

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**NATIONAL HIGHER SCHOOL
FOR HYDRAULICS**
"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'IRRIGATION ET
DRAINAGE**

THEME:

*Dimensionnement d'un réseau de drainage du périmètre de
Seklafa (Section 02 et 03) 150 ha (Wilaya de Laghouat)*

Présenté par :
ABDELALI Zahia Nassrine

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
SADOUNE Samra	MCA	Examineur
MAZOUZI Sabra	MAA	Examineur
AZIEZ Ouahiba	MCB	Promoteur

Session : 2024/2025

Remerciement

Je remercie avant tout ma chère mère, qu'Allah lui fasse miséricorde, que j'aurais tant aimé avoir à mes côtés pour partager ce moment.

Un grand merci à mon père, qu'Allah le protège, pour son soutien, sa patience et tous ses efforts. Merci aussi à mes frères Salah Eddine, Ibrahim et Mohamed, et à mes sœurs Fatima et Khadidja.

Je n'oublie pas mes tantes Kheira, Atika et Mebarka, ainsi que mes cousines Samia, Zouzou et Khadidja, et mon cousin Halloub Mohamed, pour leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

Je remercie également tous mes amis, en particulier Hanane, pour leur soutien et leur amitié sincère tout au long de ce parcours.

Enfin, j'exprime ma profonde reconnaissance à Madame AZIEZ Ouahiba, mon encadrante, pour son accompagnement, ses conseils et sa disponibilité, ainsi qu'à Monsieur Ayoub Zeroual pour son aide précieuse.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury pour avoir accepté de juger mon travail et d'honorer ma soutenance par leur présence.

À vous tous, merci du fond du cœur

Dédicace

A l'aide d'ALLAH tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie

*Je dédie ce travail À ma chère mère, qu'Allah lui accorde Sa miséricorde. Tu es
et resteras la personne la plus chère à mon cœur, mon modèle et ma source
d'inspiration.*

*À mon père, qu'Allah le protège, pour son amour, ses sacrifices et son soutien
constant.*

*À mes frères Salah Eddine, Ibrahim et Mohamed, et mes sœurs Fatima et
Khadîdja, pour leur présence et leur affection.*

*À mes tantes Kheira, Atika et Mebarka, pour leur amour et leurs
encouragements.*

*À tous mes amis qui sont dans mon cœur, même si je ne les cite pas, pour leur
soutien et leurs moments de bonheur partagés.*

ملخص:

تتناول هذه الدراسة الصرف الزراعي في محيط سكلافة بولاية الأغواط، وهو ضمن منطقة شبه جافة تتسم بارتفاع درجات الحرارة وتذبذب التساقطات، مما يسبب مشاكل ملوحة وتطبّل التربة نتيجة ارتفاع منسوب الماء الأرضي.

يهدف البحث إلى خفض هذا المنسوب وتحسين خصائص التربة عبر إنشاء شبكة صرف مناسبة، بما يساهم في الحد من الملوحة وضمان استدامة النشاط الزراعي وتحسين إنتاجية المحاصيل.

الكلمات المفتاحية: الصرف الزراعي، سكلافة ، ملوحة التربة، استدامة النشاط الزراعي، منطقة شبه جاف.

Résumé :

Cette étude porte sur le drainage agricole dans le périmètre de Seklafa, situé dans la wilaya de Laghouat, une zone semi-aride caractérisée par des températures élevées et des précipitations irrégulières. Ces conditions entraînent des problèmes de salinisation et d'engorgement des sols liés à la remontée du niveau phréatique, ce qui affecte négativement la production agricole.

L'objectif de ce travail est de réduire ce niveau et d'améliorer les propriétés du sol à travers la mise en place d'un réseau de drainage adapté, afin de limiter la salinité, d'assurer la durabilité des activités agricoles et d'optimiser la productivité des cultures.

Mots clés : Drainage agricole, Seklafa, Salinité des sol, Durabilité agricole, Zone semi-aride.

Abstract :

This study focuses on agricultural drainage in the Seklafa perimeter, located in the Laghouat region, a semi-arid area characterized by high temperatures and irregular rainfall. These conditions lead to soil salinization and waterlogging due to the rise of the groundwater table, negatively impacting agricultural production.

The aim of this work is to lower the groundwater level and improve soil properties through the implementation of an adequate drainage network, to reduce salinity, ensure the sustainability of agricultural activities, and enhance crop productivity.

Keywords: Agricultural drainage, Seklafa, Soil salinity, Agricultural sustainability, Semi-arid zone.

Table de matière :

Remerciement.....	2
Dédicace	I
ملخص.....	I
Résumé :	I
Abstract :	I
Table de matière :.....	II
Liste des figures :	V
Liste de tableau :	VI
Liste des planches :	VIII
Introduction générale :	1
Chapitre I : Evaluation des conditions naturelles	3
I. Introduction :	2
I.1. Présentation de la wilaya de Laghouat :	2
I.2 Description du périmètre :	3
I.4. Réseau hydrographique :	5
I.5. Géomorphologie et Relief :	5
I.6 Etude des conditions climatiques :	6
I.6.1. Choix de la station de référence :	6
I.6.2. Les températures :	6
I.6.3. Études des précipitations :	7
I.6.4. L'humidité relative :	9
I.6.5. Le vent :	9
I.6.6. Le Sirocco :	9
I.7. Calcul des indices Agro-météorologiques :	10
I.7.1. Indice d'aridité de Martonne (I_A) :	10
I.7.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger (Q) :	10
I.7.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :	11
I.8. Analyse socio-économique :	12
I.9 Conclusion :	14
Chapitre II : Etude Agro pédologique.....	15
II.1 Introduction :	16

II.2 Ressource en sol :	16
II.3. Classification des sols :	16
II.4. Caractéristiques morphologiques :	16
II.5. Analyse physico-chimique des sols :	17
II.5.1. Interprétations des résultats :	19
II.5.2. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :	19
II.6. Evaluation des aptitudes culturales des sols :	20
II.6.1 Interprétations :	21
II.7. Ressources en eau :	21
II.7.1 Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation :	21
II.8. Calcul de la pluie de projet :	24
II.8.1. Description de la station pluviométrique	24
II.8.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle	24
II.8.3 Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique	26
II.8.4 Ajustement de la série pluviométrique :	27
II.8.5 Ajustement à la loi log-normale :	27
II.8.6 Ajustement à la loi normale :	28
II.9 Conclusion :	30
Chapitre III : Estimation des besoins	32
III.1 Introduction :	34
III.2 Besoins en eau du périmètre	34
III.3 La pluie efficace :	37
III.4. Calcul de la réserve en eau du sol :	37
III.5. Choix des cultures	37
III.5.1 Les cultures proposées	38
III.5.2 Assolements/rotation des cultures :	38
III.5.3 Calendrier d'occupation du sol :	39
III.5.4 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures	39
III.6 Calcul des besoins en eau des assolements :	44
III.7 CALCUL DES DEBITS :	45
III.7.1 CALCUL DES DEBITS SPECIFIQUES :	45
III.7.2) CALCUL DU DEBIT CARACTERISTIQUE :	46
III.7.3) Estimation des Besoins annuels totaux des cultures en m³ :	46

<i>III.8 Conclusion :</i>	47
<i>Chapitre IV : Dimensionnement du réseau du drainage</i>	48
<i>IV.1 Introduction :</i>	49
<i>IV.2 Définition et rôle du drainage :</i>	49
<i>IV.3 Les avantages du drainage :</i>	49
<i>IV.4 Techniques de drainage :</i>	51
<i>IV.4.1 Drainage de surface :</i>	51
<i>IV.4.2 Drainage souterrain :</i>	53
<i>IV.4.3 Choix de la technique de drainage</i>	54
<i>IV.5 Calcul du débit caractéristique :</i>	55
<i>IV.5.1 Cas ou l'excès provient des pluies :</i>	55
<i>IV.5.2 Cas ou l'excès provient de l'irrigation :</i>	59
<i>IV.5.3 Cas ou l'excès provient du lessivage :</i>	59
<i>IV.6 Calcul de l'écartement entre les drains</i>	60
<i>IV.6.1 Equation de Glover-Dumm :</i>	60
<i>IV.7 Dimensionnement des drains :</i>	61
<i>IV.7.1 La pente d'installation :</i>	62
<i>IV.7.2 La longueur d'installation des drains :</i>	63
<i>IV.7.3 Le débit évacué par les drains :</i>	64
<i>IV.7.4 Dimensionnement des drains :</i>	64
<i>IV.7.5 Dimensionnement d'un collecteur :</i>	64
<i>IV.8 Conclusion :</i>	78
<i>Chapitre V : Entretien du système de drainage</i>	79
<i>V.1 Introduction :</i>	80
<i>V.2 Causes de dysfonctionnement d'un système de drainage :</i>	80
<i>V.2.1 Obstructions d'origine technique :</i>	80
<i>V.2.2 Obstructions d'origine naturelle :</i>	82
<i>V.2 Maintenance du réseau :</i>	84
<i>V.2.1 Nettoyage des drains :</i>	84
<i>V.3 Calcul technico-économique :</i>	85
<i>V.3.1 Exécution des travaux de pose de canalisation :</i>	85
<i>V.3.2 Volume des travaux du réseau :</i>	86
<i>V.3.3 Evaluation du cout de projet :</i>	87

<i>V.4 Conclusion :</i>	89
<i>Conclusion générale :</i>	91
<i>Références Bibliographiques :</i>	93
<i>Annexes</i>	94

Liste des figures :

<i>Titre</i>	P
Figure I.1 : Localisation géographique et limites administratives de la wilaya de Laghouat. (ARC-GIS)	1
Figure I.2 : Localisation Géographique du Périmètre de Seklafa (Communes de Oued M'zi et Tadjout)	2
Figure I.3 : Extrait de la carte géologique du nord Algérie (Échelle 1/500 000ème)	3
Figure I.4 : Topographie des bassins hydrographiques de Seklafa et Chergui	4
Figure I.5 : Distribution des températures moyennes	6
Figure I.6 : Histogramme de la pluie moyenne mensuelle.	7
Figure I.7 : Diagramme bioclimatique d'Emberger	10
Figure I.8 : Diagramme ombrothermique de Gaussen.	11
Figure II.1: Le triangle granulométrique du sol	18
Figure II.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.	24
Figure II.3: courbe d'ajustement des pluies à la loi log-normal.	28
Figure II.4: courbe d'ajustement des pluies à la loi normale.	29
Figure III.1: Calcul de l'évapotranspiration par Cropwat 8.0.	36
Figure IV.1 : Drainage par fossé ouverte.	52
Figure IV.2 : Drainage souterrain	53
Figure IV.3 : Schémas descriptif des paramètres de calcul d'écartement.	61
Figure V.1 : un drain colmaté par des dépôts chimiques	83
Figure V.2 : des drains colmatés par des racines des plantes.	83
Figure V.3: Schéma d'une tranchée	87

Liste de tableau :

<i>Titre</i>	P
Tableau I-1 : Coordonnées géographiques de la station météorologique de Seklafa.	5
Tableau I-2 : Moyennes des températures mensuelles de la station de Laghouat.	5
Tableau I -3 : Moyennes annuelles des pluies.	6
Tableau I -4 : Pluies moyennes mensuelles de la région d'étude.	7
Tableau I-5: l'humidité moyenne de la région d'étude	8
Tableau I.6: la moyenne mensuelle de la vitesse du vent (Station Laghouat)	8
Tableau I-7- : Classification du climat selon de Martonne	9
Tableau I-8 : Les différentes cultures pratiquées dans la wilaya de Laghouat.	11
Tableau II-1 : L'analyse des profils au laboratoire <i>Profil N° 28</i>	17
Tableau II-2 : Propriétés hydrodynamiques des sols	19
Tableau II-3 : Les aptitudes culturales de chaque zone :	20
Tableau II-4 : Caractéristique du barrage Seklafa.	21
Tableau II.5 Risque d'irrigation en fonction de la salinité	22
Tableau II.6 : Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR	23
Tableau II. 7 : caractéristiques principales de la station pluviométrique de l'ANRH Alger.	24
Tableau II.8 : Pluies moyennes mensuelles	25
Tableau II.9 : Caractéristiques de la série pluviométrique.	26
Tableau II.10 : Paramètres du test d'homogénéité	26
Tableau II.11 : Résultat de l'ajustement à la loi log-normale avec HYFRAN.	28
Tableau II.12 : Résultat de l'ajustement à la loi Normale (Hyfran)	29
Tableau II.13: La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%	30
Tableau III.1 : Cultures proposé pour le périmètre Seklafa.	38
Tableau III.2 : Assolement proposé pour le périmètre Seklafa.	38
Tableau III.3 : Calendrier d'occupation des sols.	39
Tableau III.4 : Calcul des besoins en eau de blé dur et le blé tendre	39
Tableau III.5 : Calcul des besoins en eau de l'orge.	40
Tableau III.6: Calcul des besoins en eau de pomme de terre.	40
Tableau III.7: Calcul des besoins en eau de tomate.	41
Tableau III.8: Calcul des besoins en eau de carotte.	41

Tableau III.9: Calcul des besoins en eau de l'oignon vert et l'Ail.	42
Tableau III.10: Calcul des besoins en eau de courgette.	42
Tableau III.11: Calcul des besoins en eau de l'olivier.	43
Tableau III.12: Calcul des besoins en eau de grenadier.	43
Tableau III.13: Calcul des besoins en eau de l'amandier.	44
Tableau III.14: Besoin en eau de l'assolement 1.	44
Tableau III.15: Besoin en eau de l'assolement 2.	45
Tableau III.16: Besoins annuels totaux des cultures en m ³ (Assolement 1)	46
Tableau III.17: Besoins annuels totaux des cultures en m ³ (Assolement 2)	47
Tableau IV.1 : Comparaison entre les techniques de drainage.	55
Tableau IV.2 : Valeurs de la porosité du sol.	57
Tableau IV.3 : Valeurs de la hauteur critique et la hauteur optimale admissible.	58
Tableau IV.4 : Durée de submersion admissible.	58
Tableau IV.5 : Calcul du débit caractéristique.	59
Tableau IV.6 : Diamètres extérieurs et intérieurs des drains.	63
Tableau IV.7 : Dimensionnement du réseau.	64
Tableau IV.8 : La longueur totale des drains	77
Tableau V.1: coût des conduites.	87
Tableau V.2: calcul des différents volumes.	88
Tableau V.3: coût des travaux de terrassement.	88
Tableau V.4 : Estimation du cout des ouvrages de rejets.	88
Tableau V.5 : Devis estimatif du projet.	89

Liste des planches :

- 01- Plan de situation.
- 02- Occupation du sol.
- 03- Réseau de drainage projeté.
- 04- Profil en long.
- 05- 05 Profils en travers

Introduction

Générale

Introduction générale :

L'agriculture occupe une place essentielle dans le développement économique et social des pays. Elle assure la sécurité alimentaire et constitue une source importante de revenus pour de nombreuses populations. Cependant, ce secteur fait face à plusieurs contraintes, notamment dans les zones arides et semi-arides où les conditions climatiques sont particulièrement difficiles. Parmi ces contraintes figurent la rareté des ressources en eau, la dégradation des sols, la salinisation et la baisse de la fertilité, qui limitent la productivité et compromettent la durabilité des systèmes agricoles.

Dans les zones agricoles, la présence d'un excès d'eau dans le sol peut également poser de sérieux problèmes pour la production. C'est pourquoi le drainage agricole joue un rôle essentiel, surtout dans les régions semi-arides où le climat et les conditions naturelles accentuent les risques de salinisation et de saturation des sols. Le périmètre de Seklafa, situé dans la wilaya de Laghouat, illustre bien cette situation. Cette région se caractérise par des températures très élevées, un fort taux d'évaporation et des précipitations faibles et irrégulières. Ces facteurs, combinés à l'utilisation d'eaux souterraines pour l'irrigation, favorisent l'accumulation de sels dans les sols, réduisant ainsi leur fertilité et leur productivité.

Face à ces contraintes, la mise en place d'un système de drainage souterrain efficace s'avère indispensable pour abaisser le niveau de la nappe phréatique, améliorer les propriétés physiques du sol et contrôler la salinité.

Dans ce contexte, ce mémoire a pour objectif de dimensionner un réseau de drainage souterrain couvrant une superficie de 150 ha dans les secteurs 02 et 03 du périmètre de Seklafa, afin de contrôler la salinité du sol tout en minimisant les coûts d'aménagement et d'exploitation.

Pour atteindre cet objectif, le travail s'articule autour de plusieurs étapes, allant de l'analyse des caractéristiques naturelles et pédologiques de la zone jusqu'à la conception technique et économique du réseau.

Ainsi, la structure du mémoire est organisée comme suit :

- Chapitre I : Évaluation des conditions naturelles, présente les caractéristiques générales de la zone d'étude (situation géographique, relief, climat, réseau hydrographique, etc.)
- Chapitre II : Étude agro-pédologique, analyse les caractéristiques physiques, chimiques et hydrauliques des sols et des eaux de la région ;
- Chapitre III : Estimation des besoins en drainage, évalue la nécessité du drainage à partir des données du terrain et des paramètres hydrogéologiques ;

- Chapitre IV : Dimensionnement du réseau de drainage, décrit les étapes et les calculs nécessaires à la conception du réseau ;
- Chapitre V : Entretien du système de drainage et estimation du coût, aborde les causes de dysfonctionnement possibles, les mesures correctives, et propose une évaluation économique du projet.

Chapitre I :

Evaluation des

conditions

naturelles

I. Introduction :

Les conditions naturelles constituent un facteur déterminant dans l'élaboration du bilan hydrique réel et la gestion de l'irrigation ; elles synthétisent l'ensemble des caractéristiques climatiques qui conditionnent la disponibilité en eau pour les plantes au cours de leurs phases de croissance.

Dans ce contexte, la présente étude vise à caractériser les propriétés physiques de la zone d'étude située dans la région de Sekfala, wilaya de Laghouat. Notre approche consistera à analyser la situation géographique, les caractéristiques géologiques, géomorphologiques, pédologiques et bioclimatiques de cette région, afin de mieux comprendre les potentialités et les contraintes du milieu. Cette caractérisation est essentielle pour optimiser la gestion des ressources en eau et élaborer des stratégies d'irrigation adaptées aux besoins spécifiques des cultures et aux conditions environnementales locales.

I.1. Présentation de la wilaya de Laghouat :

La wilaya de Laghouat est une région stratégiquement située au cœur de l'Algérie, sur l'axe de la Route Nationale N°1 reliant Alger au sud du pays. Son chef-lieu, la ville de Laghouat, est distante de 410 kilomètres d'Alger, 390 kilomètres de Ouargla, 190 kilomètres de Ghardaïa et 110 kilomètres de Djelfa

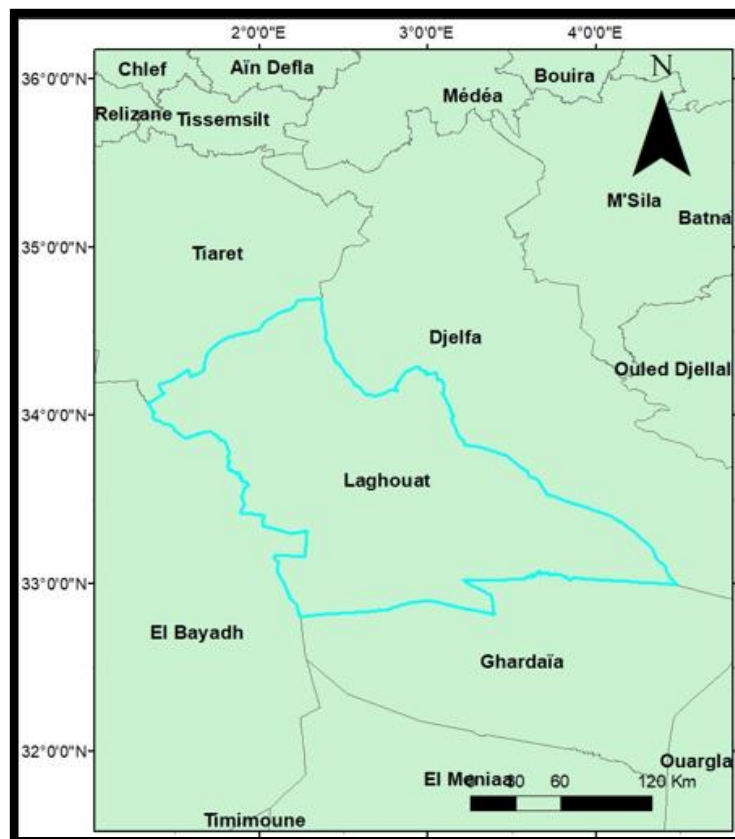


Figure I.1 : Localisation géographique et limites administratives de la wilaya de Laghouat. (ARC-GIS)

La wilaya couvre une superficie de 25 052 km² et est bordée par les wilayas de Djelfa et Tiaret au nord, la wilaya de Djelfa à l'est, la wilaya de Ghardaïa au sud et la wilaya d'El Bayadh à l'ouest.

I.2 Description du périmètre :

Le périmètre de Seklafa est situé à 850 mètres en aval du barrage de Seklafa, dans la partie sud-est de la région. Il est délimité par les communes d'Oued M'zi (daïra Oued Morra) et de la Tadjout (daïra d'Ain-Madhi).

Le périmètre de Seklafa est structuré en 7 secteurs distincts. Cependant, la présente étude se concentre spécifiquement sur les secteurs 02 et 03 du périmètre d'irrigation de Seklafa, qui couvre une superficie de 150 hectares au sein de la commune d'Oued M'zi.

Le système d'irrigation repose sur la distribution des eaux du barrage de Seklafa qui est alimenté par les eaux de l'Oued M'zi. L'objectif principal de ce barrage est de réguler les débits de l'oued afin de garantir une alimentation en eau potable pour les populations locales et d'irriguer les terres agricoles situées en aval, contribuant ainsi à la mise en valeur agricole de la région.

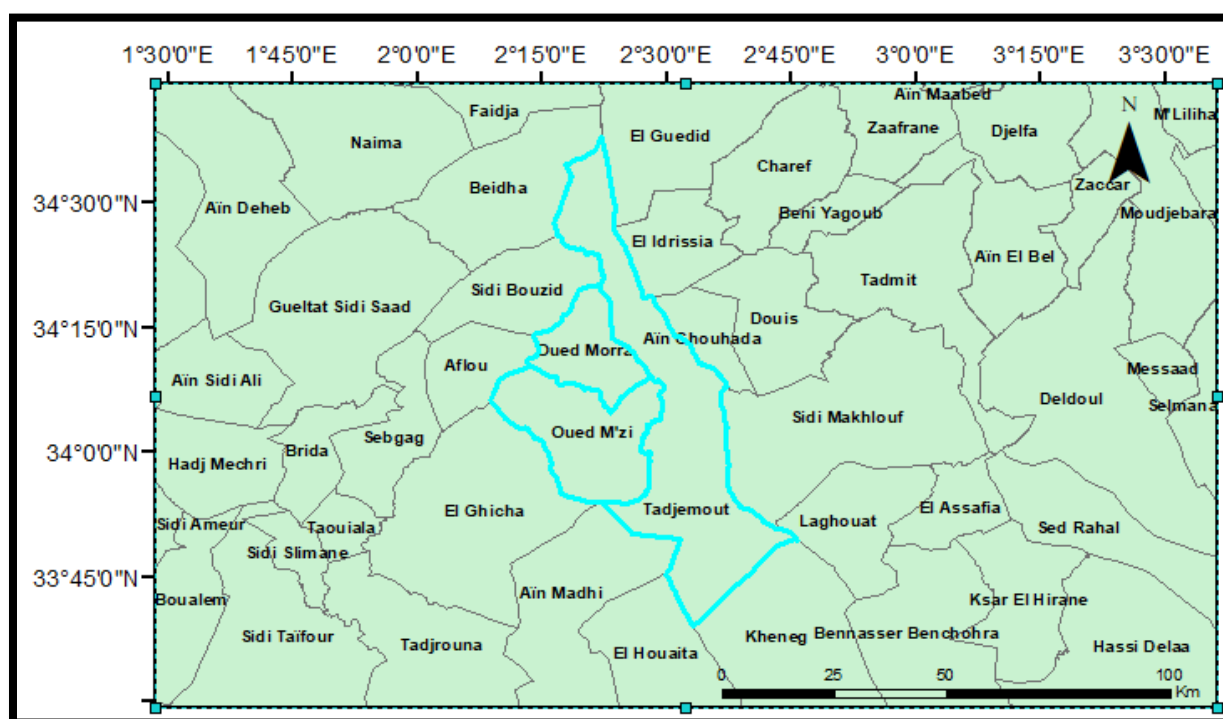


Figure I.2 : Localisation Géographique du Périmètre de Seklafa (Communes de Oued M'zi et Tadjout).

I.3. Contexte géologique :

Notre zone d'étude est dominée par des formations du Crétacé supérieur, structurées en un anticlinal de Tadjmout qui se prolonge vers Ain Madhi par un synclinal étendu sur plusieurs dizaines de kilomètres selon une direction SW-NE, avec une largeur moyenne de 10 km.

La série litho-stratigraphique de la région commence à partir du sommet du massif anticlinal de Djebel Amour où deux grandes séries de formations du Jurassique supérieur affleurent le long du flanc sud-oriental orienté selon un axe NW-SE. Dans la partie supérieure du Jurassique qui affleure à l'amont de la zone d'étude, on observe une épaisseur de plus de 2000 m de roches variées du Dogger datant du Callovien par des Ammonites ; le toit est attribué au Portlandien-Berriasien par des Calpionels.

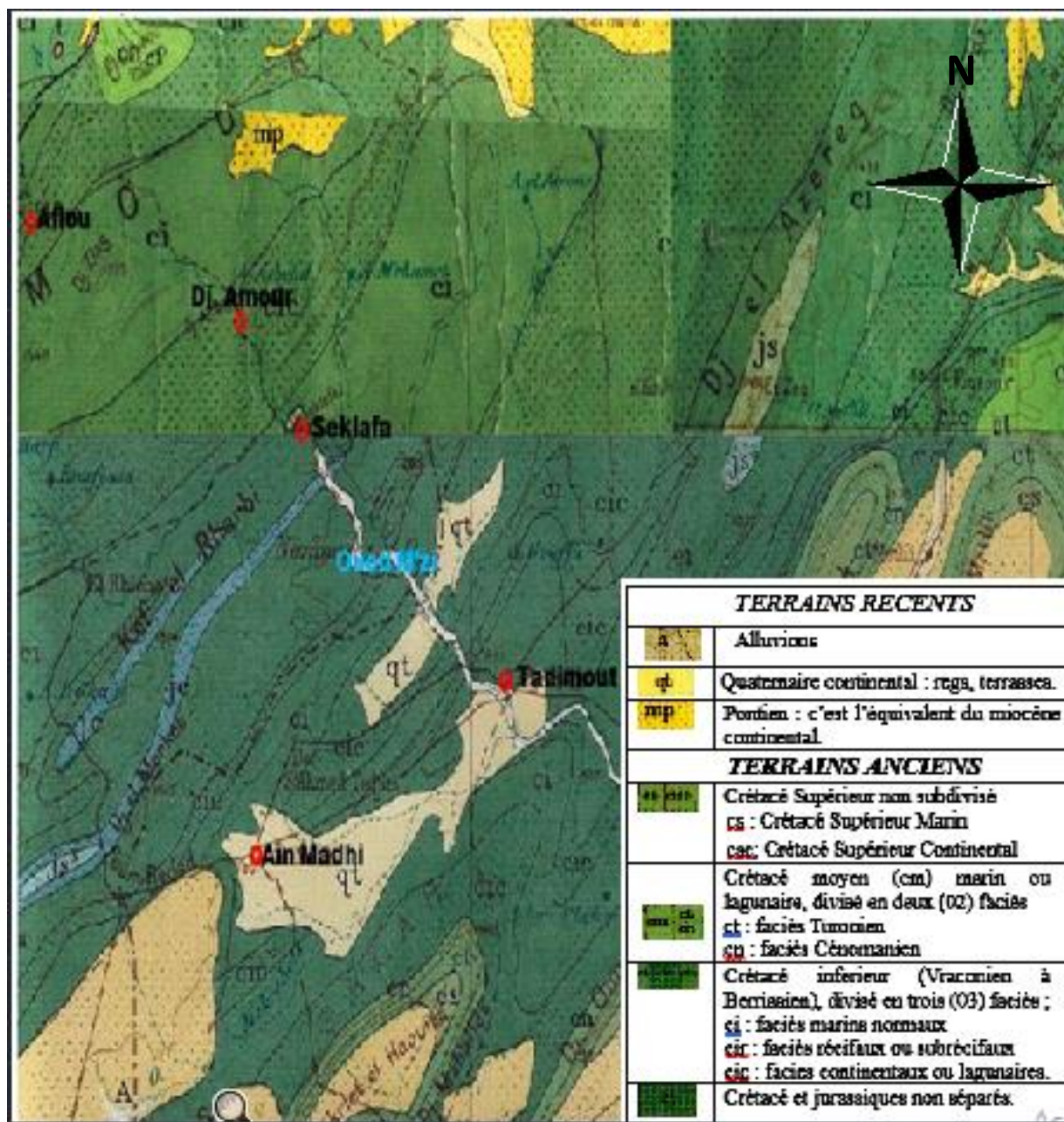


Figure I.3 : Extrait de la carte géologique du nord Algérie (Échelle 1/500 000ème)

I.4. Réseau hydrographique :

Le bassin hydrographique limité par le barrage de Seklafa alimenté par l'oued Mzi couvre une superficie totale de 802 km². Cette zone présente une topographie relativement peu accidentée avec un bassin de forme arrondie dont les altitudes varient entre environ 900 mètres et 1600 mètres aux points culminants.

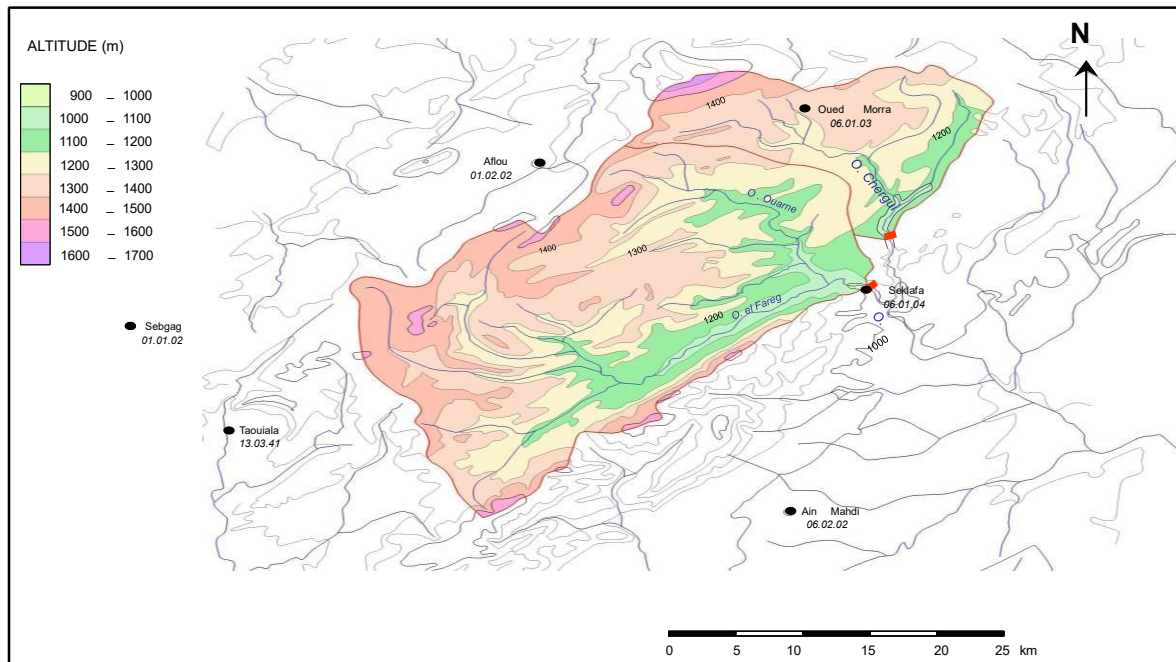


Figure I.4 : Topographie des bassins hydrographiques de Seklafa et Chergui.

Source : Alger ONID (2018)

I.5. Géomorphologie et Relief :

La wilaya de Laghouat se situe à plus de 750 mètres d'altitude sur les hauts plateaux où la chaîne de l'Atlas saharien domine le paysage avec des sommets atteignant plus de 2000 mètres, notamment le Djebel Amour qui culmine à 2200 mètres. La région se divise en trois zones naturelles distinctes :

- Une zone nord constitue par les hautes plaines steppiques agro-pastorales et alfatières
- Une zone centrale de piémonts et montagnes agro-sylvo pastorales
- Une zone du plateau saharien au Sud de la wilaya

Les communes de Tadjemout et Oued M'zi, situées à proximité de l'aire d'étude, se trouvent dans la partie nord-ouest de la zone centrale caractérisée par ses piémonts et montagnes agro-sylvo-pastorales.

I.6 Etude des conditions climatiques :

Les facteurs climatiques ont une importance capitale dans la conception et la gestion des projets de drainage, car ils influencent directement les besoins en eau des cultures et leur développement. Les principaux facteurs climatiques à prendre en compte sont les températures, l'humidité relative, l'intensité des vents, les gelées et les périodes de sirocco.

I.6.1. Choix de la station de référence :

Choix de la station météorologique

Les données climatiques présentées ci-dessous proviennent de la station météorologique de Seklafa, gérée par l'ANRH (code : 060104). Le tableau I-1 précise les coordonnées géographiques de cette station.

Tableau I-1 : Coordonnées géographiques de la station météorologique de Seklafa.

Nom de la station	Code	Coordonnées	Altitude (m)
Seklafa	060104	X= 33°55'48' Y= 2°8'54'' E	Z= 1233

Source : Alger ANRH (2023)

I.6.2. Les températures :

La température de l'air est un élément déterminant du climat qui influence de manière significative la physiologie des plantes et leurs besoins en eau ainsi que leur état sanitaire.

Des températures inadéquates, qu'elles soient trop basses ou trop élevées peuvent entraver le développement des plantes et compromettre la productivité agricole.

La connaissance précise des températures moyennes et extrêmes mensuelles est donc cruciale pour adapter les pratiques agricoles et maximiser les rendements tout en minimisant les risques phytosanitaires.

Tableau I-2 : Moyennes des températures mensuelles de la station de Laghouat.

mois/t°	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec	Moyenne Anuelle
max	14,5	16,9	20,7	25	27	34,7	39,3	37,9	34,5	24,5	20,2	14,6	25,82
min	2,4	3,8	5,1	10,5	13,7	19,5	23,4	22,3	20	9,8	6,2	0	11,39
moyenne	8,45	10,35	12,9	17,75	20,35	27,1	31,35	30,1	27,25	17,15	13,2	7,3	18,60

Source : Alger ANRH (1991- 2018)

Les résultats présentés dans le tableau I-2 révèlent que le mois de décembre est le plus froid avec une température moyenne de 7,3°C, tandis que le mois de juillet est le plus chaud, avec une température moyenne annuelle de 18.60°C. Les températures maximales sont observées en été, notamment en juillet et août, avec des valeurs atteignant 39,3°. En revanche, les températures sont plus modérées durant les mois d'automne et d'hiver.

L'Histogramme des variations thermiques illustre clairement cette tendance saisonnière, mettant en évidence les fluctuations des températures moyennes mensuelles.

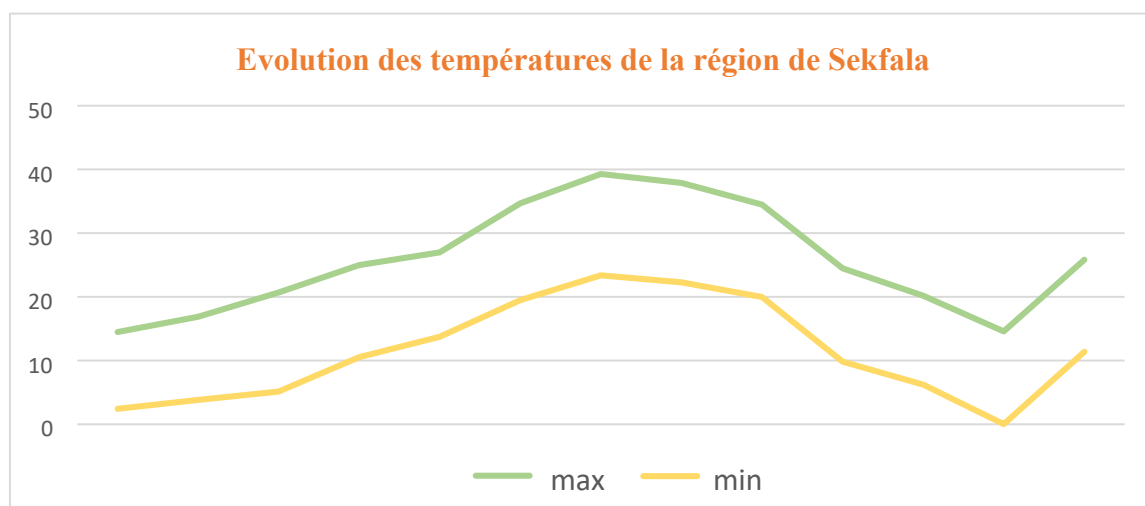


Figure I.5: Distribution des températures moyennes.

I.6.3. Études des précipitations :

L'étude des précipitations est essentielle pour comprendre les régimes hydrologiques et climatiques d'une région. Les précipitations englobent toutes les formes d'eau météorique qui atteignent la surface terrestre, qu'il s'agisse de précipitations liquides (pluie, bruine, averse) ou solides (neige, grésil, grêle).

L'estimation précise des précipitations est primordiale pour évaluer les ressources en eau disponibles et anticiper les éventuelles périodes de sécheresse ou d'excès hydrique.

Tableau I -3 : Moyennes annuelles des pluies.

Nom de la station	Altitude(m)	Coordonnées	Pluie moy (mm)	annuelles
Seklafa	762	X=33°46'N Y=2°56'E	167.10	

Source : Alger ANRH (2023).

Pluies mensuelles :

L'étude des pluies de la zone d'étude a été réalisée à partir des données climatologiques de la station météorologique de « Laghouat » qui présente l'avantage de disposer d'un enregistrement continu et exempt de lacunes. Cette station est stratégiquement située à proximité des deux communes étudiées (Oued M'zi et Tadjmout)

Tableau I -4 : Pluies moyennes mensuelles de la région d'étude.

mois	jan	fev	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec	annuel
Pmoy (mm)	15.90	9.30	26.30	10.9	9.90	12.80	3.10	8.80	23.30	26.20	10.70	9.90	167.10

Source Alger ANRH (2023)

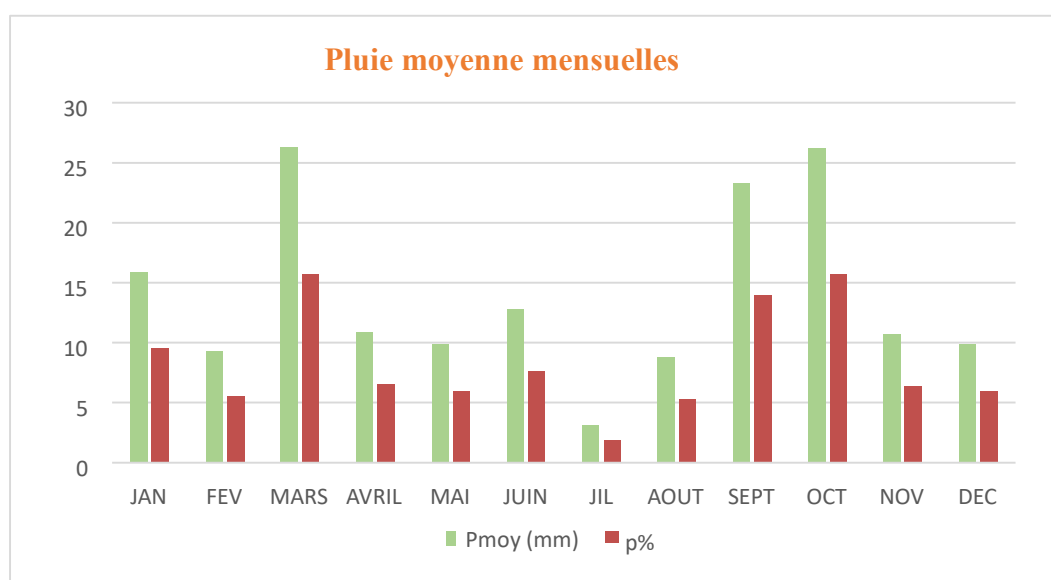


Figure I.6 : Histogramme de la pluie moyenne mensuelle.

L'analyse des données pluviométriques présentées dans le tableau I-5 et illustrées par la figure I-6 révèle que la région étudiée est caractérisée par un climat sec avec des précipitations irrégulières et insuffisantes d'une année à l'autre. Le total pluviométrique annuel moyen est de 167,10 mm, réparti de manière hétérogène tout au long de l'année.

Les données mensuelles montrent que la pluviométrie moyenne durant la période (1991-2020) est maximale en Mars avec 26.30 mm, ce qui est relativement faible et reflète l'aridité du climat dans la zone d'étude. Le mois de juillet est le plus sec avec une pluviométrie moyenne de seulement 3,10 mm. Il est notable que la saison automnale est la période la plus pluvieuse, représentant 33,6 % du total annuel des précipitations, ce qui suggère une variabilité saisonnière marquée dans les régimes pluviométriques de la région.

I.6.4. L'humidité relative :

L'humidité relative, également appelée état hygrométrique, est un paramètre climatique décisif qui influence directement le rendement et la santé des cultures. En effet, l'humidité relative affecte les processus physiologiques des plantes tels que la photosynthèse, la transpiration et la croissance. Les relevés des humidités moyennes de la région d'étude sont montrés dans le tableau I.

Tableau I-5: l'humidité moyenne de la région d'étude

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne annuelle
Humidité relative. (%)	61.00	52.00	36.00	33.00	34.00	27.00	23.00	31.00	37.00	45.00	46.00	52.00	39.75

(Source : ONM Alger)

Les données du Tableau I-5 montrent que l'humidité relative oscille autour de 23%, avec une moyenne annuelle de 39,75%.

I.6.5. Le vent :

Le vent est un paramètre important qui peut avoir des impacts négatifs sur les cultures et les systèmes d'irrigation lorsque sa vitesse dépasse un certain seuil. En effet, des vitesses de vent élevées peuvent entraîner des pertes d'eau par évaporation accrue, des dommages mécaniques aux plantes et des difficultés pour les systèmes d'irrigation à maintenir une distribution uniforme de l'eau. Lorsque la vitesse du vent dépasse 3,5 m/s, les arrosages peuvent devenir irréguliers, ce qui peut affecter la croissance et le développement des cultures. Il est donc essentiel de prendre en compte les conditions de vent dans la planification et la gestion des systèmes agricoles.

Tableau I.6: la moyenne mensuelle de la vitesse du vent (Station Laghouat)

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne annuelle
Vitesse des vents (m/s)	2.10	2.20	2.30	3.90	3.80	2.50	2.60	2.90	3.80	2.30	2.50	2.40	2.78

(Source : ONM Alger)

I.6.6. Le Sirocco :

Le siroco souffle à plusieurs reprises au cours de l'année, généralement à partir du mois de mai. Ce vent peut causer des dommages importants aux cultures, en particulier lorsqu'il

souffle avec force. Les régions du Nord et de l'Ouest sont particulièrement touchées par ce phénomène, avec une fréquence accrue en juillet sur les hautes terres de ces régions.

I.7. Calcul des indices Agro-météorologiques :

L'évaluation des indices Agro-météorologiques repose sur l'analyse de deux facteurs principaux : la pluviométrie et la température, qui déterminent le type de climat et son impact sur les plantes.

I.7.1. Indice d'aridité de Martonne (I_A) :

L'Indice d'aridité de De Martonne est calculé à l'aide de la formule suivante :

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

Où :

- **P** : précipitation moyenne annuelle (mm).
- **T** : température moyenne annuelle (°C)

Pour notre zone d'étude, nous avons : $i_A = \frac{167.1}{18.6+10} = 5.84$

Tableau I-7- : Classification du climat selon de Martonne

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

Notre zone d'étude présente donc un climat steppique très sec.

I.7.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger (Q) :

L'indice d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région, il est calculé comme suit :

$$Q = \frac{1000.p}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} \dots\dots\dots I.2$$

$$Q = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2}$$

- **P** : Moyenne de précipitation annuelle = 167.10 mm
- **M** : moyenne des températures maximales 312.45 (Kelvin).
- **m** : moyenne des températures minimales 273.15 (Kelvin).

On trouve :

- **Q = 14.52**, ce qui correspond à un étage bioclimatique Aride à hiver chaud.

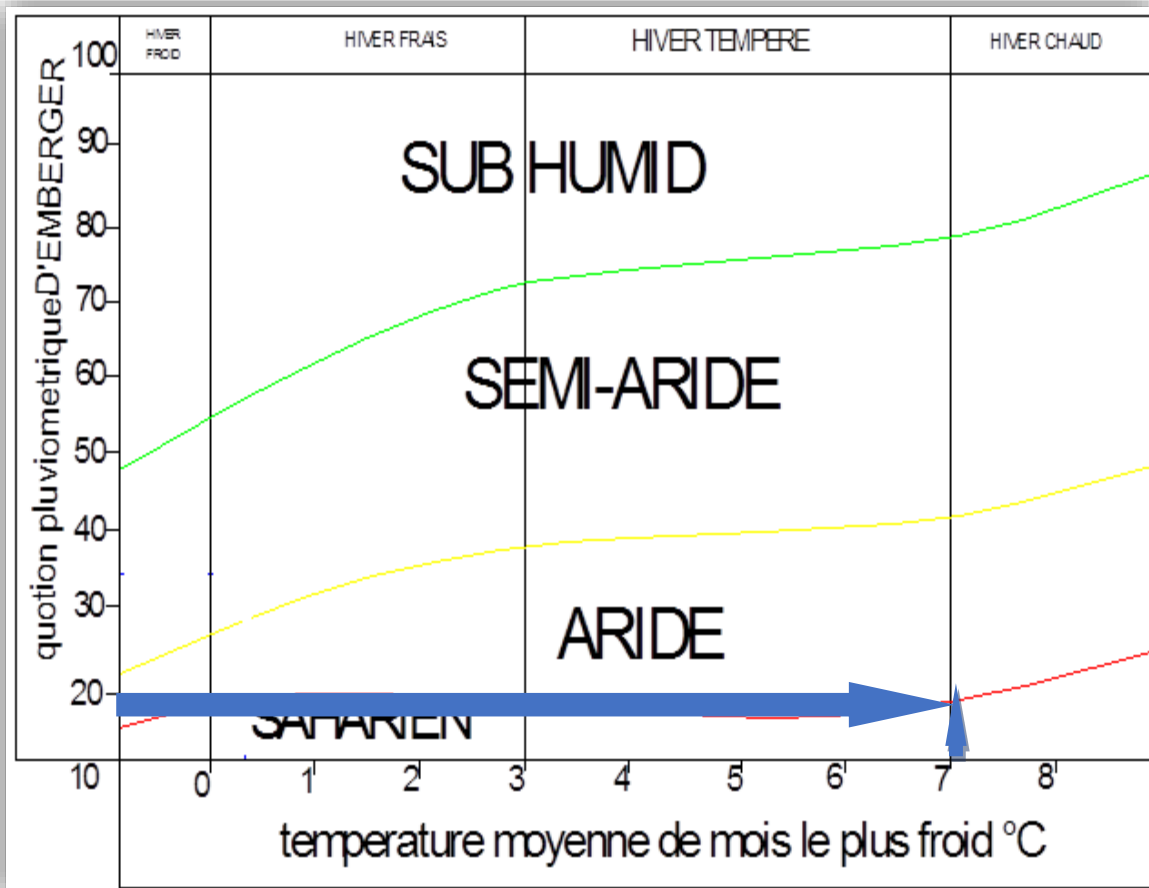


Figure I.7 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

I.7.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet d'identifier la période sèche de l'année en comparant les précipitations et les températures. Un mois est considéré comme sec lorsque les précipitations sont inférieures ou égales à deux fois la température ($P \leq 2T$), ce qui se traduit graphiquement par la courbe des précipitations en dessous de celle des températures. La saison sèche correspond à la période entre les points d'intersection des deux courbes.

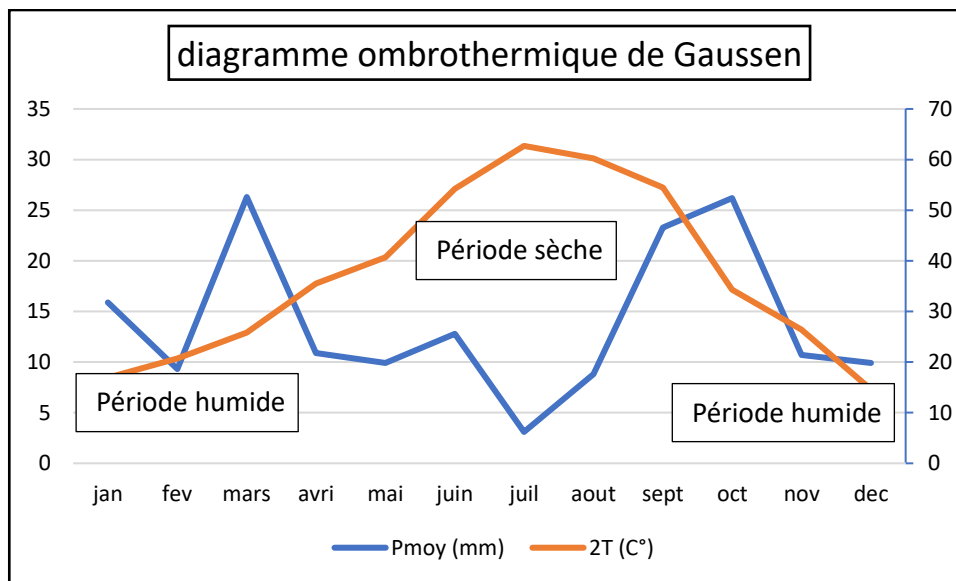


Figure I.8 : Diagramme ombrothermique de Gaussen.

Interprétation du graphe :

L'analyse du diagramme ombrothermique de Gaussen révèle que la zone étudiée connaît une période sèche durant la période entre le mois d'Avril et Septembre, et humide pendant les mois restants. Dans ces conditions, l'irrigation apparaît comme une nécessité pour soutenir les activités agricoles et végétales.

I.8. Analyse socio-économique :

L'agriculture est le secteur économique principal de la commune d'Oued M'zi, qui bénéficie de conditions climatiques favorables, de ressources en eau et en sol abondantes ainsi que d'une main-d'œuvre disponible.

Les périmètres agricoles de l'APFA (Accession à la Propriété Foncière Agricole) occupent la majorité des espaces cultivés (63%), avec une superficie de 45 344 ha attribuée à 8269 bénéficiaires dans la wilaya. L'économie agricole locale repose essentiellement sur la céréaliculture, les cultures maraîchères et les cultures pérennes.

Tableau I-8 : Les différentes cultures pratiquées dans la wilaya de Laghouat.

Cultures	Superficie (ha)	Production
Céréalière	8160	109.080
Maraichère dont Pdt	6135	868.320
	822	300.800
Fourragères	6760	628 .770
Arboricultures	6706	73.535

(DSPL, 2012)

L'analyse de la structure du cheptel régional révèle une prédominance de l'élevage ovin, qui représente 87,25 % du total, ce qui s'explique par la disponibilité de pâturages adaptés et la demande élevée pour la viande ovine sur le marché local. Les caprins occupent la deuxième place avec 10,7%, suivis des bovins avec 1,38%. Les élevages équins et camelins, bien que minoritaires, jouent néanmoins un rôle important dans certaines exploitations agricoles avec des parts respectives de 0,54% et 0,12% du cheptel total. Cette répartition reflète les potentialités et les contraintes de la région, notamment en termes de ressources pastorales et de marché.

❖ **Agriculture saharienne :**

L'agriculture saharienne est un secteur fondamental pour l'Algérie, contribuant significativement à la sécurité alimentaire nationale malgré les défis climatiques et hydriques. Les régions de Biskra, El Oued et Ghardaïa sont des producteurs majeurs de légumes et de pommes de terre essentiels pour l'alimentation du pays. Cette agriculture crée des emplois locaux, stimule l'économie rurale et valorise les ressources en eau souterraine. L'utilisation de l'énergie solaire pour l'irrigation offre un potentiel prometteur pour réduire les coûts énergétiques et soutenir ce secteur. Ainsi, l'agriculture saharienne joue un rôle vital dans le développement économique et la sécurité alimentaire de l'Algérie.

❖ **Importance de l'irrigation et drainage dans la zone de Laghouat**

L'irrigation est essentielle pour le développement agricole de la région de Laghouat, car elle permet de surmonter les défis du climat aride et de gérer efficacement les ressources en eau. Grâce à l'irrigation, les agriculteurs peuvent diversifier leurs cultures, augmenter leur rendement et contribuer à la sécurité alimentaire régionale. Cependant, pour que l'irrigation soit efficace et durable, il est également décisif de mettre en place un système de drainage adéquat.

Le drainage permet d'évacuer l'excès d'eau et de prévenir les problèmes de saturation des sols, de salinisation et de dégradation de la qualité des terres. En combinant les technologies avancées d'irrigation avec une gestion judicieuse de l'eau et un drainage efficace, Laghouat peut promouvoir un développement agricole durable, créer des opportunités économiques pour la population locale et préserver l'écosystème saharien.

I.9 Conclusion :

Ce chapitre a fourni une vue d'ensemble de la situation actuelle du périmètre de Seklafa situé dans la wilaya de Laghouat, cette wilaya est située aux portes du Sahara, elle présente des potentialités agricoles importantes. Les conditions naturelles de la zone ont été analysées, révélant un climat très sec avec des pluies faibles et une période sèche durant presque tous les mois de l'année. Pour développer l'agriculture dans cette zone, l'installation d'un système d'irrigation et de drainage est essentielle pour passer d'une agriculture traditionnelle à une agriculture moderne et intensive, générant ainsi un développement économique régional.

Chapitre II :

Etude Agro

pédologique

II.1 Introduction :

L'étude pédologique vise à caractériser les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol du terrain à exploiter. Les résultats de l'analyse permettent de classer le sol en fonction de ses caractéristiques et de ses contraintes, ce qui est essentiel pour déterminer son potentiel agricole. De plus, ces propriétés ont un impact direct sur l'irrigation, notamment sur les doses d'eau à apporter et la gestion des arrosages.

II.2 Ressource en sol :

L'étude des ressources en sol du périmètre de Seklafa, qui couvre une superficie de 1400 ha, vise à évaluer les potentialités des terres pour l'irrigation. Dans un projet de mise en valeur, plusieurs paramètres clés doivent être pris en compte, notamment :

- La profondeur du sol qui régit l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui influe sur la rétention de l'eau.
- Les caractéristiques chimiques, telles que le pH, la conductivité électrique (CE) et le rapport d'adsorption du sodium (SAR), qui conditionnent les possibilités culturales de la zone à irriguer.

II.3. Classification des sols :

La classification utilisée dans le cadre de la présente étude est celle de la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S, 1967). Cette classification repose sur la détermination d'unités hiérarchisées, comprenant des unités supérieures (classe, sous-classe, groupe, sous-groupe) et des unités inférieures (famille et série). Elle fournit un outil pratique pour évaluer les propriétés fonctionnelles des sols.

La prospection pédologique menée par l'INSID dans les communes d'Oued M'zi et Tadjoumte visait à déterminer la classe de sols présente dans ces zones.

II.4. Caractéristiques morphologiques :

Plusieurs profils de sol ont été analysés et résumés en un profil détaillé, désigné comme Profil n°1, dont les caractéristiques sont les suivantes :

❖ Les coordonnées : $X = 442\ 370.03$ $Y = 3\ 760\ 774.29$

- ❖ Date de description : 09/12/2022
- ❖ Topographie: plat
- ❖ Drainage de surface : bon
- ❖ Végétation: culture maraîchère vivrière et quelques arbres fruitière (Grandier, figuier, olivier)
- ❖ Unité géomorphologique : Terrasse alluviale
- ❖ Aspect de surface : dépôt de sable fin en surface
 - Le sol est décrit comme : Sol peu évolué, Xérique, D'apport alluvial, modal et profond

La description morphologique du profil est la suivante :

- **0 - 25 cm** : sec, brun clair, structure polyédrique massive, texture sableuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, bonne activité biologique, pas de charge caillouteuse, effervescence à l'HCL fort, limite nette.
- **25 - 75 cm** : sec, brun clair, structure polyédrique massive, texture sablo-limoneuse, porosité moyenne, peu compacte, activité biologique bonne, présence des fines radicelles, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte, limite nette.
- **75 - 150 cm** : sec, structure polyédrique fine, texture limono-sableuse, porosité moyenne, très compacte, couche mince de gravier et des fragments de roche, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte.

II.5. Analyse physico-chimique des sols :

Les analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire ont fourni des informations précieuses sur les propriétés de notre sol, notamment en termes de texture et de comportement hydrodynamique. Les résultats de ces analyses sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau N° II-1 : L'analyse des profils au laboratoire *Profil N° 28*

Horizon		P28 H1	P28 H2	P28 H3
Profondeurs (cm)		00 - 25 cm	25 - 75 cm	75 - 150 cm
N° Inscription		80	81	82
pH eau		7,92	7,84	8,13
pH Kcl		7,54	7,47	7,64
Gypse (%)		13,15	0	4,05
Calcaire total (%)		10,95	11,63	7,2
Calcaire actif (%)		5,01	5,32	3,29
Carbone (%)		0,11	0,21	0,038
Matière organique (%)		0,19	0,36	0,065
Azote total (%)		0,06	0,065	0,041
C/N		1,83	3,23	0,92
Phosphore (ppm)		0,96	0,97	1,23
Potassium (%)		0,04	0,039	0,045
CEC (meq+/100 grs sol)		20,05	21,29	13,18
Cations échangeables (meq+/100 grs sol)	K+	0,01	0,019	0,004
	Na+	2,07	1,3	1,26
	(Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	17,97	19,97	11,92
Conductivité électrique (dS/m)		0,67	0,54	0,21
Granulométrie (%)	A	0,4	1,2	2
	LF	11,5	10,13	0
	LG	30,4	29,4	0
	SF	26,2	25,2	98,1
	SG	33,2	30,1	2,1
Stabilité structurale (mm)		0,5	0,49	0,45
Densité réelle (g/cm ³)		1,5	1,53	1,45
Densité apparente (g/cm ³)		1,4	1,4	1,4
Perméabilité k (cm/h)		3,65	1,66	3,25

Coordonnées : $X = 442\ 370.03$ $Y = 3\ 760\ 774.2$

Source : Alger ONID 2022

II.5.1. Interprétations des résultats :

Pour optimiser l'utilisation de ces sols, il est recommandé de mettre en place des travaux de préparation spécifiques, tels que le routage croisé et l'épierreage, ainsi que l'apport d'amendements organiques pour améliorer la fertilité du sol. De plus, il est conseillé de choisir des cultures tolérantes au calcaire actif pour prévenir les risques de chlorose.

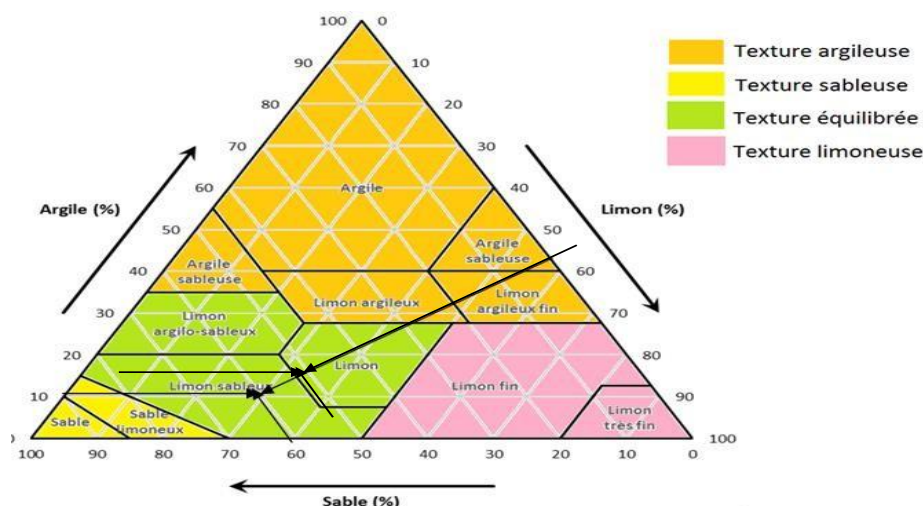


Figure II.1: Le triangle granulométrique du sol.

Caractéristiques physico chimiques des sols

Les résultats de l'analyse physico-chimique du sol sont les suivants :

- La texture des sols est généralement sableuse à limono-sableuse.
- La teneur en calcaire actif (CaCO_3) est d'environ 4,70 %.
- Le pH du sol varie entre 7,47 et 7,78, indiquant un sol légèrement alcalin.
- La teneur en matière organique est irrégulière, notamment dans le premier horizon où elle varie entre 0,065 % et 0,36 %.

II.5.2. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

Les sols sont définis par divers paramètres qui sont étroitement liés à leur structure et texture.

Tableau N° II-2 : Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Limoneux-sableux
La perméabilité mm/h	15
Densité apparente (g/cm^3)	1.4
Point de flétrissement (%)	9
Capacité au champ (%)	16

Source : Alger ONID 2022

II.6. Evaluation des aptitudes culturales des sols :

L'évaluation de l'aptitude culturale des sols vise à déterminer leur valeur agronomique pour les cultures, ce qui est essentiel pour guider les agriculteurs dans le choix des cultures appropriées. Cette évaluation repose principalement sur les caractéristiques morphologiques des sols, notamment leur profondeur, ainsi que sur leur position topographique, en supposant une disponibilité en eau d'irrigation de bonne qualité.

Les résultats de cette évaluation sont présentés dans le tableau suivant, qui résume les classes d'aptitude culturale pour le périmètre étudié.

Tableau N° II-3 : Les aptitudes culturales de chaque zone :

Zones		Zone I (thamad)	Zone II (les régions reste)
Aptitudes	Les cultures maraîchères	Bon : Tomate – Oignon – Pomme de terre – Carotte – Laitue – Ail – Pastèque- Melon – Haricot – Concombre- Citrouille – Pois- fèves- Asperge – Aubergine – Piment- Poivron Moyen : Choux fleur –Epinard	Bon : Artichaut – Tomate – Oignon - Pomme de terre – Carotte – Navet – Chou-fleur – Epinard – Laitue – Ail – Aubergine – pastèque – Melon – Piment Poivron – Haricot – Concombre – Pois –citrouille. Moyen : Asperge
	les cultures céréalières	Bon : Blé dur – Blé tendre – Orge – vesce avoine – Fétuque – Mélilot – Agropyrum	Bon : Blé dur – Blé tendre – Orge – vesce avoine – Fétuque – Mélilot – Agropyrum
	les cultures fourragères	Luzerne, Bersime, Sorgho, Ray-Grass.	Luzerne, Bersime, ray-grass,
	l'arboriculture fruitière	Moyen : Palmier dattier -Bon pour Amandier- Figuier Olivier-Grenadier	Moyen : Palmier dattier et bon pour Abricotier Amandier-Figuier Grenadier et Olivier.
Cultures industrielles		Très bon : Coton – Tournesol – Betterave sucrière – tabac – Menthe – Arachide	Très bon : Coton – Tournesol – Betterave sucrière – tabac – Menthe - Arachide

Source : Alger ONID 2022

II.6.1 Interprétations :

Étant donné les conditions agro-climatiques de la région étudiée et les besoins spécifiques de chaque type de culture, les sols de la zone de Seklafa présentent relativement peu de limitations. Cependant, certaines cultures arboricoles comme le pêcher et l'abricotier ne sont que moyennement adaptées à ce type de sol.

II.7. Ressources en eau :

Le périmètre de Seklafa sera alimenté par le barrage de Seklafa qui a une capacité de 42 millions de mètres cubes. Ce barrage est situé en aval du confluent de l'oued Chergui et de l'oued Seklafa. Les niveaux d'eau dans la retenue varient entre une cote maximale de 1032 et une cote minimale de 1028.

Tableau N° II-4 : Caractéristique du barrage Seklafa.

Type	Barrage poids en béton
Cote de Retenue Normale (RN)	1028 m
Cote des plus hautes eaux	1032 m
Volume mort (après 50 années)	10 M m ³
Volume total à la côte RN	42.1 M m ³
Volume régularisé pour l'irrigation	7 M m ³
Volume régularisé pour l'AEP	3 M m ³
Volume régularisé maximal	13 H m ³
Longueur de la crête	224.5 m
Hauteur maximale	47 m
Apport moyen annuel	13 Mm ³ /an
Prise d'eau	03

Source : Alger ANBT 2022

II.7.1 Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation :

Les principaux facteurs à vérifier pour étudier la qualité de l'eau sont :

- ✓ Risque de Salinité.
- ✓ Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR).
- ✓ Toxicité.

a. Risques dus à la salinité :

Un excès de sel dans la zone racinaire peut avoir des effets néfastes sur les végétaux et le sol, entraînant une baisse des rendements et potentiellement une stérilisation du sol à long terme. La salinité est mesurée soit par la concentration en sel (en g/L), soit par la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (ECi) exprimée en (mmhos/cm) ou (mS/cm).

Le tableau suivant présente la classification américaine des risques liés à la salinité de l'eau d'irrigation.

Tableau II.5 Risque d'irrigation en fonction de la salinité

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

b. Risques d'alcalinisation :

Le sodium échangeable (Na^+) a une incidence marquée sur les propriétés physiques et chimiques des sols. Lorsque sa concentration augmente, le sol tend à se disperser, ce qui entraîne une dégradation de sa structure. En conséquence, le sol devient dur et compact lorsqu'il est sec, réduisant ainsi l'infiltration de l'eau et de l'air.

Le risque d'alcalinisation d'une eau d'irrigation est évalué par le SAR (Sodium Absorption Ratio), Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Le SAR est calculé à l'aide de l'équation suivante :

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

Avec :

- Na : Sodium en meq. /L
- Ca: Calcium en meq. /L
- Mg: Magnésium en meq. /L

Dans ce cas, le calcul du SAR donne :

$$SAR = 44 / \left(\frac{\sqrt{87+21}}{2} \right) = 5,98$$

Tableau II.6 : Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR

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	$AR > 26$	Risque très élevé

Discussion des analyses :

Selon les résultats obtenus, les caractéristiques de l'eau sont les suivantes : -

- ✓ La conductivité électrique est de 672 $\mu\text{mhos/cm}$.
- ✓ Le SAR est de 5,98, ce qui indique un risque faible de salinité et un risque nul d'alcalinisation. Ces résultats classent l'eau dans la catégorie C2-S1, considérée comme de bonne qualité pour l'irrigation.

Les eaux de cette classe sont adaptées aux zones non salines et peuvent être utilisées pour l'irrigation de cultures variées dans des conditions normales.

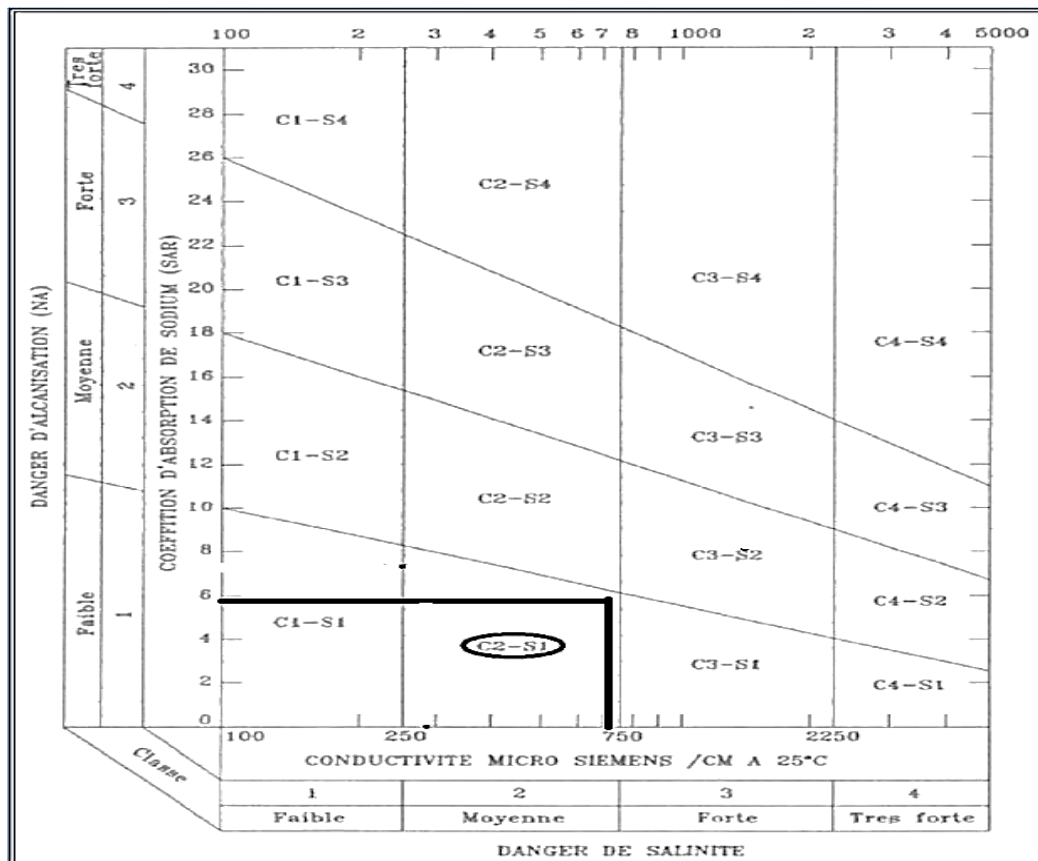


Figure II.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

II.8. Calcul de la pluie de projet :

II.8.1. Description de la station pluviométrique

La quantification des pluies mensuelles et l'identification des périodes sèches et humides sont essentielles pour planifier efficacement l'irrigation. Les données collectées permettent d'optimiser l'utilisation de l'eau et d'assurer une gestion précise des ressources hydriques.

Tableau II. 7 : caractéristiques principales de la station pluviométrique de l'ANRH Alger.

Nom de la station	Code	Les coordonnées		Altitude(m)	Période d'observation	Nombre D'observation
Seklafa	060104	X=467.5	Y=378.5	Z=995	1967 - 2018	53

Source : Alger ANRH 2022

II.8.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle

Les précipitations représentent un facteur important dans un projet d'irrigation. La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de Seklafa.

Tableau II. 8: Pluies moyennes mensuelles

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1970	15,8	0	0	10,3	23,2	0	12,6	6,9	17,1	0	13,5	0	99,4
1971	0	9,5	66,9	25,4	16	14,5	42,2	7,4	11	15,5	10,8	13,9	233,1
1972	15,3	40,5	20,3	3,6	4	7,2	16,3	17,8	3,4	18,3	0,4	2,9	150
1973	6,3	0,7	37,7	20,4	0,8	22,1	55,3	45,4	7,1	73,5	5,9	0	275,2
1974	5,9	13	4,8	0,4	0,8	21,1	55,3	51,4	160,4	0	0	0	313,1
1975	22,5	3,8	9	86,6	0	152	60	3,5	26,7	38,8	40,9	12,6	456,4
1976	54,8	26,1	9,6	6,2	18,9	1,7	3,4	0,1	25,9	0	0	20,1	166,8
1977	9,4	2,6	27	0,4	6,6	0	0	0	8,3	8,6	0	0	62,9
1978	6,5	30,7	0	0,7	44,8	12,8	4,6	4,6	4,8	15,6	0	0	125,1
1979	58,1	5,2	0	6,6	5	30,4	57,1	12,8	2,6	0	0	0	177,8
1980	21,6	0	59	0	0	27	4,5	16,6	0	19,7	0	0	148,4
1981	107,6	13,8	0	7	43	29,7	2	69,3	3,5	0	0	0	275,9
1982	11,4	40	20,5	0	0	3,2	0	4,5	0	0	0	0	79,6
1983	11,4	7	0	0	0	0	0	0	32,2	13,5	0	0	64,1
1984	0	11,8	2,1	0,7	21,4	0	2,3	0	32,2	0	1	1,9	73,4
1985	0	2,7	22,1	11	14,9	7,7	90,4	1,1	13,5	0	0	7,5	170,9
1986	3,5	47,6	40,7	2,5	19,4	1,5	6,5	10,7	0	0	1,5	1	134,9
1987	0	0	9,4	5,2	1	0,8	0	7,3	11,5	26,6	0	2,5	64,3
1988	8,8	0	6,4	0	0	0	1	0	6,5	0	4,8	0	27,5
1989	0	0	2,4	0	40,2	0	2,6	16,1	47	0	0	0	108,3
1990	4	0	3,8	0	0	29,5	47,2	8,5	9	0	0	7,5	109,5
1991	27,2	57,7	4,3	29,1	12,8	6,3	31,6	4,4	23,3	0	9,2	0	205,9
1992	4,2	0	23,4	0,3	0,4	17,9	17,3	1,2	17,2	0	12,4	13,5	107,8
1993	4,1	0,3	3,3	0,5	17,7	0,8	23,3	0,2	0	9,3	0	11,2	70,7
1994	49,8	115,9	4,9	0,2	1,4	10,9	25,2	8,6	2,2	26,1	0,6	17,2	263
1995	21,5	79,2	0,6	13,1	23,5	16,4	83,2	8,7	21,6	40	3,3	6,8	317,9
1996	10	0	0	12	13,9	0,7	5,1	55,4	5	1,5	1	54,5	159,1
1997	68	21,2	18,7	8,9	6,5	11,8	4,4	14,5	13,6	7,6	0	18,1	193,3
1998	23	0	0	2,7	65,9	27,1	36,7	0,3	0,2	14,6	19,3	8,5	198,3
1999	29,2	6,3	11,1	50,2	0	0	0,7	0,7	6,2	10,3	5	0	119,7
2000	15,6	30,8	0,5	0,6	10,6	3,5	0,9	1,1	3,8	0,2	3,2	35,6	106,4
2001	26,6	17,2	2,7	12	8,1	0,6	0,6	22,7	12,9	0	0	35	138,4
2002	1,5	7,3	10,2	0,5	17,1	2,1	3,7	4,1	11,8	9,5	9,3	3,9	81
2003	2,6	73,1	15,8	13,9	0,2	16	26,1	36,8	30,4	13,5	21,7	16,7	266,8
2004	1,3	18,5	0,6	42,8	0	12	0,2	0,4	0,8	10,5	10,2	0,8	98,1
2005	57,6	33,4	5,4	9,4	23	6,7	0,9	15,8	56,6	2,9	9,4	2,4	223,5
2006	20	2	13,5	31,9	5	7,7	19,3	38,5	2,8	0	4	18,7	163,4
2007	17,5	28,2	4,4	3,3	0	23,1	2,4	0,7	10,5	13,5	0	8,1	111,7
2008	37,9	76,1	0	0	21,5	7,1	27,6	12,6	2,8	6,5	7,6	30,7	230,4
2009	117,9	0	0,8	2,6	13,1	25	3,3	12,9	17,6	9,1	5,9	12,3	220,5
2010	53,6	11,1	3,1	0,7	4,7	0,8	18	43,8	20,2	24,4	20,4	2,7	203,5
2011	14,8	17,6	11,1	2	10,2	2,9	28	3,3	6,2	17,5	13,6	2,3	129,5
2012	5,2	46,2	26,2	0	21,5	29,5	6	19,5	4,5	0	6	4,5	169,1
2013	20	6	3	34	13,5	9,5	20	0	27,5	20,5	4,5	5,5	164
2014	20	0	38	9,5	10	34	3,5	5	7	9,5	0	21,5	158
2015	20	3	19	4,5	8,5	28,5	2,4	5,5	6,55	0,4	0	2	100,35
2016	4,2	2	0,8	0,9	7,9	23	1,3	6	6,1	4,3	0	2,3	58,8
2017	7,5	15,5	2,5	0	8,9	9,3	22,5	12,5	63,3	6,2	23,8	83,8	255,8
2018	36,3	56,6	17,7	0	3,7	2,1	17,3	23,9	3,5	0	0	51,1	212,2

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II. 9: Caractéristiques de la série pluviométrique.

Moyenne	164 ,16(mm)
Écart type	83,447
Cv	0,50833
Pmin	27,5(mm)
Pmax	456,4(mm)

II .8.3 Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Le test de Mood permet de vérifier l'homogénéité d'une série de données pluviométriques, cette méthode repose sur le procédé suivant :

1. On classe les données par ordre croissant et on détermine la médiane (M).
2. On remplace chaque valeur par un signe "+" si elle est supérieure à M et "-" si elle est inférieure.
3. On calcule deux quantités :
 - **Ns** : le nombre total de séries de "+" ou "-" consécutifs.
 - **Ts** : la longueur de la plus longue série de "+" ou "-".

Les conditions du test sont les suivantes : Ns : nombre totale de séries de + ou de – Les conditions du test sont suivantes :

$$1/2 (N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < Ns < 1/2(N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1}) \dots\dots\dots \text{II.2}$$

$$Ts < 3.3 (\log_{10} N + 1) \dots\dots\dots \text{II.3}$$

Dans les cas de notre série :

Tableau II.10 : Paramètres du test d'homogénéité

Les conditions		
N	49	
U		
Ns	19	
Ts	5	
condition Ts	5,60660101	4
condition Ns	18,0703535	14
condition Ns inf	31,9296465	
La moyenne	164,158163	
écart type	83,4470287	
médiane M	158	

On a :

$$0,5 \times (49 + 1 - 1,96 \times \sqrt{(49 + 1)}) = 18,07 < N_s \text{ et } 0,5 \times (49 + 1 + 1,96 \times \sqrt{(49 + 1)}) = 31,92$$

Et d'autre part : $3,3 \log_{10} (49 + 1) = 5,60 > T_s$

Le test d'homogénéité est vérifié, ce qui signifie que la série de données pluviométriques est homogène.

II.8.4 Ajustement de la série pluviométrique :

L'ajustement des séries pluviométriques est réalisé à l'aide de lois statistiques telles que :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Gibrat-Galton ou loi log normale.

Ces deux lois de probabilité continues dépendent de deux paramètres : son espérance μ et son écart type σ . Le logiciel **HYFRAN** est utilisé pour appliquer ces lois et obtenir les meilleurs ajustements possibles pour les données pluviométriques.

II.8.5 Ajustement à la loi log-normale :

La méthode consiste à transformer les données pluviométriques en échelle logarithmique du (log-normal), ce qui permet d'obtenir une relation linéaire. L'équation de la droite est donnée par :

$$\text{Ln}(X_p \%) = \text{Ln}(X) + \delta \text{Ln} \times U_p \% \dots\dots\dots \text{II.4}$$

Où :

- Ln désigne le logarithme népérien
- $X_p\%$ est la précipitation probable à $p\%$
- $\text{Ln}(X)$ est la moyenne des logarithmes des précipitations observées
- δLn est la variance des logarithmes des précipitations observées, calculé comme suit :

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \underline{\text{Ln}(X)}]^2} \dots\dots\dots \text{II.5}$$

Si $n < 30$ et

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \underline{\text{Ln}(X)}]^2} \dots\dots\dots \text{II.6}$$

1 Si $n > 49$

- $U_p\%$: variable réduite de Gauss.

Tableau II.11 : Résultat de l'ajustement à la loi log-normale avec HYFRAN.

P. retour T (ans)	L'écart type	Freq. Non Dépassement	Quantile (mm)	Intervalle de confiance
5	20.529	0,8	227.03	186.78-267.27
2.0	11.146	0.5000	143.83	121.97-165.68
1.25	8.24	0.2000	91.115	74.96-107.27

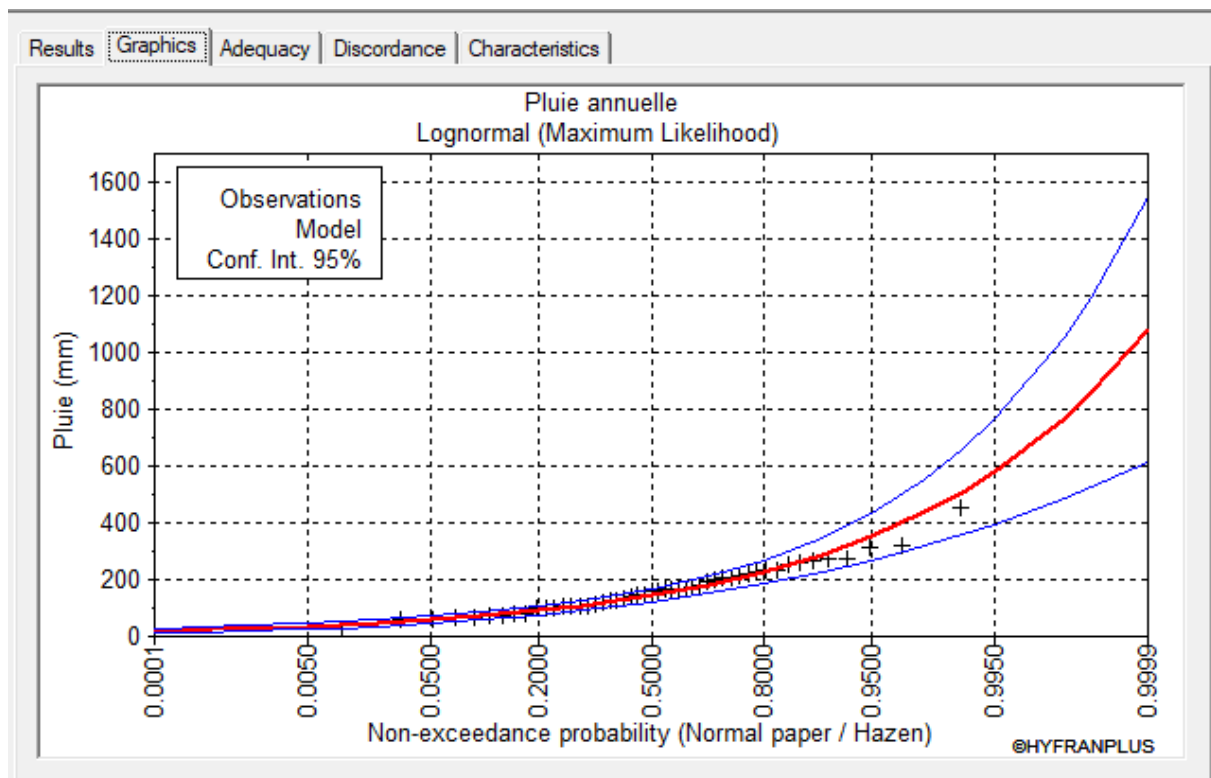


Figure II.3: courbe d'ajustement des pluies à la loi log-normal

Nous avons utilisé le logiciel HYFRAN pour effectuer les calculs.

II.8.6 Ajustement à la loi normale :

La fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad \text{..... II.7} \quad \text{Avec : } u = \frac{X-x}{\sigma}$$

X : Moyenne / σ : L'écart type

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station d'El-Milia obtenus par le logiciel HYFRAN sont présentés ci-dessous.

Le tableau suivant détaille les résultats des calculs effectués avec HYFRAN :

Tableau II.12 : Résultat de l'ajustement à la loi Normale (Hyfran)

P. retour T (ans)	L'écart type	Freq. Non Dépassement	Quantile (mm)	Intervalle de confiance
5	13.909	0,8000	234.38	207.11-261.64
2.0	11.921	0.5000	164.16	140.79-187.53
1.25	13.909	0.2000	93.94	66.67-121.21

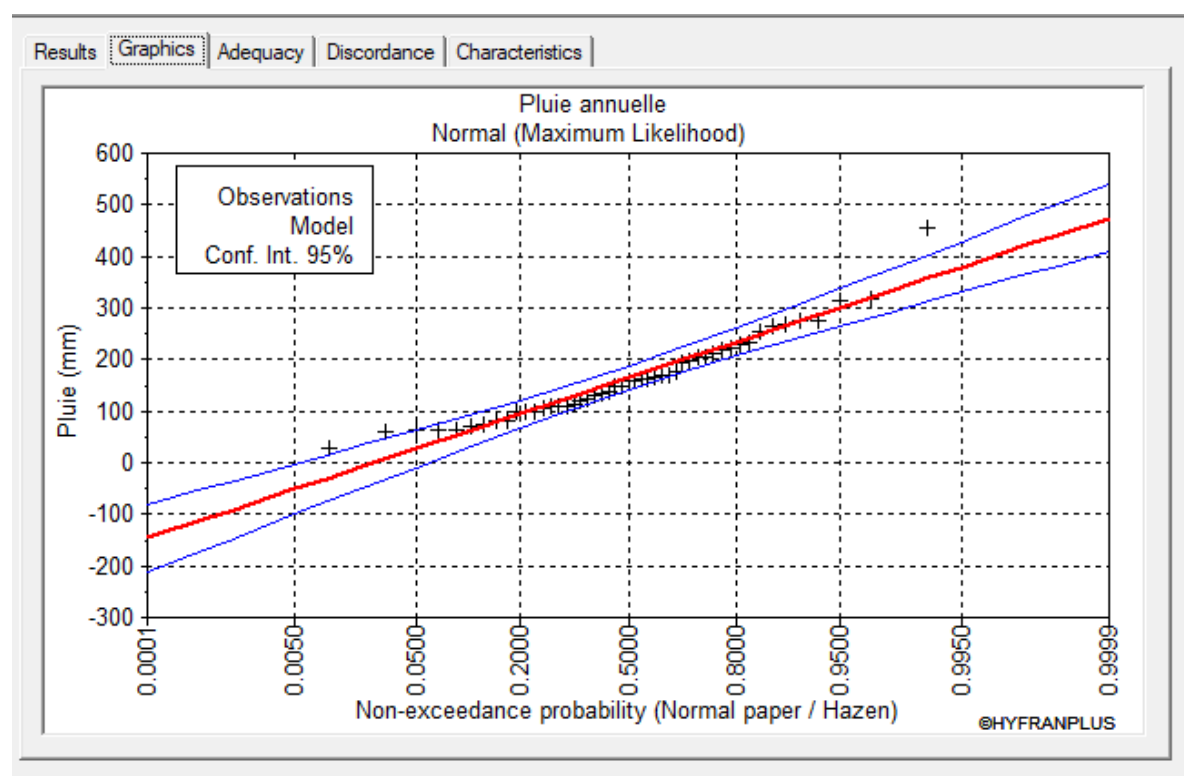


Figure II.4: courbe d'ajustement des pluies à la loi normale.

Test de validité d'un ajustement :

Après avoir ajusté les lois statistiques, il est nécessaire de comparer leur adéquation pour déterminer la meilleure. Le test du Khi-carré (χ^2) est couramment utilisé pour évaluer la qualité de l'ajustement entre une distribution théorique et une distribution expérimentale.

Les résultats obtenus avec le logiciel HYFRAN sont les suivants :

- Loi normale : χ^2 calculé = 8.49 Avec 6 degrés de liberté et 9 classes,
- Loi log-normale : χ^2 calculé = 9.96 Avec 6 degrés de liberté et 9 classes, les résultats montrent que χ^2 calculé est inférieur à χ^2 théorique pour les deux lois, indiquant un ajustement correct avec une probabilité de 95% (1- α).

Selon le test du Khi-carré, la loi log-normale présente un meilleur ajustement pour la série des pluies annuelles de la station de Seklafa.

Détermination de l'année de calcul :

L'objectif principal de la détermination de l'année de calcul est de déterminer la quantité de pluie exploitable par les plantes, qui correspond à une fraction de la pluie efficace, notamment la pluie de probabilité 80%. Pour calculer la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%, on utilise la formule suivante :

$$P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} \dots\dots\dots \text{II.8}$$

Avec :

- $P_{80\%}^{sec}$: la précipitation mensuelle de l'année de calcul
- $P_{moy.i}$: La précipitation moyenne mensuelle
- $P_{80\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%
- $P_{50\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 50%

D'après les résultats de l'ajustement par la loi normale on obtient :

- $P_{an50\%}$ = 143.83 mm.
- $P_{an80\%}$ = 91.15 mm.

Les pluies de fréquence 80% calculées selon la loi log-normale sont présentées ci-dessous.

Tableau II.13: La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%

MOIS	sept	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	aout
Pmoy (mm/mois)	22,04	20,00	11,90	9,64	12,03	14,21	18,26	13,12	16,46	9,95	5,49	11,01
Pmoy80%(mm/mois)	13,97	12,67	7,54	6,11	7,62	9,01	11,57	8,31	10,43	6,31	3,48	6,98

II.9 Conclusion :

Ce chapitre a porté sur l'évaluation des ressources en sol et en eau nécessaires pour un projet de drainage dans la région étudiée.

Les analyses agro-pédologiques et physico-chimiques des sols ont révélé des propriétés favorables pour l'exploitation agricole du périmètre. Par ailleurs, l'eau du barrage de Seklafa présente une faible salinité, ce qui la rend adaptée à l'irrigation.

Les analyses et le diagramme de classification de l'eau ont confirmé sa qualité, essentielle pour assurer la faisabilité et le succès du projet d'irrigation, en favorisant le développement des cultures et l'optimisation des rendements agricoles.

Chapitre III :

Estimation

des besoins

III.1 Introduction :

Comme tout être vivant, la plante dépend de l'eau pour assurer sa croissance et son développement. Ainsi, toute culture a des besoins hydriques spécifiques qu'il est impératif de satisfaire, en particulier durant les périodes où l'évapotranspiration atteint des niveaux élevés. Pour répondre à ces besoins, l'irrigation constitue le principal moyen d'apport en eau. Toutefois, la totalité de l'eau appliquée n'est pas absorbée par la plante : une partie s'évapore, tandis qu'une autre s'infiltre en profondeur (percolation). Cette eau percolée, qui excède la capacité utile du sol, doit alors être évacuée par un système de drainage adéquat.

III.2 Besoins en eau du périmètre

Le terme « besoins en eau d'une culture » est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à la croissance naturelle et optimale de la culture pour obtenir un rendement maximal.

Les besoins en eau d'irrigation sont calculés par la relation suivante :

$$B = ETM - (P_{eff} + K \cdot RFU_{i-1}) \dots\dots\dots III.1$$

Avec :

- **B** : besoin en eau d'irrigation (mm).
- **E.T.M** : évapotranspiration (mm/mois).
- **P_{eff}** : pluie efficace
- **RFU** : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures.

III.2.1 L'évapotranspiration

C'est la quantité d'eau perdu sous forme de vapeur à partir d'une surface de couverture végétale, exprimé en m³/ha/jour, en m³/ha/mois, en m³/ha/an, ou en mm/j

➤ **L'évapotranspiration de référence (ET0) :**

L'évapotranspiration de référence (ET0) est définie comme le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 cm et 15 cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive. La valeur de ET0 est calculée par deux méthodes :

- **Méthodes directes** : en utilisant les appareils de mesures.
- **Méthodes indirectes** : en utilisant les formules empiriques.

Il existe beaucoup de formules empiriques pour estimer la valeur de l'ET₀, comme la formule de Turc (1960), la formule de Penman, Formule de Thornthwaite (1948), Formule de Blaney- Criddle (1959).

La formule qu'on va utiliser est la formule de Penman- Monteith.

➤ **L'évapotranspiration Maximale (ETM) ou Besoins en eau des cultures (ETc):**

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration, c'est une valeur qui varie pendant la période de végétation.

L'évapotranspiration maximale se calcule comme suit :

$$ETM = K_c \times ET_0 \quad \dots\dots\dots \text{III.2}$$

Avec :

- **K_c** : Le coefficient cultural. Il dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.
- **ET₀** : Evapotranspiration de référence.
- **Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET₀) par la formule Penman-Monteith :**

Le calcul de l'évapotranspiration de référence (ET₀) se base sur la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,34 u_2)} \quad \dots\dots\dots \text{III.3}$$

Avec :

- **ET₀** : évapotranspiration de référence [mm jour-1]
- **R_n** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m-2 jour-1]
- **G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m-2 jour-1]
- **T** : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- **u₂** : Vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s-1]
- **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]
- **γ** : Constante psychrométrique [kPa °C-1]
- **Δ** : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1]

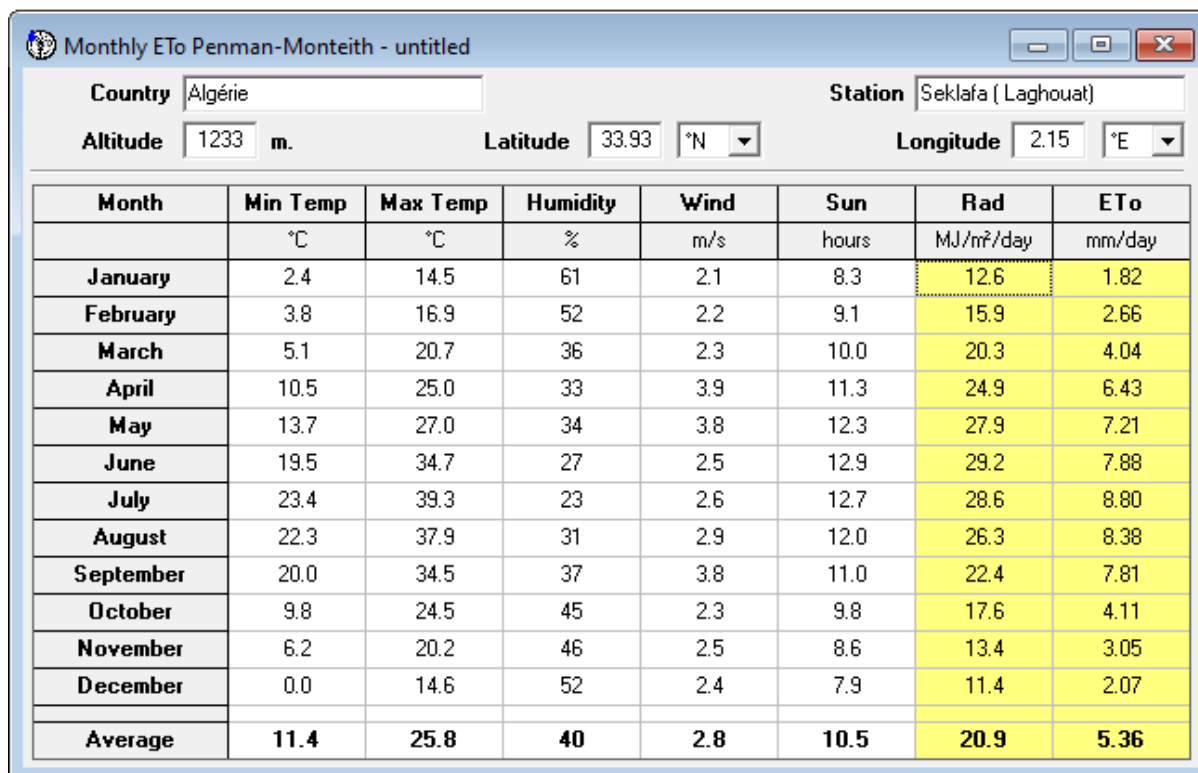
Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel **CROPWAT** version **8.0**, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Seklafa.

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

Le tableau suivant présente l'évapotranspiration de référence (ET₀), calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT 8.0**.

➤ **Logiciel CROPWAT 8.0 :**

CROPWAT 8.0 est un logiciel développé par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), conçu pour l'estimation des besoins en eau des cultures et la planification de l'irrigation. Il permet de simuler différents scénarios d'irrigation en tenant compte des données climatiques (température, précipitations, humidité), des caractéristiques du sol, ainsi que des stades de développement des cultures. Grâce à son interface simple et ses fonctionnalités puissantes, CROPWAT 8.0 est largement utilisé dans les projets agricoles pour optimiser la gestion de l'eau, améliorer les rendements et limiter les pertes hydriques.



Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ET ₀ mm/day
January	2.4	14.5	61	2.1	8.3	12.6	1.82
February	3.8	16.9	52	2.2	9.1	15.9	2.66
March	5.1	20.7	36	2.3	10.0	20.3	4.04
April	10.5	25.0	33	3.9	11.3	24.9	6.43
May	13.7	27.0	34	3.8	12.3	27.9	7.21
June	19.5	34.7	27	2.5	12.9	29.2	7.88
July	23.4	39.3	23	2.6	12.7	28.6	8.80
August	22.3	37.9	31	2.9	12.0	26.3	8.38
September	20.0	34.5	37	3.8	11.0	22.4	7.81
October	9.8	24.5	45	2.3	9.8	17.6	4.11
November	6.2	20.2	46	2.5	8.6	13.4	3.05
December	0.0	14.6	52	2.4	7.9	11.4	2.07
Average	11.4	25.8	40	2.8	10.5	20.9	5.36

Figure III.1: Calcul de l'évapotranspiration par Cropwat 8.0.

III.3 La pluie efficace :

Il s'agit de la fraction des précipitations totales effectivement utilisée par la culture, en fonction de la nature des pluies et du type de sol. Dans notre zone d'étude, en raison de la faible rétention des sols sableux et de la variabilité mensuelle importante des précipitations, la pluie utile est souvent considérée comme négligeable.

III.4. Calcul de la réserve en eau du sol :

RFU : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures.

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

$$RFU = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \quad \dots\dots\dots (III.4)$$

Avec :

- **H_{cc}** : Humidité à la capacité aux champs (25%)
- **H_{pf}** : Humidité au point de flétrissement (15%)
- **D_a** : densité apparente (1.4)
- **Y** : degré de tarissement (2/3)
- **Z** : profondeur d'enracinement en mm.

La réserve en eau du sol du mois i-a est égal à :

$$R_s = K \times RFU_{(i-1)} \quad \dots\dots\dots III.5$$

K est coefficient = 1 ou 1/2 , 1/3 ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle.

Dans notre cas, La réserve en eau du sol i-1 est considérée comme nulle vu que la région est aride et le sol relativement limoneux-sablonneux

III.5. Choix des cultures

Le choix des cultures à implanter repose sur l'analyse de plusieurs paramètres essentiels, parmi lesquels :

- Les caractéristiques climatiques de la région concernée,
- La nature du sol et les contraintes pédologiques éventuelles,
- La disponibilité des ressources en eau,
- Ainsi que la vocation agroéconomique de la zone et les contraintes socio-économiques locales.

Ces facteurs doivent être étudiés de manière intégrée pour assurer une sélection culturelle cohérente et durable.

III.5.1 Les cultures proposées

Les cultures proposées sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : Cultures proposé pour le périmètre Seklafa.

Céréalicultures	Cultures maraîchères	Cultures arboricoles
Blé dur	Pomme de terre	Olivier
Blé tendre	Tomate	Grenadier
Orge	Carotte	Amandier
	Oignon/Ail	
	Courgette	

III.5.2 Assolements/rotation des cultures :

L'assolement désigne la pratique agricole qui consiste à alterner différentes cultures sur une même parcelle au fil des saisons. Son objectif principal est de préserver, voire améliorer la fertilité du sol, tout en limitant l'épuisement des nutriments et en réduisant les risques liés aux maladies et parasites spécifiques à une culture donnée.

L'assolement peut également être appréhendé comme une forme de diversification spatiale des cultures, correspondant à la répartition simultanée de cultures variées sur plusieurs parcelles d'un même territoire. Cette stratégie vise à optimiser l'utilisation des ressources naturelles et à renforcer la résilience des systèmes agricoles.

Tableau III.2 : Assolement proposé pour le périmètre Seklafa.

Assolement 1	Assolement 2
Blé dur	Tomate
Oignon/Ail, Carotte	Blé tendre
Orge	Courgette
Pomme de terre	Blé dur

III.5.3 Calendrier d'occupation du sol :

Tableau III.3 : Calendrier d'occupation des sols.

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé dur		←									→	
Blé tendre			←							→		
Orge		←									→	
Pomme de terre						←				→		
Tomate							←				→	
Oignon vert		←					→					
Ail		←					→					
Carotte	←				→							
Courgette								←				→

III.5.4 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Tableau III.4 : Calcul des besoins en eau de blé dur et le blé tendre

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m³/ha)
Sep	234,29				
Oct	127,5	0,3	38,25	38,25	382,50
Nov	91,63	0,4	36,65	36,65	366,52
Dec	64,32	0,7	45,02	45,02	450,24
Jan	56,46	0,8	45,17	45,17	451,68
Fev	74,52	0,85	63,34	63,34	633,42
Mar	125,16	0,9	112,64	112,64	1126,44
Avr	192,94	1,15	221,88	221,88	2218,81
Mai	223,39	0,9	201,05	201,05	2010,51
Juin	236,42	0,5	118,21	118,21	1182,10
Juil	272,65				
Aout	259,78				

Tableau III.5: Calcul des besoins en eau de l'orge.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29				
Oct	127,5	0,3	38,25	38,25	382,50
Nov	91,63	0,4	36,65	36,65	366,52
Dec	64,32	0,6	38,59	38,59	385,92
Jan	56,46	0,7	39,52	39,52	395,22
Fev	74,52	0,75	55,89	55,89	558,90
Mar	125,16	0,8	100,13	100,13	1001,28
Avr	192,94	1,1	212,23	212,23	2122,34
Mai	223,39	0,9	201,05	201,05	2010,51
Juin	236,42	0,4	94,57	94,57	945,68
Juil	272,65				
Aout	259,78				

Tableau III.6: Calcul des besoins en eau de pomme de terre.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29				
Oct	127,5				
Nov	91,63				
Dec	64,32				
Jan	56,46				
Fev	74,52				
Mar	125,16	0,5	62,58	62,58	625,80
Avr	192,94	0,85	164,00	164,00	1639,99
Mai	223,39	1,15	256,90	256,90	2568,99
Juin	236,42	1,05	248,24	248,24	2482,41
Juil	272,65	0,4	109,06	109,06	1090,60
Aout	259,78				

Tableau III.7: Calcul des besoins en eau de tomate.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29				
Oct	127,5				
Nov	91,63				
Dec	64,32				
Jan	56,46				
Fev	74,52				
Mar	125,16	0,6	75,10	75,10	750,96
Avr	192,94	0,9	173,65	173,65	1736,46
Mai	223,39	1,1	245,73	245,73	2457,29
Juin	236,42	1,1	260,06	260,06	2600,62
Juil	272,65	0,6	163,59	163,59	1635,9
Aout	259,78				

Tableau III.8: Calcul des besoins en eau de carotte.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29				
Oct	127,5	0,8	102	102	1020
Nov	91,63	1	91,63	91,63	916,3
Dec	64,32	1,1	70,752	70,752	707,52
Jan	56,46	1	56,46	56,46	564,6
Fev	74,52	0,85	63,342	63,342	633,42
Mar	125,16				
Avr	192,94				
Mai	223,39				
Juin	236,42				
Juil	272,65				
Aout	259,78				

Tableau III.9: Calcul des besoins en eau de l'oignon vert et l'Ail.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29				
Oct	127,5				
Nov	91,63	0,7	64,14	64,14	641,41
Dec	64,32	0,7	45,02	45,02	450,24
Jan	56,46	0,8	45,17	45,17	451,68
Fev	74,52	1	74,52	74,52	745,2
Mar	125,16	0,95	118,90	118,90	1189,02
Avr	192,94				
Mai	223,39				
Juin	236,42				
Juil	272,65				
Aout	259,78				

Tableau III.10: Calcul des besoins en eau de courgette.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29				
Oct	127,5				
Nov	91,63				
Dec	64,32				
Jan	56,46				
Fev	74,52				
Mar	125,16	0,45	56,32	56,32	563,22
Avr	192,94	0,6	115,76	115,76	1157,64
Mai	223,39	0,9	201,05	201,05	2010,51
Juin	236,42	1,05	248,24	248,24	2482,41
Juil	272,65	0,8	218,12	218,12	2181,2
Aout	259,78				

Tableau III.11: Calcul des besoins en eau de l'olivier.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29	0,7	164,00	164,00	1640,03
Oct	127,5	0,6	76,50	76,50	765,00
Nov	91,63	0,5	45,82	45,82	458,15
Dec	64,32	0,5	32,16	0	0
Jan	56,46	0,5	28,23	0	0
Fev	74,52	0,5	37,26	0	0
Mar	125,16	0,55	68,84	68,84	688,38
Avr	192,94	0,6	115,76	115,76	1157,64
Mai	223,39	0,6	134,03	134,03	1340,34
Juin	236,42	0,7	165,49	165,49	1654,94
Juil	272,65	0,7	190,86	190,86	1908,55
Aout	259,78	0,7	181,85	181,85	1818,46

Tableau III.12: Calcul des besoins en eau de grenadier.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29	0,75	175,72	175,72	1757,18
Oct	127,5	0,55	70,13	70,13	701,25
Nov	91,63	0,55	50,40	0	0
Dec	64,32	0,55	35,38	0	0
Jan	56,46	0,55	31,05	0	0
Fev	74,52	0,65	48,44	0	0
Mar	125,16	0,65	81,35	81,35	813,54
Avr	192,94	0,65	125,41	125,41	1254,11
Mai	223,39	0,65	145,20	145,20	1452,04
Juin	236,42	0,75	177,32	177,32	1773,15
Juil	272,65	0,75	204,49	204,49	2044,88
Aout	259,78	0,75	194,84	194,84	1948,35

Tableau III.13: Calcul des besoins en eau de l'amandier.

Mois	ETP	Kc	ETM (mm)	Besoins (mm)	Besoins (m ³ /ha)
Sep	234,29	0,6	140,57	140,57	1405,74
Oct	127,5	0,5	63,75	63,75	637,5
Nov	91,63	0,4	36,65	36,65	366,52
Dec	64,32	0,4	25,73	0	0
Jan	56,46	0,4	22,58	0	0
Fev	74,52	0,4	29,81	29,81	298,08
Mar	125,16	0,6	75,10	75,10	750,96
Avr	192,94	0,7	135,06	135,06	1350,58
Mai	223,39	0,7	156,37	156,37	1563,73
Juin	236,42	0,8	189,14	189,14	1891,36
Juil	272,65	0,85	231,75	231,75	2317,53
Aout	259,78	0,9	233,80	233,80	2338,02

III.6 Calcul des besoins en eau des assolements :

- **Assolement 1**

Tableau III.14: Besoin en eau de l'assolement 1 (m³/ha).

Mois	Blé dur	Ail+ oignon	Pomme de terre	Carotte	Orge	Amandier	Grenadier	Olivier
Sept						1405,74	1757,18	1640,03
Oct	382,50			1020	382,5	637,5	701,25	765,00
Nov	366,52	641,41		916,3	366,52	366,52	0	458,15
Déc	450,24	450,24		707,5	385,9	0	0	0
Jan	451,68	451,68		564,6	395,2	0	0	0
Fev	633,42	745,2		633,4	558,9	298,08	0	0
Mar	1126,4	1189,0	625,80		1001,3	750,96	813,54	688,38
Avr	2218,8		1640		2122,3	1350,58	1254,11	1157,64
Mai	2010,5		2569		2010,5	1563,73	1452,04	1340,34
Juin	1182,1		2482,4		945,68	1891,36	1773,15	1654,94
Juil			1090,6			2317,53	2044,88	1908,55
Aout						2338,02	1948,35	1818,46
Somme	8822,1	3477,53	8407,8	3841,8	8168,8	11997,4	9691,61	10767,96

• Assolement 2

Tableau III.15: Besoin en eau de l'assolement 2.

Mois	Blé dur	Blé tendre	Tomate	Courgette	Amandier	Grenadier	Olivier
Sept					1405,74	1757,18	1640,03
Oct	382,50	382,50			637,5	701,25	765,00
Nov	366,52	366,52			366,52	0	458,15
Déc	450,24	450,24			0	0	0
Jan	451,68	451,68			0	0	0
Fev	633,42	633,42			298,08	0	0
Mar	1126,4	1126,4	750,96	563,22	750,96	813,54	688,38
Avr	2218,8	2218,8	1736,46	1157,64	1350,58	1254,11	1157,64
Mai	2010,5	2010,5	2457,29	2010,51	1563,73	1452,04	1340,34
Juin	1182,1	1182,1	2600,6	2482,41	1891,36	1773,15	1654,94
Juil			1635,9	2181,2	2317,53	2044,88	1908,55
Aout					2338,02	1948,35	1818,46
Somme	8822,16	8822,16	9181,2	8394,98	12920,02	9796,15	11431,49

III.7 CALCUL DES DEBITS :

III.7.1 CALCUL DES DEBITS SPECIFIQUES :

Les calculs précédents sont faits pour la détermination des débits nécessaires pour répondre aux besoins des cultures. À partir de ces calculs, on peut déterminer le débit spécifique par la relation suivante :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3.6 \times K} \text{ (l/s/ha)} \quad \dots\dots\dots \text{(III.6)}$$

- **B_m** : Besoin mensuel maximum net, en m³/ha ;
- **T** : Temps d'irrigation par jour ;
- **t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ; égale à 30 J
- **K** : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ≈ 0.75

$$q_s = \frac{2338.02 \times 1000}{30 \times 22 \times 3600 \times 0.75} = 1.31 \text{ (l/s/ha)}$$

III.7.2) CALCUL DU DEBIT CARACTERISTIQUE :

Le débit caractéristique est le débit maximum fourni au périmètre, il est calculé par la relation suivante :

$$Q \text{ caractéristique} = Q_{sp} \times \text{surface} \dots\dots\dots \text{III.7}$$

Avec :

Surface du secteur 02 et 03 est égale à 149.55 ha

Débit maximal du périmètre :

$$Q_c = 1.31 \times 149.55 = 195.91 \text{ l/s.}$$

III.7.3) Estimation des Besoins annuels totaux des cultures en m³ :

Après établir cette estimation on peut connaître si les ressources en eau sont suffisantes pour les besoins du périmètre.

Tableau III.16: Besoins annuels totaux des cultures en m³ (Assolement 1)

Culture	Superficie(ha)	Besoins net (m ³ /ha)	Efficiencie	Besoins brutes(m ³ /ha)	Besoins totaux
Blé dur	20	8822,16	0.75	11762,88	235 257,60
Orge	12	8168,8	0.75	10891,73	130 700,80
Pomme de terre	20	8407,8	0.75	11210,4	224 208,00
Oignon vert	8	3477,53	0.75	4636,707	37 093,65
Ail	8	3477,53	0.75	4636,707	37 093,65
Carotte	12	3841,8	0.75	5122,4	61 468,80
Grenadier	20	9796,15	0.75	13061,53	261230,6667
Amandier	25	12920,02	0.75	17226,69	430667,3333
Olivier	25	11431,49	0.75	15241,99	381049,6667
Somme	150				1 798 770,17

Tableau III.17: Besoins annuels totaux des cultures en m³ (Assolement 2)

Culture	Superficie(ha)	Besoins net (m ³ /ha)	Efficiencie	Besoins brutes(m ³ /ha)	Besoins totaux
Blé dur	20	8822,16	0.75	11762,88	235 257,6
Blé tendre	28	8822,16	0.75	11762,88	329 360,64
Pomme de terre	12	8407,8	0.75	11210,4	134 524,80
Tomate	8	9181,21	0.75	12241,61	979 32,88
Courgette	12	8394,98	0.75	11193,31	134 319,72
Grenadier	20	9796,15	0,75	13061,53	261230,6667
Amandier	25	12920,02	0,75	17226,69	430667,3333
Olivier	25	11431,49	0,75	15241,99	381049,6667
Somme	150				2 004 343,31

D'après les calculs précédents, les besoins en eau pour irriguer les cultures proposées sont estimés entre 1.8 et 2 Mm³, ces besoins peuvent être satisfait à travers le barrage de Seklafa, et aussi par la réalisation des forages au niveau du périmètre.

III.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons estimé les besoins du périmètre de Seklafa (Secteur 02 et 03), à travers les formules empiriques et les différents calculs.

Ces deux secteurs caractérisés par une surface de 150 ha exigent un volume annuel de 1.8 à 2 Mm³ d'eau, prélevé du barrage de Seklafa.

Le barrage de Seklafa est caractérisé par volume régularisé pour l'irrigation de 7 Mm³, donc les besoins en eau de notre périmètre peuvent être prélevées à partir de ce barrage

Chapitre IV :

Dimensionnement du réseau du drainage

IV.1 Introduction :

Le drainage est l'opération visant à faciliter l'évacuation artificielle de l'eau excédentaire contenue dans la zone racinaire des cultures. Dans les périmètres irrigués, cette pratique joue un rôle crucial pour prévenir l'engorgement des sols et limiter les phénomènes de salinisation, deux facteurs qui compromettent durablement la productivité agricole.

Le dimensionnement du réseau de drainage constitue une étape essentielle de la conception, car il permet d'assurer une efficacité optimale du système en tenant compte des caractéristiques hydrauliques du sol, des conditions climatiques locales, ainsi que des besoins spécifiques des cultures.

Ce chapitre présente donc la méthodologie adoptée pour le calcul des éléments constitutifs du réseau de drainage, en vue de garantir un fonctionnement performant et durable du système mis en place.

IV.2 Définition et rôle du drainage :

Un réseau de drainage est un ensemble d'aménagements techniques conçu pour évacuer l'excès d'eau du sol, particulièrement dans les zones irriguées. Il permet de maintenir un équilibre hydrique optimal, indispensable à la santé et à la productivité des cultures.

Ses rôles principaux incluent :

- La réduction de la salinité des sols, en évacuant les sels solubles avec l'eau d'infiltration ;
- L'amélioration de l'aération et de la structure du sol ;
- La facilitation de l'enracinement en profondeur ;
- L'accélération du réchauffement du sol au printemps ;
- La diminution des mauvaises herbes et des maladies liées à l'humidité excessive ;
- L'amélioration de l'accessibilité aux parcelles en toute saison ;
- L'augmentation des rendements agricoles et la qualité des récoltes.

IV.3 Les avantages du drainage :

L'eau est indispensable au développement des cultures, mais son excès dans le sol peut nuire à la fois aux plantes et aux propriétés physico-chimiques du sol.

➤ Amélioration de l'aération du sol :

Dans les sols engorgés, la respiration des racines est fortement perturbée, car l'eau en

excès bloque la circulation de l'air dans les pores du sol, ce qui peut entraîner l'asphyxie des plantes. De plus, les processus microbiens et chimiques ralentissent, voire s'arrêtent complètement.

La réaction des plantes à ces conditions anaérobies dépend de l'espèce, de la variété et du stade de développement. Certaines s'adaptent en développant des racines plus courtes, épaisses et peu ramifiées, ce qui entraîne un enracinement superficiel. D'autres, comme le maïs, l'orge ou les haricots, peuvent former des poches d'air dans leurs tissus racinaires. Le riz est, quant à lui, la culture la plus adaptée aux milieux saturés en eau.

Les plantes sensibles montrent des symptômes semblables à une carence en azote : jaunissement des feuilles, allongement excessif des tiges et brunissement des racines. Le drainage permet d'éliminer l'eau en excès, ce qui réactive les processus biologiques et chimiques du sol. Par exemple, un excès d'eau au moment du tallage des céréales nuit au développement des racines principales et coronales, réduisant ainsi le nombre d'épis — un système de drainage permet de corriger ce problème.

La résistance d'une culture à l'excès d'eau est un critère clé dans la conception d'un réseau de drainage : plus une culture est tolérante, moins le drainage doit être intensif.

➤ **Réchauffement du sol :**

L'eau présente dans le sol a une capacité thermique élevée, ce qui ralentit le réchauffement du sol, en particulier au printemps. Cela peut retarder la croissance des plantes et entraîner une baisse des rendements.

Si le printemps débute avec un sol sec, une croissance tardive rendra la plante plus vulnérable, incapable d'atteindre les réserves d'eau profondes. Le drainage permet de limiter cette rétention d'eau et favorise un réchauffement plus rapide du sol, bénéfique pour le démarrage des cultures.

➤ **Réduction des contraintes sur les pratiques agricoles :**

- Un sol trop humide rend difficile, voire impossible, les opérations de préparation du lit de semence.
- L'énergie nécessaire au fonctionnement des tracteurs augmente, avec une consommation de carburant de 25 à 30 % supérieure par rapport à un sol normalement humide.
- Le labour en conditions humides entraîne une forte compaction du sol, réduisant sa fertilité physique.

- Une perméabilité plus faible agit comme une barrière mécanique à la pénétration des racines.
- L'excès d'humidité empêche l'utilisation efficace du matériel agricole.

La profondeur maximale à laquelle la nappe phréatique peut remonter sans perturber le passage des engins dépend du type de sol et du poids du matériel (généralement entre 40 et 80 cm sous la surface). Un bon système de drainage permet de maintenir la nappe à des niveaux compatibles avec une exploitation agricole efficace.

IV.4 Techniques de drainage :

Le drainage désigne le processus d'évacuation de l'eau contenue dans un matériau poreux, tel que le sol. Il correspond à tout écoulement permettant de libérer ce matériau de l'excès d'humidité. Ce phénomène est principalement régi par la gravité, qui constitue le moteur essentiel du drainage. Lorsque le sol est suffisamment saturé en eau, les forces gravitationnelles surpassent les forces capillaires, provoquant ainsi un écoulement vertical vers les couches plus profondes, à condition qu'aucun obstacle ne vienne entraver cette circulation. Ce mécanisme naturel est à la base de ce que l'on appelle le drainage naturel.

Avant de procéder au dimensionnement du réseau, il est essentiel de connaître les différentes techniques de drainage disponibles. Le choix de la méthode la plus appropriée dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature du sol, la topographie du terrain, les cultures pratiquées et les contraintes économiques. Chaque technique présente des avantages et des limites qu'il convient d'évaluer en fonction des objectifs du projet.

IV.4.1 Drainage de surface :

Le drainage par fossés ouverts consiste à creuser des tranchées à intervalles réguliers, généralement de 0,3 à 0,5 mètre de largeur. Cette technique est principalement utilisée pour évacuer les eaux de surface qui n'ont pas pu s'infiltrer dans le sol.

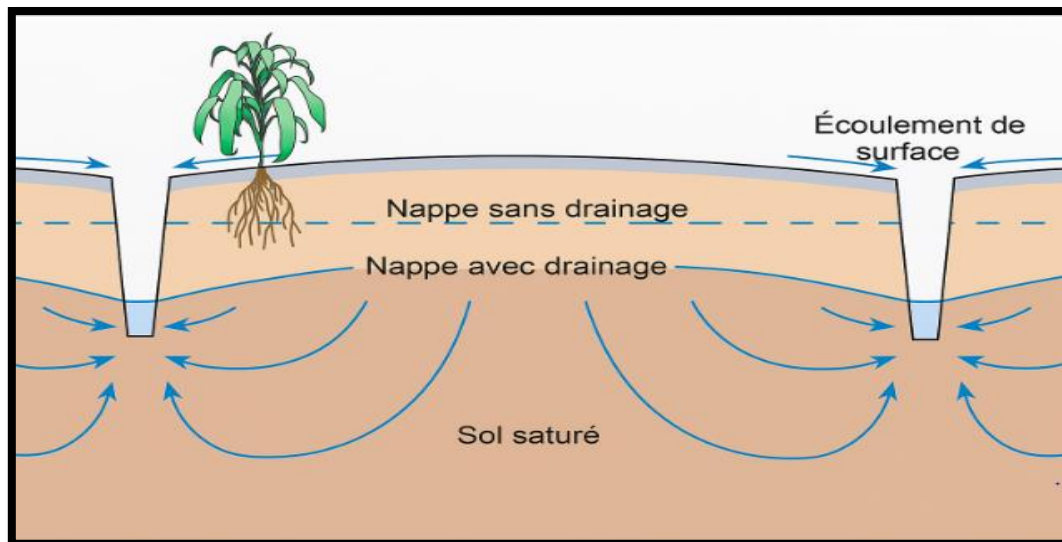


Figure IV.1 : Drainage par fossé ouverte

➤ **Rôle du drainage à ciel ouvert :**

- Interception du ruissellement de surface : Permet la collecte et l'évacuation des excédents d'eau en surface.
- Création d'un gradient hydraulique : Établit une pente favorable à l'écoulement souterrain de l'eau du sol vers le fossé.

➤ **Avantages** :

- Facilité de mise en œuvre : Technique relativement simple à installer et à appliquer.
- Grande capacité hydraulique : Les dimensions des fossés autorisent la gestion de débits d'eau élevés.
- Entretien accessible : L'entretien courant est généralement peu complexe.

➤ **Inconvénients** :

- Réduction de la surface agricole utile : L'aménagement des fossés empiète sur les terres cultivables.
- Problèmes d'accessibilité : L'accès aux fossés pour l'entretien ou les interventions peut être limité ou difficile.
- Coûts d'entretien élevés : Le maintien fonctionnel du système engendre des dépenses régulières importantes.
- Risque sanitaire : La stagnation de l'eau peut favoriser la prolifération de maladies hydriques.

IV.4.2 Drainage souterrain :

Le drainage souterrain consiste à réguler le niveau de la nappe phréatique par l'installation d'un réseau de canalisations perforées enfouies sous la surface du sol. Cette méthode permet de maîtriser le niveau de la surface libre de la nappe, assurant ainsi une gestion optimale de l'humidité des terres agricoles.

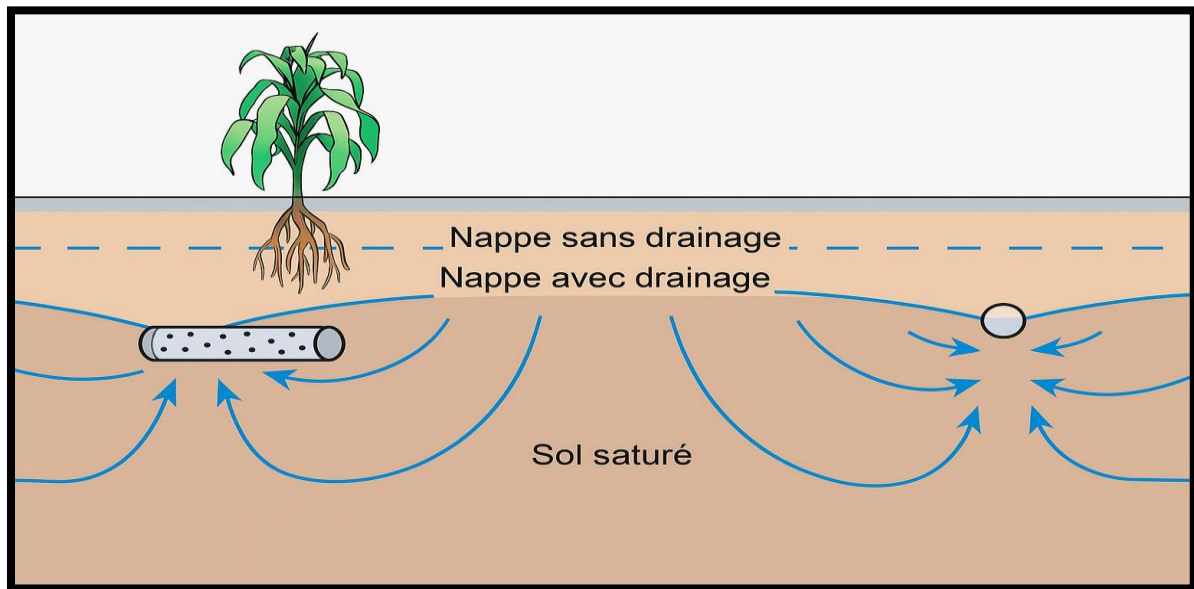


Figure IV.2 : Drainage souterrain

➤ Fonctionnement

Un réseau de tuyaux perforés, généralement d'un diamètre compris entre 4 et 16 cm, est installé sous la surface du sol. Ces tuyaux sont reliés à un système de collecteurs qui acheminent l'eau vers un point de rejet (émissaire).

- Types de tuyaux utilisés pour le drainage souterrain :

- Tuyaux en plastique perforé (PVC ou PEHD)
- Tuyaux en béton

Les tuyaux en plastique (PVC ou PEHD) sont aujourd'hui les plus répandus. Ils sont les plus faciles à poser mécaniquement et offrent une grande fiabilité. Le plastique est un matériau inerte, ce qui signifie qu'il résiste bien aux agents chimiques présents dans le sol. Cependant, leur fabrication nécessite des équipements spécialisés et coûteux.

Les tuyaux en béton peuvent être utilisés lorsque les tuyaux en plastique sont indisponibles ou si seule une petite quantité est nécessaire. Ils peuvent être fabriqués sur place de façon relativement simple. Toutefois, leur pose est plus laborieuse et sujette à des défauts d'alignement, surtout dans les sols instables où leur installation correcte devient presque impossible. De plus, certains produits chimiques du sol peuvent altérer le béton.

Les drains souterrains recueillent les eaux souterraines et les dirigent vers les collecteurs. Ces collecteurs peuvent également capter les eaux de ruissellement de surface à travers des regards munis de grilles. Si la pente naturelle du terrain ne permet pas un écoulement gravitaire, une station de pompage est utilisée pour relever l'eau jusqu'à l'émissaire. Les regards d'inspection sont placés aux points stratégiques, tels que les jonctions, les changements de direction ou de pente.

➤ **Avantages :**

- Installation facile : Le système est simple et rapide à mettre en place.
- Durabilité : Les tuyaux résistent bien à l'écrasement et à l'usure.
- Moins de contraintes d'exploitation : L'accès et l'entretien sont aisés.
- Préservation des surfaces cultivables : L'installation n'empiète pas sur les terres agricoles.

➤ **Inconvénients :**

- Risque d'obstruction : Les tuyaux peuvent se boucher en raison de dépôts de sédiments ou de débris, ce qui diminue leur efficacité.
- Coûts d'entretien élevés : Un entretien régulier est nécessaire, ce qui peut engendrer des frais importants.

Remarque : Il convient de mentionner l'existence d'un troisième type de drainage, le drainage par puits, utilisé dans des situations très spécifiques. Cette méthode est envisagée lorsque aucun exutoire naturel suffisamment bas n'est disponible pour recevoir les eaux drainées, et que la création d'un exutoire artificiel ou le pompage mécanique des eaux s'avère techniquement ou économiquement peu viable. Bien que marginal, ce système peut représenter une solution adaptée dans certains contextes géographiques contraignants.

IV.4.3 Choix de la technique de drainage

Chacune de ces deux techniques présente des avantages et des limites spécifiques. La comparaison ci-dessous permet d'en évaluer les performances respectives afin de guider un choix éclairé :

Tableau IV.1 : Comparaison entre les techniques de drainage.

Critère	Drainage de surface	Drainage souterrain
Surface cultivable	Réduction importante de la surface agricole	Préserve l'intégralité des terres cultivables
Efficacité sur terrain en pente	Moins efficace	Plus adapté aux pentes modérées avec pente contrôlée
Interférences avec les cultures	Gêne les passages d'engins agricoles	Aucune gêne en surface
Coûts à long terme	Entretien coûteux, pertes indirectes de rendement	Rentabilité accrue sur le long terme
Durabilité	Risque d'érosion des fossés, entretien fréquent	Système discret, protégé et durable

Nous avons opté pour le drainage souterrain en raison de ses avantages techniques, économiques et agronomiques. Sa mise en œuvre est plus moderne, moins intrusive et mieux adaptée aux exigences de l'agriculture mécanisée. Contrairement aux fossés ouverts, il préserve la surface cultivable, facilite les opérations agricoles et s'adapte plus efficacement à différents types de terrain, notamment ceux à pente variable. Ce choix stratégique assure donc une meilleure performance à long terme du système de gestion de l'eau dans les parcelles agricole.

IV.5 Calcul du débit caractéristique :

Le débit caractéristique (q_c) d'un réseau de drainage correspond au débit d'eau par unité de surface nécessaire pour assurer une évacuation efficace des excès d'eau. Son calcul dépend du régime de drainage envisagé, ainsi que de la prise en compte éventuelle de la capacité de stockage du sol.

IV.5.1 Cas où l'excès provient des pluies :

La pluie critique correspond à la quantité maximale de précipitations pouvant survenir durant une période déterminée, avec une fréquence de retour précise (c'est-à-dire l'intervalle moyen de temps au bout duquel un tel événement est susceptible de se reproduire). Un réseau de drainage efficace doit être dimensionné pour évacuer cette pluie critique, en tenant compte de sa durée, de son intensité moyenne pendant cette durée, ainsi que de sa fréquence de retour.

Le dimensionnement d'un réseau de drainage varie selon les caractéristiques climatiques et pédologiques (type de sol). On distingue principalement deux modèles de drainage, basés sur le régime d'écoulement :

➤ **Régime permanent :**

- Ce régime s'applique aux sols lourds et peu perméables, qui n'autorisent ni le stockage temporaire ni une infiltration significative.
- Les précipitations y sont fréquentes et prolongées, avec des intervalles courts entre les épisodes pluvieux, empêchant ainsi le sol de sécher entre deux pluies.
- L'objectif du drainage est de maintenir le niveau de la nappe en dessous du seuil critique, en assurant un équilibre entre les flux de drainage et la recharge de la nappe.
- On distingue deux sous- cas : avec ou sans capacité de stockage. Le stockage résulte généralement d'une combinaison entre une forte intensité pluviométrique et une faible perméabilité du sol.

➤ **Régime variable :**

- Il concerne les sols perméables qui permettent une remontée temporaire de la nappe et un drainage relativement rapide.
- Les pluies sont généralement courtes, de forte intensité, et séparées par des périodes suffisamment longues pour permettre l'assèchement du sol.
- Le réseau de drainage est alors conçu pour abaisser le niveau de la nappe à un seuil admissible dans un délai donné après la fin de la pluie.
- Ce régime décrit la phase de rabattement de la nappe après un événement pluvieux, en visant une dépression contrôlée sur une période déterminée.

➤ **Contexte Algérien :**

En Algérie, le régime permanent domine dans les zones du Sahel, en raison de la nature des sols et du régime pluviométrique. À l'inverse, le régime variable est plus courant dans les Hauts Plateaux sahariens, caractérisés par des sols plus perméables et des pluies intenses mais peu fréquentes.

Dans le cadre de cette étude, le régime variable sera retenu comme base pour le dimensionnement du réseau de drainage

IV.5.1.1 Calcul du débit caractéristique :

Le débit caractéristique est calculé par la loi suivante :

$$qc = \frac{S}{\theta} \dots\dots\dots \text{IV.1}$$

Tel que :

$$S = hc \times \mu \dots\dots\dots \text{IV.2}$$

Avec :

- qc : Débit caractéristique. (mm/j).
- S : Capacité de stockage (mm).
- θ : durée de submersion admissible (jours).
- hc : Hauteur critique (m).
- μ : Porosité de drainage (%).

➤ Porosité de drainage

Selon Taylor (1960), la porosité de drainage équivalente (μ) représente le volume unitaire d'eau libéré par le profil de sol lorsque la nappe phréatique est abaissée d'un niveau à un autre.

La nature du sol joue un rôle déterminant dans la valeur de cette porosité de drainage.

Tableau IV.2 : Valeurs de la porosité du sol.

Texture	μ (%)
Sol argileux	1-2
Sol limono-argileux	4-8
Sable fin	10-20
Sable grossier	25-30

Dans notre cas on prend $\mu = 0.1$

➤ Hauteur critique hc

La mise en place des drains doit être réalisée avec précaution. À la suite d'une pluie critique (dans le cas d'un régime permanent), il est impératif qu'au moins une partie des racines de la plante reste en milieu non saturé. Il convient donc de maintenir la nappe phréatique à une profondeur minimale pour éviter l'asphyxie racinaire.

$$hc = p - h_{op} \dots\dots\dots \text{IV.3}$$

- p : profondeur d'installation du drain, généralement comprise entre 1 et 1,2 mètre.
- h_{op} : hauteur optimale admissible, correspondant à la zone sèche du système racinaire.

En d'autres termes, **hc** représente la hauteur effective de drainage (ou zone à assécher) située entre le drain et la profondeur critique des racines. Les valeurs de **hc** sont représentées dans le tableau suivant avec $p = 1 \text{ m}$

Tableau IV.3 : Valeurs de la hauteur critique et la hauteur optimale admissible.

Type de culture	H_{op} (mm)	hc(mm)
Légumes	500-600	400-500
Céréales et cultures fourragères	600	400
Cultures arboricoles	800-1200	200
Pâturage	200-300	700

➤ **Durée de submersion admissible (θ)**

La durée admissible de submersion des cultures (notée θ) correspond à la période pendant laquelle les plantes peuvent survivre avec leurs racines immergées, lorsque le sol est saturé en eau. Au-delà de cette durée, la plante meurt en raison de l'asphyxie racinaire.

Tableau IV.4 : Durée de submersion admissible.

Type de culture	θ (jours)
Légumes	1 à 2
Céréales et cultures fourragères	3
Cultures arboricoles	5
Pâturage	7

Résultats de calcul :

Tableau IV.5 : Calcul du débit caractéristique.

Culture	θ (jours)	hc (mm)	μ (%)	S (mm)	qc (mm/j)
Légumes	2	400	0.1	40	20
Céréales	3	400		40	13.33
Arboriculture	5	200		20	4

Donc, le débit caractéristique calculé dans le régime variable est 20 mm/j

IV.5.2 Cas ou l'excès provient de l'irrigation :

Nous procéderons au calcul du débit caractéristique de l'excès d'eau pouvant résulter de l'irrigation par gravité. Ce mode d'irrigation présente une efficacité moyenne estimée à 70 % lorsqu'il est correctement mis en œuvre, mais celle-ci peut chuter à 45 % en cas de mauvaise application. Ainsi, une part non négligeable de l'eau est perdue par percolation, contribuant à la recharge de la nappe phréatique.

Dans le cas spécifique de notre périmètre d'étude, le système d'irrigation en place affiche une efficacité globale de 60 %, ce qui induit une perte totale de 40 %. Parmi ces pertes, 30 % sont attribuées à la percolation et 10 % à l'évaporation.

- $B_{\text{net}} = 260.06\text{mm}$
- $B_{\text{brute}} = B_{\text{net}} / 0.6 = 433.43 \text{ mm}$
- $\text{RFU}_{\text{théorique}} = 39.19 \text{ mm}$
- $\text{Dose}_{\text{brute}} = \text{Dose}_{\text{net}} / 0.6 = 65.33\text{mm}$
- Nombre d'irrigations : $B_{\text{brute}} / \text{Dose}_{\text{brute}} = 7\text{fois}$.
- Fréquence d'irrigation : $30 / 7 = 4 \text{ jours}$.
- Volume d'eau d'irrigation percolé à drainer : $\text{Dose}_{\text{brute}} \times 0.3 = 19.60\text{mm}$

Donc le débit de drainage sera :

$$qc = \frac{\text{Volume d'eau à drainer}}{\text{Fréquence d'irrigation}} \dots\dots\dots \text{IV.4}$$

$$qc = \frac{19.60}{4} = 4.9 \text{ mm/j.}$$

IV.5.3 Cas ou l'excès provient du lessivage :

Dans cette approche, la dose de lessivage est appliquée par fractions en même temps que les doses d'irrigation. Cela permet d'éviter l'accumulation de sels dans le sol en les éliminant progressivement. Le système d'irrigation existant est utilisé pour gérer les doses de lessivage

conjointement avec les doses d'irrigation. En 1972, M. Rhodes a proposé une formule permettant une évaluation plus rationnelle de la fraction de lessivage.

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

Avec :

- Ce_{iw} : conductivité électrique d'eau d'irrigation.
- C_{ees} : le volume de la table de tolérance qui provoque une chute de rendement de 10% (on prend 2.3 pour la tomate).

$$LR = \frac{0.67}{5 \times 2.3 - 0.67} = 6.1\%$$

L'apport d'eau total à assurer pour satisfaire les besoins de lessivage est comme suit :

$$V = ETM \cdot \frac{LR/Le}{1 - LR/Le} \dots\dots\dots \text{IV.6}$$

Avec :

- LR : Dose de lessivage
- ETM : évapotranspiration maximale
- Le : efficacité de drainage (on prend 80% pour un sol sableux).

En appliquant la formule, on trouve $V = 21.46$ mm/mois.

La valeur du q_c retenue est la valeur maximale entre les trois, c'est 20 mm/j.

$$q_c = \frac{20 \times 10 \times 1000}{24 \times 3600} = 2.31 \text{ l/s/ha.}$$

IV.6 Calcul de l'écartement entre les drains

Étant donné que les précipitations dans la zone d'étude sont considérées comme relevant d'un régime variable, nous utiliserons l'équation de Glover-Dumm pour déterminer l'espacement optimal entre les drains.

IV.6.1 Equation de Glover-Dumm :

L'espacement entre les drains souterrains (E), à partir de la formule de Glover-Dumm, est calculé par la formule :

$$E^2 = \frac{\pi^2 \times K \times t \times d}{\mu} \left[\ln \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1} \dots\dots\dots \text{IV.7}$$

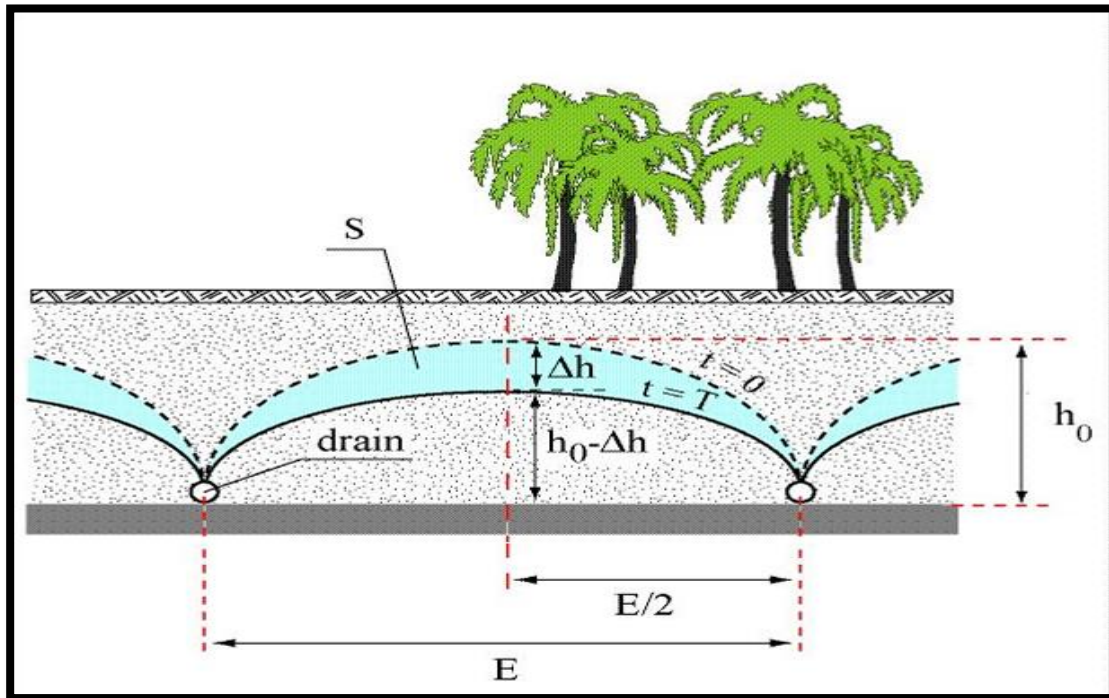


Figure IV.3 : Schémas descriptif des paramètres de calcul d'écarterment.

- E : Ecartement entre les drains.
- t: temps en jour
- Ho : niveau initial de la nappe au tps t =to
- Ht : niveau de la nappe au tps t=t
- μ : porosité de drainage (0.10)
- D : hauteur équivalente du substratum imperméable
- K : conductivité hydraulique (m/j).

On aura le résultat suivant :

$$E^2 = \frac{\pi^2 \times 0.36 \times 2 \times 3}{0.1} \left[\ln\left(1.16 \frac{1}{0.5}\right) \right]^{-1}$$

E = 15.91m

On prend **E= 16 m**

IV.7 Dimensionnement des drains :

Les principaux paramètres pour le dimensionnement des drains sont :

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

Le calcul se fait selon les caractéristiques de projet :

- L'écarterment.
- Le pas horaire.

- La longueur et le nombre de drain.
- Le débit caractéristique qc.
- L'écoulement dans les drains.
- La parcellaire, topographie, hydrographie et contraintes techniques.

IV.7.1 La pente d'installation :

Le choix de la pente joue un rôle déterminant dans la vitesse d'écoulement au sein du système de drainage. Une pente suffisamment marquée permet de limiter la décantation des particules solides et, par conséquent, de réduire le risque d'obstruction des drains.

Des normes issues de nombreuses expérimentations fournissent des repères pratiques pour la conception et l'installation du réseau.

La pente minimale absolue, désignée par $i_{\min \text{ absolue}}$, est généralement fixée à 0,05 %. Toutefois, cette valeur doit être rehaussée pour les conduites de petit diamètre, en raison de leur plus grande sensibilité au colmatage, comme suit :

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

La vitesse d'écoulement dans les drains doit être maintenue entre 1 m/s et 1,25 m/s, afin de limiter les risques de colmatage et d'éviter les effets d'aspiration au niveau des joints et des perforations des conduites. Toutefois, il est déconseillé d'adopter des pentes trop fortes, en général supérieures à 1 %, car cela peut engendrer des problèmes d'érosion ou de déséquilibre hydraulique.

En pratique, les pentes les plus couramment utilisées se situent entre 0,1 % et 1 %. Le choix de la pente doit être établi en tenant compte de plusieurs facteurs, tels que la topographie du terrain, la position des collecteurs, l'emplacement des exutoires, ainsi que la longueur totale du réseau de drainage.

• Calcul de la pente minimale

Pour assurer une vitesse admissible de 0.6 m/s au niveau des collecteurs, la pente minimale est calculée par la formule de Manning comme suit :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots \text{IV.8}$$

$$S = \left(\frac{V \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2 \dots\dots\dots \text{IV.9}$$

Avec $n = 0.012$ à 0.015 pour les conduites en PVC. (On prend le cas le plus défavorable : $n = 0.015$)

Tableau IV.6 : Calcul de la pente minimale.

Diamètre	D_{int}	n	V_{adm}	R	S
160	146	0,015	0,6	0,0365	0,0067
250	230	0,015	0,6	0,0575	0,0036
300	276	0,015	0,6	0,069	0,0029

Les pentes calculées le long des collecteurs C6, C9 et C11 sont faible (0.005) en raison de la faible dénivellation naturelle du périmètre. La vérification hydraulique par la formule de Manning montre que la pente admissible pour avoir une vitesse de $V = 0.6$ m/s est $S = 0.0067$. Cette situation empêche d'assurer le phénomène d'auto-curage et exige des mesures correctives. Nous proposons d'utiliser des conduites en PVC de faible rugosité ($n = 0.011$ à 0.012) pour que la vitesse d'écoulement atteigne la valeur de V_{adm} .

Tableau IV.6 : Calcul de la pente minimale pour $n = 0.011$ et 0.012 .

Diamètre	D_{int}	n	V_{adm}	R	S
160	146	0,011	0,6	0,0365	0,0036
160	146	0,012	0,6	0,0365	0,0043

D'après les calculs précédents, la pente minimale devient inférieure à 0.005 m/m, ce qui montre que cette pente est suffisante pour avoir une vitesse supérieure à la vitesse minimale admissible.

IV.7.2 La longueur d'installation des drains :

Les longueurs des drains (L) sont déterminées en fonction des dimensions de la parcelle à drainer. La longueur maximale admissible (L_{max}) est généralement fixée à 1000 mètres, valeur limite imposée par le diamètre maximal autorisé (ϕ_{max}). En pratique, les longueurs les plus couramment utilisées se situent entre 200 et 400 mètres, afin de garantir un bon fonctionnement hydraulique du système. Les diamètres normalisés des drains sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 : Diamètres extérieurs et intérieurs des drains.

Diamètre extérieur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
50	44
63	58
80	72
100	92
125	110
160	145

IV.7.3 Le débit évacué par les drains :

Le débit évacué par chaque drain est calculé comme suit :

$$Q_d = q \times S = q \times E \times L$$

Avec :

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

IV.7.4 Dimensionnement des drains :

Dans les conduits d'écoulement, il est essentiel de prendre en compte le coefficient de rugosité, qui varie en fonction de la nature du matériau constituant le drain — par exemple : drains en terre cuite (poterie), drains lisses ou drains annelés. Ce paramètre influence directement la vitesse de l'écoulement.

Pour les drains perforés annelés on travaille avec l'équation de Chezy- Manning :

$$Q_{\text{drain}} = 38 \times d^{2.67} \times i^{0.50} \dots\dots\dots \text{IV.10}$$

IV.7.5 Dimensionnement d'un collecteur :

Lorsque la pente d'installation est de l'ordre de 0,1 %, le collecteur principal reçoit l'ensemble des débits provenant des drains qui y sont raccordés. Il est alors nécessaire de prévoir une réduction de capacité de l'ordre de 25 %, afin de tenir compte de la présence de particules en suspension transportées par les eaux drainées, susceptibles de réduire l'efficacité hydraulique du collecteur.

D'où :

$$Q_{\text{collecteur}} = \sum q_{\text{drains}} \dots\dots\dots \text{IV.11}$$

$$Q_{\text{collecteur}} = \frac{50 \times d^{2.71} \times i^{0.50}}{0.75} \dots\dots\dots \text{IV.12}$$

Les résultats de dimensionnement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.8 : Dimensionnement du réseau.

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m ³ /j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 01	61	19,52	0,01	26,139	50
Drain 02	69	22,08	0,01	27,374	50
Drain 03	80	25,6	0,01	28,934	50
Drain 04	92	29,44	0,01	30,488	50
Drain 05	104	33,28	0,01	31,921	50
Drain 06	115	36,8	0,01	33,146	50
Drain 07	126	40,32	0,01	34,300	50
Drain 08	138	44,16	0,01	35,488	50
Drain 09	150	48	0,01	36,614	50
Drain 10	161	51,52	0,01	37,598	50
Drain 11	172	55,04	0,01	38,540	50
Collecteur 01	813	405,76	0,01	77,358	100
Drain 12	27	8,64	0,005	21,933	50
Drain 13	33	10,56	0,005	23,645	50
Drain 14	40	12,8	0,005	25,411	50
Drain 15	46	14,72	0,005	26,777	50
Drain 16	53	16,96	0,005	28,236	50
Drain 17	59	18,88	0,005	29,393	50
Drain 18	66	21,12	0,005	30,654	50
Drain 19	72	23,04	0,005	31,669	50
Drain 20	78	24,96	0,005	32,633	50
Drain 21	78	24,96	0,005	32,633	50
Drain 22	84	26,88	0,005	33,551	50
Drain 23	91	29,12	0,005	34,572	50
Drain 24	97	31,04	0,005	35,409	50

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m ³ /j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 25	104	33,28	0,005	36,345	50
Drain 26	110	35,2	0,005	37,117	50
Drain 27	117	37,44	0,005	37,985	50
Drain 28	211	67,52	0,005	47,372	65
Drain 29	220	70,4	0,005	48,119	65
Drain 30	234	74,88	0,005	49,244	65
Drain 31	239	76,48	0,005	49,635	65
Drain 32	248	79,36	0,005	50,327	65
Drain 33	256	81,92	0,005	50,929	65
Drain 34	263	84,16	0,005	51,447	65
Drain 35	271	86,72	0,005	52,027	65
Drain 36	279	89,28	0,005	52,597	65
Drain 37	286	91,52	0,005	53,088	65
Drain 38	294	94,08	0,005	53,639	65
Drain 39	302	96,64	0,005	54,181	65
Drain 40	309	98,88	0,005	54,648	65
Drain 41	318	101,76	0,005	55,239	65
Drain 42	325	104	0,005	55,691	65
Drain 43	332	106,24	0,005	56,138	65
Drain 44	340	108,8	0,005	56,640	65
Drain 45	347	111,04	0,005	57,074	65
Drain 46	357	114,24	0,005	57,685	65
Drain 47	369	118,08	0,005	58,404	80
Drain 48	380	121,6	0,005	59,050	80
Drain 49	391	125,12	0,005	59,684	80
Drain 50	402	128,64	0,005	60,308	80

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m ³ /j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 51	413	132,16	0,005	60,920	80
Drain 52	451	144,32	0,005	62,962	80
Drain 53	446	142,72	0,005	62,700	80
Drain 54	444	142,08	0,005	62,594	80
Drain 55	441	141,12	0,005	62,436	80
Drain 56	442	141,44	0,005	62,489	80
Drain 57	441	141,12	0,005	62,436	80
Drain 58	440	140,8	0,005	62,383	80
Drain 59	434	138,88	0,005	62,063	80
Drain 60	425	136	0,005	61,577	80
Drain 61	414	132,48	0,005	60,976	80
Drain 62	385	123,2	0,005	59,340	80
Drain 63	357	114,24	0,01	50,663	65
Drain 64	330	105,6	0,01	49,192	65
Drain 65	303	96,96	0,01	47,645	65
Drain 66	313	100,16	0,01	48,227	65
Drain 67	319	102,08	0,01	48,572	65
Drain 68	326	104,32	0,01	48,968	65
Drain 69	318	101,76	0,01	48,515	65
Drain 70	297	95,04	0,01	47,289	65
Drain 71	266	85,12	0,01	45,376	65
Drain 72	239	76,48	0,01	43,593	50
Drain 73	212	67,84	0,01	41,679	50
Drain 74	178	56,96	0,01	39,038	50
Drain 75	143	45,76	0,01	35,965	50
Drain 76	109	34,88	0,01	32,487	50

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m ³ /j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 77	74	23,68	0,01	28,101	50
Collecteur 02	1127	5468,16	0,006	224,896	250
Collecteur 03	387	5873,92	0,006	251,473	300
Drain 78	55	17,6	0,009	25,646	50
Drain 79	64	20,48	0,009	27,144	50
Drain 80	73	23,36	0,009	28,515	50
Drain 81	82	26,24	0,009	29,784	50
Drain 82	91	29,12	0,009	30,969	50
Drain 83	101	32,32	0,009	32,202	50
Drain 84	110	35,2	0,009	33,248	50
Drain 85	118	37,76	0,009	34,134	50
Drain 86	129	41,28	0,009	35,293	50
Drain 87	138	44,16	0,009	36,196	50
Drain 88	148	47,36	0,009	37,157	50
Drain 89	157	50,24	0,009	37,987	50
Drain 90	167	53,44	0,009	38,876	50
Drain 91	177	56,64	0,009	39,732	50
Drain 92	186	59,52	0,007	42,427	50
Drain 93	246	78,72	0,007	47,111	65
Drain 94	245	78,4	0,007	47,039	65
Drain 95	246	78,72	0,007	47,111	65
Drain 96	249	79,68	0,006	48,712	65
Drain 97	252	80,64	0,006	48,930	65
Drain 98	247	79,04	0,006	48,565	65
Drain 99	246	78,72	0,006	48,491	65
Drain 100	253	80,96	0,006	49,003	65

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m³/j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 101	262	83,84	0,006	49,649	65
Drain 102	270	86,4	0,006	50,211	65
Drain 103	279	89,28	0,006	50,832	65
Drain 104	288	92,16	0,006	51,440	65
Drain 105	296	94,72	0,006	51,970	65
Drain 106	305	97,6	0,005	54,382	65
Drain 107	313	100,16	0,005	54,912	65
Drain 108	322	103,04	0,005	55,498	65
Drain 109	331	105,92	0,005	56,074	65
Drain 110	333	106,56	0,005	56,201	65
Drain 111	344	110,08	0,005	56,889	65
Drain 112	354	113,28	0,005	57,503	65
Drain 113	360	115,2	0,005	57,866	65
Drain 114	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 115	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 116	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 117	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 118	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 119	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 120	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 121	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 122	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 123	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 124	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 125	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 126	357	114,24	0,005	57,685	80

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m³/j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 127	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 128	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 129	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 130	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 131	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 132	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 133	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 134	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 135	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 136	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 137	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 138	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 139	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 140	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 141	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 142	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 143	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 144	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 145	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 146	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 147	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 148	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 149	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 150	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 151	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 152	376	120,32	0,005	58,816	80

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m³/j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 153	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 154	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 155	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 156	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 157	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 158	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 159	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 160	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 161	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 162	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 163	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 164	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 165	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 166	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 167	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 168	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 169	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 170	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 171	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 172	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 173	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 174	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 175	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 176	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 177	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 178	376	120,32	0,005	58,816	80

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m³/j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 179	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 180	376	120,32	0,005	58,816	80
Drain 181	376	120,32	0,005	58,816	80
Collecteur 04	1785	10682,24	0,005	299,193	300
Collecteur 05	65	16556,16	0,012	292,550	300
Drain 182	353	112,96	0,01	50,449	65
Drain 183	334	106,88	0,01	49,415	65
Drain 184	315	100,8	0,01	48,343	65
Drain 185	296	94,72	0,01	47,229	65
Drain 186	277	88,64	0,01	46,070	65
Drain 187	258	82,56	0,01	44,860	65
Drain 188	239	76,48	0,01	43,593	50
Drain 189	221	70,72	0,01	42,333	50
Drain 190	202	64,64	0,01	40,932	50
Drain 191	183	58,56	0,01	39,445	50
Drain 192	164	52,48	0,01	37,859	50
Drain 193	145	46,4	0,01	36,152	50
Collecteur 06	444	955,84	0,005	122,781	160
Drain 194	210	67,2	0,005	47,288	65
Drain 195	208	66,56	0,005	47,119	65
Drain 196	206	65,92	0,005	46,949	65
Drain 197	204	65,28	0,005	46,777	65
Drain 198	202	64,64	0,005	46,605	65
Drain 199	200	64	0,005	46,432	65
Drain 200	198	63,36	0,005	46,257	65
Drain 201	196	62,72	0,005	46,082	65

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m³/j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 202	194	62,08	0,005	45,905	65
Drain 203	192	61,44	0,005	45,727	65
Drain 204	190	60,8	0,005	45,548	65
Drain 205	188	60,16	0,005	45,368	65
Drain 206	186	59,52	0,005	45,187	65
Drain 207	184	58,88	0,005	45,004	65
Drain 208	182	58,24	0,005	44,820	65
Drain 209	180	57,6	0,005	44,635	65
Drain 210	178	56,96	0,005	44,449	65
Drain 211	176	56,32	0,005	44,261	65
Drain 212	173	55,36	0,005	43,977	50
Drain 213	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 214	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 215	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 216	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 217	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 218	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 219	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 220	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 221	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 222	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 223	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 224	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 225	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 226	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 227	273	87,36	0,005	52,171	65

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m ³ /j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 228	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 229	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 230	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 231	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 232	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 233	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 234	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 235	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 236	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 237	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 238	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 239	273	87,36	0,005	52,171	65
Drain 240	136	43,52	0,005	40,187	50
Drain 241	136	43,52	0,005	40,187	50
Drain 242	272	87,04	0,005	52,099	65
Drain 243	272	87,04	0,005	52,099	65
Drain 244	272	87,04	0,005	52,099	65
Drain 245	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 246	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 247	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 248	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 249	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 250	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 251	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 252	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 253	272	87,04	0,007	48,918	65

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m³/j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 254	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 255	272	87,04	0,007	48,918	65
Drain 256	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 257	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 258	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 259	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 260	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 261	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 262	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 263	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 264	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 265	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 266	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 267	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 268	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 269	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 270	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 271	372	119,04	0,005	58,581	80
Drain 272	371	118,72	0,007	54,948	65
Drain 273	371	118,72	0,007	54,948	65
Drain 274	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 275	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 276	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 277	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 278	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 279	372	119,04	0,007	55,004	65

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m ³ /j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 280	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 281	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 282	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 283	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 284	371	118,72	0,007	54,948	65
Drain 285	371	118,72	0,007	54,948	65
Drain 286	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 287	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 288	372	119,04	0,007	55,004	65
Drain 289	372	119,04	0,007	55,004	65
Collecteur 07	570	8877,44	0,007	260,350	300
Collecteur 08	315	9833,28	0,005	290,188	300
Drain 290	52	16,64	0,005	28,035	50
Drain 291	75	24	0,005	32,157	50
Drain 292	88	28,16	0,005	34,141	50
Drain 293	127	40,64	0,005	39,170	50
Drain 294	185	59,2	0,005	45,096	65
Drain 295	199	63,68	0,005	46,345	65
Drain 296	211	67,52	0,005	47,372	65
Drain 297	220	70,4	0,008	44,065	65
Drain 298	228	72,96	0,008	44,658	65
Drain 299	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 300	240	76,8	0,008	45,525	65
Drain 301	240	76,8	0,008	45,525	65
Drain 302	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 303	239	76,48	0,008	45,454	65

Drain/collecteur	Longueur (m)	Q(m ³ /j)	Pente (m/m)	Φ calculé (mm)	Φ normalisé (mm)
Drain 304	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 305	240	76,8	0,008	45,525	65
Drain 306	240	76,8	0,008	45,525	65
Collecteur 09	489	1056,32	0,005	127,395	160
Collecteur 10	335	10889,6	0,005	301,323	300
Drain 307	170	54,4	0,009	39,136	50
Drain 308	215	68,8	0,009	42,734	50
Drain 309	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 310	240	76,8	0,008	45,525	65
Drain 311	240	76,8	0,008	45,525	65
Drain 312	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 313	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 314	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 315	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 316	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 317	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 318	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 319	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 320	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 321	239	76,48	0,008	45,454	65
Drain 322	240	76,8	0,008	45,525	65
Drain 323	240	76,8	0,008	45,525	65
Collecteur 11	273	1271,68	0,005	136,423	160
Collecteur 12	274	12161,28	0,007	292,413	300

Tableau IV.9 : La longueur totale des drains

Diamètre Φ (mm)	Longueur (m)
50	7500
65	44027
80	38215
100	813
160	1206
250	1127
300	4914
Total	97802

IV.8 Conclusion :

Ce chapitre a permis de présenter de manière structurée les principes de conception d'un réseau de drainage agricole, en mettant en évidence les éléments essentiels au dimensionnement. À travers les étapes suivies, depuis l'analyse du régime pluviométrique, le choix du type de drainage, la détermination des débits caractéristiques, jusqu'au calcul des paramètres techniques, l'objectif était de garantir une évacuation efficace des excès d'eau tout en préservant la structure du sol et la santé des cultures.

Étant donné que le projet de drainage agricole n'a pas encore été réalisé, il n'existe pas de données permettant de comparer les niveaux de salinité avant et après sa mise en œuvre. L'évaluation de l'efficacité du système de drainage ne pourra donc être effectuée qu'après son installation.

L'approche adoptée permet ainsi de poser les bases d'un système de drainage performant, durable et adapté aux exigences agricoles locales.

Chapitre V :

Entretien du système de drainage

V.1 Introduction :

Un réseau de drainage bien réalisé peut fonctionner pendant de nombreuses années. Mais sans suivi et entretien réguliers, des bouchons ou des pannes peuvent réduire son efficacité. Souvent, l'entretien est négligé, car le drainage est considéré comme moins important que l'irrigation, et parce que les eaux évacuées sont vues comme des pertes. Pourtant, ces eaux contiennent souvent des sels et des nutriments qui peuvent poser des problèmes pour le sol ou l'environnement. Pour assurer la bonne performance du système et prolonger sa durée de vie, il est essentiel de mettre en place un programme d'entretien régulier.

Dans ce chapitre, nous présentons les actions nécessaires pour entretenir le réseau de drainage et une estimation du coût prévu pour ces travaux.

V.2 Causes de dysfonctionnement d'un système de drainage :

Plusieurs facteurs peuvent réduire ou bloquer le bon fonctionnement d'un système de drainage. Parmi eux, on peut citer :

- ***Les obstructions liées à une mauvaise exécution*** : elles résultent de défauts lors de l'étude ou de la réalisation des travaux, tels qu'une installation incorrecte, des pentes inadaptées ou des raccordements défectueux.
- ***Les causes naturelles*** : l'accumulation de sédiments, l'infiltration de racines ou encore l'accumulation de matières organiques peuvent obstruer le réseau et diminuer son efficacité.

V.2.1 Obstructions d'origine technique :**VI.2.1.1 Insuffisance de la section des drains :**

Même si un projet de drainage est soigneusement étudié, avec des calculs précis des dimensions des drains et des collecteurs conformément aux normes en vigueur, il faut garder à l'esprit que ces calculs reposent sur des modèles théoriques. Or, ces modèles ne prennent pas toujours en compte toutes les variations naturelles du terrain, comme l'hétérogénéité du sol, les fluctuations du niveau de la nappe phréatique ou l'évolution des conditions climatiques.

Ainsi, les résultats de l'étude doivent être considérés comme des indications préliminaires pour définir des paramètres clés du projet, tels que le diamètre, la profondeur et l'espacement des drains. L'optimisation réelle du système ne peut être atteinte qu'à travers

l'expérience pratique et l'observation sur le terrain. C'est pourquoi il est fortement recommandé de réaliser des projets pilotes ou des essais sur site parallèlement à la phase de conception. Ces tests permettent de simuler des conditions réelles en expérimentant différents systèmes de drainage et types de filtres, tout en tenant compte des pratiques d'irrigation et des spécificités locales.

V.2.1.2 Insuffisance de la pente des drains :

Du côté de l'équipement, une machine mal calibrée ou inadaptée au terrain peut générer des pentes irrégulières. Il est donc essentiel de procéder à des réglages précis dès la réception en usine, en tenant compte du système hydraulique et du guidage laser. Une fois sur le site, des tests complémentaires doivent être menés par des spécialistes afin d'adapter les outils et le système de guidage aux caractéristiques locales du sol et du climat.

Du côté de l'opérateur, le niveau de compétence et la rigueur dans le suivi des réglages sont déterminants. Des erreurs humaines, comme des ajustements approximatifs ou une mauvaise gestion de la machine, peuvent entraîner des déviations, même avec l'assistance d'un système de guidage laser. De plus, une vitesse de travail trop élevée, notamment avec une draineuse à outil taupe, peut perturber la fréquence du laser rotatif et provoquer des écarts par rapport à la pente prévue.

Ces irrégularités ont des conséquences directes sur le fonctionnement du réseau : lorsque la pente est insuffisante, la vitesse d'écoulement de l'eau devient inférieure au seuil minimal requis, favorisant l'accumulation de dépôts de sable ou d'argile dans les drains. Ce problème peut être évité grâce à une étude correcte des paramètres de drainage et à une exécution soignée des travaux.

V.2.1.3 Mauvaise qualité des tuyaux :

De nos jours, la quasi-totalité des projets de drainage utilise des tuyaux en polyéthylène (PE) ou en polychlorure de vinyle (PVC), ce qui permet d'éviter les problèmes fréquents liés aux anciens matériaux comme la poterie ou le béton de qualité médiocre, souvent fabriqués sur place. Ces tuyaux modernes offrent une meilleure durabilité, une résistance mécanique supérieure et une installation plus simple.

La performance à long terme de ces conduites dépend toutefois de deux facteurs essentiels : une pose soignée, respectant les pentes et profondeurs prévues, et un entretien

régulier du réseau pour éviter les obstructions ou déformations dues à des mouvements du sol ou à des dépôts internes.

V.2.1.4 Défectuosités lors de l'exécution des travaux :

Le système de drainage peut être endommagé durant la phase de construction, notamment lors du remblaiement, de la rupture des connexions entre les tuyaux, ou encore au niveau du raccordement entre le drain et le collecteur. Ces dommages sont souvent causés par des forces excessives exercées par les engins ou par une manipulation inadéquate du matériel.

V.2.2 Obstructions d'origine naturelle :

Le colmatage des drains agricoles peut résulter de plusieurs causes naturelles, souvent liées aux caractéristiques du sol, de l'eau ou de l'environnement.

➤ Ensablement et envasement :

L'ensablement ou l'envasement est l'une des causes les plus fréquentes de colmatage, surtout dans les sols à faible stabilité, comme les sols sableux ou argileux saturés en eau. Ce phénomène survient souvent peu de temps après la pose des conduites et peut se poursuivre, bien que de manière atténuée, au fil du temps. Pour limiter ce risque, il est essentiel de protéger les drains par un filtre, surtout dans les sols sableux où une protection complète est indispensable.

De plus, les raccordements, boîtes de jonction et regards d'inspection doivent être parfaitement étanches. Dans les zones à risque élevé, l'installation de dessableurs dans ces regards permet de prévenir l'accumulation des sédiments.

➤ Dépôts chimiques :

Dans les sols riches en fer ou en manganèse, l'oxydation du fer ferreux (Fe^{2+}) en fer ferrique (Fe^{3+}) au contact de l'oxygène entraîne la formation de dépôts ferrugineux dans les drains. Ce phénomène, parfois amplifié par des bactéries ferrugineuses, peut se réduire naturellement après quelques années, mais dans les cas sévères, il nécessite des interventions régulières. Pour le prévenir, il est possible de limiter l'aération du système en installant des pièces spéciales à la sortie des drains pour réduire l'oxygénation.



Figure V.1 : un drain colmaté par des dépôts chimiques

➤ **Colmatage biologique :**

Le colmatage biologique résulte souvent de la croissance des racines de certaines plantes (comme les roseaux ou certaines graminées) attirées par l'humidité, ou du développement de biofilms bactériens qui réduisent progressivement le diamètre utile des conduites. L'utilisation de filtres adaptés et un suivi régulier du réseau permettent de limiter ces problèmes.



Figure V.2 : des drains colmatés par des racines des plantes.

➤ **Intrusion d'animaux :**

Dans certains cas, de petits animaux peuvent pénétrer dans le réseau de drainage et provoquer des obstructions locales. Pour éviter ce type de problème, il est recommandé d'installer des sorties rigides munies de grilles de protection, qui bloquent l'accès tout en permettant un écoulement normal de l'eau.

V.2 Maintenance du réseau :

V.2.1 Nettoyage des drains :

Le nettoyage s'effectue à l'aide d'une machine spécifique qui injecte de l'eau sous pression dans le drain à travers un tuyau muni d'une buse. Ce jet permet de dissoudre les dépôts accumulés à l'intérieur et de les évacuer avec l'eau injectée.

Il existe principalement deux types de systèmes de nettoyage :

- Les systèmes à haute pression, fonctionnant entre 80 et 120 bars, qui permettent de traiter les dépôts les plus tenaces et d'assurer un nettoyage en profondeur.
- Les systèmes à basse pression, fonctionnant entre 20 et 30 bars, mieux adaptés aux opérations d'entretien léger ou aux dépôts moins résistants.

Ces deux méthodes permettent d'intervenir sur des drains d'une longueur pouvant atteindre 400 mètres. Même les dépôts les plus compacts, dus à la sédimentation, peuvent être efficacement éliminés grâce à ces techniques.

V.2.2 Entretien des réseaux de drainage souterrains :

Des inspections régulières des réseaux de drainage souterrains sont indispensables, en particulier au niveau des points sensibles tels que les exutoires. Les regards d'inspection, généralement situés aux jonctions ou aux endroits où le diamètre des conduites change, doivent également être contrôlés fréquemment.

Le compactage du sol rend l'infiltration de l'eau plus difficile et peut endommager les conduites de drainage. Pour limiter ce risque, il faut éviter de faire passer des engins lourds de manière répétée au-dessus des conduites.

V.2.3 Entretien de la sortie du drain :

Les périodes idéales pour inspecter les systèmes de drainage souterrains sont :

- Au printemps, avant les semis.
- En automne, après des épisodes de fortes pluies.

Points à vérifier au niveau de la sortie du drain :

- Retirer tous les débris ou déchets accumulés autour de la sortie.
- Vérifier la présence de signes d'érosion autour des tuyaux et s'assurer que l'eau ne s'infiltre pas sous la conduite.
- S'assurer que la sortie du drain n'est pas obstruée.
- Contrôler que la grille de protection de la sortie est bien en place et en bon état de fonctionnement.

V.3 Calcul technico-économique :

Après avoir terminé les différentes étapes de l'étude, il est important de mener une étude pour estimer le coût du projet dans toutes ses parties, y compris les travaux, la préparation et le coût des différentes commodités nécessaires à la réalisation du projet.

V.3.1 Exécution des travaux de pose de canalisation :

- **Exécution des tranchées :** Cette opération est faite mécaniquement (par une pelle mécanique), et les dimensions des tranchées dépendent du diamètre de la conduite dans chaque tronçon.
- **Pose de lit de sable :** Le rôle de lit de sable est de répartir uniformément les charges sur la zone d'appui, il est important de suivre les opérations suivantes avant de poser la conduite :
 - Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
 - Respecter les côtes du profil en long ;
 - Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- **Remblayage des tranchées :**

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite. Pour cela on utilise le remblai résultant de l'excavation.

- **Nivellement et compactage :**

Après le remblayage, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage du sol pour augmenter sa densité et éviter le tassement du sol.

V.3.2 Volume des travaux du réseau :

➤ **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la tranchée doit permettre la pose des conduites avec la pente prévue, et la prévention des contacts avec les autres conduites.

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)} \dots\dots\dots V.1$$

Avec :

H_{tr} : Profondeur de la tranchée.

e : hauteur du lit de pose.

d : diamètre de la conduite.

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

➤ **Largeur du fond de la tranchée :**

Pour la largeur de la tranchée on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite. Donc la largeur est calculée comme suit :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)} \dots\dots\dots V.2$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

➤ **Volume à excaver :**

Le volume d'excavation est :

$$V_d = S_{tr} \times L = (B \times H_{tr}) \times L \dots\dots\dots V.3$$

V_d : Volume du déblai (m³)

S_{tr} : La section de la tranchée (m²).

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

H_{tr} : La hauteur de la tranchée (m).

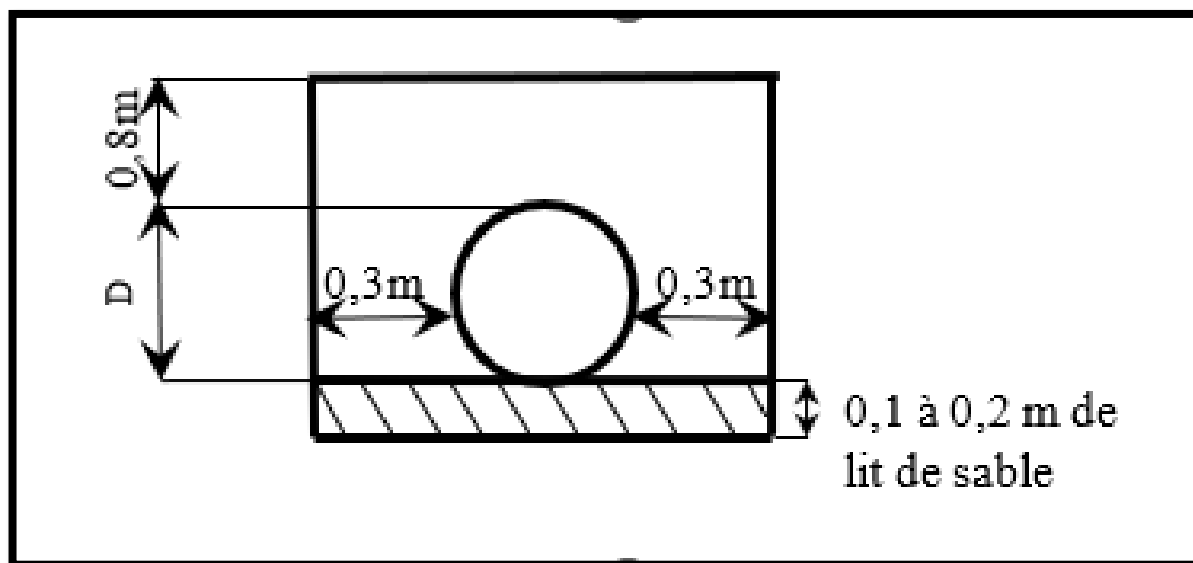


Figure V.3: Schéma d'une tranchée.

➤ Volume de remblai

Ce volume est calculé comme suit :

$$V_{\text{remblai}} = V_{\text{déblai}} - \left(\frac{\pi}{4} D^2 \times L \right) - V_{\text{sable}} \dots\dots\dots V.4$$

Avec :

D : diamètre de la conduite.

L : longueur de la conduite.

V.3.3 Evaluation du cout de projet :

a) Coût des conduites de distribution :

Le tableau suivant représente les quantités et le prix unitaire et totale des conduites :

Tableau V.1: coût des conduites.

Conduite	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
50	ml	7500	195,00	1 462 500,00
65	ml	44027	230,00	10 126 210,00
80	ml	38215	285,00	10 891 275,00
100	ml	813	450,00	365 850,00
160	ml	1206	620,00	747 720,00
250	ml	1127	1 850,00	2 084 950,00
300	ml	4914	2 920,00	14 348 880,00
			Total	40 027 385,00

b) Coût Des travaux d'excavation :

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.2: calcul des différents volumes.

Conduite	Longueur	Largeur	Hauteur	V déblai	V sable	V remblai
50	7500	0,25	1	1875	0	1860,27
65	44027	0,25	1	11006,75	0	10860,66
80	38215	0,35	1	13375,25	0	13183,17
100	813	0,4	1	325,2	32,52	286,29
160	1206	0,76	1	916,56	91,66	800,66
250	1127	0,85	1,3	1245,34	95,8	1094,22
300	4914	0,9	1,3	5749,38	442,26	4959,78
Somme				34493,48	662.23	33045.05

Le coût des travaux de terrassement est représenté dans le tableau suivant :

Tableau V.3: coût des travaux de terrassement.

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	m ³	34493,48	450,00	15 522 066,00
Lit de sable	m ³	662,23	1200,00	794 677,20
Remblai	m ³	33045,05	250,00	8 261 262,82
			Total	24 578 006.02

c) Coût des ouvrages de rejet :

Tableau V.4 : Estimation du cout des ouvrages de rejets.

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant(DA)
Ouvrage de rejet en B.A	U	2	300 000,00	600 000,00
			Total	600 000,00

d) Devis estimatif du projet :**Tableau V.5 : Devis estimatif du projet.**

Travaux	Montant (DA)
Travaux de terrassement	24 578 006,02
Ouvrage de rejet en B.A	600 000,00
Conduites	40 027 385,00
Total (HT)	65 205 391,02
T.V.A (19%)	12 389 024,29
Total	77 594 415,31

V.4 Conclusion :

Un bon entretien du réseau de drainage est essentiel pour assurer la durabilité et l'efficacité du système de drainage, et un suivi régulier et une planification correcte des budgets permettent de limiter les pannes, d'optimiser les interventions et de garantir un fonctionnement fiable du réseau sur le long terme.

Conclusion Générale

Conclusion générale :

Cette étude nous a permis de comprendre l'importance du drainage agricole dans les zones semi-arides comme le périmètre de Seklafa, où les problèmes de salinisation des sols limitent la productivité agricole. Grâce à l'analyse des conditions naturelles et pédologiques, ainsi qu'à l'estimation des besoins, nous avons pu proposer un réseau de drainage adapté aux caractéristiques de la région.

Étant donné que le projet de drainage agricole n'a pas encore été réalisé, il n'existe pas encore de données permettant de comparer les niveaux de salinité avant et après sa mise en œuvre. L'évaluation de l'efficacité du système ne pourra donc être effectuée qu'après son installation et une période d'observation suffisante.

La mise en place de ce système contribuera à réduire le niveau de la nappe phréatique, améliorer la qualité des sols et assurer une meilleure durabilité des activités agricoles. Ce travail montre que le drainage est une solution efficace pour préserver les terres et augmenter la production dans un contexte climatique difficile. Cependant, la réussite d'un tel projet dépendra aussi du suivi, de l'entretien régulier et d'une bonne gestion de l'eau d'irrigation, afin d'éviter le retour des problèmes liés à la salinité et à l'excès d'humidité.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

- Benharzallah, Djamel Abdelnaceur. (2015). "Étude du périmètre d'irrigation d'El Assafia 450 ha à partir de la station d'épuration de Laghouat (W.Laghouat)
- Hettak, Nesrine. (2020). "Étude d'Aménagement hydroagricole du périmètre Achaacha à partir du Barrage Kramis (W. Mostaganem)."
- Office National de l'Irrigation et du Drainage (ONID). (2023). Étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation de Seklafa sur une superficie de 1 400 ha dans la wilaya de Laghouat
- Ollier ch.et Poirée m. (1983). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. Paris.455p.
- Ouir, Fatma Zohra. (2022). "Aménagement hydroagricole du périmètre d'El Eulma (1160 ha) secteur 4 à partir du Barrage Draa Diss avec (W.Setif)."

Annexes

Annexe N°01 : Diamètres normalisés des conduites en PVC

Pipes of rigid PVC UNI EN 1452 for pressure use conforming to the sanitary rule of Ministry of Health (M.D. 174 of the 6 april 2004).

Color: gray RAL 7011 - Useful lenght: 6 meters. Pipes are available with rubber gasket or plain ends only on request.

Diametro esterno Outside Diameter mm	PN6 (SDR 33)		PN10 (SDR 21)		* PN12,5 (SDR 17)		PN16 (SDR 13,6)		* PN20 (SDR 11)		Guarnizioni Gasket price netto €/cat.
	Spessore Thickness mm	€/ m.	Spessore Thickness mm	€/ m.	Spessore Thickness mm	€/ m.	Spessore Thickness mm	€/ m.	Spessore Thickness mm	€/ m.	
** 16	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,51	—
** 20	—	—	—	—	—	—	1,5	0,65	1,9	0,80	—
25	—	—	—	—	—	—	1,9	1,03	2,3	1,22	—
32	—	—	1,6	0,80	1,9	0,94	2,4	1,14	2,9	1,34	—
40	1,5	0,89	1,9	1,09	2,4	1,36	3,0	1,63	3,7	2,06	0,16
50	1,6	1,18	2,4	1,71	3,0	2,11	3,7	2,51	4,6	3,19	0,19
63	2,0	1,83	3,0	2,65	3,8	3,31	4,7	4,00	5,8	5,05	0,23
75	2,3	2,53	3,6	3,80	4,5	4,69	5,6	5,67	6,8	7,06	0,29
90	2,8	3,46	4,3	5,03	5,4	6,24	6,7	7,50	8,2	9,27	0,39
	PN6 (SDR 41)		PN10 (SDR 26)		PN12,5 (SDR 21)		PN16 (SDR 17)		* PN20 (SDR 13,6)		
110	2,7	4,13	4,2	6,08	5,3	7,85	6,6	9,20	8,1	11,44	0,57
125	3,1	5,40	4,8	7,83	6,0	10,02	7,4	11,73	9,2	14,74	0,68
140	3,5	6,77	5,4	9,88	6,7	12,71	8,3	14,73	10,3	18,46	0,82
160	4,0	8,76	6,2	12,96	7,7	16,65	9,5	19,22	11,8	24,10	1,05
180	4,4	10,60	6,9	16,15	8,6	20,92	10,7	24,34	13,3	30,62	1,38
200	4,9	13,42	7,7	20,03	9,6	25,90	11,9	30,04	14,7	37,57	1,48
225	5,5	16,97	8,6	25,16	10,8	32,70	13,4	38,11	16,6	47,71	2,34
250	6,2	21,30	9,6	31,24	11,9	40,02	14,8	46,79	18,4	58,89	2,58
280	6,9	26,45	10,7	39,05	13,4	50,50	16,6	58,93	20,6	73,97	3,75
315	7,7	33,29	12,1	49,84	15,0	63,44	18,7	74,77	23,2	93,92	4,62
355	8,7	43,65	13,6	65,10	16,9	81,85	21,1	98,36	26,1	119,67	6,31
400	9,8	55,49	15,3	82,81	19,1	104,97	23,7	124,64	29,4	151,89	7,70
450	11,0	70,00	17,2	104,81	21,5	132,71	26,7	158,10	33,1	192,39	—
500	12,3	87,00	19,1	128,75	23,9	163,93	29,7	195,38	36,8	237,66	—

* solo su richiesta / only on request

** tubo liscio senza bicchieri / pipe straight without socket

Annexe N°02 : Profondeur équivalente « d » pour les conduites enterrées

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

D(μm)	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	
1.25	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	1.95	
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	2.85	
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	3.65	
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 $D > \frac{1}{3}L$