux.

La texture est AL ; A ; LA. Les sols ont des bonnes potentialités agronomiques

AL : Argilo-limoneuse

A : Argileuse

LA : Limono-argileuse

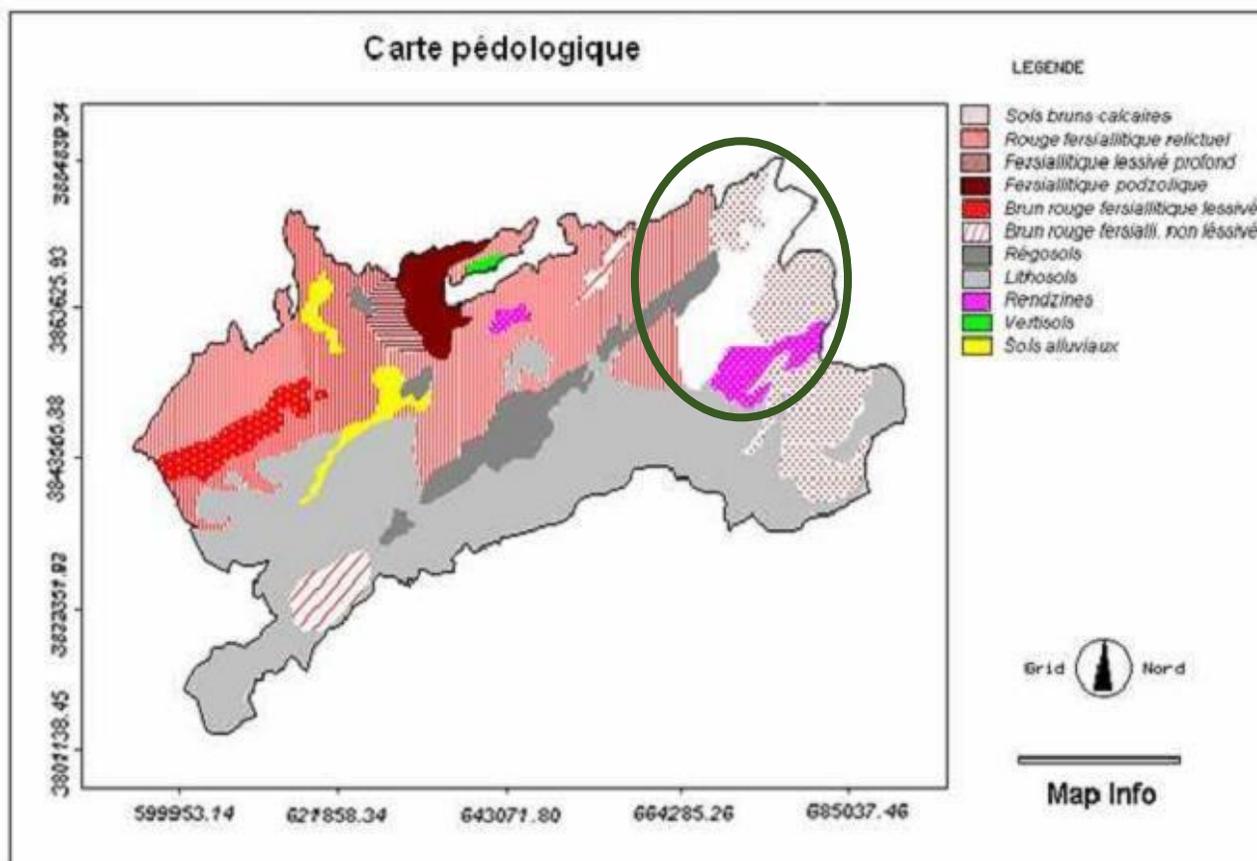


Figure 5 : Carte pédologique des monts de Tlemcen (KAZI TANI, 1996)

II-2.1. Classification :

- **Classe** : sols calcimagnésique
- **Sous classe** : carbonate
- **Groupe** : sols bruns calcaires
- **Sous-groupe** : modal
- **Famille** : colluvions calcaires
- **Série** : profond
- **Type** : argilo-limoneux, argileux et limono- argileux

Tableau II. 1 : Propriétés hydrodynamiques des sols (Source : O.N.I.D-2015).

Paramètre	Unité	Valeur moyenne
Texture	----	Argile limoneuse
Humidité à la capacité au Champ	%	21
Humidité au point deflétrissement	%	12
La perméabilité	m/s	7×10^{-6} m/s
Densité apparente		1,5
CE	mmho/cm	0.720

II-2.2. L'analyse pédologique :

Tableau II. 2 : Résultats d'analyse pédologique

Profondeur (cm)	0-15	15-37	37-120
Argile %	52	47	42
Limon fin%	45	62	53
Limon grossier%	49	58	44
Sable fin%	27	29	20
Sable grossier%	24	28	28
Densité réelle	2,61	2,47	2.48
Ph	7,24	7,21	7,22
C.E mmhos/cm	1,93	1,74	1,58

Perméabilité K Hénin	1.89	2.50	2.92
pF _{4.2}	14.29	13.5	13.62
pF _{2.5}	25.85	24.95	25.16
C ‰	19.1	14.6	15.0
N ‰	1.93	1.61	1.60
C/N	9.89	9.06	9.37
Ca CO ₃ total	47.10	47.03	47.58
Ca CO ₃ actif	15.25	15.25	15.5
P ₂ O ₅ total ‰	2.64	2.35	2.35
Ca ⁺⁺ Complexe absorbant (meq/100 g)	25.80	25.65	24.98

Interprétation :

D'après les Analyse physico-chimiques de profil, on voit que la texture est limono-argileuse selon la projection du triangle de texture (USDA). Vu la conductivité électrique de profil, les sols ne présentent excès de salinité.

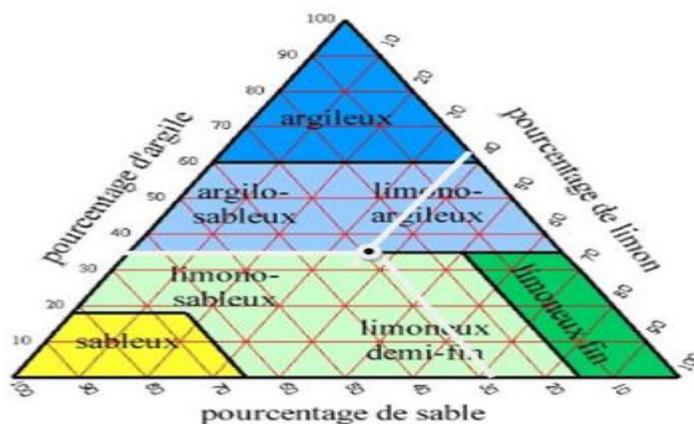


Figure 6 : Classification du sol dans le triangle de texture (USDA).

II-2.3. Les aptitudes culturales :

Les aptitudes culturales de la zone comprennent un couvert végétal composé de trois strates distinctes :

1. À la Station 1, on trouve une strate arbustive, principalement constituée d'arbres fruitiers tels que l'olivier et la vigne.
2. À la Station 2, la strate arborée est dominée par une petite étendue de forêts comprenant des eucalyptus adultes de grande taille et des genévriers.
3. À la Station 3, la strate herbacée est représentée par quelques cultures annuelles, principalement du blé.

II-3. Ressources en eau:

Les ressources en eau comprennent toutes les sources d'eau disponibles pour répondre aux besoins en eau d'un endroit et d'une période spécifiques. Actuellement, le système d'irrigation repose sur un système gravitaire utilisant des canaux à ciel ouvert, gérés de manière organisée par l'association des irrigants en fonction de la superficie de chaque agriculteur. L'excès d'eau de la station est déversé dans l'oued Isser, avec une quantité supplémentaire provenant des déversements du barrage de Sidi Abdelli. Sur son trajet le long de la rivière, cette eau est utilisée par les agriculteurs riverains à l'aide de groupes mono-pompes.

II-3.1. Présentation de la station thermale d'Ain Mimouna:

La station thermale d'Ain Mimouna déverse un débit de 48 litres par seconde, équivalant à un volume annuel de 1 513 728 mètres cubes. Les besoins en eau calculés pour les cultures consommatrices d'eau pouvant être pratiquées dans cette zone s'élèvent à environ 7 801,59 mètres cubes par an. En utilisant une gestion rationnelle et en adoptant un système d'irrigation moderne à haut rendement, tel que l'irrigation goutte à goutte, il serait possible d'irriguer une superficie d'environ 185,11 hectares à partir de la station thermale.

II-3.2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU:

Tableau 18: Bulletin d'analyse de l'eau de la source d'Ain Mimouna

Paramètres	Unité	Source Ain Mimouna
Température	°C	15,30
Ph	u pH	7,23
Conductivité	µs/cm	1220
Couleur	co/pt	3,50
Turbidité	N, T, U	3

Ressources en sol

TA	° F	0
TAC	° F	32,50
MES	mg/l	4,54
TH	° F	37
Ca	mg/l	89,22
Mg	mg/l	35,39
CO3-2	mg/l	0
HCO3-	mg/l	396,50
Na	mg/l	36,40
K	mg/l	1,91
PO4-3	mg/l	0,012
NO2-	mg/l	0
NO3-	mg/l	1,09
NH4+	mg/l	0,004
Résidu sec	mg/l	348,50
SiO2	mg/l	10,58
Fe	mg/l	0,0215
Mn	mg/l	0,0005
Cr	mg/l	0,0003
SO4²	mg/l	12,85
Zn	mg/l	0,0029
Cu	mg/l	0,0011
Pb	mg/l	0,0003
Cd	mg/l	0
Cl⁻	mg/l	70,60

Source: ANRH d'Alger-2021

- Voici les résultats des analyses physico-chimiques pour le bassin d'Ain Mimouna:

Tableau 19: Bulletin d'analyse de l'eau à la sortie de la station thermale

<i>Paramètres</i>	Unité	Résultat
<i>Température</i>	°C	16,10
<i>pH</i>	u pH	7,82
<i>Conductivité</i>	µs/cm	1215
<i>MES</i>	mg/l	5,180
<i>DBO</i>	mg d'O2/l	15,50
<i>DCO</i>	mg d'O2/l	21,00
<i>NGL</i>	mg/l	7,22
<i>NTK</i>	mg/l	4,19
<i>PPO4⁻³</i>	mg/l	0,14
<i>NHO3⁻</i>	mg/l	10,60
<i>PT</i>	mg/l	1,26
<i>N-NH4³</i>	mg/l	5,18

Source: ANRH d'Alger-2021

Ces résultats fournissent des informations sur la qualité de l'eau dans le bassin d'Ain Mimouna, ce qui est essentiel pour évaluer son aptitude à l'irrigation et à d'autres utilisations.

II-3.3. Interprétation:

Selon les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de la source d'Ain Mimouna, il est conclu que cette eau d'irrigation est de qualité moyenne et convient à l'irrigation.. Cette combinaison de facteurs indique que les conditions sont favorables à l'utilisation de l'eau d'Ain Mimouna pour l'irrigation, et les sols sont suffisamment adaptés pour répondre aux besoins des cultures.

II-3.3.1. Classification des eaux en fonction de CE:

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux	cultures
C1	$CE \geq 0.25$	Risque faible de salinité	Pour toutes les cultures
C2	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Risque moyen de salinité	pour les plantes moyennement tolérantes.
C3	$0.75 \leq CE \leq 2.25$	Risque élevé de salinité	ne convient qu'a des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
C4	$CE > 2.25$	Risque très élevé de salinité	eau difficilement utilisable

Le SAR (Sodium Absorption Ratio) est un indicateur utilisé pour évaluer le risque de sodicité des eaux d'irrigation. La concentration de sodium dans l'eau est déterminée en fonction des concentrations de calcium et de magnésium. Lorsque l'eau est riche en sodium, ce dernier peut se lier aux particules du sol, provoquant une action de défloculation. Cela peut avoir un impact négatif sur les propriétés du sol, le rendant très compact.

Pour évaluer le risque alcalin, on compare la concentration d'ions Na^+ (sodium) à celle d'ions Ca^{++} (calcium) et Mg^{++} (magnésium). La relation entre ces trois éléments est exprimée sous forme de SAR, qui est calculé comme suit :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \dots\dots\dots II.1$$

Un SAR élevé indique un risque plus élevé de sodicité, ce qui peut entraîner des problèmes de salinité et de dégradation des propriétés du sol, affectant ainsi sa capacité à soutenir la croissance des cultures. Il est donc essentiel de surveiller et de gérer le SAR de l'eau d'irrigation pour maintenir la qualité du sol et la productivité agricole.

Le risque d'alcalinisation en fonction du SAR (Sodium Absorption Ratio) est généralement classé en quatre catégories, qui décrivent le potentiel d'impact de l'eau d'irrigation sur les sols. Ces classes de danger d'alcalinisation sont les suivantes :

1. Faible risque (SAR < 5) : L'eau d'irrigation a un faible potentiel d'alcalinisation. Elle ne devrait pas entraîner de problèmes significatifs de sodicité des sols.
2. Risque modéré (SAR de 5 à 10) : L'eau d'irrigation présente un risque modéré d'alcalinisation. Elle peut provoquer une légère accumulation de sodium dans le sol, mais cela peut généralement être géré par des pratiques agricoles appropriées, telles que le lessivage.
3. Risque élevé (SAR de 10 à 18) : L'eau d'irrigation présente un risque élevé d'alcalinisation. Elle a le potentiel d'induire une sodicité significative des sols, ce qui peut

entraîner une dégradation des propriétés du sol, une mauvaise infiltration de l'eau et des problèmes de drainage.

4. Risque très élevé (SAR > 18) : L'eau d'irrigation présente un risque très élevé d'alcalinisation. Cela peut avoir des effets graves sur les sols, provoquant une sodicité importante et un co

5. mpactage sévère du sol. Des mesures d'atténuation importantes sont nécessaires pour gérer l'eau d'irrigation dans cette catégorie.

- **Il est essentiel de surveiller régulièrement le SAR de l'eau d'irrigation et d'adopter des pratiques agricoles appropriées pour prévenir ou gérer les problèmes d'alcalinisation des sols, en fonction de la classe de danger.**

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

Dans notre cas:

$$SAR = \frac{36.4 \times 0.0435}{\sqrt{\frac{(89.22 \times 0.049) + (35.39 \times 0.0823)}{2}}} = 0.83$$

La classification des eaux d'irrigation à l'aide du diagramme de Riverside est basée sur le Sodium Absorption Ratio (SAR) et la conductivité électrique (CE) de l'eau. Pour le barrage de Sidi Abdeli, avec un SAR de 0.83 et une CE de 1220 $\mu\text{S}/\text{cm}$, selon le diagramme de Riverside, cette eau est classée dans la catégorie C3-S1. Cette classification signifie que l'eau présente un faible risque d'alcalinisation (S1) et une salinité élevée (C3).

Cela indique que, bien que la qualité de l'eau soit globalement acceptable pour l'irrigation, il peut y avoir un léger risque d'accumulation de sodium dans les sols, mais la salinité est modérée. Les pratiques d'irrigation et de gestion du sol appropriées sont importantes pour minimiser tout impact potentiel sur les propriétés du sol.

$$SAR=0.83 \text{ et } CE= 1220 \mu \text{ s/ cm}$$

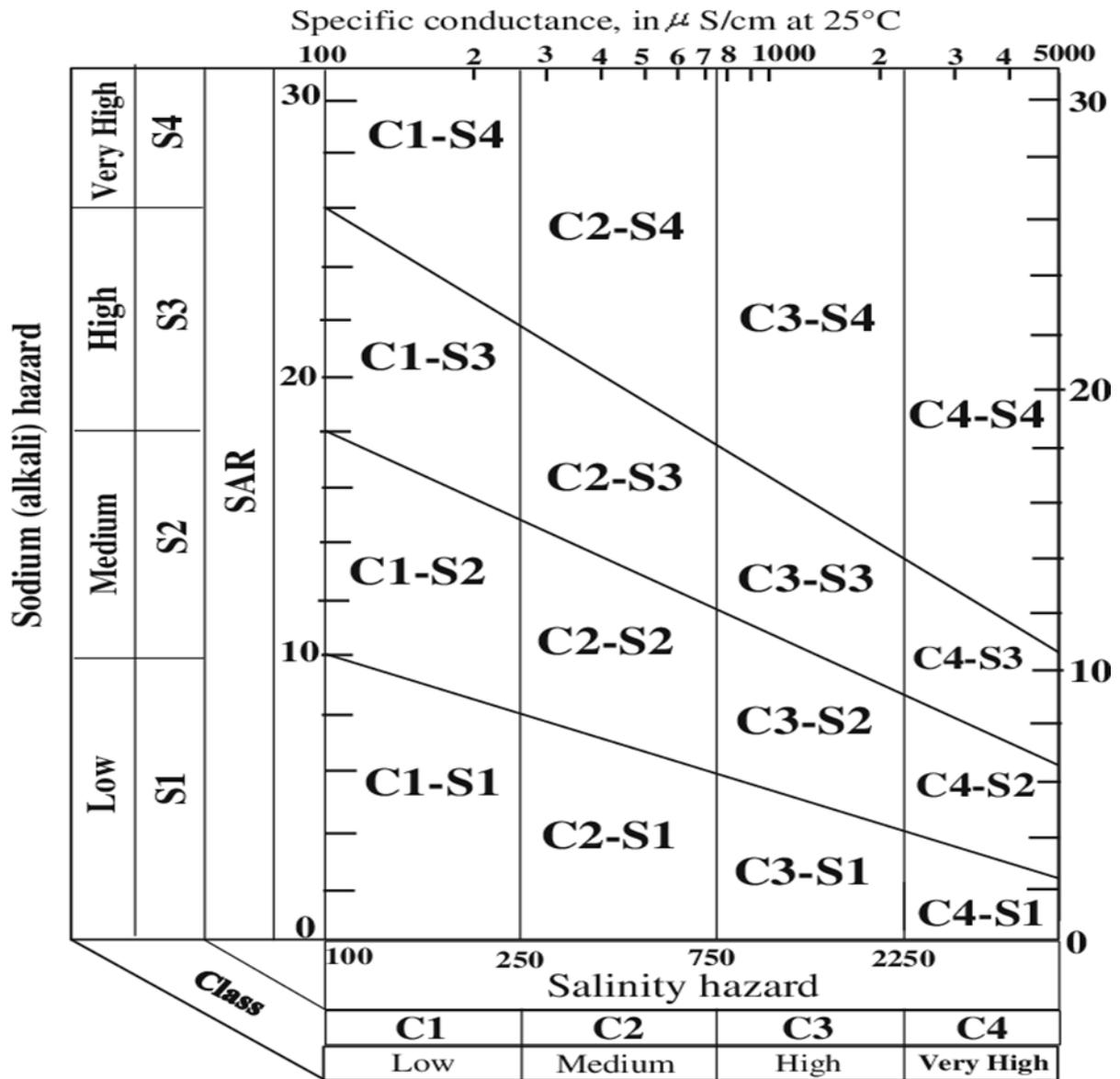


Figure 7: diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon USSL, 1954)

Conclusion:

Cette étude met en évidence l'importance cruciale des ressources en eau et en sol dans la région de Sidi Abdelli, en Algérie.

Elle démontre que ces ressources sont suffisantes pour soutenir les activités agricoles et industrielles de la région, tout en soulignant la nécessité de les gérer de manière durable afin de préserver l'environnement. En définitive, cette analyse joue un rôle essentiel dans la prise de décisions éclairées et le développement responsable de la région.

Chapitre III

L'étude hydrologique

CHAPITRE III: L'ETUDE HYDROLOGIQUE

Introduction:

Pour élaborer un système de drainage de manière authentique, il est impératif de mener une analyse hydrologique exhaustive. L'objectif fondamental de cette évaluation réside dans la détermination précise de la moyenne des taux de précipitation.

Cette évaluation se base généralement sur les données de précipitations mensuelles avec une probabilité de récurrence de 80 %. En d'autres termes, cette étude vise à prendre en compte de manière précise les années caractérisées par des précipitations abondantes, tout comme celles caractérisées par des précipitations faibles.

III-1. Traitement des données pluviométriques:

Il est impératif d'effectuer une évaluation statistique des données pluviométriques sur une durée significative. Cette évaluation doit englober les composantes suivantes :

- Vérification de la cohérence des enregistrements pluviométriques.
- Analyse fréquentielle des données pluviométriques en utilisant des distributions statistiques.
- Détermination de l'année de référence pour le calcul.

Tableau 20: Précipitation moyenne mensuelle 1985 – 2015

<i>Année</i>	<i>Se p</i>	<i>Oc t</i>	<i>No v</i>	<i>Dec</i>	<i>Ja n</i>	<i>Fe v</i>	<i>M ar</i>	<i>Av r</i>	<i>M ai</i>	<i>Jui</i>	<i>Jui</i>	<i>Ao u</i>	<i>Totale</i>
<i>1985</i>	0. 3	0	49. 8	47.3	37. 3	87. 2	70. 5	38	2.1	1.3	0	1.6	335.4
<i>1986</i>	34. 2	56. 4	83. 7	34.2	28. 7	11 8.3	4.9	2	12. 2	0	5.2	0	379.8
<i>1987</i>	8. 6	39. 8	19. 6	29.3	21. 6	13. 3	6.1	18. 1	9.8	14.8	0	0	181
<i>1988</i>	12. 4	1.5	19. 9	0	31. 6	18. 4	93. 5	25. 2	12. 2	0.4	0	0	215.1
<i>1989</i>	12. 8	2.9	11. 9	62.2	135 .5	0	37. 7	36. 3	17. 5	0.6	0	0	317.4
<i>1990</i>	18. 5	10. 5	58. 7	30.3	6 1	49. 2	11 4.3	16. 3	7.1	0	0	0	365.9
<i>1991</i>	2. 8	21. 2	67	18.0 2	14. 8	17	80. 6	9.1	55. 3	27.1	0	0	312.9
<i>1992</i>	0. 2	12. 1	24. 4	18.2	0	12 1.8	31. 3	28. 5	69. 6	3.4	0	0	309.5
<i>1993</i>	7	33. 5	94. 6	3.9	46. 5	43. 5	4.7	13. 1	15. 8	0	2	0	264.6
<i>1994</i>	23. 9	10. 9	19. 1	17.1	18. 7	54. 2	90. 8	20	0.1	3.7	0	0.1	258.6
<i>1995</i>	1.	30.	8.	47	57.	10	24.	12.	22.	0	0	1.6	315

L'étude Hydrologique

	8	5	8		6	8.9	6	1	1				
1996	32. 9	5.1	10	31.9	125 .1	0	0.2	42. 6	7.2	2.9	0.4	12. 7	271
1997	43. 8	17. 6	47. 8	34.3	26. 1	28. 5	20	22. 7	55. 8	0	0.6	3.5	300.7
1998	10. 6	3.4	40. 9	2.9	65. 1	87. 7	11 5.1	0	0.3	0	0	0	326
1999	19. 1	12. 3	85. 5	59	0. 4	0	4	10. 6	17. 7	0	0	0	208.6
2000	8. 8	33 5.9	71. 2	18.9	36. 9	56	5.2	1.7	10. 7	0	0	0	545.3
2001	7. 5	11. 4	111 .7	32.8	3. 2	5.7	16. 2	52. 4	35. 7	0	0	53. 5	330.1
2002	0	21. 7	81. 8	9.5	94. 8	10 0.5	23. 3	21. 1	12. 4	0.1	0.5	0	365.7
2003	3. 3	24. 1	56. 2	99.3	39. 6	23. 2	46. 1	23. 1	47. 6	8.5	0	9.5	380.5
2004	0	42. 1	51. 6	76.4	29. 9	69. 3	40. 4	14. 5	0	0	0	4	328.2
2005	5. 6	10. 4	28. 7	29.4	64. 2	50. 2	0	32. 2	39. 5	5	0.5	0	265.7
2006	11. 7	7.6	8. 2	58.5	12. 9	61. 7	43. 5	83. 1	3.3	0	0	1.3	291.8
2007	13. 7	62. 5	66. 2	0	8	32. 9	26. 7	7	23. 3	5	0.7	0	246
2008	18. 09	71	83. 1	122. 3	84. 6	34. 6	29. 9	38	5.5	0	0	6	493.1
2009	43	1	14. 5	57.2	91. 9	38. 5	56. 8	34. 8	7	15.3	0	7.3	367.3
2010	4. 7	50. 7	38. 8	17	39. 6	27. 7	37. 7	48. 9	34. 7	7.9	0	0.6	308.3
2011	1. 5	52. 3	88. 3	38	30. 5	32. 7	19. 3	37. 4	4.5	0	4.3	7.1	315.9
2012	20. 3	61. 1	173 .5	17.3	122 .5	24. 5	37. 3	87. 7	41	0	0	2.2	587.4
2013	32. 8	0	75	126. 6	82. 3	29. 3	49. 9	6.5	20. 5	15	0	0	437.9
2014	27	10. 2	67. 6	117. 8	123 .5	45. 4	14. 3	5.4	10. 8	0	0	2.5	424.5
2015	3. 5	34. 8	16. 8	0	24. 4	54. 2	34. 1	22. 3	27. 6	1	0	0	218.7
Moyenne	13. 88	34. 02	54. 03	40.5 4	50. 28	46. 27	38. 03	26. 15	20. 29	3.61	0.4 6	3.6 6	331.22

Les données figurant dans le tableau révèlent une irrégularité significative dans la distribution des précipitations sur la période de 1985 à 2021, ainsi qu'une variation marquée d'un mois à l'autre. Il est manifeste que les précipitations sont nettement insuffisantes durant les mois

de juin, juillet et août, alors qu'elles atteignent un niveau moyen au cours des mois de printemps et connaissent des valeurs relativement maximales pendant l'hiver.

Cette fluctuation mensuelle des précipitations peut avoir des répercussions notables sur la gestion de la ressource hydrique et l'irrigation dans la région d'étude, ce qui implique une planification et une répartition stratégique des ressources en eau pour répondre adéquatement aux besoins des cultures tout au long de l'année.

III-2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Le Test de Wilcoxon est un outil utilisé pour évaluer l'homogénéité d'une série de données pluviométriques, et il suit une procédure comprenant les étapes suivantes dans le but de déterminer si la série est homogène :

- Tout d'abord, la série pluviométrique complète est divisée en deux sous-séries distinctes, notées X et Y. Généralement, la taille de la sous-série X est supérieure à celle de la sous-série Y, avec des effectifs respectifs n et m.
- Ensuite, une série globale, notée X union Y, est construite en ordonnant la série de précipitations initiale de manière croissante. Chaque valeur de cette série ordonnée est attribuée un rang, permettant de déterminer à quelle sous-série (X ou Y) elle appartient.
- Wilcoxon a démontré que la série est considérée comme homogène avec une probabilité de 95%, comme indiqué par Touaibia en 2004, lorsque la relation suivante est vérifiée.

Ce test est essentiel pour évaluer si la série de données pluviométriques présente une homogénéité statistiquement significative. Cela revêt une importance cruciale pour comprendre la stabilité des régimes de précipitations dans la région d'étude et pour prendre des décisions éclairées en matière de gestion de la ressource hydrique.

$$W_{min} < W_x < W_{max} \dots \dots \dots \text{III-1}$$

W_x : Somme des rangs de sous-séries.

$$W_{min} = n(n+m+1)/2 - 1.96(n*m((n+m+1)/12))^{(1/2)} \dots \dots \dots \text{III-2}$$

$$W_{max} = n(n+m+1)/2 + 1.96(n*m((n+m+1)/12))^{(1/2)} \dots \dots \dots \text{III-3}$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit:

Tableau 21: Tableau présentant le test de Wilcoxon

X	Y	XUY	série d'origine	Rang
335.4	365.7	181	X	1
379.8	380.5	208.6	X	2
181	328.2	215.2	X	3
215.2	265.7	218.7	Y	4

L'étude Hydrologique

317.4	291.8	246	Y	5
365.9	246	258.6	X	6
312.9	493.1	264.6	X	7
309.5	367.3	265.7	Y	8
264.6	308.3	271	X	9
258.6	315.9	291.8	Y	10
315	587.4	300.1	X	11
271	437.9	308.3	Y	12
300.1	424.5	309.5	X	13
326	218.7	312.9	X	14
208.6		315	X	15
545.4		315.9	Y	16
330.1		317.4	X	17
		326	X	18
		328.2	Y	19
		330.1	X	20
		335.4	X	21
		365.7	Y	22
		365.9	X	23
		367.3	Y	24
		379.8	X	25
		380.5	Y	26
		424.5	Y	27
		437.9	Y	28
		493.1	Y	29
		545.4	X	30
		587.4	Y	31

On a alors selon le tableau:

- $n=17$
- $m=14$
- $W_{min} = \frac{17(17+14+1)}{2} - 1.96(17 * 14 \left(\frac{17+14+1}{12}\right))^{\frac{1}{2}}$

$$W_{min}=315.69$$

- $W_{max} = \frac{17(17+14+1)}{2} + 1.96(17 * 14 \left(\frac{17+14+1}{12}\right))^{\frac{1}{2}}$

$$W_{max}=444.31$$

- $W_x=336$

Donc:

$$315.69 < W_x < 444.31$$

La vérification de la condition de Mr. Wilcoxon confirme que la série des précipitations moyennes annuelles observées à la station de Tlemcen est homogène.

III-3. Ajustement à la loi normale (Gauss) :

La méthode de Gauss se déroule comme suit :

- On procède au classement des données relatives aux précipitations annuelles en ordre croissant.
- À chaque valeur classée, on attribue un numéro d'ordre spécifique.
- On établit ensuite le classement des fréquences des valeurs observées en utilisant la formule suivante :

$$F_{(x)} = \frac{n - 0.5}{N} \dots\dots\dots\text{III-4}$$

Avec :

n: Numéro d'ordre

N: nombre d'années observées

- Calculer la moyenne arithmétique :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots\text{III-4}$$

- Calculer l'écart type :

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots\text{III-5}$$

- Calculer la variable réduite de Gauss :

$$U = \frac{x - \bar{X}}{\delta} \dots\dots\dots\text{III-6}$$

- Calculer les caractéristiques empiriques : (\bar{X} ; δ ; Cv; CS = 0).
- L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien :

$$X_p \% = \bar{X} + \delta * U_p \% \dots\dots\dots\text{III-7}$$

Avec :

X_p : Précipitation de probabilité P%.

U_p : Variable réduite de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Ecart type.

Tableau 22: L'ajustement par la loi de Gauss (loi normal)

<i>Nombre d'observation : 31</i>				
<i>Paramètres</i>				
<i>Moyenne (μ)</i>	428.85			
<i>Ecart type (δ)</i>	103.94			
<i>T</i>	Q	XT	Ecart-type	Int. de confiance (95%)
1000	0.9990	650	39.9	572-729
200	0.9950	599	34.5	532-667
100	0.9900	574	31.9	512-637
50	0.9800	547	29.2	490-604
20	0.9500	506	25.4	456-556
10	0.9000	470	22.3	426-514
5	0.8000	426	19.2	388-463
3	0.6667	385	17.2	351-419
2	0.5000	342	16.4	310-374
1.4286	0.3000	290	17.5	255-324
1.2500	0.2000	258	19.2	220-295
1.1111	0.1000	214	22.3	170-258

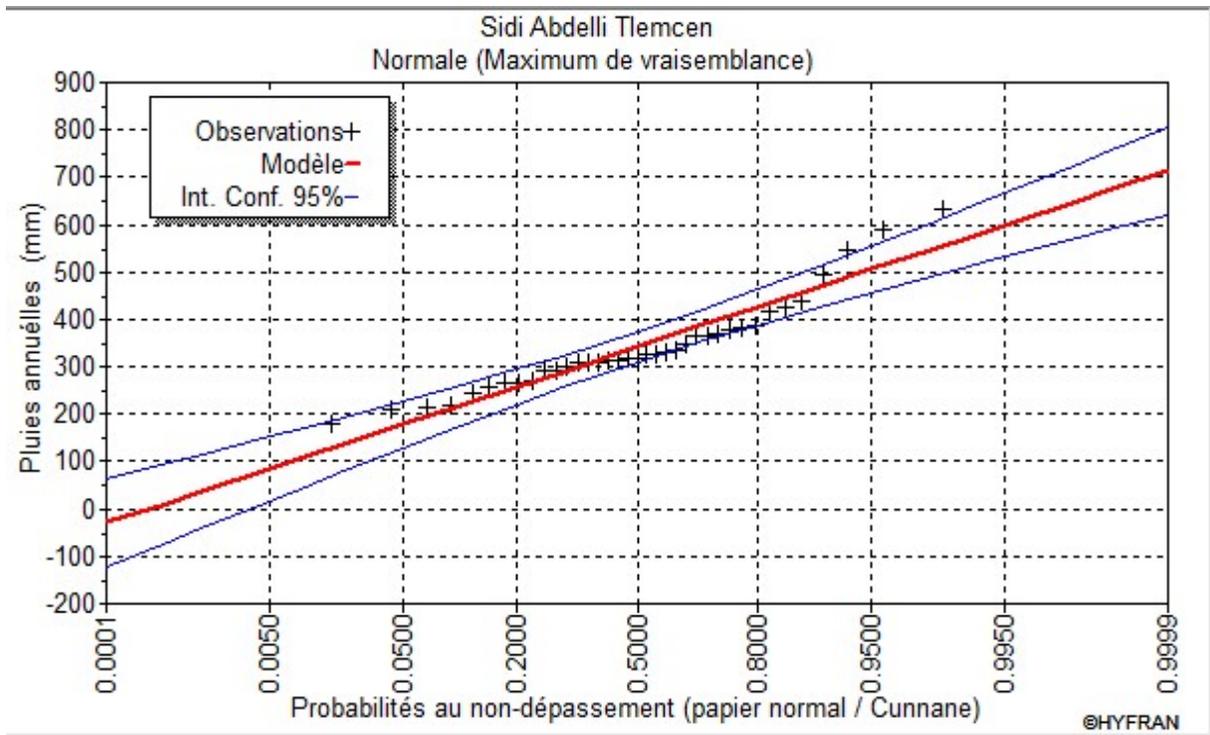


Figure 8 : Ajustement par la loi normale (HYFRAN)

III-4. Test de Khi carrée:

Afin de garantir la validation de l'ajustement, il est impératif de recourir à une procédure de test de validation. De fait, le test du Khi-carré demeure l'un des tests les plus fréquemment employés pour confirmer la pertinence de l'ajustement d'une distribution aux données observées.

A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats dans le tableau suivants :

	Loi normale (Gauss)
χ^2 calculée	4.30
a	0.5075
Gamma	5

Pour le χ^2 théorique on fait une projection sur le tableau suivant:

Tableau 23: Évaluation de l'adéquation de l'ajustement par le test du chi carré.

Table de Distribution de χ^2 (Loi de K. Pearson)
(Valeurs de χ^2 ayant la probabilité P d'être dépassées)

$\nu \backslash \alpha$	0,990	0,975	0,950	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,001
1	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,7055	3,8415	5,0239	6,6349	10,8276
2	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	4,6052	5,9915	7,3778	9,2103	13,8155
3	0,1148	0,2158	0,3518	0,5844	6,2514	7,8147	9,3484	11,3449	16,2662
4	0,2971	0,4844	0,7107	1,0636	7,7794	9,4877	11,1433	13,2767	18,4668
5	0,5543	0,8312	1,1455	1,6103	9,2364	11,0705	12,8325	15,0863	20,5150
6	0,8721	1,2373	1,6354	2,2041	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	22,4577
7	1,2390	1,6899	2,1673	2,8331	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	24,3219
8	1,6465	2,1797	2,7326	3,4895	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	26,1245
9	2,0879	2,7004	3,3251	4,1682	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	27,8772
10	2,5582	3,2470	3,9403	4,8652	15,9872	18,3070	20,4832	23,2093	29,5883
11	3,0535	3,8157	4,5748	5,5778	17,2750	19,6751	21,9200	24,7250	31,2641
12	3,5706	4,4038	5,2260	6,3038	18,5493	21,0261	23,3367	26,2170	32,9095
13	4,1069	5,0088	5,8919	7,0415	19,8119	22,3620	24,7356	27,6883	34,5282
14	4,6604	5,6287	6,5706	7,7895	21,0641	23,6848	26,1189	29,1412	36,1233
15	5,2293	6,2621	7,2609	8,5468	22,3071	24,9958	27,4884	30,5779	37,6973
16	5,8122	6,9077	7,9616	9,3122	23,5418	26,2962	28,8454	31,9999	39,2524
17	6,4078	7,5642	8,6718	10,0852	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	40,7902
18	7,0149	8,2307	9,3905	10,8649	25,9894	28,8693	31,5264	34,8053	42,3124
19	7,6327	8,9065	10,1170	11,6509	27,2036	30,1435	32,8523	36,1909	43,8202
20	8,2604	9,5908	10,8508	12,4426	28,4120	31,4104	34,1696	37,5662	45,3147
21	8,8972	10,2829	11,5913	13,2396	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	46,7970
22	9,5425	10,9823	12,3380	14,0415	30,8133	33,9244	36,7807	40,2894	48,2679
23	10,1957	11,6886	13,0905	14,8480	32,0069	35,1725	38,0756	41,6384	49,7282
24	10,8564	12,4012	13,8484	15,6587	33,1962	36,4150	39,3641	42,9798	51,1786
25	11,5240	13,1197	14,6114	16,4734	34,3816	37,6525	40,6465	44,3141	52,6197
26	12,1981	13,8439	15,3792	17,2919	35,5632	38,8851	41,9232	45,6417	54,0520
27	12,8785	14,5734	16,1514	18,1139	36,7412	40,1133	43,1945	46,9629	55,4760
28	13,5647	15,3079	16,9279	18,9392	37,9159	41,3371	44,4608	48,2782	56,8923
29	14,2565	16,0471	17,7084	19,7677	39,0875	42,5570	45,7223	49,5879	58,3012
30	14,9535	16,7908	18,4927	20,5992	40,2560	43,7730	46,9792	50,8922	59,7031

L'ajustement sera validé sur une erreur de 0.05 si Khi^2 calculé < Khi^2 théorique, donc :

Khi^2 calculé = 4.30 **Khi^2 théorique = 11.0705**

Le test de Khi^2 valide l'adéquation de la loi normale.

III-4. Précipitation de projet:

L'établissement de l'année de référence, généralement fixée en utilisant une probabilité de 80% pour les précipitations, revêt une importance capitale dans l'estimation de la disponibilité en eau pour les cultures. Il s'agit essentiellement de déterminer la quantité de précipitations susceptible d'être mise à profit par les plantes au cours d'une année spécifique.

Pour calculer la pluviométrie mensuelle moyenne avec une probabilité de 80%, on applique la loi suivante :

$P_{i,80\%} = P_{i,moy} \times (P_{80\%}(\text{annuel}) / (P_{50\%}(\text{annuel}))) \dots \dots \dots$ **III-8**

$P_{80\%} = 342 \text{ mm}$, $P_{50\%} = 426 \text{ mm}$

On remarque que $P_{80\%} / P_{50\%} = 0.8 \leq 1$.

Donc $P_{i,80\%}$ de chaque mois est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 24: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de référence.

<i>Mois</i>	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
<i>Pmoy (mm)</i>	21.47	32.78	53.25	44.24	46.24	39.69	33.25	23.60	19.42	8.62	8.71	10.63
<i>P80% (mm)</i>	17.17	26.22	42.60	35.39	36.99	31.75	26.60	18.88	15.53	6.90	6.97	8.52

Conclusion:

Dans le cadre de ce chapitre, une analyse hydrologique a été conduite pour calibrer une série de données pluviométriques en utilisant la distribution normale, en utilisant le logiciel Hyfran. L'objectif fondamental de cette étude était de reconstituer une année de données mensuelles de précipitations avec une probabilité de 80%, dans le dessein de quantifier les précipitations disponibles pour satisfaire les besoins en eau des cultures.

CHAPITRE IV

Le Drainage

Introduction :

Le drainage est tout d'abord un mécanisme d'écoulement de l'eau, il désigne tout écoulement contribuant à vider un matériau poreux de liquide qu'il contient, la gravité est le premier moteur du drainage; lorsqu'un matériau est assez humide, les forces dues à la capillarité sont moindres que celles de la gravité, aussi l'eau s'écoule vers la profondeur si elle ne rencontre aucun obstacle, c'est le drainage naturel.

Dans les sols qui présentent un obstacle à l'écoulement, barrière imperméable ou semi-imperméable, l'eau s'accumule au-dessus de cette dernière formant une nappe, seul un drainage artificiel par des techniques appropriées, soit par gravité soit par pompage peut alors évacuer l'eau.

La deuxième acceptation du terme du drainage désigne la technique ou l'ouvrage réalisé pour permettre l'évacuation de l'eau excédentaire. Les techniques du drainage sont généralement classées ainsi.

IV-1. Situation du drainage agricole dans le monde :

La superficie mondiale drainée est estimée à 170Mha, dont 50 Mha de drainage par tuyaux enterrés. Les statistiques actuellement disponibles montrent que les deux tiers des réseaux du drainage ont été construits dans les pays développés et que les deux tiers des réseaux d'irrigation ont été construits dans les pays en voie de développement. L'accroissement de la démographie mondiale a conduit ces pays à se lancer dans d'importants programmes d'irrigation afin d'augmenter les rendements agricoles.

Dans un premier temps, l'augmentation des apports d'eau permet un accroissement de la production agricole. Cependant, passé un certain seuil d'apport, la baisse des rendements devient inévitable en raison du déséquilibre entre les apports d'eaux chargées en sels et les capacités naturelles du drainage du sol.

Le drainage vise à remédier à cette situation en proposant des aménagements qui dépendent en grande partie du contexte climatique.

En Algérie, le drainage agricole suscite peu d'intérêt tant au niveau des agriculteurs qu'au niveau des autorités chargées d'élaborer la stratégie du développement agricole. Le déficit chronique en eau que connaît le pays a été aggravé par des pratiques irrationnelles d'irrigation causant un double effet : l'humidification excessive des terres agricoles et leur salinité.

D'autre part, certaines régions du nord reçoivent régulièrement des lames d'eau importantes comme c'est le cas dans la plaine agricole de Tarf où une pluviométrie annuelle de 2000mm est enregistrée. Ces apports d'eau répartis sur quatre à cinq mois, sont la cause de la submersion des terres ce qui entrave la conduite des pratiques agricoles et la croissance des cultures.

IV-2. Principaux modes du drainage :

Bien souvent, avant de décider d'opter pour le drainage, l'agriculteur recherche des solutions palliatives moins coûteuses. Par exemple, lorsque l'excès d'humidité se trouve confiné dans les couches superficielles du sol, le labour profond peut s'avérer suffisant. Plus généralement, cette façon culturale revient à procéder à un sous solage qui consiste à briser les croûtes imperméables (50 à 90cm) et à accroître le drainage naturel du sol. On peut associer à cette technique l'apport d'amendement calcique afin d'améliorer la structure du sol.

Lorsque le choix d'installer un réseau de drainage est arrêté, deux variantes sont à envisager pour la conception du système drainant :

- Un drainage de surface horizontal.
- Un drainage vertical relativement profond.

La solution traditionnelle consiste à évacuer l'eau en excès, au moyen de fossés quasi horizontaux à ciel ouvert (figure 3). Cette méthode est économique mais présente quelques inconvénients parmi lesquels la perte de surface cultivable, difficultés d'accès aux parcelles, entretien onéreux et ainsi souvent différée. Même l'amélioration des propriétés du sol en remblayant les fossés présente quelques limites et cède le pas au drainage par canalisation enterrées.

La pratique actuelle, lorsque l'imperméable est peu profond, est celle du drainage par canalisations enterrées. Des canalisations de petit diamètre, appelées drains, comportent des orifices périphériques qui leur permettent de recueillir l'eau de saturation du sol (figure 4). Les files de drains horizontaux et régulièrement espacés, se jettent dans des canalisations plus grosses, les collecteurs, qui aboutissent à un émissaire qui peut être un fossé, un ruisseau ou une rivière. Les canalisations peuvent être en terre cuite, en matière plastique ou en ciment (buses pour les gros collecteurs).

Pour améliorer l'efficacité du drainage, des techniques associées sont envisagées. Cela consiste généralement à concevoir des tranchées gravillonnées et à ajouter des matériaux filtrants autour des drains. Dans les sols argileux, le transit des débits élevés vers les drains nécessite de creuser des galeries pour permettre à l'eau de s'écouler dans le sol ; on parle de drainage taupe.

Le drainage vertical consiste à rabattre la nappe verticalement au moyen de forages régulièrement espacés, traversant la couche imperméable et permettant à l'eau des horizons superficiels de s'écouler dans les couches les plus profondes et plus perméables du sous sol. Le drainage vertical n'est possible que dans des situations géologiques très favorables. Il est très peu pratiqué en Algérie.

IV-2.1. Drainage De surface :

La plupart de nos sols requièrent un drainage de surface. Une attention particulière doit être portée aux sols peu profonds et de faible perméabilité. Dans certains cas, le drainage souterrain n'est pas réalisable et l'aménagement de surface devient le mode d'assainissement à préconiser.

Règle générale : le drainage de surface vise à éliminer toute accumulation d'eau dans un délai de 24 heures.

IV-2.1.1. Définition :

Toute technique d'évacuation d'eau se trouvant à la surface du sol, généralement parce qu'elle n'a pas pu s'infiltrer.

IV-2.1.1.1. OBJECTIFS DU DRAINAGE DE SURFACE :

Une combinaison judicieuse du drainage souterrain et du drainage de surface permet de mieux répondre aux exigences des plantes et de la circulation de la machinerie agricole. Les objectifs du drainage de surface sont :

- D'assurer une répartition uniforme de la précipitation et favoriser son infiltration.
- D'évacuer les eaux qui ne peuvent pas s'infiltrer, sans toutefois causer l'érosion.
- De causer un minimum d'inconvénients aux opérations culturales et à la machinerie agricole.

IV-2.2. Drainage Souterrain :

Le but consiste à accroître la conductivité hydraulique saturée K du sol. Classiquement, on fait appel au sous solage, il permet de briser les horizons de tassement, de remonter le sol sur une certaine profondeur et d'accroître aussi son aptitude au drainage naturel.

- Sous solage fermier 50 ÷ 60 cm
- Sous solage industriel 70 ÷ 90 cm

On peut associer sous solage, et amendement chimique (calciq) pour améliorer la structure.

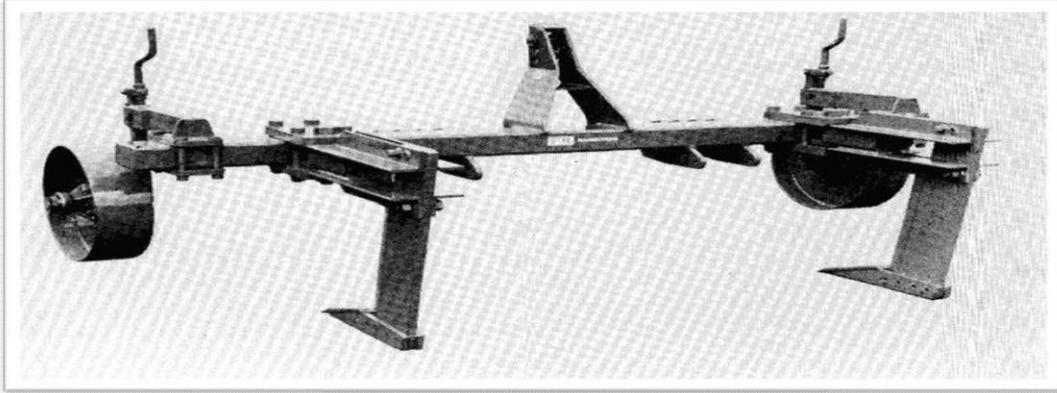


Figure 8 :L'outil de sous solage.

Un obus (taupe) fixé à une dent/à lame verticale est entraîné dans le sol laissant un tunnel (galerie taupe). La taupe est suivie d'un extenseur qui augmente et renforce légèrement les galeries.

Les galeries taupes formées ainsi normalement ont un diamètre d'environ 5-10 cm et sont espacées à chaque profondeur d'installation de 1.5-3.m, et habituellement entre 0.40-0.60 m au- dessous de la surface du sol, bien dans le sous-sol « imperméable »

IV-2.3. Drainage Par fossé :

Technique très ancienne, qui consiste à creuser dans le sol à un

intervalle régulier des fossés de profondeur >2 m et de largeur 0.3 à 0.5m, la fonction de ces fossés est double :

- Interception de ruissellement superficiel et évacuation d'excès d'eau de surface.
- Acheminement des eaux drainées par le fossé vers un exutoire, le plus souvent, une voie naturelle d'écoulement.

IV-2.4. Par drain enterré :

On remplace le fossé par un tuyau enterré et on met en communication son extrémité avale avec la pression atmosphérique.

Ce tuyau est pourvu d'ouverture ayant pour fonction de laisser passer l'eau du terrain, cette eau est évacuée en écoulement à surface libre par le tuyau, auquel on a donné une pente vers un collecteur, ce dernier peut être relié à un tuyau, un fossé ou une voie naturelle d'écoulement.

Le Drainage

L'écoulement vers les tuyaux enterrés est provoqué par la différence de charge entre l'intérieur du tuyau (pression atmosphérique), et la nappe environnante.

L'écartement entre les files des tuyaux varie de 10 à plusieurs dizaines de m et la profondeur d'installation de 1 à 3m

IV-2.5. Puits du drainage :

Cas très particulier, on l'utilise quand il n'existe pas d'émissaire assez bas pour recevoir les eaux du drainage, et si la construction d'émissaire artificiel ou le pompage des eaux est trop coûteux.

Conclusion :

Pour aboutir au débit du dimensionnement d'un réseau du drainage, il faut prendre en considération tous les critères du dimensionnement, en plus il faut savoir l'origine de l'excès d'eau à évacuer. Si on arrive à un cas où nous avons tous les types d'excès d'eau (pluie, irrigation, dose du lessivage,...), on prend la valeur maximum entre les valeurs trouvées pour le débit.

CHAPITRE V

Evaluation des besoins en eau des cultures

CHAPITRE V : EVALUATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES

Introduction:

Les précipitations jouent un rôle de première importance en fournissant une partie de l'approvisionnement en eau nécessaire pour répondre aux besoins d'évapotranspiration des cultures. Dans des régions caractérisées par un climat humide, une fraction de l'eau provenant des pluies est absorbée par le sol et peut être stockée pour une utilisation ultérieure par les cultures en cas de nécessité.

Néanmoins, dans les zones arides ou lors de périodes prolongées de sécheresse, l'irrigation devient impérative pour compenser les pertes d'eau causées par l'évapotranspiration.

V-1. Présentation Besoin en eau du périmètre:

Les exigences en eau pour une culture spécifique sont établies en fonction de l'écart entre l'évapotranspiration maximale potentielle, qui est influencée par le climat et les caractéristiques des plantes (ETM), et les apports réels provenant des précipitations. Pour évaluer avec précision les quantités d'eau requises pour l'irrigation, il est essentiel de réaliser une évaluation régulière du bilan hydrique à chaque étape de la croissance des végétaux :

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

Où :

- **ETM**: est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à : $ET_0 * K_c$
- **K_c** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **P_{eff}** : est la pluie efficace du mois i.

RFU: La réserve facilement utilisable du mois i-1

V-1.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀):

L'évapotranspiration de référence représente la quantité d'eau évaporée par une culture correctement irriguée lorsque le sol est saturé en eau. Elle sert de valeur seuil pour l'évapotranspiration. Pour obtenir une estimation plus précise de l'évapotranspiration, une norme a été établie.

Cette norme correspond au taux d'évapotranspiration observé sur une pelouse d'herbe verte, d'une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, en pleine croissance, couvrant complètement le sol et bénéficiant d'un apport d'eau suffisant.

Plusieurs méthodes sont disponibles pour calculer l'évapotranspiration de référence, ces méthodes pouvant être classées en deux catégories distinctes:

V-1.1.1. Les méthodes directes:

Notre

- L'évapotranspiration par cuvelysimétrique
- Le bac évaporant délimité:

Ces approches servent à estimer l'évapotranspiration de référence (ET₀) en utilisant des équations qui reposent sur des données climatiques. Plusieurs formules de calcul sont disponibles, parmi lesquelles les principales sont :

- La formule de Turc
- La formule de Banney-Criddl
- La formule de Thornthwaite
- La formule de Penman.

V-1.1.2 Formule Modifiée de Penman-Monteith:

La méthode la plus couramment utilisée et préconisée par la FAO est la formule de Penman-Monteith modifiée, dont la description détaillée est la suivante ::

$$ET_0 = (0.408\Delta(R_n - G) + \gamma C_{ste} / (T + 273) u_2 (e_s - e_a)) / (\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)) \dots \dots \dots V-2$$

Avec:

ET₀: évapotranspiration de référence [mm/ jour].

R_n: rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻²/ jour].

G: densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² /jour].

T: température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C].

u₂: vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s].

e_s: pression de vapeur saturante [kPa].

e_a: pression de vapeur réelle [kPa].

e_s-e_a: déficit de pression de vapeur saturante [kPa].

D: pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹].

g: constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Pour effectuer les calculs, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT, dans lequel nous avons saisi les données mensuelles de la station météorologique de Pierre du Chat, notamment:

Température : Les valeurs mensuelles minimales et maximales de température.

Humidité de l'air: Le taux d'humidité relative de l'air exprimé en pourcentage (%).

Evaluation des besoins en eau des cultures

Ensoleillement quotidien: Les heures d'insolation par jour.

Vitesse du vent: La vitesse du vent peut être insérée en mètres par seconde (m/s).

Les résultats concernant l'évapotranspiration de référence (ET₀) calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 en utilisant la formule de Penman-Monteith modifiée sont synthétisés dans le tableau ci-dessous:

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ET ₀ mm/day
January	9.7	12.6	71	2.4	6.6	10.6	1.59
February	8.8	14.2	72	2.6	7.1	13.4	1.99
March	12.8	14.8	75	2.6	7.8	17.2	2.55
April	14.8	18.2	68	2.7	8.9	21.3	3.69
May	17.5	21.1	66	2.7	8.8	22.7	4.40
June	20.6	25.2	60	2.6	10.6	25.8	5.52
July	24.9	28.3	60	2.7	10.7	25.6	6.10
August	26.4	29.1	56	2.7	10.2	23.6	6.17
September	22.9	24.9	63	2.7	8.8	19.3	4.62
October	19.1	21.9	69	2.6	7.6	14.8	3.20
November	13.0	17.8	77	2.5	6.6	11.1	1.91
December	10.4	14.4	73	2.3	5.9	9.4	1.52
Average	16.7	20.2	68	2.6	8.3	17.9	3.60

Figure 8: Calcul de l'évapotranspiration potentielle mensuelle avec Cropwat 8.0

V-1.2. L'évapotranspiration maximale (ETM):

Afin de déduire l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET₀), également connue sous le nom d'évapotranspiration de référence (ETP), on recourt à des coefficients culturels (K_c) qui varient en fonction du type de culture, de son stade de développement, et des conditions climatiques locales.

L'ETM est mesurée expérimentalement, puis comparée à l'évapotranspiration de référence (ET₀). Cette comparaison permet de déterminer le coefficient culturel (K_c) en utilisant la formule suivante :

$$ETM = ET_0 \times K_c \dots \dots \dots V-3$$

V-1.3. Calcul de la pluie efficace:

La pluie efficace se réfère à la partie des précipitations qui réellement répond aux besoins d'évapotranspiration de la culture, après avoir soustrait les pertes liées au ruissellement en

Evaluation des besoins en eau des cultures

surface, à la percolation en profondeur, et à d'autres facteurs similaires. Habituellement, ces pertes sont estimées à environ 20% du volume total de précipitations.

Pour calculer la pluie efficace, l'équation suivante est employée :

$$P_{eff} = A \times P_{80\%} \dots\dots\dots V-4$$

- **P_{eff}**: Précipitations efficaces (exprimées en mm/mois)
- **P_{80%}**: Précipitations durant l'année sèche (exprimées en mm/mois)
- **A**: Coefficient du pourcentage fixe, dont la valeur estimée est de 0,8 dans le cadre de notre étude.

Les données relatives aux valeurs moyennes mensuelles de la pluie efficace sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25: calcul des pluies efficaces

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Totale
P_{80%}(mm)	17.17	26.22	42.60	35.39	36.99	31.75	26.60	18.88	15.53	6.90	6.97	8.52	273.51
P_{eff}(mm)	13.74	20.98	34.08	28.31	29.59	25.40	21.28	15.10	12.43	5.52	5.57	6.81	218.81

V-1.3. Calcul de la réserve en eau du sol:

La réserve utile en eau renvoie à la quantité d'eau emprisonnée dans la zone du sol explorée par les racines des plantes, délimitée entre le point de ressuyage (où l'eau est épuisée) et le point de flétrissement permanent (où la plante commence à se déshydrater de façon irréversible).

L'équation pour le calcul de la réserve utile en eau (RFU) est formulée comme suit :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times D_a \times Z \dots\dots\dots V-5$$

Avec les paramètres suivants:

- **H_{cc}** : Teneur en eau à la capacité au champ (27%).
- **H_{pf}** : Teneur en eau au point de flétrissement (13%).
- **D_a** : Densité apparente du sol (1.3).
- **Y** : Degré de tarissement (2/3).
- **Z** : Profondeur d'enracinement en millimètres (mm).

V-2. Choix des cultures en fonction du contexte pédoclimatique :

La sélection des cultures à cultiver doit être faite en prenant en compte un équilibre entre les éléments suivants :

- Les caractéristiques climatiques spécifiques de la zone d'étude ;

- La qualité et l'accessibilité de la ressource en eau destinée à l'irrigation ;
- La capacité des sols à soutenir la culture, déterminée par l'analyse pédologique.

V-2.1. Choix Occupation des sols:

Les cultures à grande échelle, comme les céréales et les cultures maraîchères, démontrent une certaine capacité d'adaptation aux caractéristiques pédoclimatiques de la région d'étude. Il est suggéré de concevoir un modèle d'utilisation des terres mettant l'accent principalement sur ces types de cultures, englobant également les cultures fourragères. Voici comment un tel modèle pourrait être configuré :

Tableau 26: Choix des cultures de la zone d'études

Catégorie	Cultures
Céréales	- Blé
	- Orge
Fourragères	- Vesceavoine
	- Orgevert
Maraichères	- Tomate
	- Carotte
	- Courgette
	- Oignon sec
	- Oignonvert
	- Ail
	- Chou vert
	- Pomme de terresaison
	- Pomme de terre arrière saison
	- Haricot vert

V-2.2. Assolements des cultures:

L'assolement agricole se réfère à la répartition des terres au sein d'une exploitation agricole en différentes parcelles distinctes, appelées soles, où chaque sol est consacré à une culture spécifique pendant une saison de culture donnée.

D'un autre côté, la rotation culturale, également désignée simplement comme rotation, représente un concept distinct. Elle englobe la séquence planifiée de cultures sur une période définie. La rotation culturale revêt une importance cruciale dans la préservation ou l'amélioration de la fertilité des sols, ce qui, à son tour, contribue à accroître les rendements agricoles. Il est à noter que les types de cultures cultivées dans chaque sole peuvent varier d'une année à l'autre dans le cadre d'une rotation culturale.

V-2.3. Avantages de la rotation des cultures:

L'assolement agricole comporte une série d'avantages significatifs, notamment :

- Diversification des cultures.

Evaluation des besoins en eau des cultures

- Gestion améliorée de la fertilité du sol.
- Maîtrise des mauvaises herbes, des ravageurs et des maladies.
- Utilisation efficace des ressources. • Stabilité économique. En combinant ces atouts, l'assolement peut jouer un rôle essentiel dans l'élargissement de la durabilité, de la productivité et de la résilience des exploitations agricoles.

Dans notre contexte spécifique, nous avons choisi un scénario favorisant une plus grande diversification des cultures et des rotations culturales. Le schéma d'assolement proposé est explicité en détail comme suit:

Tableau 27: Assolement 1, purement maraichères

Soles (ha)	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil
20 25	Haricot vert					Pomme de terre saison						
10 35	Chou vert					Oignon sec						
35 35	Pomme de terre A saison					Oignon vert						
25	Carotte											

Tableau 28: Assolement 2, maraichères + céréales

Soles (ha)	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil
20 20			Ail					Courgette				
30 30	Pomme de terre A saison							Tomate				
50	Blé											
35	Vesce avoine											

Tableau 29: Assolement 3, céréales + fourragères

Soles (ha)	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil
50	Blé											
35	Orge grain											
60	Orge vert											
40	Vesce avoine											

V-3. Estimation des besoins en eau des cultures :

Le calcul des quantités d'eau à apporter par irrigation s'opère en effectuant, pour chaque période (mois), l'évaluation basée sur l'équation suivante :

$$B_i = ET_{Mi} - (P_{effi} + RF_{Ui-1}) \dots \dots \dots V-6$$

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

V-3.1. Estimation des besoins en eau des céréales / fourragères:

Tableau 30: calcul des besoins en eau du Blé

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,22						
nov	42,60	34,08	57,30	0,4	22,92	300	36,00	18,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,65	30,55	500	60,00	60,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,9	44,43	500	60,00	60,00	
fev	31,75	25,40	55,77	1	55,77	600	72,00	72,00	
mars	26,60	21,28	79,05	1,05	83,00	600	72,00	36,00	
avril	18,88	15,10	110,58	0,85	93,99	600	72,00	36,00	42,89
mai	15,53	12,43	136,29	0,6	81,77	600	72,00	24,00	33,34
juin	6,90	5,52	165,65	0,35	57,98	600	72,00	0,00	28,46
juil	6,97	5,57	189,03						
aout	8,52	6,81	191,21						

Tableau 31: calcul es besoins en eau de la Vesce – avoine

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,22						
nov	42,60	34,08	57,30	0,3	17,19	200	24,00	12,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,5	23,50	450	54,00	54,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,75	37,03	500	60,00	60,00	
fev	31,75	25,40	55,77	0,95	52,98	600	72,00	72,00	
mars	26,60	21,28	79,05	1,05	83,00	600	72,00	36,00	
avril	18,88	15,10	110,58	1,05	116,11	600	72,00	36,00	65,01
mai	15,53	12,43	136,29	0,75	102,22	600	72,00	24,00	53,79
juin	6,90	5,52	165,65	0,4	66,26	600	72,00	0,00	36,74
juil	6,97	5,57	189,03						

Evaluation des besoins en eau des cultures

<i>aout</i>	8,52	6,81	191,21						
-------------	------	------	--------	--	--	--	--	--	--

Tableau 32: calcul des besoins en eau de l'Orge grain

<i>Mois</i>	<i>Pmy</i>	<i>peff (mm)</i>	<i>ET0 (mm/mois)</i>	<i>kc</i>	<i>ETM(mm/mois)</i>	<i>Z(m)</i>	<i>RFU théo</i>	<i>RFU reell</i>	<i>Bnet (mm)</i>
<i>sept</i>	17,17	13,74	138,65						
<i>oct</i>	26,22	20,98	99,22						
<i>nov</i>	42,60	34,08	57,30	0,4	22,92	300	36,00	18,00	
<i>dec</i>	35,39	28,31	47,00	0,65	30,55	500	60,00	60,00	
<i>janv</i>	36,99	29,59	49,37	0,9	44,43	500	60,00	60,00	
<i>fev</i>	31,75	25,40	55,77	0,9	50,19	600	72,00	72,00	
<i>mars</i>	26,60	21,28	79,05	0,9	71,15	600	72,00	36,00	
<i>avril</i>	18,88	15,10	110,58	0,85	93,99	600	72,00	36,00	42,89
<i>mai</i>	15,53	12,43	136,29	0,6	81,77	600	72,00	24,00	33,34
<i>juin</i>	6,90	5,52	165,65	0,35	57,98	600	72,00	0,00	28,46
<i>juil</i>	6,97	5,57	189,03						
<i>aout</i>	8,52	6,81	191,21						

Tableau 33: calcul des besoins en eau de l'Orge en vert

<i>Mois</i>	<i>Pmy</i>	<i>peff (mm)</i>	<i>ET0 (mm/mois)</i>	<i>kc</i>	<i>ETM(mm/mois)</i>	<i>Z(m)</i>	<i>RFU théo</i>	<i>RFU reell</i>	<i>Bnet (mm)</i>
<i>sept</i>	17,17	13,74	138,65		0,00	0	0,00	0,00	
<i>oct</i>	26,22	20,98	99,22		0,00	0	0,00	0,00	
<i>nov</i>	42,60	34,08	57,30	0,3	17,19	500	60,00	30,00	
<i>dec</i>	35,39	28,31	47,00	0,3	14,10	500	60,00	60,00	
<i>janv</i>	36,99	29,59	49,37	0,5	24,69	500	60,00	60,00	
<i>fev</i>	31,75	25,40	55,77	0,5	27,89	600	72,00	72,00	
<i>mars</i>	26,60	21,28	79,05	0	0,00	600	72,00	36,00	
<i>avril</i>	18,88	15,10	110,58	1,15	127,17	600	72,00	36,00	76,07

Evaluation des besoins en eau des cultures

mai	15,53	12,43	136,29	1	136,29	700	84,00	28,00	87,86
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
août	8,52	6,81	191,21						

V-3.2. Estimation des besoins en eau des maraichères:

Tableau 34: calcul des besoins en eau de la pomme de terre de saison

Mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,22	0,5	49,61	400	48,00	16,00	28,63
nov	42,60	34,08	57,30	0,7	40,11	600	72,00	36,00	
dec	35,39	28,31	47,00	1	47,00	600	72,00	72,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,75	37,03	600	72,00	72,00	
fev	31,75	25,40	55,77						
mar	26,60	21,28	79,05						
avril	18,88	15,10	110,58						
mai	15,53	12,43	136,29						
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
août	8,52	6,81	191,21						

Tableau 35: calcul des besoins en eau de la carotte

Mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65	0,42	58,23	300	36,00	0,00	44,49
oct	26,22	20,98	99,22	0,7	69,45	400	48,00	16,00	48,47
nov	42,60	34,08	57,30	0,81	46,41	500	60,00	30,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,77	36,19	500	72,00	72,00	

Evaluation des besoins en eau des cultures

janv	36,9 9	29,59	49,37	0,5 7	28,14	500	84,00	84,00	
fev	31,7 5	25,40	55,77						
mar s	26,6 0	21,28	79,05						
avri l	18,8 8	15,10	110,58						
mai	15,5 3	12,43	136,29						
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
aou t	8,52	6,81	191,21						

Tableau 36: calcul des besoins en eau du chou vert

Moi s	Pmo y	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mo is)	Z(m m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,1 7	13,74	138,65	0,5	69,33	300	36,00	0,00	55,59
oct	26,2 2	20,98	99,22	0,7	69,45	400	48,00	16,00	48,47
nov	42,6 0	34,08	57,30	0,9 5	54,44	500	60,00	30,00	4,36
dec	35,3 9	28,31	47,00	0,8	37,60	600	72,00	72,00	
janv	36,9 9	29,59	49,37						
fev	31,7 5	25,40	55,77						
mar s	26,6 0	21,28	79,05						
avri l	18,8 8	15,10	110,58						
mai	15,5 3	12,43	136,29						
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
aou t	8,52	6,81	191,21						

Tableau 37: calcul des besoins en eau de la tomate

Moi s	Pmo y	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mo is)	Z(m m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,1 7	13,74	138,65						
oct	26,2 2	20,98	99,22						

Evaluation des besoins en eau des cultures

nov	42,6 0	34,08	57,30						
dec	35,3 9	28,31	47,00						
janv	36,9 9	29,59	49,37						
fev	31,7 5	25,40	55,77						
mar s	26,6 0	21,28	79,05	0,5	39,53	700	84,00	42,00	18,25
avri l	18,8 8	15,10	110,58	0,8 5	93,99	900	108,00	54,00	36,89
mai	15,5 3	12,43	136,29	1,1 5	156,73	1200	144,00	48,00	90,30
juin	6,90	5,52	165,65	0,9	149,09	1200	144,00	0,00	95,57
juil	6,97	5,57	189,03						
aou t	8,52	6,81	191,21						

Tableau 38: calcul des besoins en eau de l'oignon sec

Moi s	Pmo y	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mo is)	Z(m m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,1 7	13,74	138,65						
oct	26,2 2	20,98	99,22	0,5	49,61	400	48,00	16,00	28,63
nov	42,6 0	34,08	57,30	0,7 5	42,98	400	48,00	24,00	
dec	35,3 9	28,31	47,00	0,9 5	44,65	400	48,00	48,00	
janv	36,9 9	29,59	49,37	0,9 5	46,90	400	48,00	48,00	
fev	31,7 5	25,40	55,77	0,7 5	41,83	400	48,00	48,00	
mar s	26,6 0	21,28	79,05						
avri l	18,8 8	15,10	110,58						
mai	15,5 3	12,43	136,29						
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
aou t	8,52	6,81	191,21						

Evaluation des besoins en eau des cultures

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

Mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65	0,9	124,79	700	84,00	0,00	111,05
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05						
avril	18,88	15,10	110,58						
mai	15,53	12,43	136,29	0,4	54,52	400	48,00	16,00	42,09
juin	6,90	5,52	165,65	0,5	82,83	500	60,00	0,00	61,31
juil	6,97	5,57	189,03	0,65	122,87	600	72,00	0,00	117,30
août	8,52	6,81	191,21	0,95	181,65	700	84,00	0,00	174,84

Tableau 40: calcul des besoins en eau de la pomme de terre arrière saison

Mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05	0,75	59,29	400	48,00	24,00	38,01
avril	18,88	15,10	110,58	1,1	121,64	600	72,00	36,00	82,54
mai	15,53	12,43	136,29	1,2	163,55	600	72,00	24,00	115,12
juin	6,90	5,52	165,65	0,75	124,24	600	72,00	0,00	94,72

Evaluation des besoins en eau des cultures

juil	6,97	5,57	189,03						
août	8,52	6,81	191,12						

Tableau 41: calcul des besoins en eau de la courgette

Mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65	0,85	117,85	600	72,00		104,11
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05						
avril	18,88	15,10	110,58						
mai	15,53	12,43	136,29						
juin	6,90	5,52	165,65	0,5	82,83	400	48,00	0,00	77,31
juil	6,97	5,57	189,03	0,75	141,77	450	54,00	0,00	136,20
août	8,52	6,81	191,12	0,85	162,45	500	60,00	0,00	155,64

Tableau 42: calcul des besoins en eau de l'oignon vert

mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20	0,6	59,52	500	60,00	20,00	38,54
nov	42,60	34,08	57,30	0,75	42,98	750	90,00	45,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,95	44,65	950	114,00	114,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,95	46,90	950	114,00	114,00	
fev	31,75	25,40	55,77	0,7	39,04	750	90,00	90,00	
mars	26,60	21,28	79,05						

Evaluation des besoins en eau des cultures

avril	18,88	15,10	110,58						
mai	15,53	12,43	136,29						
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
août	8,52	6,81	191,12						

Tableau 43: calcul des besoins en eau de l'Ail

mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05						
avril	18,88	15,10	110,58						
mai	15,53	12,43	136,29	1	136,29	400	48,00	16,00	123,86
juin	6,90	5,52	165,65	1,05	173,93	400	48,00	0,00	152,41
juil	6,97	5,57	189,03	1,05	198,48	400	48,00	0,00	192,91
août	8,52	6,81	191,12	1,05	200,68	400	48,00	0,00	193,87

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

Tableau 44: Calcul des besoins en eau pour l'assolement 1

Mois	Haricot vert	Pomme de terresaison	Chou vert	Oignon sec	Oignonvert	Pomme de terre A saison	Carotte	Total e
Sept	111,05		44,49				44,49	200,03
Oct		28,63	48,48	28,63	38,54		48,47	192,75
Nov			4,36					4,36
Dec								
Janv								

Evaluation des besoins en eau des cultures

<i>Fev</i>								
<i>Mars</i>						38.01		38.01
<i>Avril</i>						82.54		82.54
<i>Mai</i>	42.09					115.12		157.21
<i>Juin</i>	61.31					94.72		156.03
<i>Juil</i>	117.30							117.30
<i>Aout</i>	174.84							174.84

Tableau 45: Calcul des besoins en eau pour l'assolement 2

<i>Mois</i>	Ail	Courgette	Pomme de terre A saison	Tomate	Blé	Vesceavoine	Totale
<i>Sept</i>		104.11					104.11
<i>Oct</i>							
<i>Nov</i>							
<i>dec</i>							
<i>janv</i>							
<i>fev</i>							
<i>mars</i>			38.01	18.25			56.26
<i>avril</i>			82.54	36.89	42.89	65.01	227.33
<i>mai</i>	123.86		115.12	90.30	33.34	53.79	416.41
<i>juin</i>	152.41	77.31	94.72	95.57	28.46	36.74	485.21
<i>juil</i>	192.91	136.20					329.11
<i>aout</i>	193.87	155.64					349.51

Tableau 46: Calcul des besoins en eau pour l'assolement 3

<i>Mois</i>	Orgevert	Orge grain	Blé	Vesceavoine	Totale
<i>sept</i>					
<i>oct</i>					
<i>nov</i>					
<i>dec</i>					
<i>janv</i>					
<i>fev</i>					
<i>mars</i>					
<i>avril</i>	76.07	42.89	42.89	65.01	226.86
<i>mai</i>	87.86	33.34	33.34	53.79	208.33

Evaluation des besoins en eau des cultures

<i>juin</i>		28.46	28.46	36.74	93.66
<i>juil</i>					
<i>août</i>					

V-5. Le lessivage:

Dans l'agriculture irriguée, le processus de lessivage est employé pour prévenir la salinisation primaire, à condition qu'il n'y ait pas de problème de drainage. En cas de sol naturellement salé, on estime que l'équilibre semi-permanent est atteint, selon Hulin (1982).

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

Rhoades a développé un modèle qui permet de réduire la consommation d'eau, à condition que le sol soit maintenu à un niveau d'humidité adéquat grâce à des apports réguliers ou : Rhoades

Evaluation des besoins en eau des cultures

a mis au point un modèle qui réduit la demande en eau, à condition que le sol soit maintenu à un niveau d'humidité approprié grâce à des apports réguliers ou :

$$LR = \frac{Ce_{iw}}{5C_{ees} - Ce_{iw}} \dots \dots \dots V-7$$

avec:

- **Ce_{iw}**: conductivité électrique d'eau d'irrigation.
- **C_{ees}**: salinité de la patte saturé.

Application numérique on trouve:

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

Dans la réalité, en raison de la variabilité du sol, une fraction de l'eau s'infiltre rapidement à travers des chemins préférentiels tels que les interfaces entre le sol et les racines, ainsi que les fissures, sans générer un effet de lessivage significatif. Par conséquent, il est essentiel de considérer l'efficacité de lessivage (Le), laquelle est conditionnée par la texture et la structure du sol.

La nouvelle valeur de LR est déterminée de la manière suivante :

$$LR \text{ eff} = \frac{LR}{Le} \dots \dots \dots V-8$$

Avec les données suivantes :

- **Le**: efficacité de lessivage,

Le = 60% L'application numérique aboutit à :

LR eff = 10.83% de l'évapotranspiration maximale (ETM).

Les résultats de calcul des quantités de lessivage pour chaque culture sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 47: LR * ETM pour l'assolement 1

Mois	Haricot vert	Pomme de terre saison	Chou vert	Oignon sec	Oignon vert	Pomme de terre A saison	Carotte	Totale
Sept	12,03		4,82				4,82	21,66
Oct		3,10	5,25	3,10	4,17		5,25	20,87

Evaluation des besoins en eau des cultures

Nov			0,47					0,47
Dec								
Janv								
Fev								
Mars						4,12		4,12
Avril						8,94		8,94
Mai	4,56					12,47		17,03
Juin	6,64					10,26		16,90
Juil	12,70							12,70
Aout	18,94							18,94

Tableau 48: LR * ETM pour l'assolement 2

Mois	Ail	Courgette	Pomme de terre de saison	Tomate	Blé	Vesceavoine	Totale
sept		11,28					11,28
oct							
nov							
dec							
janv							
fev							
mars			4,12	1,98			6,09
avril			8,94	4,00	4,64	7,04	24,62
mai	13,41		12,47	9,78	3,61	5,83	45,10
juin	16,51	8,37	10,26	10,35	3,08	3,98	52,55
juil	20,89	14,75					35,64
aout	21,00	16,86					37,85

Tableau 49: LR * ETM pour l'assolement 3

Mois	Orgevert	Orge grain	Blé	Vesceavoine	Totale
Sept					
Oct					
Nov					
Dec					

Evaluation des besoins en eau des cultures

<i>Janv</i>					
<i>Fev</i>					
<i>Mars</i>					
<i>Avril</i>	8,24	4,64	4,64	7,04	24,57
<i>Mai</i>	9,52	3,61	3,61	5,83	22,56
<i>Juin</i>		3,08	3,08	3,98	10,14
<i>Juil</i>					
<i>Aout</i>					

Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons exposé les exigences relatives à l'approvisionnement en eau de notre zone agricole. La sélection des cultures a été soigneusement réalisée en tenant compte de divers paramètres tels que les caractéristiques du sol et les conditions météorologiques locales.

Une fois que nous avons établi le choix des cultures, nous avons employé la méthode de Penman pour évaluer les besoins hydriques de chaque culture. Cette approche nous a permis de quantifier la quantité d'eau évapotranspirée, prenant en considération une gamme de paramètres climatiques.

Enfin, nous avons calculé les volumes d'eau requis pour l'irrigation pendant la période de croissance des cultures, en y incluant un pourcentage déterminé de besoins de lessivage. Notre objectif était d'assurer un approvisionnement hydrique adéquat et constant, favorisant le développement optimal des plantes et la gestion appropriée de la salinité du sol.

Ces évaluations des besoins en eau, des volumes d'irrigation, et du taux de lessivage (LR) jouent un rôle essentiel dans notre gestion de la ressource hydrique. Elles nous permettent de planifier de manière proactive nos ressources en eau, de déterminer de façon précise les quantités nécessaires, et de garantir que nos cultures reçoivent l'approvisionnement en eau indispensable à leur croissance optimale.

Chapitre VI

Dimensionnement du Réseau de drainage

CHAPITRE VI: DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DRAINAGE

Introduction:

Le drainage représente une opération conçue pour simplifier l'élimination artificielle de l'eau accumulée dans la couche supérieure du sol. Son objectif primordial est de contrer la salinisation des terres irriguées, ce qui entraîne une amélioration de la productivité des sols..

VI-1.Drainage:

VI-1.1. définition:

Cette définition a été initialement formulée pour les régions humides, les zones arides et semi-arides. On pourrait la compléter en précisant qu'elle concerne également l'évacuation des sels associés aux eaux excédentaires. En ce qui concerne l'évacuation des eaux excédentaires, le terme "assainissement" englobe toutes les procédures visant à évacuer les eaux indésirables d'une zone donnée. On parle ainsi d'assainissement urbain (qui comprend les systèmes d'égouts et le traitement des eaux usées) et d'assainissement agricole, lorsque l'objectif est d'assainir les terres agricoles.

L'assèchement, pour sa part, se réfère aux opérations entreprises dans les zones où la submersion due à l'absence d'exutoire interdit toute exploitation ou mise en valeur de la terre.

L'aménagement des émissaires concerne la construction et la réhabilitation d'un réseau de conduites (tels que canaux et rivières) conçu pour transporter efficacement les eaux drainées hors de la zone concernée.

VI-1.2. But de drainage:

Pour réussir notre programmation, nous devons répondre aux questions suivantes:

Le drainage d'une zone agricole a pour but principal l'évacuation des eaux et des sels du sol au moyen d'un système artificiel d'évacuation. Globalement, on peut distinguer les cas suivants :

1. Prévention des inondations temporaires.
2. Assèchement des terrains vierges.
3. Assèchement des terrains vierges.
4. Protection des grands ouvrages.

VI-2. Calcul du débit caractéristique:

Le débit caractéristique d'un réseau de drainage se réfère au débit par unité de surface requis pour évacuer efficacement les précipitations critiques. Le calcul de ce débit, noté q_c , est

conditionné par le type de drainage pris en considération et par la prise en compte ou non de la capacité de stockage.

VI-2.1. Cas où l'excès provient des pluies:

Pour déterminer le débit caractéristique résultant des précipitations, il convient tout d'abord d'entreprendre une analyse fréquentielle des pluies. Ensuite, les séries de pluviométrie sont ajustées en utilisant la loi de Gumbel. En matière de drainage, ce ne sont pas les précipitations totales annuelles ou mensuelles qui revêtent de l'importance, mais plutôt les épisodes pluvieux de courte durée et d'intensité élevée, susceptibles de dépasser les capacités naturelles de drainage et d'engendrer la formation ou la montée de la nappe phréatique à proximité de la surface du sol.

VI-2.1.1. Analyse fréquentielle de la série pluviométrique:

Nous disposons d'une série pluviométrique journalière couvrant la période de 1991 à 2021, provenant de la station météorologique Pierre du Chat. La première étape consiste à classer et à effectuer une analyse statistique des données pluviométriques existantes. L'objectif de ce classement et de cette analyse est de mettre en évidence les précipitations maximales de courte durée, c'est-à-dire sur 1, 2, 3, 4, 5 et 6 jours, et de déterminer leur fréquence d'occurrence.

Idéalement, ce travail pourrait être effectué de manière annuelle. Cependant, dans un souci de rigueur, il est recommandé de le réaliser trimestriellement. Cela permet de mieux prendre en compte la période pendant laquelle surviennent les précipitations critiques, en relation avec les stades sensibles des différentes cultures.

VI-2.1.2. Ajustement par la loi de Gumbel:

Une fois les précipitations maximales pour 1, 2, 3, 4, 5 et 6 jours relevées sur une période de n années d'observations, il convient de trier ces valeurs par ordre croissant et d'attribuer à chaque valeur une fréquence $F(x)$ correspondant à la probabilité de non-dépassement.

$$F(x) = ((r-0.5)/n) \dots \dots \dots \text{VI-1}$$

Les paramètres utilisés dans le cadre de la loi de Gumbel sont les suivants :

r : rang de l'observation.

n : nombre total d'années d'observation.

Loi de Gumbel = $F(x)$, la fonction de répartition.

x_0 et α : coefficients d'ajustement.

en effectuant un changement de variable on aura :

$$y = \alpha (x - x_0)$$

$$F(y) = e^{-\left[\frac{y}{\alpha} \right]} \dots \dots \dots \text{VI-2}$$

y : variable réduite de Gumbel .

$F(y)$: fréquence au non dépassement de la variable y

Dimensionnement du Réseau de drainage

L'ajustement par la loi de Gumbel effectué à l'aide du logiciel HYFRAN a donné lieu à des résultats qui sont présentés dans les tableaux suivants. Vous pouvez fournir les détails des tableaux ou poser des questions spécifiques concernant ces résultats, et je serai heureux de vous aider davantage.

Tableau 50: les résultats de l'ajustement pour trimestre 1 (sept oct nov)

<i>Durée/fréquence</i>	2ans	3ans	5ans	10ans
<i>1J</i>	1.22	1.83	2.52	3.39
<i>2J</i>	4.83	6.76	8.90	11.6
<i>3J</i>	5.96	8.89	12.1	16.2
<i>4J</i>	8.96	13.5	18.5	24.8
<i>5J</i>	11.3	18	25.6	35
<i>6J</i>	15.8	25.3	36	49.3

Tableau 51: les résultats de l'ajustement pour trimestre 2 (déc, jan, fév)

<i>Durée/fréquence</i>	2ans	3ans	5ans	10ans
<i>1J</i>	1.26	1.94	2.71	3.66
<i>2J</i>	6.63	9.04	11.7	15.1
<i>3J</i>	8.01	12.2	16.9	22.8
<i>4J</i>	8.3	12.6	17.4	23.4
<i>5J</i>	8.65	14.5	21	29.2
<i>6J</i>	8.08	13.9	20.4	28.5

Tableau 52: les résultats de l'ajustement pour trimestre 3 (mars avr mai)

<i>Durée/fréquence</i>	2ans	3ans	5ans	10ans
<i>1J</i>	1.12	1.66	2.26	3.01
<i>2J</i>	4.13	5.88	7.82	10.3
<i>3J</i>	5.49	8.54	11.9	16.2
<i>4J</i>	11.6	17.2	23.4	31.2
<i>5J</i>	16.7	25.6	35.4	47.8
<i>6J</i>	11.4	18.5	26.5	36.4

On peut par la suite tracer les graphiques : hauteur – durée – période de retour:

Dimensionnement du Réseau de drainage

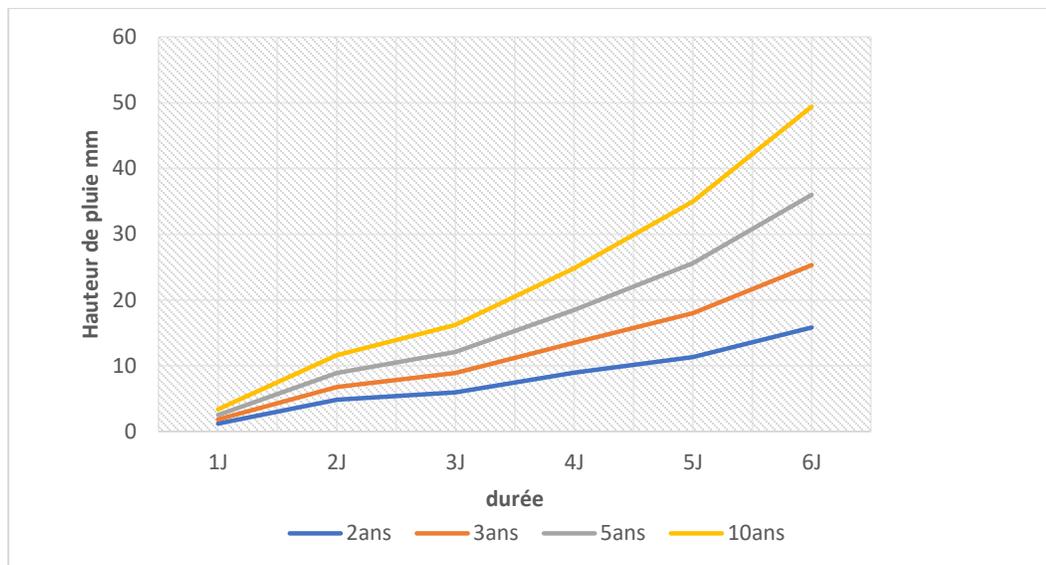


Figure 9: les graphiques : hauteur – durée – période de retour pour trimestre 1

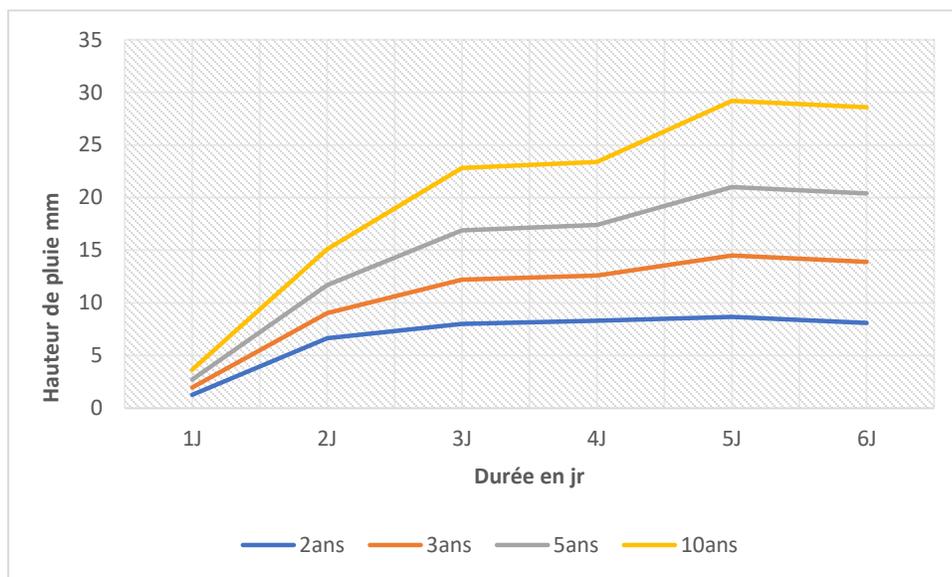


Figure 10: les graphiques : hauteur – durée – période de retour pour trimestre 2

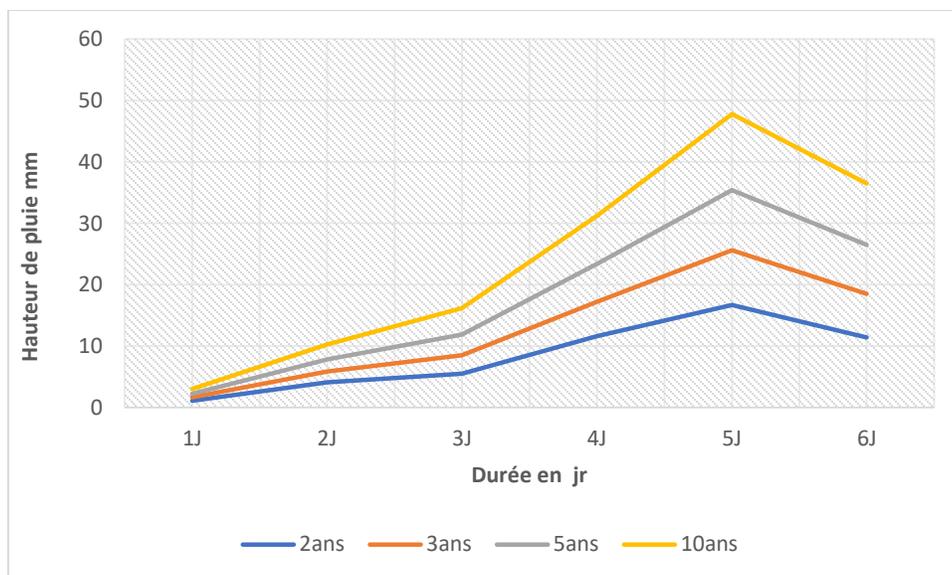


Figure 11: les graphiques : hauteur – durée – période de retour pour trimestre 3

Les graphiques facilitent une analyse rapide de la hauteur maximale probable des précipitations pour une période de retour et une durée spécifiques. Ces graphiques jouent un rôle essentiel dans l'évaluation des extrêmes météorologiques en fournissant des données cruciales pour la planification et la gestion, en particulier dans des domaines tels que la gestion de l'eau et l'irrigation. Ils permettent de déterminer avec précision la valeur maximale attendue des précipitations pour des scénarios spécifiques.

VI-2.1.3 Régime permanent en tenant compte du stockage:

Le débit caractéristique peut être calculé en utilisant la loi suivante :

$$q_c = (P-E-S)/\theta \dots \dots \dots \text{VI-3}$$

tel que :

$$S = hc \times \mu \dots \dots \dots \text{VI-4}$$

Avec :

q_c : débit caractéristique.

μ : Porosité de drainage (%).

P : pluie critique (mm).

E : l'évapotranspiration (mm).

θ : durée de submersion admissible

Dimensionnement du Réseau de drainage

Tableau 53: Débit caractéristique En régime permanent en tenant compte du stockage.

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

Il est observé que la valeur de stockage (15 mm pour les maraichères et 20 mm pour les céréales) est significativement plus élevée que la quantité de pluie (6,63 mm et 12,2 mm respectivement). Cela suggère que dans ce scénario, il n'y a pas de nécessité de drainage, ou que la formule de calcul du débit caractéristique n'est pas applicable dans cette situation. La différence entre le stockage et la quantité de pluie indique que le sol est *capable de retenir suffisamment d'eau pour répondre aux besoins de la culture sans nécessiter de drainage supplémentaire.

VI.2.1.4 Le débit caractéristique (qc) en régime permanent sans stockage:

En prenant en compte à la fois l'intensité de la pluie critique (ip) et la quantité totale de précipitations sur une période donnée, nous présumons que la portion de cette précipitation à évacuer par le système de drainage est la somme du ruissellement direct et de l'infiltration :

$$(r+i) = (1-e) \dots \dots \dots \text{VI-5}$$

Le débit à évacuer par unité de surface est :

$$qs = (1-e) ip \text{ (mm/j)} \dots \dots \dots \text{VI-6}$$

Tableau 54: Débit caractéristique En régime permanent sans tenir compte du stockage

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

VI.2.2. Cas où l'excès provient de l'irrigation

Nous allons procéder au calcul du débit caractéristique de l'excès résultant de l'irrigation gravitaire. Ce système d'irrigation peut atteindre une efficacité de 70% lorsqu'il est correctement mis en œuvre, mais cette efficacité chute à 45% en cas de mauvaise exécution. Par conséquent, des pertes se produisent sous forme de percolation, contribuant à la recharge de la nappe.

Dans notre zone d'étude, le système d'irrigation en place affiche une efficacité de 60%, ce qui se traduit par une perte totale de 40%. Parmi ces pertes, 30% sont attribuables à la percolation et 10% à l'évaporation.

- Bnet = 193.87 mm
- Bbrut = bnet /0.75
- Brut = 193.87/0.75 = 258.49mm
- RFU theo = 48mm (cette dose est déjà calculée pour les besoins voire chapitre 4)
- Dose Brute = dose net / 0.75 = 48 / 0.75 = 64 mm

Dimensionnement du Réseau de drainage

- Nombre d'irrigation = $B_{\text{brut}} / \text{dose brute} = 258.49 / 64 = 4$ fois
- Fréquence d'irrigation = $30 / 4 = 7.5$ (on prends 7jours) .

Sur 64 mm on a 30% d'eau qui va percoler comme perte par le réseau gravitaire c'est à dire 20 mm doivent être évacué en 7jours .

$$\text{Dose percolé} = 0.3 * 64 = 20\text{mm}$$

Le débit de drainage :

$$q_c = 20/7 = 2.86\text{mm/j}$$

VI-2.3. Cas ou l'excès provient de lessivage :

Dans ce mode, la dose de lessivage est administrée par fraction en même temps que les doses d'irrigation. En d'autres termes, nous évitons l'accumulation de sels dans le sol en les éliminant progressivement à travers le processus de lessivage.

$$DL = \text{besoin} * ceiw / (cees * (1-LR)) \dots \dots \dots VI-7$$

- $DL = 64 * 1.22 / 4 * (1 - 0.11)$
- $DL = 21.93 \text{ mm}$
- Le debit de lessivage egale :

$$q_c = 21.93 / 7 = 3.13 \text{ mm / j}$$

Remarque :

Pour le dimensionnement du réseau de drainage, il est essentiel de prendre en compte la valeur la plus élevée entre le débit caractéristique calculé en fonction des précipitations, de l'irrigation et du lessivage. Par conséquent, le débit caractéristique retenu pour le dimensionnement du drainage est de 5 mm/jour, en arrondissant la valeur calculée.

VI-3. Calcul de l'écartement entre les drains :

Le dimensionnement du réseau de drainage est réalisé de manière à pouvoir évacuer la pluie critique P_c , ayant une durée égale à la durée de submersion admissible et avec une période de retour donnée, comme stipulé dans Mermoud (2007).

VI-3.1. Équation de Hooghoudt

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

Dans un premier temps, les critères de conception de base sont calculés, incluant le débit caractéristique (q_c) et la hauteur optimale (hop).

Dimensionnement du Réseau de drainage

Ensuite, la base de drainage du champ "W" est établie, ainsi que la hauteur de chute disponible "hc." Cette dernière est obtenue en soustrayant la hauteur optimale de la précipitation totale (P).

Les paramètres du sol, tels que la perméabilité K (ou la perméabilité en dessous et au-dessus du drain K1 et K2) et la distance entre les drains et la couche imperméable D, sont déterminés.

Le type de drain, qu'il s'agisse de conduites ou de fossés, est sélectionné, et la porosité du drainage μ est calculée.

L'espacement des drains (E ou L) est calculé en résolvant l'équation de Hooghoudt.

La dernière étape consiste à résoudre l'équation de Hooghoudt par des essais et des erreurs (itérations) :

On suppose une valeur pour E et on détermine "d" à partir du tableau.

La formule de Hooghoudt est résolue pour l'espacement E supposé, et cette valeur est comparée avec la valeur calculée.

On modifie la valeur de E et on répète le processus jusqu'à ce que les valeurs calculées et supposées concordent.

$$E^2 = \frac{4k_1h^2}{qc} + \frac{8k_2dhc}{qc} \dots\dots\dots \text{VI-8}$$

Avec les paramètres suivants :

hc : hauteur critique = 0.4 mètres

P : profondeur de la pose des drains = 0.6 mètres

hop : hauteur optimale (profondeur à maintenir en sec) = 0.2 mètres

d : Profondeur équivalente

k : perméabilité du sol k = 0.5 m/j

avec une profondeur de la couche imperméable de 15 mètres.

Ces paramètres revêtent une importance capitale dans le calcul de l'espacement des drains à l'aide de la formule de Hooghoudt, qui sert à dimensionner un réseau de drainage en se basant sur la perméabilité du sol, la hauteur optimale, la profondeur des drains, la hauteur critique, et la profondeur équivalente.

alors :

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

E = 20m

VI-4. Dimensions des drains

Les principaux paramètres pour le dimensionnement des drains comprennent :

- Le diamètre (ϕ) des drains.
- La pente d'installation (i).
- La longueur des drains.

En régime permanent, le calcul se base sur les caractéristiques du projet, ce qui inclut :

- L'écartement des drains.
- Le pas horaire.
- La longueur et le nombre de drains.
- Le débit caractéristique (q_c) en régime permanent.
- L'écoulement dans les drains.
- Les caractéristiques de la parcelle, y compris la topographie, l'hydrographie et les contraintes techniques.

Ces paramètres sont essentiels pour dimensionner correctement un réseau de drainage afin de gérer efficacement l'écoulement de l'eau dans les sols agricoles.

VI-4.1. La pente d'installation

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

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

- La pente "i" est fonction du type de sol, de la présence de sable, du risque de colmatage et de la stabilité de la pose du drain. Pour assurer la stabilité de la pose du drain et prévenir le colmatage, la vitesse de l'écoulement dans le drain doit

être maintenue entre 1 m/s et 1.25 m/s. Cela permet de réduire le risque d'aspiration au niveau des joints et de prévenir la perforation des drains.

- Le choix du diamètre (ϕ) des drains est inversement proportionnel à la pente (i). En d'autres termes, plus la pente est élevée, plus le diamètre des drains peut être réduit. Cependant, il est essentiel de ne pas opter pour une pente trop importante, généralement supérieure à 1 %. Dans la pratique, les pentes les plus couramment utilisées se situent dans la plage de 0,1 % à 1 %. Le choix de la pente doit être basé sur des considérations telles que la

Dimensionnement du Réseau de drainage

topographie du terrain, l'emplacement des collecteurs, la position des émissaires et la longueur totale du système de drainage.

- Le diamètre des drains doit être adapté en fonction de la pente choisie pour assurer un écoulement efficace tout en évitant des contraintes excessives sur les composants du système de drainage. La vitesse de l'écoulement doit être maintenue dans la plage optimale pour minimiser le colmatage et garantir une performance optimale du drainage.

VI-4.2. Longueur d'installation des drains

Les longueurs "L" des drains sont sélectionnées en fonction des dimensions de la parcelle. Il convient de noter que la longueur maximale "L_{max}" acceptable est de 1000 m, cette limite étant imposée par le diamètre maximal (ϕ_{max}) des drains. Les longueurs les plus couramment utilisées se situent dans la plage de 200 m à 400 m. Il est essentiel de choisir des longueurs appropriées en fonction de la configuration de la parcelle, de manière à garantir une évacuation efficace de l'excès d'eau et à éviter des contraintes excessives sur le système de drainage.

VI-4.3. Débit à évacuer par le drain

$$Q_d = q * S \dots \dots \dots \text{VI-9}$$

$$Q_d = q * L * E \text{ (m}^3\text{/j ou l/s)} \dots \dots \dots \text{VI-10}$$

Les paramètres essentiels pour le dimensionnement des drains sont les suivants :

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

VI-4.4. Caractéristiques techniques des drains

La rugosité des canaux d'écoulement doit être prise en compte lors du dimensionnement, et elle dépend du matériau utilisé. Par exemple :

- Pour les drains en plastique (PVC, PE lisse avec perforation), la rugosité (η) est d'environ 0,0054 selon la formule de Manning-Strickler.
- Pour les drains en béton, la rugosité (η) peut varier entre 0,011 et 0,015 en fonction de la qualité du matériau.
- Pour les drains annelés, la rugosité (η) dépend du diamètre intérieur du drain.

Voici quelques valeurs typiques :

- Pour un diamètre intérieur (ϕ) de 44 mm, $\eta \approx 0,0222$.
- Pour un diamètre intérieur (ϕ) de 60 mm, $\eta \approx 0,0167$.

Dimensionnement du Réseau de drainage

- Pour un diamètre intérieur (ϕ) de 72 mm, $\eta \approx 0,0143$.

La valeur moyenne de la rugosité pour les drains annelés est d'environ $\eta = 0,0141$.

Lors du dimensionnement des drains perforés annelés pour un écoulement non uniforme, vous pouvez utiliser l'équation de Chezy-Manning suivante :

$$Q_{\text{drain}} = 38 * d^{2,67} * i^{0,50} \dots \dots \dots \text{VI-11}$$

VI-5. Dimensionnement d'un collecteur

Lorsque la pente d'installation des drains est d'environ 0,1 %, le collecteur reçoit l'eau de tous les drains qui y sont reliés. Cependant, il est nécessaire de prévoir une réduction de 25% de la capacité du collecteur en raison des particules charriées par les eaux des drains. Cela signifie que la capacité effective du collecteur est de 75 % de sa capacité totale.

D'où :

$$Q_{\text{collecteur}} = (50 * d^{(2.71)} * i^{(0.57)}) / (0.75) \dots \dots \dots \text{VI-12}$$

Voici les résultats présentés dans les tableaux :

Dans cette étude, nous allons procéder à la dimension des drains associés au premier collecteur, ajoutant ainsi une dimension stratégique à notre tableau.

Tableau 55: dimensionnement des drains et collecteurs

Drain/collecteur	L(m)	Q(m ³ /j)	Øcalculé (mm)	Ø'normalisé (mm)
Collecteur C1	280	1045.15	229.02	250
drain C1-1	373.57	37.357	130.75	160
drain C1-2	373.58	37.358	130.75	160
drain C1-3	373.58	37.358	130.75	160
drain C1-4	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-5	373.4	37.34	130.69	160
drain C1-6	373.6	37.36	130.76	160
drain C1-7	373.6	37.36	130.76	160
drain C1-8	373.3	37.33	130.66	160
drain C1-9	373.4	37.34	130.69	160
drain C1-10	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-11	368.9	36.89	129.12	160
drain C1-12	373.1	37.31	130.59	160
drain C1-13	373.1	37.31	130.59	160
drain C1-14	373.09	37.309	130.58	160
drain C1-15	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-16	373.6	37.36	130.76	160
drain C1-17	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-18	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-19	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-20	373.3	37.33	130.66	160
drain C1-21	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-22	373.5	37.35	130.73	160

Dimensionnement du Réseau de drainage

drain C1-23	373.6	37.36	130.76	160
drain C1-24	373.5	37.35	130.73	160
drain C1-25	373.4	37.34	130.69	160
drain C1-26	373.4	37.34	130.69	160
drain C1-27	373.1	37.31	130.59	160
drain C1-28	373.4	37.34	130.69	160
Colecteur C1'	275	1982.28	290.04	315
drain C1'-29	373	37.3	130.55	160
drain C1'-30	370.5	37.05	129.68	160
drain C1'-31	370.6	37.06	129.71	160
drain C1'-32	370	37	129.50	160
drain C1'-33	371.3	37.13	129.96	160
drain C1'-34	370.1	37.01	129.54	160
drain C1'-35	426.2	42.62	149.17	160
drain C1'-36	422.3	42.23	147.81	160
drain C1'-37	420.5	42.05	147.18	160
drain C1'-38	417.01	41.701	145.95	160
drain C1'-39	414.3	41.43	145.01	160
drain C1'-40	411.8	41.18	144.13	160
drain C1'-41	373.4	37.34	130.69	160
drain C1'-42	374.8	37.48	131.18	160
drain C1'-43	374.8	37.48	131.18	160
drain C1'-44	416	41.6	145.60	160
drain C1'-45	415.9	41.59	145.57	160
drain C1'-43336	412	41.2	144.20	160
drain C1'-47	408.5	40.85	142.98	160
drain C1'-48	369.5	36.95	129.33	160
drain C1'-49	371.4	37.14	129.99	160
drain C1'-50	370.9	37.09	129.82	160
drain C1'-51	373.15	37.315	130.60	160

NB: La suite de l'étude se trouve dans l'annexe, où vous pourrez consulter les détails et les informations complémentaires.

Tableau 56: la longueur totale des drains et collecteurs

ϕ (mm)	L(m)
63	2610
90	11223.2
110	36987.7
160	70508.24
250	1241
315	1803
400	525

Ce tableau récapitule la longueur totale des drains et des collecteurs, fournissant ainsi une vue d'ensemble de ces composants essentiels.

Conclusion:

La conclusion cette section résume les caractéristiques essentielles du système de drainage conçu pour s'adapter aux particularités du périmètre et aux exigences des cultures sélectionnées. Les principales spécifications du système de drainage englobent :

- L'installation des drains à une profondeur de 0,6 mètres.
- Un espacement de 20 mètres entre les drains.
- L'utilisation de tuyaux en PVC de divers diamètres, notamment 63mm, 90mm, 110 mm, 160 mm, 250 mm, 315 mm et 400 mm, avec des longueurs totales respectives de 2610 mètres, 11224mètres, 36988 mètres, 70509 mètres, 1240 mètres, 1803 mètres et 525 mètres.
- Une longueur moyenne des drains d'environ 350 mètres.

Ces spécifications ont été soigneusement ajustées pour répondre aux besoins spécifiques du projet de drainage, en prenant en considération les caractéristiques locales et les exigences des cultures sélectionnées.

Chapitre VII

L'entretien du système de drainage et l'estimation des devis

CHAPITRE VII : L'ENTRETIEN DU SYSTEME DE DRAINAGE ET L'ESTIMATION DES DEVIS

Introduction:

L'entretien des réseaux de drainage est souvent négligé pour plusieurs raisons. Tout d'abord, cela est en partie dû à la perception selon laquelle le drainage est moins vital que l'irrigation, et que les eaux de drainage sont considérées comme des pertes pour le système. De plus, les eaux de drainage ont souvent une qualité médiocre car elles accumulent des sels, des nutriments, et divers éléments minéraux ou organiques à l'état de traces lors de leur passage dans le sol.

Deux autres facteurs contribuent à cette négligence de l'entretien des réseaux de drainage. Tout d'abord, l'impact de l'entretien sur les performances du système n'est pas immédiatement évident, ce qui peut conduire à des choix budgétaires défavorables. Deuxièmement, il est souvent plus facile de trouver des fonds pour la création de nouvelles infrastructures que pour leur entretien ultérieur.

Pourtant, l'entretien adéquat des réseaux de drainage est essentiel pour maintenir leur efficacité à long terme, prévenir l'accumulation excessive de sels et de nutriments, et garantir la durabilité des systèmes de drainage agricole. Il est donc important de reconnaître l'importance de l'entretien des réseaux de drainage et de lui accorder l'attention et les ressources nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de ces infrastructures cruciales.

VII-1. Causes de non fonctionnement du drainage:

Divers éléments ont le potentiel d'entraver le fonctionnement optimal du système de drainage, et ces éléments peuvent être attribuables à des imperfections survenues lors de la phase de conception ou de réalisation des infrastructures, à des influences d'ordre naturel, ou à d'autres circonstances variées.

VII-2. Obstructions d'origine technique:

VII-2.1. Insuffisance de la section des drains:

Bien qu'un projet de drainage ait été minutieusement planifié, avec des calculs précis pour déterminer les dimensions des drains et des collecteurs en conformité avec les normes et les règlements, il est essentiel de garder à l'esprit que ces calculs sont basés sur des modèles théoriques et demeurent sensibles aux variations naturelles du terrain.

Par conséquent, les résultats de l'étude ne représentent que des paramètres préliminaires pour définir des caractéristiques telles que le diamètre, la profondeur et la distance entre les drains. La solution optimale ne peut être pleinement déterminée qu'à travers l'expérimentation pratique. Ainsi, il est vivement recommandé de conduire des projets pilotes ou des essais sur le terrain simultanément à la conception du projet. Ces essais permettront de simuler des

conditions réelles en utilisant divers systèmes de drainage et de filtration, tout en prenant en compte les pratiques d'irrigation.

VI-2.2. Insuffisance de la pente des drains :

Lorsque la pente est insuffisante, il existe un risque que la vitesse de l'eau devienne inférieure à la limite minimale acceptable, ce qui pourrait entraîner la formation de dépôts de sable ou d'argile. Toutefois, de telles situations ne devraient pas se produire si les paramètres de drainage ont été minutieusement étudiés et si les travaux ont été correctement exécutés.

Les variations non uniformes de la pente dans les travaux de drainage peuvent avoir deux origines principales : la machine de drainage elle-même et l'intervention de l'opérateur. Les machines de drainage peuvent présenter des configurations initiales incorrectes, nécessitant des ajustements prenant en compte l'installation du système de guidage laser et la mécanique de la machine. Ces corrections doivent être effectuées par un spécialiste dès la réception de la machine à l'usine.

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

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

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

VII-3. Mauvaise qualité des tuyaux :

Actuellement, la plupart des projets de drainage optent pour l'utilisation de tuyaux en polyéthylène (PE) ou en polychlorure de vinyle (PVC) en vue d'éviter les problèmes potentiels liés à l'utilisation de tuyaux en poterie ou en béton de qualité souvent confectionnés sur place. Les tuyaux en PE ou en PVC sont généralement reconnus pour leur qualité élevée. Toutefois, il convient de noter que le matériau PVC peut être vulnérable aux rayons ultraviolets, ce qui compromet son intégrité s'il est exposé sans protection adéquate pendant de longues périodes. De plus, il est sensible aux températures élevées et risque de se déformer à des températures d'environ 80°C et plus.

VII-4. Défectuosités pendant l'exécution des travaux :

Le système de drainage peut être endommagé de diverses manières lors de la phase de construction, notamment par la casse des tuyaux lors du remblaiement, la rupture des

connexions entre les tuyaux ou encore le raccordement entre le drain et le collecteur. Ces dommages peuvent résulter de l'application d'une force excessive par la machine de drainage.

VII-5. Obstructions d'origine naturelle :

VII-5.1. Pénétration dans les drains de petits animaux :

Pour prévenir le colmatage des drains par les animaux, une solution consiste à utiliser des sorties spéciales en matériau rigide munies de grilles à leurs extrémités.

VII-5.2. Dépôts de matières minérales :

L'ensablement ou l'envasement est fréquemment observé dans les sols à faible stabilité, notamment les sols sableux ou argileux, surtout lorsque les travaux de drainage sont effectués dans des sols gorgés d'eau. Ce phénomène se manifeste généralement peu de temps après la pose du tuyau et peut persister, bien que de manière atténuée. Dans des conditions propices à l'ensablement, il est essentiel de protéger le drain en utilisant un filtre ou un matelas de couverture. Dans les sols sableux, une protection complète du tuyau par un filtre est indispensable.

En ce qui concerne les collecteurs, ils ne servent généralement pas à drainer l'eau, mais plutôt à rassembler l'eau provenant des drains et à la transporter vers le système de décharge. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser des drains non perforés en tant que collecteurs. Il est crucial de noter que toutes les connexions, boîtes de jonction et regards d'inspection peuvent constituer des points potentiels d'ensablement ou d'envasement. Afin de minimiser ces risques, il est essentiel de garantir l'étanchéité des raccordements.

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

VII-5.3. Colmatage par dépôts à réaction chimique:

L'ensablement ou l'envasement est généralement provoqué par la présence de fer, de fer-sulfure et de manganèse dans le sol. Lorsque le fer ferreux (Fe^{++}) contenu dans le sol entre en contact avec l'oxygène, il s'oxyde pour se transformer en fer ferrique (Fe^{3+}), ce qui conduit à la formation de dépôts. Dans certains cas, ce problème peut disparaître de lui-même après quelques années de fonctionnement, mais il peut persister dans les cas les plus graves. Les mesures préventives sont parfois difficiles à mettre en œuvre, mais une solution consiste à réduire l'aération du système en utilisant une pièce spéciale à la sortie du drain.

VII-6. Devis quantitative et estimative:

Tableau 57: Devis quantitative et estimative

Désignation des travaux	Diamètre (mm)	Quantité (m)	Prix Unitaire	Prix total (Da)
	63	2610	260 DA / ml	678600

L'entretien du système de drainage et l'estimation des devis

Drain	90	11224	295 DA / ml	3311080
	110	36988	325 DA / ml	12021100
	160	70509	560 DA / ml	39485040
Collecteur	250	1241	1350 DA / ml	1675350
	315	1803	2200 DA / ml	3966600
	400	525	3500 DA / ml	1837500
Draineuse	/	180h	22000 DA / h	3960000
Total				66935270
TVA 19%				12717701.3
Total TTC				79652971.3

1. Conclusion:

Il est crucial de mener des inspections régulières des réseaux de drainage souterrains, en accordant une attention particulière aux points critiques tels que les débouchés.

Au besoin, des nettoyages sous pression des drains souterrains peuvent être entrepris.

Toutefois, il est important de noter que cette méthode ne doit pas être utilisée de manière systématique, car elle présente le risque de perturber la stabilité du sol à proximité du tuyau.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude méticuleuse des caractéristiques climatiques de la région d'étude a confirmé la présence d'un climat semi-aride, caractérisé par des périodes de sécheresse et des précipitations variables en termes de volume et de saisonnalité. Cette variabilité influence le choix des cultures, favorisant les cultures d'hiver avec une meilleure répartition saisonnière des précipitations, tandis que les cultures de printemps dépendent principalement de l'irrigation. Ainsi, la mise en place de systèmes d'irrigation efficaces est cruciale pour augmenter les rendements des cultures et maintenir l'équilibre salin du sol de manière optimale.

Cette étude souligne l'importance cruciale des ressources en eau et en sol dans la région de Sidi Abdelli, en Algérie. Elle confirme que ces ressources sont adéquates pour soutenir les activités agricoles et industrielles de la région, mettant en évidence la nécessité de les gérer de manière durable pour préserver l'environnement. En fin de compte, cette analyse joue un rôle essentiel dans la prise de décisions éclairées et le développement responsable de la région.

Dans le cadre de ce chapitre, une analyse hydrologique a été effectuée pour calibrer une série de données pluviométriques en utilisant la distribution normale, à l'aide du logiciel Hyfran. L'objectif principal de cette étude était de reconstituer une année de données mensuelles de précipitations avec une probabilité de 80%, afin de quantifier les précipitations disponibles pour répondre aux besoins en eau des cultures.

Nous avons ensuite abordé les exigences relatives à l'approvisionnement en eau de notre zone agricole, en tenant compte des caractéristiques du sol et des conditions météorologiques locales. Après avoir sélectionné les cultures appropriées, nous avons utilisé la méthode de Penman pour évaluer leurs besoins en eau, prenant en considération une gamme de paramètres climatiques.

Enfin, nous avons calculé les volumes d'eau requis pour l'irrigation pendant la période de croissance des cultures, y compris un pourcentage défini de besoins de lessivage. Ces évaluations jouent un rôle essentiel dans la gestion de la ressource hydrique, garantissant un approvisionnement hydrique adéquat pour un développement optimal des cultures.

La conclusion de cette section résume les caractéristiques clés du système de drainage conçu pour s'adapter aux particularités du périmètre et aux besoins des cultures sélectionnées. Les spécifications du système de drainage, telles que la profondeur de pose des drains, l'espacement entre les drains et les types de tuyaux utilisés, ont été soigneusement ajustées pour répondre aux exigences spécifiques du projet.

Enfin, il est souligné qu'une maintenance régulière des réseaux de drainage souterrains est essentielle, en accordant une attention particulière aux points critiques tels que les débouchés. Des nettoyages sous pression des drains souterrains peuvent être envisagés si nécessaire, bien que cette méthode doive être utilisée avec précaution pour éviter toute perturbation de la stabilité du sol à proximité des tuyaux.

Bibliographie

- **DIRECTION DES SERVICES AGRICOLES. FICHE TECHNIQUE. COMMUNE SID ABDELLI 2021.**
- **Bahbouh L. et Aziez O. (2021).** Polycopie Cours Drainage et Assainissement Agricole, ensh, 123 p .
- **Mermoud A. (2006).** Élément de drainage des sols agricoles. Section science et ingénierie de l'environnement. Cours Aménagement est équipements du territoire. École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL. 49 p.
- **Mermoud A. (2007).** Assainissement des sols agricoles. Section science et ingénierie de l'environnement. Cours Gestion du régime hydrique des sols. École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL. 100 p.
- **Vlotman W. F., Smedema L.K., Rycroft D.W. (2020).** Modern Land Drainage. Planning, Design and Management of Agricultural Drainage Systems. 2nd Edition Revised and updated 2020. Copyright © 2004 Taylor & Francis Group plc, London, UK, ISBN 90-5809-554-1 Paperback edition published 1988. 509 p.
- **OUAKLI, K. (2008).** Etude technico-économique d'agronomie.
- **THOURYA, E. (2005).** Etude et analyse de la gestion de l'eau à usage agricole du Sidi Abdelli.

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

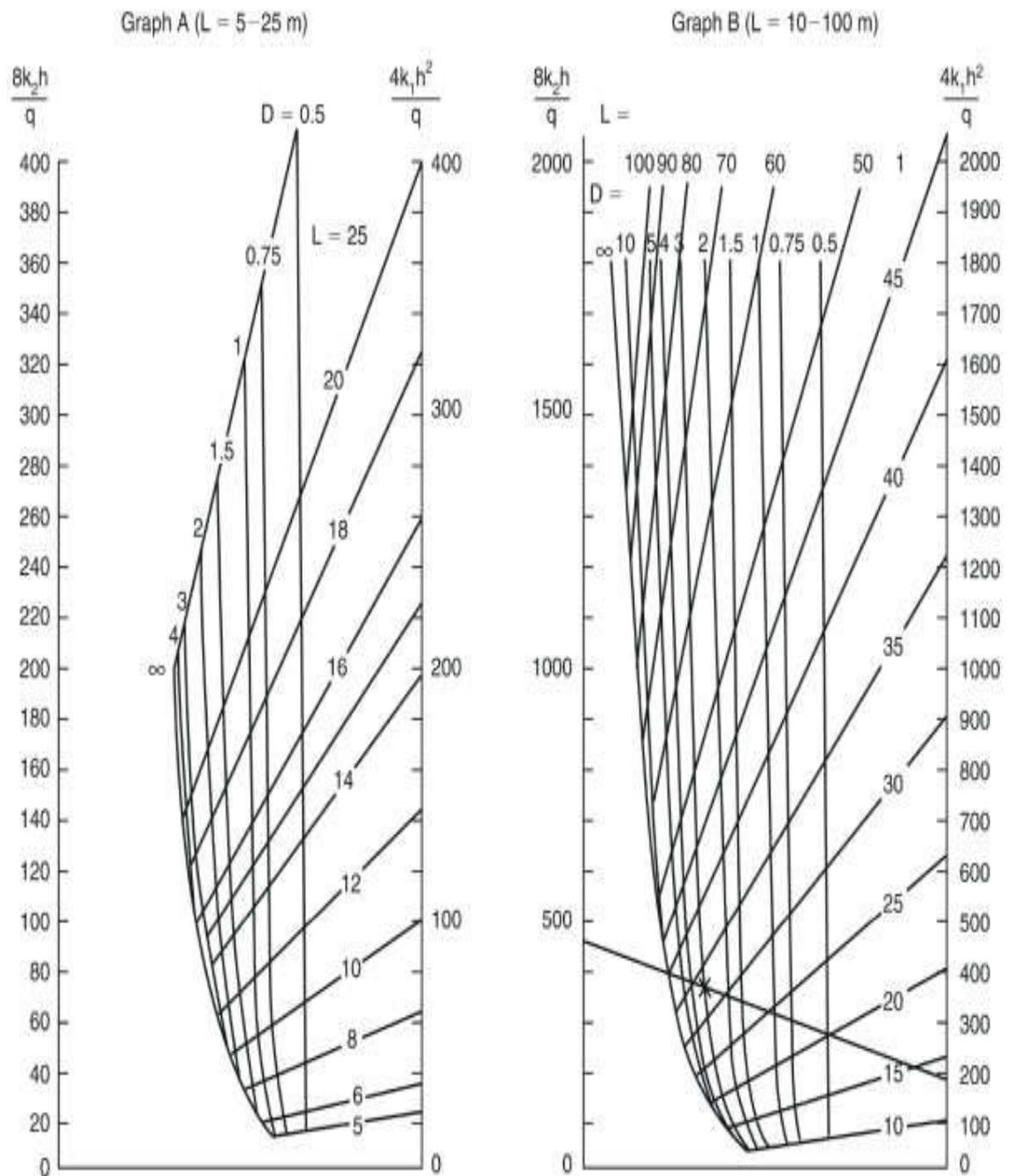
TABLE 7.1 Equivalent depth 'd' for commonly used pipe drains ($r_e = 4-10\text{ cm}$; $u \geq 0.3\text{ m}$)

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

Roughly
d = constant for $D > \frac{1}{4}L$

Annexes

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



Anexe3 : Indice croisé SAR/conductivité

Indice croisé SAR/conductivité	Indication
C1-S1	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées et des sols
C1-S2	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées - le sol doit être bien drainé et lessivé
C1S3	- le sol doit être bien préparé, bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C1-S4	- eau difficilement utilisable dans les sols peu perméables - le sol doit être bien préparé, très bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C2-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel
C2-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité
C2-S3	- eau convenant aux plantes qui présentent une certaine tolérance au sel - sol grossier et bien préparé (bon drainage, bon lessivage, addition de matières organiques) - l'ajonction périodique de Gypse peu être bénéfique
C2-S4	- eau ne convient généralement pas pour l'irrigation
C3-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol bien aménagé (bon drainage) - contrôle périodique de l'évolution de la salinité
C3-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage - contrôle périodique de l'évolution de la salinité - l'ajonction périodique de Gypse peu être bénéfique
C3-S3	- espèces tolérantes au sel - sol très perméable et bien drainé
C3-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S1	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé

Anexe 4 : dimensionnement des drains et collecteurs

Annexe

C4-S2	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S3	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation

Drain/collecteur	L(m)	Q(m ³ /j)	Øcalculé (mm)	Ø'normalisé (mm)
Colecteur C2	312	1018.61	226.86	250
drain C2-1	307.9	30.79	107.765	110
drain C2-2	309.7	30.97	108.395	110
drain C2-3	311.9	31.19	109.165	110
drain C2-4	314.2	31.42	109.97	110
drain C2-5	316.4	31.64	110.74	160
drain C2-6	318.8	31.88	111.58	160
drain C2-7	320.8	32.08	112.28	160
drain C2-8	323	32.3	113.05	160
drain C2-9	325.1	32.51	113.785	160
drain C2-10	327.5	32.75	114.625	160
drain C2-11	329.5	32.95	115.325	160
drain C2-12	332	33.2	116.2	160
drain C2-13	333.6	33.36	116.76	160
drain C2-14	336	33.6	117.6	160
drain C2-15	338	33.8	118.3	160
drain C2-16	341	34.1	119.35	160
drain C2-17	343	34.3	120.05	160
drain C2-18	345	34.5	120.75	160
drain C2-19	347.2	34.72	121.52	160
drain C2-20	349.5	34.95	122.325	160
drain C2-21	351.6	35.16	123.06	160
drain C2-22	354	35.4	123.9	160
drain C2-23	356.1	35.61	124.635	160
drain C2-24	358.3	35.83	125.405	160
drain C2-25	360.6	36.06	126.21	160
drain C2-26	362.7	36.27	126.945	160
drain C2-27	365.1	36.51	127.785	160
drain C2-28	367.1	36.71	128.485	160
drain C2-29	369	36.9	129.15	160
drain C2-30	371.5	37.15	130.025	160
Collecteur C2'	340	1904.01	285.76	315
drain C2-31	373.8	37.38	130.83	160
drain C2-32	375.8	37.58	131.53	160
drain C2-33	378.4	37.84	132.44	160
drain C2-34	379	37.9	132.65	160

Annexe

drain C2-35	382.5	38.25	133.875	160
drain C2-36	384.9	38.49	134.715	160
drain C2-37	443.7	44.37	155.295	160
drain C2-38	442.6	44.26	154.91	160
drain C2-39	441.6	44.16	154.56	160
drain C2-40	440.6	44.06	154.21	160
drain C2-41	439.6	43.96	153.86	160
drain C2-42	439.2	43.92	153.72	160
drain C2-43	331.9	33.19	116.165	160
drain C2-44	298.5	29.85	104.475	110
drain C2-45	278.7	27.87	97.545	110
drain C2-46	260.5	26.05	91.175	110
drain C2-47	258.8	25.88	90.58	110
drain C2-48	280.8	28.08	98.28	110
drain C2-49	265.2	26.52	92.82	110
drain C2-50	253.1	25.31	88.585	90
drain C2-51	237.5	23.75	83.125	90
drain C2-52	224	22.4	78.4	90
drain C2-53	211.3	21.13	73.955	90
drain C2-54	181.5	18.15	63.525	90
drain C2-55	171.2	17.12	59.92	63
drain C2-56	158.2	15.82	55.37	63
drain C2-57	149.6	14.96	52.36	63
Collecteur C3	211	1019.89	226.96	250
drain C3-1	445.9	44.59	156.065	160
drain C3-2	444.3	44.43	155.505	160
drain C3-3	441.9	44.19	154.665	160
drain C3-4	439.5	43.95	153.825	160
drain C3-5	437.9	43.79	153.265	160
drain C3-6	435.9	43.59	152.565	160
drain C3-7	433.1	43.31	151.585	160
drain C3-8	431	43.1	150.85	160
drain C3-9	428.9	42.89	150.115	160
drain C3-10	426.7	42.67	149.345	160
drain C3-11	424.6	42.46	148.61	160
drain C3-12	428.8	42.88	150.08	160
drain C3-13	426.7	42.67	149.345	160
drain C3-14	425.6	42.56	148.96	160
drain C3-15	422.4	42.24	147.84	160
drain C3-16	420.1	42.01	147.035	160
drain C3-17	417.8	41.78	146.23	160

Annexe

drain C3-18	416.1	41.61	145.635	160
drain C3-19	413.9	41.39	144.865	160
drain C3-20	411.8	41.18	144.13	160
drain C3-21	409.7	40.97	109.2533	110
drain C3-22	407.5	40.75	108.6667	110
drain C3-23	405.4	40.54	108.1067	110
drain C3-24	403.4	40.34	107.5733	110
Collecteur C3'	241	2024.52	292.3	315
drain C3-25	401.2	40.12	106.9867	110
drain C3-26	399.1	39.91	106.4267	110
drain C3-27	397.1	39.71	105.8933	110
drain C3-28	349.7	34.97	93.25333	110
drain C3-29	392.8	39.28	104.7467	110
drain C3-30	390.7	39.07	104.1867	110
drain C3-31	388.7	38.87	103.6533	110
drain C3-32	386.4	38.64	103.04	110
drain C3-33	384.4	38.44	102.5067	110
drain C3-34	382.9	38.29	102.1067	110
drain C3-35	380.8	38.08	101.5467	110
drain C3-36	378.8	37.88	101.0133	110
drain C3-37	376	37.6	100.2667	110
drain C3-38	372.2	37.22	99.25333	110
drain C3-39	369.2	36.92	98.45333	110
drain C3-40	370.2	37.02	98.72	110
drain C3-41	367.5	36.75	98	110
drain C3-42	366.1	36.61	97.62667	110
drain C3-43	363.4	36.34	96.90667	110
drain C3-44	359.4	35.94	95.84	110
drain C3-45	359.2	35.92	95.78667	110
drain C3-46	357	35.7	95.2	110
drain C3-47	354.5	35.45	94.53333	110
drain C3-48	352.8	35.28	94.08	110
drain C3-49	350.7	35.07	93.52	110
drain C3-50	348.7	34.87	92.98667	110
drain C3-51	346.8	34.68	92.48	110
Collecteur C3''	210	2764.2	327.9	400
drain C3-52	344.8	34.48	91.94667	110
drain C3-53	342.2	34.22	91.25333	110
drain C3-54	340.1	34.01	90.69333	110
drain C3-55	337.9	33.79	90.10667	110
drain C3-56	335.9	33.59	89.57333	90

Annexe

drain C3-57	333.8	33.38	89.01333	90
drain C3-58	331.7	33.17	88.45333	90
drain C3-59	330.3	33.03	88.08	90
drain C3-60	327.4	32.74	87.30667	90
drain C3-61	325.4	32.54	86.77333	90
drain C3-62	323.1	32.31	86.16	90
drain C3-63	321.3	32.13	85.68	90
drain C3-64	314.7	31.47	83.92	90
drain C3-65	313.2	31.32	83.52	90
drain C3-66	310.4	31.04	82.77333	90
drain C3-67	308.4	30.84	82.24	90
drain C3-68	306	30.6	81.6	90
drain C3-69	304.2	30.42	81.12	90
drain C3-70	294.5	29.45	78.53333	90
drain C3-71	281.5	28.15	75.06667	90
drain C3-72	265.9	26.59	70.90667	90
drain C3-73	250.3	25.03	66.74667	90
drain C3-74	236.6	23.66	63.09333	90
drain C3-75	223.4	22.34	59.57333	63
Collecteur C4	258	777.35	205.32	250
drain C4-1	278.7	27.87	97.545	110
drain C4-2	281	28.1	98.35	110
drain C4-3	283.3	28.33	99.155	110
drain C4-4	285.4	28.54	99.89	110
drain C4-5	278.8	27.88	97.58	110
drain C4-6	281	28.1	98.35	110
drain C4-7	283.3	28.33	99.155	110
drain C4-8	285.4	28.54	99.89	110
drain C4-9	287.9	28.79	100.765	110
drain C4-10	290	29	101.5	110
drain C4-11	291.2	29.12	101.92	110
drain C4-12	294.5	29.45	103.075	110
drain C4-13	296.5	29.65	103.775	110
drain C4-14	298.6	29.86	104.51	110
drain C4-15	300.9	30.09	105.315	110
drain C4-16	303.2	30.32	106.12	110
drain C4-17	305.3	30.53	106.855	110
drain C4-18	307.8	30.78	107.73	110
drain C4-19	309.7	30.97	108.395	110
drain C4-20	311.9	31.19	109.165	110
drain C4-21	314.9	31.49	110.215	160

Annexe

drain C4-22	316.5	31.65	110.775	160
drain C4-23	318.8	31.88	111.58	160
drain C4-24	320.8	32.08	112.28	160
drain C4-25	323	32.3	113.05	160
drain C4-26	325.1	32.51	113.785	160
Collecteur C4'	264	1623.96	269.66	315
drain C4-27	327.5	32.75	87.33333	90
drain C4-28	329.5	32.95	87.86667	90
drain C4-29	332	33.2	88.53333	90
drain C4-30	333.6	33.36	88.96	90
drain C4-31	336	33.6	89.6	90
drain C4-32	338	33.8	90.13333	110
drain C4-33	341	34.1	90.93333	110
drain C4-34	343	34.3	91.46667	110
drain C4-35	345	34.5	92	110
drain C4-36	347.2	34.72	92.58667	110
drain C4-37	349.5	34.95	93.2	110
drain C4-38	351.6	35.16	93.76	110
drain C4-39	354	35.4	94.4	110
drain C4-40	356.1	35.61	94.96	110
drain C4-41	358.3	35.83	95.54667	110
drain C4-42	360.6	36.06	96.16	110
drain C4-43	362.7	36.27	96.72	110
drain C4-44	365.1	36.51	97.36	110
drain C4-45	367.1	36.71	97.89333	110
drain C4-46	369	36.9	98.4	110
drain C4-47	371.5	37.15	99.06667	110
drain C4-48	373.5	37.35	99.6	110
drain C4-49	375.9	37.59	100.24	110
drain C4-50	378.5	37.85	100.9333	110
Collecteur C4''	237	2208.59	301.84	315
drain C4-51	379	37.9	101.0667	110
drain C4-52	382.5	38.25	102	110
drain C4-53	384.2	38.42	102.4533	110
drain C4-54	388	38.8	103.4667	110
drain C4-55	389.8	38.98	103.9467	110
drain C4-56	392.3	39.23	104.6133	110
drain C4-57	394.5	39.45	105.2	110
drain C4-58	386.9	38.69	103.1733	110
drain C4-59	399	39.9	106.4	110
drain C4-60	387.8	38.78	103.4133	110

Annexe

drain C4-61	382.5	38.25	102	110
drain C4-62	379	37.9	101.0667	110
drain C4-63	357.5	35.75	95.33333	110
drain C4-64	332	33.2	88.53333	90
drain C4-65	171.9	17.19	45.84	63
drain C4-66	143.1	14.31	38.16	63
drain C4-67	109.1	10.91	29.09333	63
drain C4-68	87.1	8.71	23.22667	63
Collecteur C5	315	1141.99	236.63	400
drain C5-1	197.7	19.77	69.195	90
drain C5-2	212.7	21.27	74.445	90
drain C5-3	334.3	33.43	117.005	160
drain C5-4	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-5	333.7	33.37	116.795	160
drain C5-6	333.5	33.35	116.725	160
drain C5-7	334	33.4	116.9	160
drain C5-8	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-9	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-10	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-11	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-12	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-13	334	33.4	116.9	160
drain C5-14	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-15	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-16	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-17	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-18	333.5	33.35	116.725	160
drain C5-19	333.8	33.38	116.83	160
drain C5-20	333.7	33.37	116.795	160
drain C5-21	333.5	33.35	116.725	160
drain C5-22	334	33.4	116.9	160
drain C5-23	333.7	33.37	116.795	160
drain C5-24	334.7	33.47	117.145	160
drain C5-25	333.7	33.37	116.795	160
drain C5-26	332	33.2	116.2	160
drain C5-27	332	33.2	116.2	160
drain C5-28	334.3	33.43	117.005	160
drain C5-29	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-30	334.6	33.46	117.11	160
drain C5-31	333.7	33.37	116.795	160
drain C5-32	332	33.2	116.2	160

Annexe

drain C5-33	334	33.4	116.9	160
drain C5-34	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-35	333.6	33.36	116.76	160
Collecteur C5'	257	1668.66	272.18	315
drain C5-36	333.56	33.356	116.746	160
drain C5-37	333.5	33.35	116.725	160
drain C5-38	6333.5	33.35	116.725	160
drain C5-39	334	33.4	116.9	160
drain C5-40	333.4	33.34	116.69	160
drain C5-41	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-42	333.6	33.36	116.76	160
drain C5-43	334	33.4	116.9	160
drain C5-44	322.4	32.24	112.84	160
drain C5-45	294.2	29.42	102.97	110
drain C5-46	268	26.8	93.8	110
drain C5-47	245.6	24.56	85.96	90
drain C5-48	222.2	22.22	77.77	90
drain C5-49	199.2	19.92	69.72	90
drain C5-50	185.5	18.55	64.925	90
drain C5-51	167.8	16.78	58.73	63
drain C5-52	155	15.5	54.25	63
drain C5-53	134.4	13.44	47.04	63
drain C5-54	123.7	12.37	43.295	63
drain C5-55	102.2	10.22	35.77	63
drain C5-56	94.6	9.46	33.11	63
drain C5-57	82.7	8.27	28.945	63
Collecteur C 6	180	627.89	189.76	250
drain C6-1	249.7	24.97	87.395	90
drain C6-2	247	24.7	86.45	90
drain C6-3	251.4	25.14	87.99	90
drain C6-4	257.5	25.75	90.125	110
drain C6-5	262.8	26.28	91.98	110
drain C6-6	267.2	26.72	93.52	110
drain C6-7	276.1	27.61	96.635	110
drain C6-8	283.1	28.31	99.085	110
drain C6-9	293.1	29.31	102.585	110
drain C6-10	378.8	37.88	132.58	160
drain C6-11	392.5	39.25	137.375	160
drain C6-12	406.4	40.64	142.24	160
drain C6-13	405.1	40.51	141.785	160
drain C6-14	395.6	39.56	138.46	160

Annexe

drain C6-15	386.1	38.61	135.135	160
drain C6-16	382.2	38.22	133.77	160
drain C6-17	380.4	38.04	133.14	160
drain C6-18	387.4	38.74	135.59	160
drain C6-19	376.5	37.65	131.775	160
Collecteur C6'	189	1112.43	234.35	315
drain C6-20	372.5	37.25	130.375	160
drain C6-21	368	36.8	128.8	160
drain C6-22	361.5	36.15	126.525	160
drain C6-23	356.2	35.62	124.67	160
drain C6-24	350.4	35.04	122.64	160
drain C6-25	342.1	34.21	119.735	160
drain C6-26	328	32.8	114.8	160
drain C6-27	314.1	31.41	109.935	110
drain C6-28	308.6	30.86	108.01	110
drain C6-29	299	29.9	104.65	110
drain C6-30	275.5	27.55	96.425	110
drain C6-31	239.9	23.99	83.965	90
drain C6-32	205.7	20.57	71.995	90
drain C6-33	187.7	18.77	65.695	90
drain C6-34	157.7	15.77	55.195	63
drain C6-35	134.4	13.44	47.04	63
drain C6-36	111	11.1	38.85	63
drain C6-37	84.4	8.44	29.54	63
drain C6-38	48.7	4.87	17.045	63

ANNEXE 5 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT, 2004).

