



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Dimensionnement d'un réseau de Drainage agricole du périmètre
DR11, Mitidja centre (126) ha, wilaya de Blida

Présenté par :

TAFIFET CHEMS EDDINE

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
KAHLERRAS Djillali	M.C.A	Président
BENKACI ALI Tarek	M.C.B	Examineur
Bouziane Omar	M.A.A	Examineur
BENLATRECH Tarek	M.C.A	Examineur
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Promotrice

Octobre 2023

Remerciement

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers Dieu, qui m'a donné la force et la sagesse nécessaires pour accomplir ce modeste travail.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à tous ceux qui m'ont apporté leur aide, que ce soit de près ou de loin, dans l'élaboration de cette étude

- ✚ Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude envers ma promotrice, Mme AZIEZ, pour son encadrement attentif tout au long de ce travail.
- ✚ Mr Samir et toute l'équipe de l'ONID pour leur soutien et leur contribution précieuse en fournissant les données nécessaires pour ce travail.
- ✚ Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants de l'ENSH qui ont contribué à ma formation.
- ✚ Enfin, je remercie les membres du jury pour avoir accepté d'examiner mon travail. Votre engagement et vos commentaires sont très appréciés.

ملخص

في إطار هذه المذكرة، نسعى إلى استكشاف الصرف الزراعي لمحيط سهل مركز متيجة المتواجد بولاية البليدة. يقع هذا المحيط في منطقة تتعرض لتساقط الأمطار الغزيرة، مما ينجم عنه مشكلة الفيضانات، والتي تترتب عليها عواقب خطيرة على النشاط الزراعي.

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو العمل على تقليل ارتفاع منسوب المياه إلى مستويات مقبولة لنمو المحاصيل، بالإضافة إلى ذلك، نهدف إلى تقليل نسبة الملوحة في التربة من خلال عمليات غسل التربة مما يساعد في تحسين قدرة المنطقة على تنفيذ الأنشطة الزراعية بكفاءة أكبر، وتحسين استدامة الإنتاج الزراعي.

Résumé

Dans le cadre de ce mémoire, nous cherchons à explorer le drainage agricole de la région de la Mitidja centre située dans la wilaya de Blida. Cette région est soumise à une pression atmosphérique élevée, ce qui entraîne un problème d'inondations lors de fortes précipitations, entraînant des conséquences graves sur l'activité agricole.

L'objectif principal de cette recherche est de réduire le niveau de l'eau à des niveaux acceptables pour la croissance des cultures. De plus, nous visons à réduire la salinité du sol grâce à des opérations de lavage du sol. Cela contribue à améliorer la capacité de la région à mener des activités agricoles de manière plus efficace et à renforcer la durabilité de la production agricole.

Abstract

In the context of this thesis, we aim to explore agricultural drainage in the central region of Mitidja located in Blida Province. This region experiences high atmospheric pressure, resulting in a flooding problem during heavy rainfall, which has serious consequences for agricultural activity.

The main objective of this research is to reduce the water level to acceptable levels for crop growth. Additionally, we aim to reduce soil salinity through soil washing operations. This helps improve the region's ability to carry out agricultural activities more efficiently and enhance the sustainability of agricultural production.

TABLE DES MATIERES

Introduction générale :	1
Chapitre I : présentation de la zone d'étude	2
I.1 Introduction :	2
I.2 Présentation du périmètre de la Mitidja centre tranche I :	3
I.3 Présentation du Sous-Secteur DR 11 :	4
I.4 Caractéristique de la région :	4
I.4.1 Géomorphologie et relief :	4
I.4.2 Le Climat de la Mitidja :	5
I.4.2.1 La pluviométrie :	6
I.4.2.2 La Température :	6
I.4.2.3 Le vent :	8
I.4.2.4 Evaporation :	8
I.4.2.5 Insolation :	9
I.4.2.6 Humidité relative de l'air :	11
I.4.2.7 Indices climatiques :	12
I.5 Conclusion :	14
Chapitre II : Ressources En Eau et ressources en Sol	14
II.1 Introduction :	15
II.1.1 Ressources en eau :	15
II.1.1.1 Le barrage de Douera :	15
II.1.1.2 Les eaux souterraines :	15
II.1.2 Qualité des eaux d'irrigation :	16
II.1.2.1 La salinité :	16
II.1.2.2 La conductivité électrique :	16
II.1.2.3 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :	17
II.1.3 Caractéristique des eaux d'irrigation :	17
II.2 Ressources en sol.....	19
II.2.1 Etude pédologique :	19
II.2.1.1 Le but de l'étude pédologique :	19
II.2.1.2 Classification des sols de la Mitidja Centre :	20
II.2.2 Les caractéristiques physiques du sol :	20
II.2.2.1 Description du profil pédologique :	21

II.2.2.2 Etude granulométrique :.....	21
II.2.2.3 Propriétés physique de notre sol.....	22
II.2.3 Les caractéristiques chimiques du sol :	22
II.2.3.1 Le PH eau :	22
II.2.3.2 L'ESP :	22
II.3 Conclusion :	23
Chapitre III : hydrogéologie et piézométrie de la nappe.....	24
III.1 Introduction :.....	24
III.2 Hydrogéologie :.....	24
III.3 Aptitude des terres de la Mitidja :	24
III.4 Piézométrie de la nappe :.....	26
III.4.1 Présentation de la nappe alluviale de la Mitidja centre :.....	26
III.5 Conclusion :	29
Chapitre IV : Étude de l'hydrologie et de l'ajustement des pluies.....	30
IV.1 Introduction :.....	30
IV.2 Présentation de la station pluviométrique :	30
IV.3 Etude statistique des précipitations	32
IV.3.1 Etude de l'homogénéisation de La série pluviométrique :	32
IV.4 Etude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :.....	34
IV.4.1 Lois d'ajustement des pluies :.....	34
IV.4.1.a Ajustement à la loi normale (Gauss) :	34
IV.4.1.b Ajustement à la loi Log-normale (Galton).....	37
IV.4.2 Test de validité d'un ajustement	39
IV.4.3 Détermination de l'année de calcul.....	40
IV.5 Conclusion :	41
Chapitre V : Besoins En Eau Des Cultures.....	39
V.1 Introduction :	39
V.2 Les aptitudes culturales :.....	39
V.2.1 climat :	39
V.2.2 Sol :.....	39
V.2.3 Le choix des cultures :	39
V.3 Culture proposes :	40
V.4 Cycle végétatif des cultures :	41
V.5 Besoins en eau des cultures :.....	42
V.5.1 Définition de l'évapotranspiration :	42

V.5.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET0) :.....	42
V.5.2.1 Les méthodes directes :	43
V.5.2.2 Les méthodes indirectes :	43
V.5.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :	47
V.5.4 Calcul de la pluie efficace :	47
V.6 Calcul des Besoins en eaux d'irrigation des cultures :	48
V.7 Estimation des besoins en eau des cultures	50
V.7.1 Estimation des besoins en eau des agrumes :	50
V.7.2 Estimation des besoins en eau des Abricotiers.....	50
V.7.3 Estimation des besoins en eau des Tomates.....	51
V.7.4 Estimation des besoins en eau des carottes.....	51
V.7.5 Estimation des besoins en eau des Laitues	52
V.7.6 Estimation des besoins en eau des Haricots.....	52
V.7.7 Estimation des besoins en eau d'Orges	53
V.8 Calcul de débit spécifique :	54
V.9 Calcul de débit caractéristique :	54
V.10 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	55
V.11 Conclusion :	55
Chapitre VI : Projection Du Réseau De drainage	56
VI.1 Introduction :	56
VI.2 Objectifs et avantages :	56
VI.3 Technique de drainage :	56
VI.3.1 Drainage par fossé à ciel ouvert :	57
VI.3.2 Drainage par drains enterrés :	58
VI.4 Paramètres d'un réseau de drainage :	59
VI.4.1 Paramètres hydrologique :	60
VI.4.2 Paramètres du réseau	60
VI.4.2.1 La quantité à évacuer.....	60
VI.4.2.2 La durée de submersion.....	61
VI.4.2.3 Profondeur critique de la nappe :	61
VI.4.2.4 Profondeur des drains	61
VI.4.2.5 Réaction des plantes :	62
VI.4.2 Caractéristiques du sol.....	62
VI.4.2.1 Porosité du sol.....	62
VI.5 Calcul du débit caractéristique :	62

VI.5.1 Cas ou l'excès provient des pluies.....	63
VI.5.1.1 Régime permanent	69
VI.5.2 Cas ou l'excès provient de l'irrigation.....	71
VI.5.3 Le débit caractéristique	71
VI.6 Dimensionnement des drains.....	72
VI.6.1 Calcul de l'écartement entre les drains :.....	72
VI.6.1 Formule de Glover Dumm	72
VI.6.2 L'équation de HOOGHOUDT	73
VI.6.3 Application numérique :	74
VI.6.4 La pente des drains :	74
VI.6.5 La Longueur des drains :.....	75
VI.6.6 Débit à évacuer :.....	75
VI.6.7 Diamètre des drains :	75
VI.7 Dimensionnement des collecteurs.....	76
VI.7.1 Calcul hydraulique des collecteurs	76
VI.7.2 Diamètre des collecteurs	76
VI.7.3 Jonction des collecteurs	78
VI.8 Conclusion :.....	79
Chapitre VII : Études Technico-économique.....	80
VII.1 Introduction :	80
VII.2 Causes de non-fonctionnement du drainage :	80
VII.2.1 Obstructions d'origine technique :	80
VII.2.1.1 Insuffisance de la section des drains :.....	80
VII.2.1.2 Insuffisance de la pente des drains :	81
VII.2.1.3 Mauvaise qualité des tuyaux :	82
VII.2.1.4 Défectuosités pendant l'exécution des travaux :	82
VII.2.2 Obstructions d'origine naturelle :.....	82
VII.2.2.1 Pénétration dans les drains de petits animaux	82
VII.2.2.2 dépôts de matières minérales :.....	82
VII.2.2.3: Colmatage par dépôts à réaction chimique :	83
VII.3 Méthodes d'entretien :	83
VII.3.1 Le curage :	83
VII.3.2 Entretien des réseaux enterrés :.....	84
VII.4 Devis quantitative et estimative.....	84
VII.5 Conclusion :.....	84

Conclusion générale :	85
Références bibliographiques.....	86
Liste des abréviations.....	86
Liste des Annexes	86
Annexe 1 : Carte pédologique de la Mitidja.....	87
Annexe 2 : qualité d'eau d'irrigation	88
Annexe 3 : Tableau E=f(d)	89
Annexe 4 : Table de Pearson	90
Annexe 5 : Diamètres normalisé des tuyaux PVC.....	91

Liste des tableaux

Tableau 1 Pluies moyennes mensuelles (32 ans)	6
Tableau 2 Températures moyenne mensuelles (1990-2021)	7
Tableau 3 Vitesse moyenne mensuelle des vents (1990-2018)	8
Tableau 4 Moyenne mensuelle de l'évaporation (1990-2018)	9
Tableau 5 Insolation moyenne (1990-2018)	10
Tableau 6 Moyenne mensuelle de l'humidité relative	11
Tableau 7 Les limites de climat d'après l'indice de De Martonne	12
Tableau 8 Caractéristiques d'eau du barrage Douéra (2018).	18
Tableau 9 Analyse granulométrique du profil pédologique (ANRH)	21
Tableau 10 Propriétés physiques de notre sol. (Source ANRH)	22
Tableau 11 Caractéristiques chimiques du sol. (ANRH)	22
Tableau 12 Différents types de sols en fonction du la conductivité et de l'ESP	23
Tableau 13 <i>Répartition et superficie des classes d'aptitudes culturales</i>	26
Tableau 14 : Code de la station de Soumaa. Source (ANRH)	30
Tableau 15 Pluie moyenne mensuelle observé de la station de Soumaa (1990-2021)	31
Tableau 16 Test de Wilcoxon pour la station de Soumaa	33
Tableau 17 Ajustement à la loi normale (Gauss)	36
Tableau 18 Paramètres statistiques de l'ajustement à la loi normale (Gauss)	36
Tableau 19 : Ajustement à la loi log-normale (Galton)	38
Tableau 20 : Paramètres statistiques de l'ajustement à la loi log normale (Galton)	38
Tableau 21 Test de validité de l'ajustement	39
Tableau 22 Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%	41
Tableau 23 Répartition des cultures du secteur DR11	41
Tableau 24 Le cycle végétatif des différentes cultures	41
Tableau 25 Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0	46
Tableau 26 Coefficients culturaux (Kc) des cultures.	47
Tableau 27 Pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT V 8.0	48
Tableau 28 Les profondeurs d'enracinements en (m) des différentes cultures.	49
Tableau 29 Estimation des besoins en eau des agrumes	50
Tableau 30 Estimation des besoins en eau des Abricotiers	50
Tableau 31 Estimation des besoins en eau des Tomates	51
Tableau 32 Estimation des besoins en eau des carottes	51
Tableau 33 Estimation des besoins en eau des Laitues	52
Tableau 34 Estimation des besoins en eau des Haricots	52
Tableau 35 Estimation des besoins en eau d'Orges	53
Tableau 36 : Résultat des besoins d'irrigation	53
Tableau 37 : Estimation des volumes totaux d'irrigation	55
Tableau 38 : (1-e) en fonction d'occupation du sol	60
Tableau 39 : <i>durées de submersion admissible de chaque type de culture</i>	61
Tableau 40 : Profondeurs critiques minimales de la nappe de chaque type de sol	61
Tableau 41 : Variation de la hauteur de la nappe par rapport au niveau de sol en fonction des cultures	62
Tableau 42 : la porosité du drainage en fonction de la texture	62

Tableau 43 : Trié de la série pluviométrie du 1er trimestre (Septembre-Octobre-Novembre)	64
Tableau 44 : Trié de la série pluviométrie du 2eme trimestre (Décembre-Janvier-Février)	65
Tableau 45 Trié de la série pluviométrie du 3eme trimestre (Mars-Avril-Mai)	66
Tableau 46 L'ajustement pour le trimestre de l'automne	67
Tableau 47 L'ajustement pour le trimestre de l'hiver	67
Tableau 48 L'ajustement pour le trimestre du printemps	67
Tableau 49 Résultats de Calcul de l'excès par pluie en tenant compte du stockage	70
Tableau 50 Résultats de calcul du débit	70
Tableau 51 Résultats des calculs de débit par le régime variable	70
Tableau 52 : Calcul des débits dans le collecteur principal et secondaire	76
Tableau 53 : Calcul des diamètres des collecteurs secondaires	77
Tableau 54 : calculs des diamètres des collecteurs principaux	78
Tableau 55 : Devis quantitative et estimative	84

Liste des figures

Figure 1 Localisation géographique de la plaine de la Mitidja	2
Figure 2 Limite des secteurs de la Mitidja centre. Source (ONID)	3
Figure 3 le périmètre d'étudié (DR11). Source (ONID)	4
Figure 4 Graphique des pluies moyennes mensuelles en (mm).	6
Figure 5 Graphique de la température moyenne mensuelle.	7
Figure 6 Graphique Vitesse moyenne mensuelle des vents	8
Figure 7 Graphique de l'évaporation Moyenne mensuelle	9
Figure 8 Graphique Insolation moyenne	10
Figure 9 Graphique de l'humidité relative moyenne mensuelle	11
Figure 10 diagramme bioclimatique d'EMBERGER	13
Figure 11 Diagramme ombrothermique de Gaussen	14
Figure 12 diagramme de Riverside	19
Figure 13 Carte des aptitudes des terres agricoles de la Mitidja	25
Figure 14 Situation géographique de la Mitidja orientale	27
Figure 15 Carte piézométrique de la nappe alluviale de la Mitidja Centre-Est, Compagne de mai 2017, source (ONID boufarik)	28
Figure 16 Ajustement à la loi normale par HYFRAN	37
Figure 17 : Ajustement à la loi Log-normale par HYFRAN	39
Figure 18 : comparaison entre loi normal et loi log normal	40
Figure 19 Graphique de l'évapotranspiration (ET0)	46
Figure 20 schéma de drainage par fosses à ciel ouvert	57
Figure 21 Schéma représentatif des drains enterré	58
Figure 22 Drainage par drains enterré.	59
Figure 23 Courbe HDF de la période d'automne	68
Figure 24 Courbe HDF de la période d'hiver	68
Figure 25 Courbe HDF de la période du printemps	69
Figure 26 <i>Schéma représente les différents paramètres de la formule de Glover</i>	73
Figure 27 Paramètres dans l'équation de drainage de HOOGHOUDT	74
Figure 28 Schéma d'une draineuse à outil taupe	81
Figure 29 Le colmatage des drains	83

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Plan de masse

Planche 2 : Plan d'occupation du sol dans le périmètre DR11

Planche 3 : Projection du réseau de drainage

Planche 4 : Profile en long du collecteur C6-C8

Introduction générale :

Ces dernières années, l'exploitation des périmètres agricoles est devenue de plus en plus répandue, avec les agriculteurs qui recherchent les terrains les plus adaptés en termes de qualité du sol pour répondre à la demande croissante du marché due à l'augmentation de la population.

Cependant, il arrive parfois que ces plaines soient situées sur des sols salins, entraînant ainsi une perte de 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares sont perdus en raison de la salinisation. À l'heure actuelle, on estime que près de 400 millions d'hectares de terres sont touchés par la salinisation, et la plupart des terres abandonnées se trouvent dans des zones exposées aux risques d'inondations lors de fortes pluies et de précipitations prolongées, ce qui rend l'activité agricole impraticable.

C'est pourquoi les ingénieurs ont envisagé des solutions techniques telles que le drainage agricole pour contrer ces risques. Cette technique implique artificiellement l'évacuation de l'excès d'eau présente dans le sol après des précipitations, en dirigeant cette eau vers un émissaire ou un lieu de stockage en utilisant la gravité, en vue de sa réutilisation ultérieure. L'objectif de notre travail est mis en place un réseau de drainage

La résolution de ce problème passe nécessairement par la mise en place du drainage, une opération visant à éliminer de manière artificielle l'excès d'eau présente dans le sol.

Actuellement, le périmètre DR11, situé dans la plaine de Mitidja, est confronté à un problème étroitement lié aux conditions naturelles, en particulier la topographie. Parfois, la situation est aggravée par l'absence de son réseau de drainage, qui ne possède pas toujours les caractéristiques hydrauliques nécessaires, notamment en termes de pente et de capacité d'évacuation. Cette situation le rend vulnérable aux inondations pendant les périodes de fortes précipitations.

L'objectif de notre travail est d'établir un réseau de drainage et de mener une étude approfondie du périmètre en vue de revitaliser l'activité agricole dans cette zone.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction :

La plaine de la Mitidja s'étend sur une vaste superficie géographique d'environ 130 000 hectares, répartie à travers quatre wilayas du centre du pays : Boumerdès, Alger, Blida, et une petite partie de la wilaya de Tipasa. Elle est délimitée à l'ouest par l'Oued Nador et à l'est par l'Oued Boudouaou. Cette région est entourée par deux zones montagneuses : au sud, les contreforts de la chaîne de l'Atlas Blidéen, et au nord, le Sahel, une étroite bande côtière bordant la mer Méditerranée, où se trouve la ville d'Alger. (Voir Figure 1)

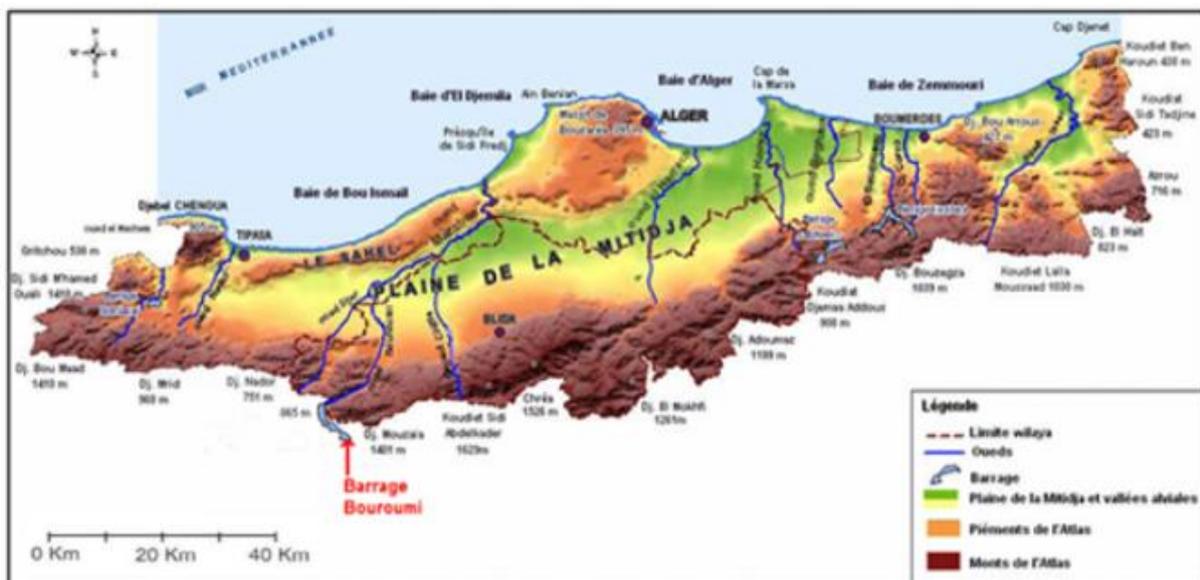


Figure 1 Localisation géographique de la plaine de la Mitidja

Source(<https://www.researchgate.net/publication/42741780>)

L'objet de cette étude sera le périmètre de la Mitidja centre, tranche I. En ce qui concerne l'aménagement hydro-agricole, la plaine de la Mitidja est subdivisée en trois unités, chacune étant associée à une source d'eau qui l'irrigue : Mitidja Ouest, Mitidja Est et Mitidja Centre. La Mitidja Ouest se situe à l'Ouest de l'Oued Chiffa.

- La Mitidja centre est située entre les oueds Chiffa et Harrach.
- La Mitidja Est se trouve entre les oueds Harrach et Boudouaou.

La plaine de la Mitidja centre est subdivisée en deux périmètres distincts :

1. Le Périmètre de la Mitidja centre tranche I, comprenant deux secteurs : DR1 avec une superficie de 3 332 hectares et DR2 couvrant une superficie de 3 758 hectares.

2. Le Périmètre de la Mitidja centre tranche II, également divisé en deux secteurs : DR3, qui s'étend sur une superficie de 6 550 hectares, et DR4, occupant une superficie de 3 540 hectares.

I.2 Présentation du périmètre de la Mitidja centre tranche I :

Le périmètre d'irrigation de la Mitidja centre tranche I est délimité au sud par le périmètre de la Mitidja centre tranche II, et au nord par le Sahel, une étroite bande côtière située à quelques kilomètres de la mer Méditerranée et où se trouve la ville d'Alger. Il occupe les deux wilayas d'Alger et de Blida et il est composé de deux secteurs DR1 et DR2.

- Le secteur DR1 s'étend sur une superficie de 3 332 hectares et se trouve dans le sud de la wilaya de Blida, à environ 50 kilomètres d'Alger.
- Le secteur DR2 couvre une superficie de 3 758 hectares et est situé dans le sud de la wilaya de Blida, à environ 25 kilomètres d'Alger.

Le secteur est délimité par cinq communes, à savoir :

- Au Nord : Chebli, Ouled chebli et Boufarik.
- Au Sud : Soumaa et Bouinan.

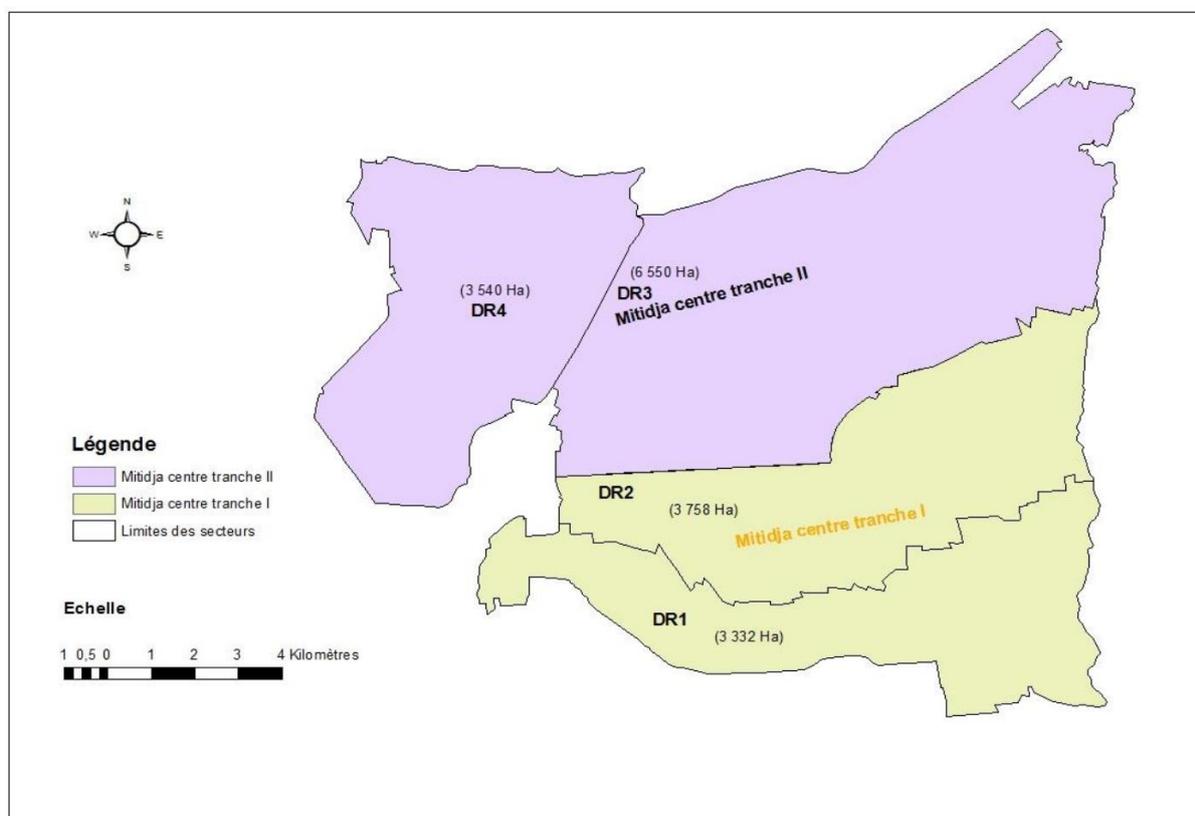


Figure 2 Limite des secteurs de la Mitidja centre. *Source (ONID)*

I.3 Présentation du Sous-Secteur DR 11 :

Notre zone d'étude fait partie du secteur DR1 et s'étend sur une superficie totale de 3 335 hectares. Cependant, la superficie spécifique de notre périmètre étudié est de 125,7 hectares.

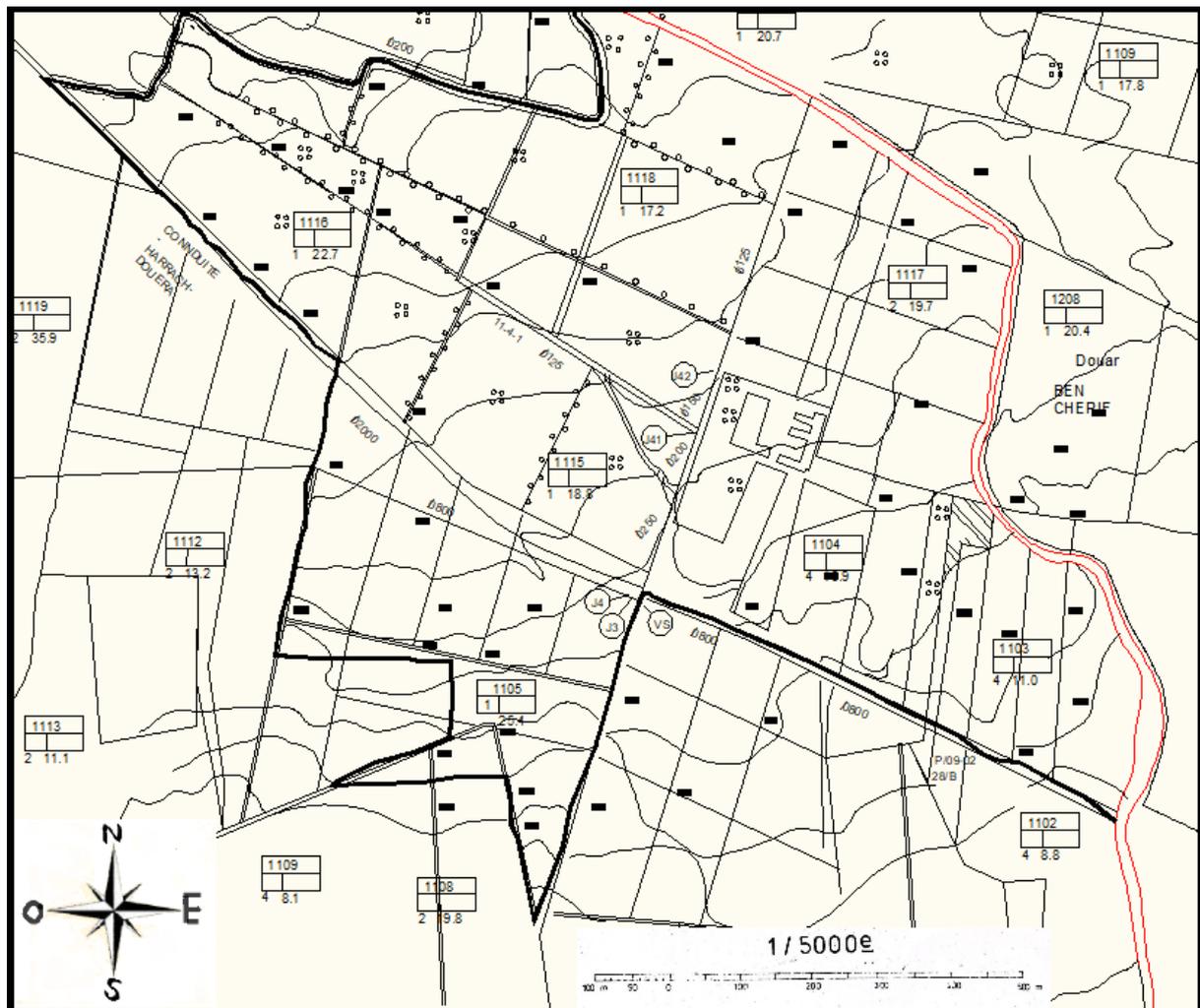


Figure 3 le périmètre d'étudié (DR11). Source (ONID)

I.4 Caractéristique de la région :

I.4.1 Géomorphologie et relief :

La plaine de la Mitidja est principalement caractérisée par son terrain plat et ses pentes douces. La Mitidja centre s'étend à une élévation comprise entre 20 et 100 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les altitudes les plus élevées se trouvent à Blida, atteignant jusqu'à 200 mètres. La pente générale du terrain diminue progressivement du sud au nord. Elle dépasse 1% dans la région de Blida et près de la limite sud, autour de Bouinan. Cette pente diminue à

moins de 0,5% dans la partie nord de la zone et devient pratiquement nulle dans les zones dépressionnaires, notamment dans le bassin du Mazafran, situé dans le nord-ouest de la zone.

De la région de la Mitidja du nord au sud, on peut identifier trois unités géomorphologiques distinctes :

Le sahel :

Cette unité correspond à une série de collines qui marquent la limite nord de la plaine de Mitidja. L'altitude moyenne de cette zone est d'environ 200 mètres, et la pente moyenne est d'environ 4,5%. Cette topographie a pour effet de limiter considérablement l'écoulement de l'eau et l'intrusion d'eau dans la plaine.

La plaine de la Mitidja :

Au sud du Sahel, s'étend la plaine de la Mitidja, d'une superficie de 1 450 km², orientée de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est. Cette plaine est délimitée par l'Atlas Blidéen au sud, et son altitude moyenne varie de 50 à 100 mètres. La pente générale de la plaine tend vers zéro, ce qui favorise l'infiltration des eaux, particulièrement là où les conditions géologiques le permettent, notamment dans les zones présentant des formations de surface perméables.

L'Atlas :

La chaîne de l'Atlas forme une barrière continue d'environ 30 kilomètres, où l'altitude moyenne atteint 1 400 mètres, avec certains sommets pouvant atteindre 1 600 mètres. Les reliefs y sont abrupts, et les oueds (cours d'eau saisonniers) sont profondément encaissés, avec des pentes atteignant par endroits jusqu'à 30%. Cela favorise principalement l'écoulement superficiel de l'eau.

La plaine de la Mitidja présente une homogénéité géomorphologique considérable en raison de la nature subsidiaire de cette unité. En conséquence, le paysage se décline en plusieurs aspects distincts.

I.4.2 Le Climat de la Mitidja :

Le climat est défini comme l'ensemble des phénomènes météorologiques caractérisés par les conditions atmosphériques et leur évolution dans une région spécifique. Il joue un rôle crucial dans la vie végétale et la production agricole. Tous les éléments climatiques, tels que la température, le vent, les précipitations, l'humidité relative, la turbidité et l'évaporation, ont un impact sur les cultures, influençant à la fois le cycle de croissance des plantes et leurs besoins en eau. En conséquence, le climat est l'un des facteurs déterminants dans le choix des cultures.

La plaine de la Mitidja présente un climat méditerranéen, qui est influencé par la proximité du continent. Ce type de climat se caractérise par des étés chauds et secs, ainsi que des hivers pluvieux et doux.

I.4.2.1 La pluviométrie :

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 32 ans (1990 à 2021) sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 1 *Pluies moyennes mensuelles (32 ans)*

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	juil	Aout
PM (mm)	33.8	50.47	117.37	107.19	93.24	60.12	55.36	74.98	30.53	4.34	3.26	4.63

Source (ANRH Blida)

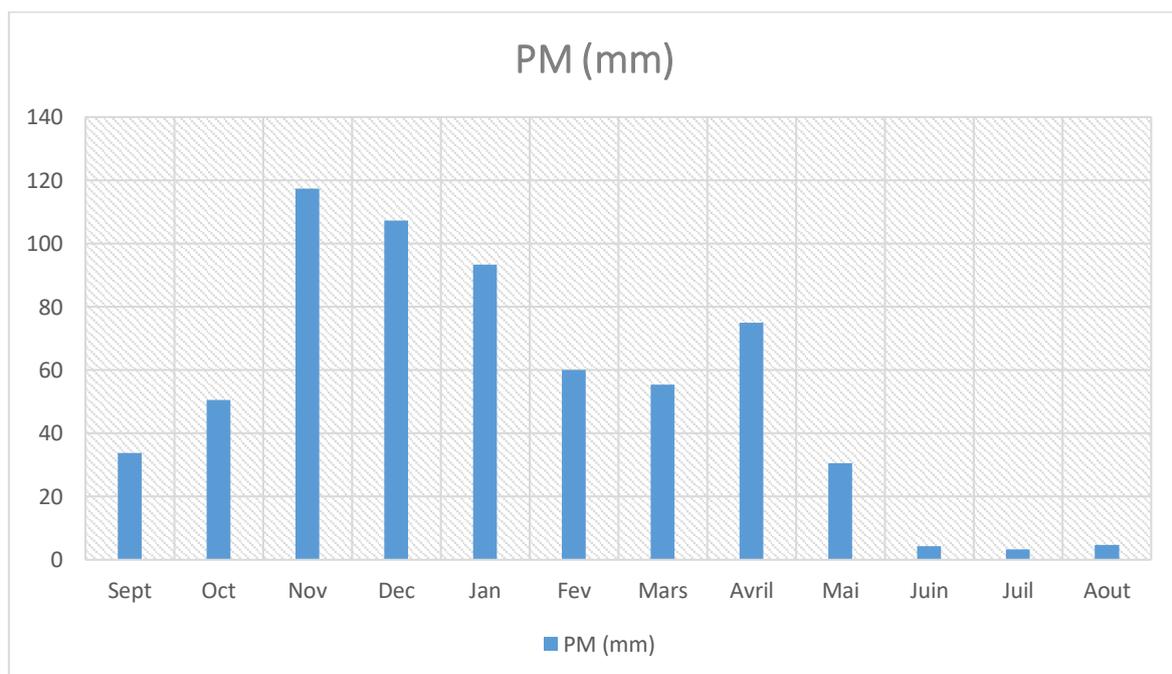


Figure 4 *Graphique des pluies moyennes mensuelles en (mm).*

On remarque que la période plus pluvieuse du mois novembre jusqu'au le mois d'Avril

I.4.2.2 La Température :

La température est un paramètre climatique très important dans une étude climatologique, et ce tableau (**Tableau 2**) ci-dessous résume la variation de cette dernière.

Tableau 2 Températures moyenne mensuelles (1990-2021)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Min	2.2	3.3	3.7	6.3	10.1	12.6	15.25	16.48	15.4	11.5	7.6	2.7
Max	20.8	23.1	25.8	27.3	31.2	35.65	37.4	40.5	34.3	31.4	26.5	22.7
Moy	11.5	13.2	14.75	16.8	20.6	24.1	26.3	28.5	24.85	21.45	17.05	12.7

Source (ANRH Blida)

Avec : $T_{moy} = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2}$

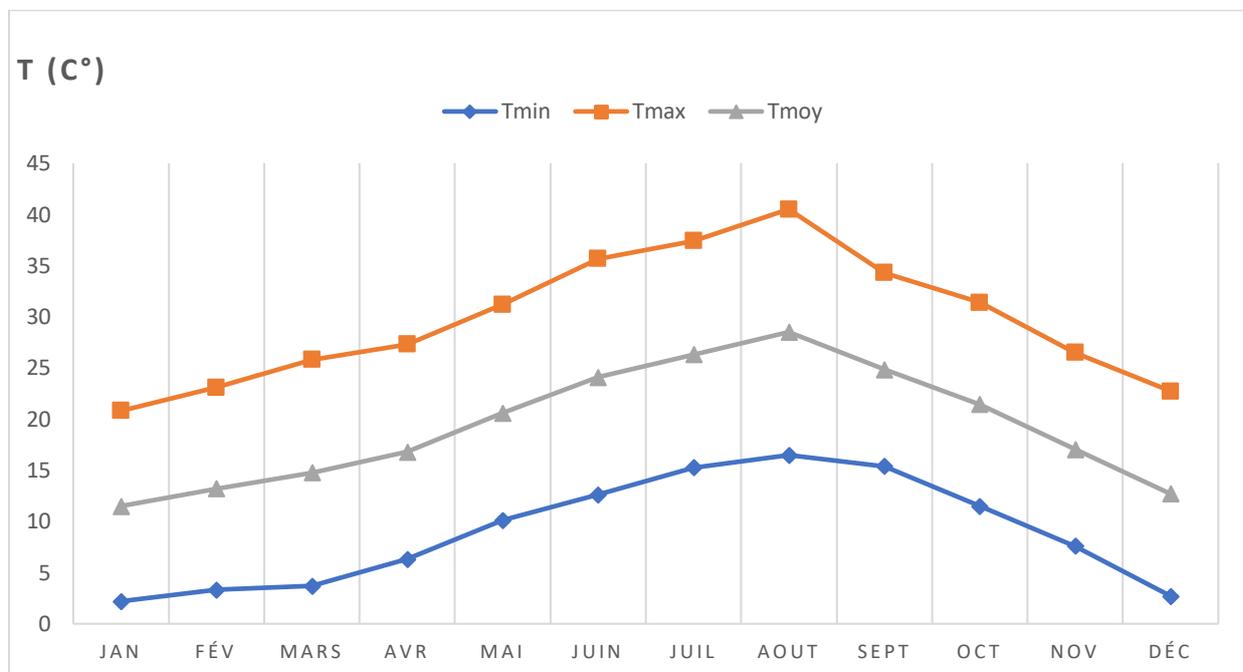


Figure 5 Graphique de la température moyenne mensuelle.

L'examen du tableau des températures moyennes mensuelles montre que :

- La valeur minimale de la température moyenne est enregistrée dans le mois janvier (°C).
- La valeur maximale de la température moyenne est enregistrée dans le mois d'Août (°C).

I.4.2.3 Le vent :

La répartition moyenne mensuelle de la vitesse des vents à « soumaa » est donnée dans le **tableau 3**.

Tableau 3 Vitesse moyenne mensuelle des vents (1990-2018)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
V(m/s)	3,0	3,1	2,9	3,1	2,8	3,0	3,2	3,1	2,5	2,3	2,5	3,7

Source (ONM)

Il en résulte du tableau 3 que la vitesse moyenne annuelle des vents varie de 2,5 à 3 m/s, le maximum est de l'ordre de 4 m/s.

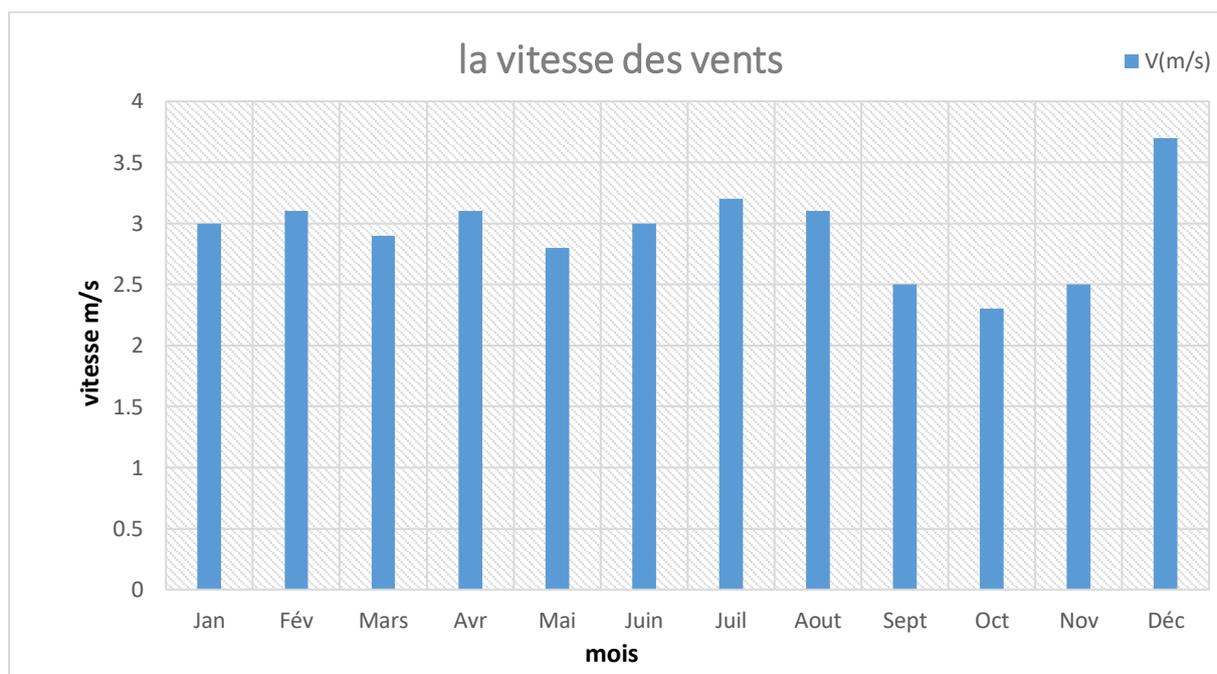


Figure 6 Graphique Vitesse moyenne mensuelle des vents

I.4.2.4 Evaporation :

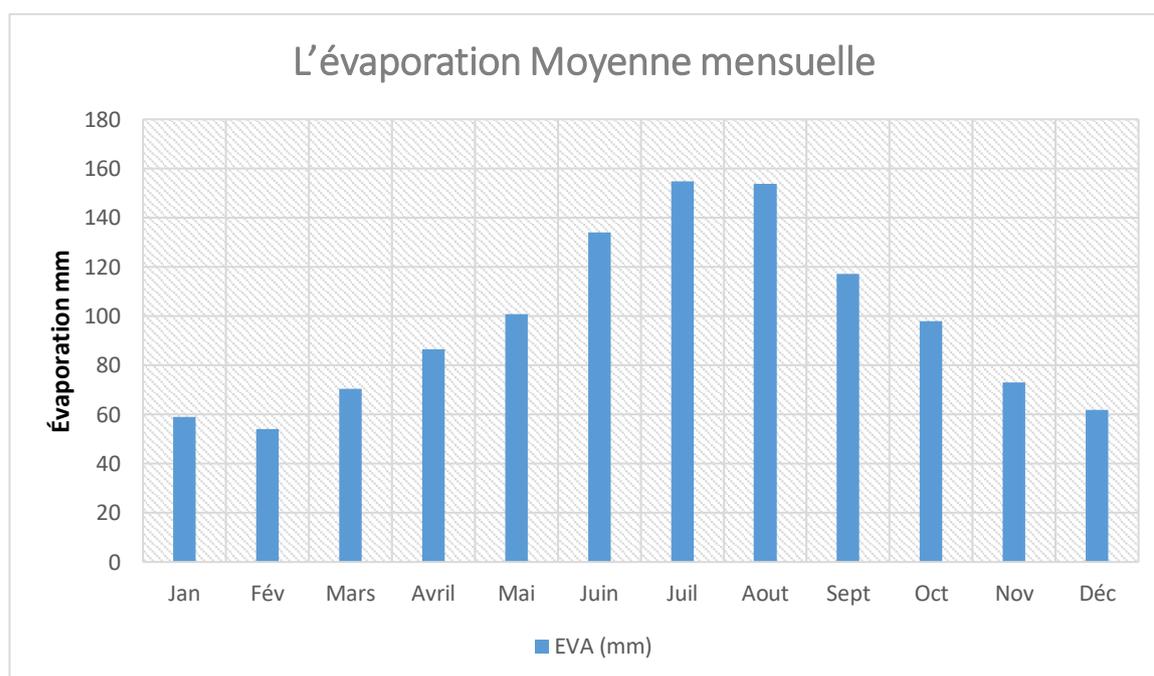
L'évaporation se réfère à la perte d'eau par son retour direct à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. La mesure précise de ce phénomène revêt une grande importance lorsqu'il s'agit de déterminer la taille adéquate d'un système d'irrigation.

Le tableau ci-dessous (**Tableau 4**) nous montre l'évolution de l'évaporation moyenne mensuelle durant une année.

Tableau 4 Moyenne mensuelle de l'évaporation (1990-2018)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
Evap (mm)	59,0	54,1	70,5	86,6	100,7	134,1	154,8	153,7	117,1	98,0	73,1	61,9	96,97

Source (ANRH, 2018)

**Figure 7** Graphique de l'évaporation Moyenne mensuelle

L'évaporation atteint son maximum au mois de juillet (154,8 mm), cependant au mois de février elle est à son minimum (54,1 mm), sa valeur moyenne interannuelles de (96,97 mm).

I.4.2.5 Insolation :

L'insolation est un élément climatique dont on se sert pour calculer l'évapotranspiration potentielle.

La répartition moyenne mensuelle de l'insolation est donnée dans le **tableau 5**.

Tableau 5 Insolation moyenne (1990-2018)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Insolation Moy (h/j)	4,43	6,00	7,09	7,65	9,66	10,12	11,29	10,58	9,29	7,07	5,32	4,09

Source (ANRH.BLIDA.2018)

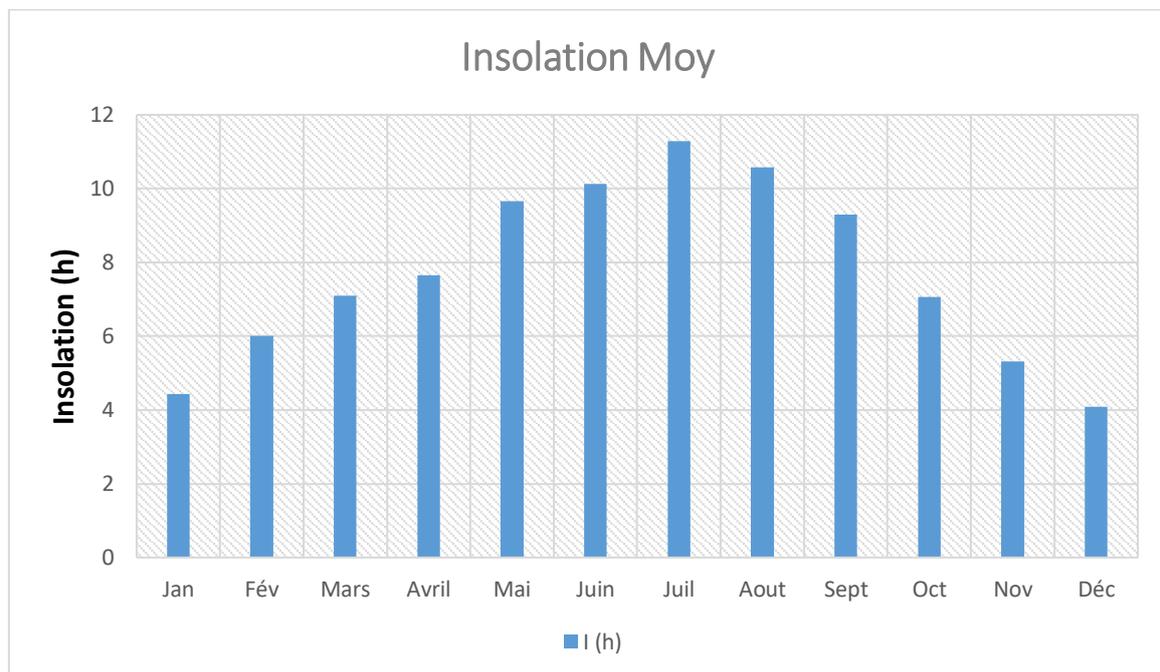


Figure 8 Graphique Insolation moyenne

I.4.2.6 Humidité relative de l'air :

L'humidité relative de l'air est un composant du cycle hydrologique qui influence à la fois l'évaporation du sol et la croissance des végétaux.

La répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative est donnée dans le **tableau 6**.

Tableau 6 Moyenne mensuelle de l'humidité relative

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Hr (%)	76,2	76,2	72,9	70,9	70,3	66,6	63,0	70,2	68,6	70,0	73,2	79,4

Source (ANRH.BLIDA)

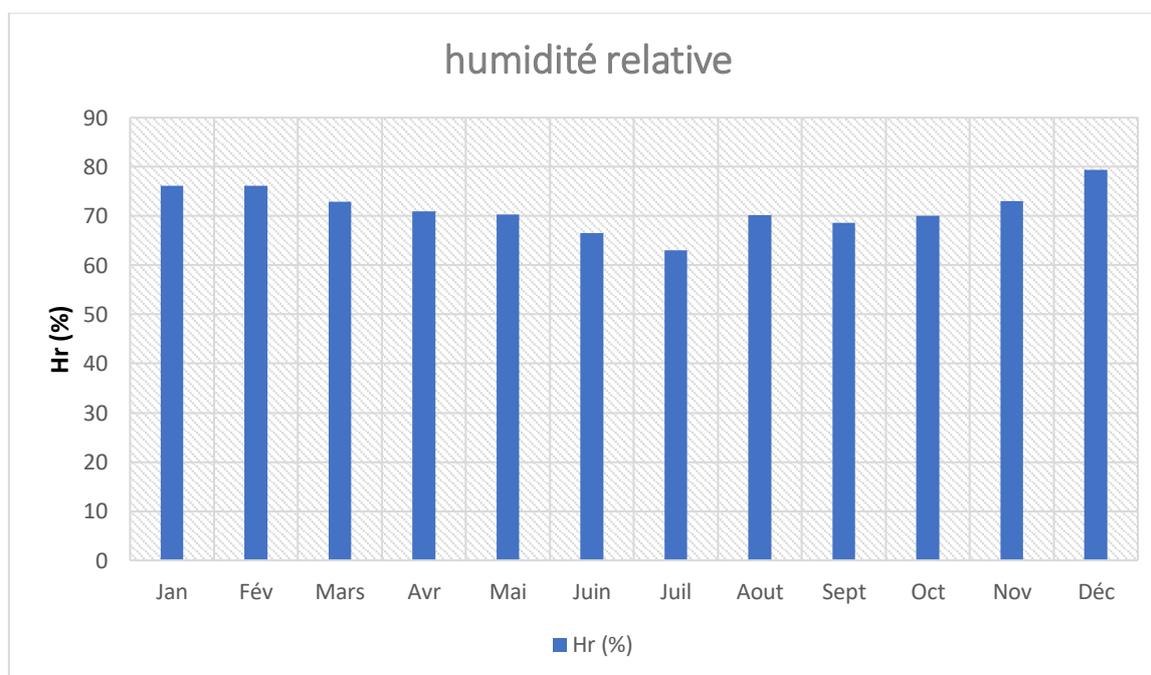


Figure 9 Graphique de l'humidité relative moyenne mensuelle

Observation : le mois le plus humide est décembre et le moins d'humide est juillet.

I.4.2.7 Indices climatiques :

a. Indice d'aridité de De Martonne : C'est le degré de sécheresse du climat de la région Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{Avec : } \mathbf{IA} = \frac{\mathbf{P}}{(\mathbf{T} + \mathbf{10})}$$

IA : Indice climatique de De Martonne.

P : Précipitation annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°c)

$$\text{Donc : } \mathbf{IA} = \frac{635.35}{(19.32 + 10)} \qquad \mathbf{IA} = \mathbf{21.67}$$

Tableau 7 Les limites de climat d'après l'indice de De Martonne

Valeurs de IA	Type de climat	Irrigation
$IA \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < IA \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < IA \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < IA \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$IA > 30$	Humide	Inutile

(Source Bulletin n=24 FAO)

$$IA = 21.67$$

Donc $20 < IA \leq 30$ ce qui correspond d'après les valeurs du tableau au climat « relativement humide ».

b. Quotient pluviométrique d'Emberger :

En utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger, il est possible de déterminer l'étage bioclimatique ainsi que la valeur du coefficient pluviométrique.

$$Q = \frac{1000}{\left[\frac{(M+m) \times (M-m)}{2} \right]} = \frac{(2000 \times P)}{(M^2 - m^2)}$$

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

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

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

$$M = 273 + 28.5 = 301.5 \text{ K}$$

$$m = 273 + 2.2 = 275.2 \text{ K}$$

D'où:

$$Q = \frac{(2000 \times 635.35)}{(301.5^2 - 275.2^2)} \quad Q = 83.78$$

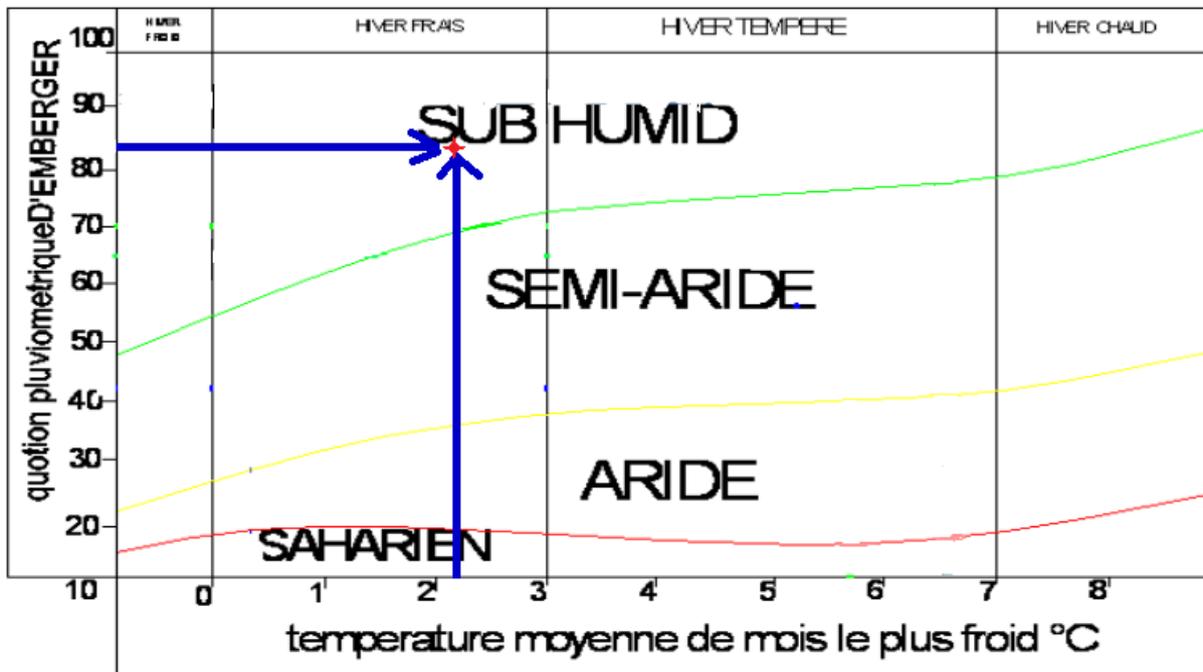


Figure 10 diagramme bioclimatique d'EMBERGER

En utilisant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'Emberger et en se basant sur la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région appartient à l'étage bioclimatique sub-humide, avec un sous-étage caractérisé par des hivers frais.

c. Climogramme de Gaussen :

Le climogramme de Gaussen est un graphique qui illustre les variations des précipitations et de la température en fonction du temps (mois). Il nous aide à identifier la période où

l'irrigation est nécessaire, c'est-à-dire la période sèche, en montrant les mois où les précipitations sont insuffisantes pour répondre aux besoins en eau des cultures.

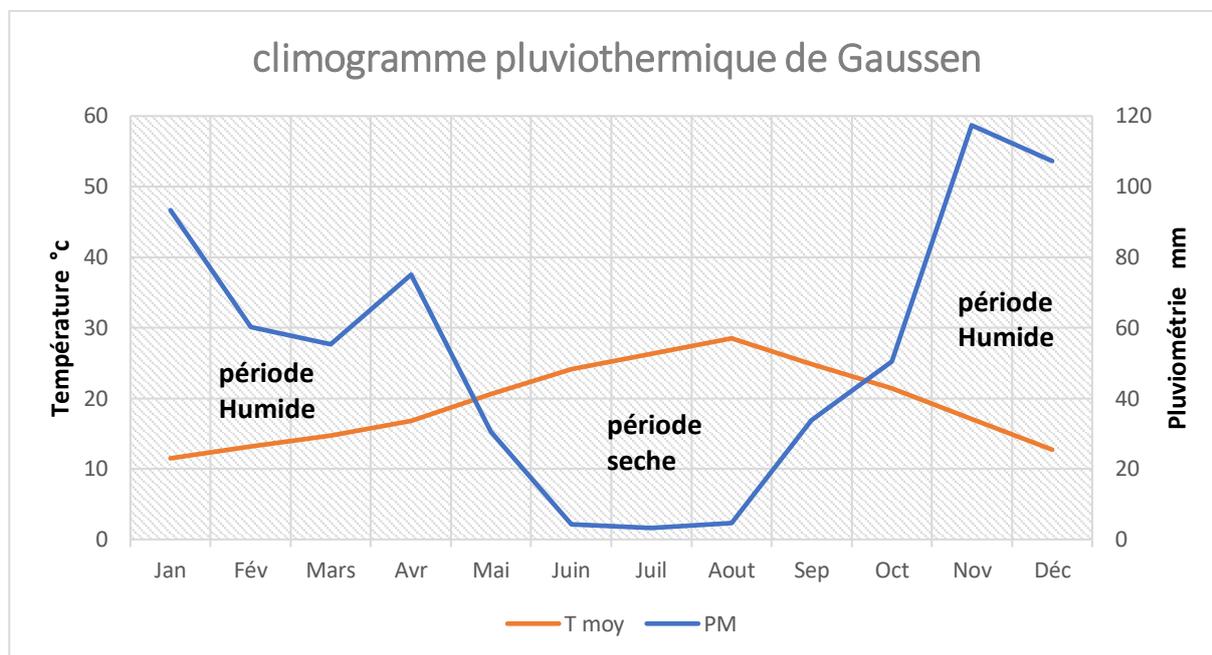


Figure 11 Diagramme ombrothermique de Gausсен

Description du graphe :

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide

Dans notre cas, la période sèche commence en mai et se termine à la mi- Septembre, La saison humide allant d'Octobre à la mi-avril.

I.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, après avoir localisé le périmètre d'étude, nous avons examiné les conditions naturelles, ce qui nous a conduits aux résultats suivants :

1. La plaine de la Mitidja présente une homogénéité significative sur le plan climatique.
2. Au cours de la dernière décennie, les précipitations ont montré une certaine irrégularité dans le temps et l'espace.
3. Le climat de la région se réchauffe, et bien que la Mitidja ait été autrefois classée en tant que zone subhumide, elle se situe actuellement à la limite de ce climat sub-humide.
4. La période de pluie s'étend de novembre à mi-avril, tandis que l'irrigation devient essentielle de fin avril à octobre pour soutenir la production agricole.

Chapitre II : Ressources En Eau et ressources en Sol

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre, notre objectif sera de déterminer les propriétés physiques du sol de la zone d'étude, d'évaluer les ressources en eau disponibles, ainsi que d'analyser la qualité de ces ressources en eau. Ces facteurs jouent un rôle essentiel dans le calcul des besoins en eau et dans la planification du réseau de drainage nécessaire pour le projet.

II.1.1 Ressources en eau :

L'approvisionnement en eau de la Mitidja centre provient en partie du barrage de Douera et en partie des eaux souterraines. Ce barrage est situé en dehors du cours d'eau principal, et dans un premier temps, il est prévu de le remplir en utilisant l'eau dérivée de l'Oued Harrach. La limite de la plaine de la Mitidja centre est définie par les cours d'eau de l'Oued Chiffa et de l'Oued El Harrach.

II.1.1.1 Le barrage de Douera :

Ce barrage, dont l'étude a été achevée en 1995, est un barrage hors cours d'eau (offstream) d'une capacité de stockage de 102 millions de mètres cubes. Il sera rempli par pompage à partir des sources suivantes :

L'Oued El Harrach, avec un débit moyen dérivable de 70,2 millions de mètres cubes par an et une capacité de transfert de 8 mètres cubes par seconde.

L'Oued Mazafran, avec un débit moyen dérivable de 58,6 millions de mètres cubes par an et une capacité de transfert de 8 mètres cubes par seconde.

Dans le scénario prévu de remplissage simultané à partir des deux oueds Harrach et Mazafran, les simulations montrent que le volume total transféré atteint 86,9 hm³/an, avec une capacité de transfert de 8 mètres cubes par seconde à partir des deux sources d'eau.

II.1.1.2 Les eaux souterraines :

Le périmètre irrigué à partir des eaux souterraines couvre le reste de la Mitidja centre, qui englobe une superficie totale de 15 800 hectares. L'irrigation au moyen des eaux souterraines se fait principalement par le biais de forages individuels au sein des exploitations agricoles, plutôt que par l'utilisation de réseaux collectifs alimentés à partir de champs de captage centralisés.

II.1.2 Qualité des eaux d'irrigation :

Les facteurs les plus cruciaux pour déterminer la qualité de l'eau nécessaire en agriculture sont les suivants :

- PH
- Salinité
- Conductivité électrique
- Degré d'Adsorption du Sodium ou (SAR)

II.1.2.1 La salinité :

La salinité renvoie à la quantité de sel présente dans l'eau destinée à l'irrigation. Le surplus de sel dans ces eaux constitue l'une des principales préoccupations lors de leur utilisation pour l'irrigation. Une concentration élevée de sel dans l'eau ou dans les sols aura un impact négatif sur le rendement des cultures, entraînant ainsi la dégradation des sols et la contamination des eaux souterraines.

La décision d'utiliser de l'eau salée pour l'irrigation dépend de divers facteurs, notamment :

- La tolérance des cultures au sel.
- Les caractéristiques du sol sous l'irrigation et les conditions climatiques.
- Les pratiques de gestion des sols et de l'eau.

En règle générale, il est recommandé d'utiliser de l'eau ayant une faible ou moyenne teneur en sel pour l'irrigation, afin de minimiser les risques de préjudice pour les cultures et de dégradation des sols.

II.1.2.2 La conductivité électrique :

La conductivité électrique (CE) mesurée à 25°C est exprimée en mmhos/cm et rend compte de la salinité globale des eaux.

Quatre classes de risque salin ont été définies :

C1 : Risque faible $CE \leq 0,25$.

C2 : Risque moyen $0,25 < CE \leq 0,75$.

C3 : Risque élevé $0,75 < CE \leq 2,25$.

C4 : Risque très élevé $CE > 2,25$.

Avec : CE (ds/m) ou (mmhos/cm).

II.1.2.3 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

Lorsque l'eau présente une teneur élevée en sodium, cet élément peut se fixer sur les colloïdes du sol, provoquant ainsi une action de défloculation. Pour évaluer le risque alcalin, on compare les concentrations en ions Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} avec leurs concentrations respectives en milliéquivalents par litre (meq/L).

Quatre catégories de risque alcalin ont été établies, en relation avec le risque salin :

S1 : Risque faible $\text{S.A.R} \leq 10$.

S2 : Risque moyen $10 < \text{S.A.R} \leq 18$

S3 : Risque élevé $18 < \text{S.A.R} \leq 26$.

S4 : Risque très élevé $\text{S.A.R} > 26$.

Le SAR est calculé comme suit :

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

II.1.3 Caractéristique des eaux d'irrigation :

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés à la station hydrométrique du barrage Douéra, les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont données dans le tableau ci-après.

Tableau 8 Caractéristiques d'eau du barrage Douéra (2018).

Nom Station	Ca (mg/l)	Cond (µs/cm)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	pH	Résidu sec à 105 °C mg/l
Barrage Douéra	50.5	370	8	22	7	240
	38	370	10	35	8	236
	44.6	380	11	20	8	244
	44.5	370	14	17	8	250
	40.7	360	9	20	8	240
	41	370	12	23	8	252
	43.6	360	7	24	8	248
	48.1	380	14	26.4	8	264
	45.1	390	11	14	8	274
	43.8	390	12	26	8	260
	43.7	410	13	25	7	290
43.5	400	13	23	7	260	

Source (ANRH Alger)

Donc :

$$S.A.R = \frac{2.3}{\sqrt{\frac{4.39 + 1.12}{2}}}$$

$$S.A.R = 1.39$$

D'après les résultats des analyses d'eau du barrage douéra le SAR est inférieure à 10, la conductivité électrique est 0.37 et 0.41 ds/m (moyenne de 0.38 ds/m), donc l'eau est classée dans la classe « C2 SI ». D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation :

Il s'agit de bonne eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour irrigation des plantes moyennement tolérantes au sel

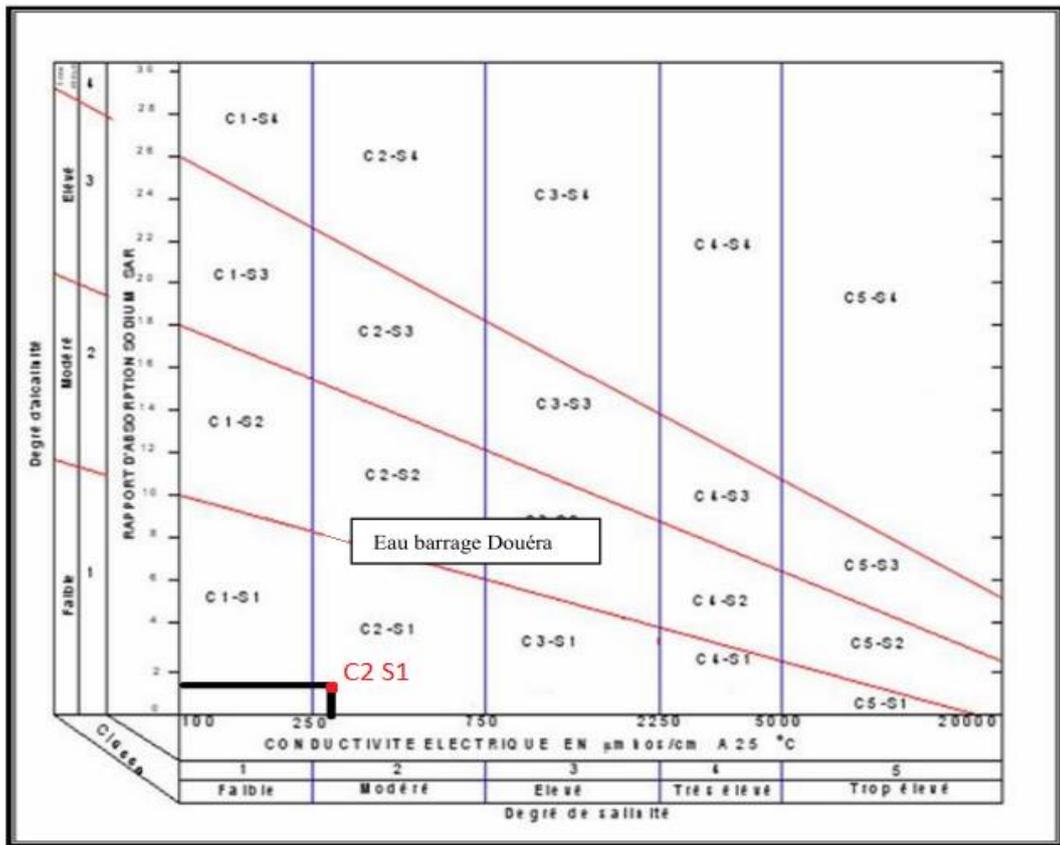


Figure 12 *diagramme de Riverside*

II.2 Ressources en sol

II.2.1 Etude pédologique :

L'analyse pédologique revêt une importance capitale car elle permet de comprendre la nature et la répartition des propriétés et des limitations des sols.

II.2.1.1 Le but de l'étude pédologique :

L'objectif de l'étude pédologique comprend plusieurs aspects essentiels :

Évaluer la capacité du sol de la zone d'étude à soutenir une croissance végétative optimale des cultures prévues, contribuant ainsi à une rentabilité économique accrue des investissements agricoles.

Estimer la contribution du sol environnant à l'approvisionnement en eau des plantes que nous irriguons, ce qui permet de mieux comprendre comment le sol interagit avec l'eau d'irrigation.

Établir des directives et des pratiques à suivre pour la mise en œuvre de l'irrigation dans un système agricole spécifique (pratique de la culture du sol). Cette démarche nécessite une compréhension approfondie des caractéristiques des sols à l'échelle du champ. Les irrigants sont responsables de la gestion de l'eau et doivent adapter leur approche aux besoins des plantes tout en veillant à la préservation des nappes phréatiques et à la protection des réseaux d'eau contre les risques de contamination.

II.2.1.2 Classification des sols de la Mitidja Centre :

Les sols de la plaine de la Mitidja se répartissent principalement en six catégories distinctes :

Sols à sesquioxydes de fer :

Ces sols se forment sous l'influence d'un climat de type méditerranéen. Les sols rouges, caractéristiques de cette catégorie, affichent un profil A-B-C bien développé. Ils se distinguent par leur couleur très vive et se forment sur des matériaux rubéfiés du soltanien. Ils occupent une superficie significative de la région.

Sols hydromorphes :

Ces sols présentent des caractéristiques résultant principalement de l'influence d'un excès d'eau. Cet excès d'eau peut être provoqué par la présence ou la montée de la nappe phréatique, ou encore par une infiltration insuffisante des eaux de pluie.

Sols minéraux bruts :

Les sols minéraux bruts se trouvent sur des roches qui n'ont pas subi de processus d'évolution pédologique significatif. Cependant, la fragmentation et la distribution mécanique du matériau peuvent être modifiées. Dans la plaine de la Mitidja, ces sols sont considérés comme non climatiques, car ils résultent soit de l'érosion récente, soit d'un apport récent. On distingue deux groupes de sols minéraux bruts.

Sols peu évolués :

Cette catégorie comprend des sols avec des profils AC qui comportent un horizon humifère reposant sur un matériau fragmenté mais peu altéré.

Sols Calc magnésiques :

Les sols carbonatés sont peu présents dans la région et sont caractérisés par une importante concentration en alcalino-terreux. Dans l'horizon A, la matière organique est fortement liée aux éléments minéraux, formant ainsi un complexe très stable. Ce complexe est saturé à plus de 90 % en calcium et en magnésium.

Ces catégories de sols diversifiées jouent un rôle essentiel dans la caractérisation de la plaine de la Mitidja et ont des implications importantes pour l'agriculture et l'utilisation des terres.

II.2.2 Les caractéristiques physiques du sol :

Les sols présentent divers paramètres physiques qui peuvent être mesurés. Les valeurs de ces paramètres dépendent généralement à la fois de la structure et de la texture du sol.

II.2.2.1 Description du profil pédologique :

Le point d'implantation du profil au niveau de la parcelle a été échantillonné le 13 avril 2012. La profondeur du profil dépend des caractéristiques spécifiques du sol observées localement, tout comme la profondeur de l'horizon qui varie en fonction des changements de couleur. La classification et la caractérisation des sols sont obtenues grâce à des études portant sur diverses propriétés physico-chimiques et hydrodynamiques des profils, notamment la structure, la texture et la solution du sol.

	Couleur
Horizon A : 0-30 cm	Horizon A : 7.5 YR 5/2
Horizon B : 30-60 cm	Horizon B : 7.5 YR 6/6
Horizon C : 60-90 cm	Horizon C : 7.5 YR 6/2

II.2.2.2 Etude granulométrique :

Les analyses granulométriques nous fournissent des informations sur la texture du sol, qui est une composition résultant de divers éléments. Le triangle textural est un outil permettant d'obtenir une vision des proportions relatives d'éléments fins et grossiers qui composent ce sol. L'analyse granulométrique du profil du sol est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 Analyse granulométrique du profil pédologique (ANRH)

Profondeur(cm)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Texture
0-30	32.54	42.61	24.85	Limono – argilo- sableux
30-60	11.64	32.09	56.3	Sablo- limono- argilo
60-90	31.26	48.51	20.23	Limono- argilo- sableux

D'après le tableau, on peut dire que notre sol à une texture limono- argileuse, et on confirme ce résultat sur le triangle de texture, il est pauvre en matières organiques, ces agrégats sont facilement détruits par l'irrigation.

II.2.2.3 Propriétés physique de notre sol

Ce tableau représente les différentes propriétés physiques de notre sol sur différente profondeur :

Tableau 10 Propriétés physiques de notre sol. (Source ANRH)

Profondeur (cm)	0-30	30-60	60-90
Densité réelle	2.5	2.31	2.5
Densité apparente	1.41	1.25	1.4
Porosité	44	46	44
La vitesse D'infiltration (m/s)	7×10^{-6}	5.08×10^{-6}	7×10^{-6}

- D'après la vitesse d'infiltration, on remarque que notre sol est perméable.

II.2.3 Les caractéristiques chimiques du sol :

II.2.3.1 Le PH eau :

Lorsque l'irrigation ou la pluie interviennent, les ions H⁺ présents dans le sol se dissocient, se libérant ainsi dans la solution du sol, ce qui entraîne une augmentation de la concentration en ions H⁺. La mesure de cette concentration correspond à l'acidité du sol, qui détermine le pH de l'eau.

Tableau 11 Caractéristiques chimiques du sol. (ANRH)

Profondeur (cm)	Propriétés chimiques du sol	
	PH eau	CE (μ S/cm)
0-30	8.50	150
30-60	8.68	83
60-90	8.21	48.5

II.2.3.2 L'ESP :

On le calcule par la formule de Tunisie

$$ESP = \frac{(0.988 \times SAR) - 0.61}{100}$$

Si le SAR = 1.39 le ESP du sol sera ESP = 0.76 % et on peut déduire que le sol est non-salin non-alcalin selon le tableau suivant :

Tableau 12 Différents types de sols en fonction de la conductivité et de l'ESP

	Cees à 25°C (mmohs/cm)	ESP
Sol salin	> 4	< 15
Sol alcalin	< 4	> 15
Sol alcalino-salin	> 4	> 15

II.3 Conclusion :

Une étude pédologique réalisée dans la région de la Mitidja a permis d'identifier le type de sol présent dans le sous-secteur DR 11. De plus, une analyse de la qualité de l'eau du barrage, effectuée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), a conclu que la zone d'étude était favorable à l'irrigation et présentait un potentiel de rendement élevé.

Chapitre III : hydrogéologie et piézométrie de la nappe

III.1 Introduction :

La zone d'étude est une vaste plaine sublittorale qui s'est formée au début du quaternaire, comme l'a indiqué GLANGEAUD en 1932. La géologie de cette région est complexe, caractérisée principalement par la présence d'alluvions quaternaires. Selon Niane (1977), on y trouve également des formations telles que des grès, du calcaire, des argiles et des marnes, qui constituent les principaux matériaux géologiques de la Mitidja.

III.2 Hydrogéologie :

Le bassin de la Mitidja s'est formé en tant qu'unité géologique à la fin du Miocène, à la suite des principaux mouvements survenus lors de l'orogénèse alpine. Les processus d'affaissement et de sédimentation ont perduré tout au long du Pléistocène, entraînant des modifications dans la forme et la répartition des dépôts sédimentaires, comme le souligne Arezki TAZDAIT en 2012.

Deux petites unités géologiques ont été incluses dans la formation de la Mitidja. Il s'agit des sables dunaires qui bordent la baie d'Alger et des alluvions récentes des lits des oueds. Ces deux unités sont constituées de matériaux qui semblent présenter une certaine continuité avec la formation de la Mitidja.

La nappe de Mitidja présente une grande diversité géologique, composée de graviers et de galets alternant avec des limons et des argiles. Cette nappe s'étend sur toute la superficie de la plaine. L'épaisseur moyenne de ces dépôts alluvionnaires varie généralement de 100 à 200 mètres, mais elle diminue en se dirigeant vers le sud jusqu'à atteindre la chaîne de l'Atlas. Sa limite inférieure est constituée par les marnes de la formation d'El-Harrach, tandis que sa limite supérieure est libre, à l'exception de la zone du Mazafran où la nappe est captive.

III.3 Aptitude des terres de la Mitidja :

Les sols de la région de la Mitidja ont été évalués en termes d'aptitudes agricoles par le Bureau National des Études du Développement Rural (BNEDER) en 2000. Voici les résultats de cette évaluation :

Classe A1 : Il s'agit de terres de plaine de très bonne qualité, avec une faible pente de 0 à 3%. Elles sont généralement moyennement profondes à profondes et peuvent être irriguées. Ces sols se trouvent principalement en Mitidja, dans l'Est algérois, sur la frange côtière du Sahel, et le long des vallées des oueds Nador et Hachem. Ils couvrent environ 83 400 hectares.

Classe A2 : Ces sols sont de bonne qualité, mais ils peuvent être situés en plaine ou en colline et piémont, avec une pente de 3 à 12,5%. Ils sont moyennement profonds à profonds et

peuvent être irrigués ou cultivés en sec. On les trouve notamment en Mitidja, dans certaines zones déclassées par rapport à la classe A1. Ils occupent environ 62 350 hectares.

Classe A3 : Cette classe concerne des terres en colline ou piémont, caractérisées par des pentes contraignantes de 12,5 à 25%. Elles peuvent être situées dans le Sahel Ouest Algérois, les collines de l'Est algérois, et d'autres régions similaires. La profondeur du sol varie, et l'irrigation et l'agriculture intensive ne sont généralement pas possibles. Ces sols couvrent environ 33 760 hectares.

Classe A4 : Il s'agit de sols avec des pentes de plus de 25% et une faible profondeur du sol, rendant l'irrigation impossible. Ce sont des terres marginales où l'agriculture intensive n'est pas praticable. On les trouve notamment dans le Sahel Ouest-Algérois et l'Est algérois. Ils s'étendent sur 20 450 hectares.

Classe A5 : Cette classe concerne généralement des terres de piémont ou de basses montagnes avec diverses aptitudes, notamment pour l'agro-sylvo-pastoralisme. Elles couvrent environ 30 000 hectares.

Classe A6 : Il s'agit de terres recouvertes de végétation forestière ou destinées à la sylviculture en raison de leur relief accidenté et des risques d'érosion hydrique élevés. Leur superficie totale est d'environ 140 000 hectares.

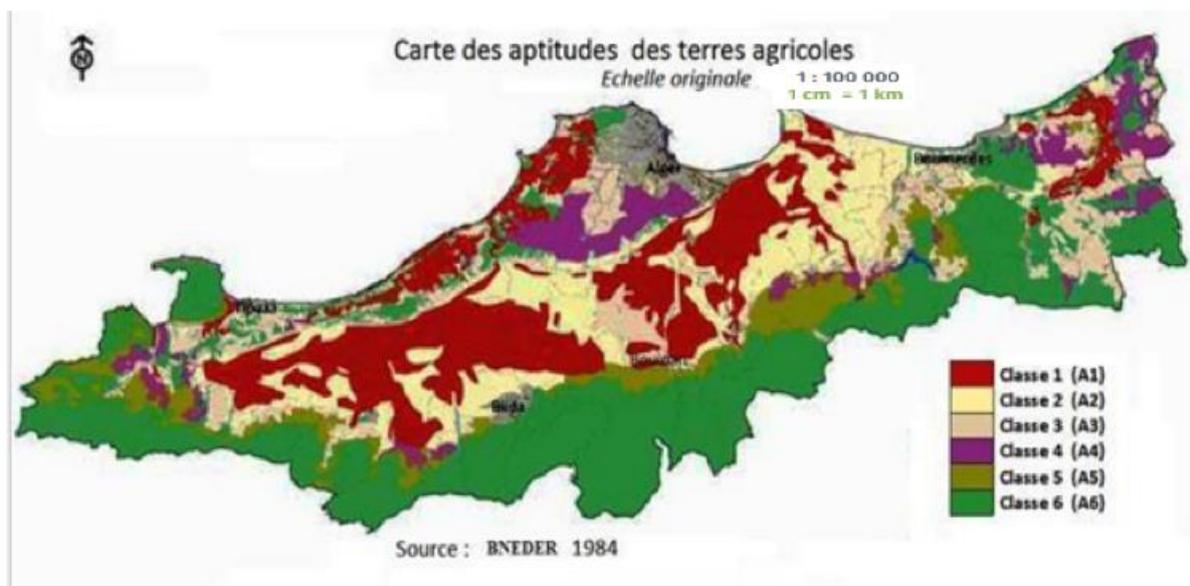


Figure 13 Carte des aptitudes des terres agricoles de la Mitidja

Source (BNEDER 1984)

Tableau 13 Répartition et superficie des classes d'aptitudes culturales

Secteur agricole	Superficie (ha)	Pente %	Classe d'aptitude	%
Mitidja Est-Algérois, Plaine littorale du sahel	83 400	0-3	A1	22.33
Mitidja	62 350	3-12 ,5	A2	16.69
Sahel, Est-Algérois	33 760	12.5-25	A3	9.03
Sahel, Est-Algérois	20 450	>25	A4	5.47
Est-Algérois, Chenoua-Zaccar, Atlas blidéen	30 138		A5	8.06
Est-Algérois, Chenoua-Zaccar, Atlas blidéen	143 388		A6	38.39
Total	373 486			

En se basant sur cette classification, il est à noter que la grande majorité de la Mitidja appartient aux zones A1 et A2. Cela signifie que cette région est caractérisée par des pentes presque nulles ou faibles, avec des sols de moyenne à grande profondeur, généralement adaptés à l'irrigation. Cependant, dans certaines zones, un système de drainage peut être nécessaire pour améliorer les conditions agricoles.

III.4 Piézométrie de la nappe :

Dans cette analyse, nous nous concentrons sur la nappe alluviale de la Mitidja centre, une région semi-aride. Sa situation géographique stratégique près de la côte a conduit à un développement urbain rapide et à une industrialisation au détriment des terres agricoles. Par conséquent, les ressources en eau souterraine et de surface sont confrontées à des menaces telles que la surexploitation, la pollution potentielle et des conditions climatiques peu propices à la recharge des nappes phréatiques et des plans d'eau.

III.4.1 Présentation de la nappe alluviale de la Mitidja centre :

La plaine de Mitidja Est est située au sud-est de la ville d'Alger, avec une orientation générale de nord-est à sud-ouest. Elle s'étend sur une superficie de plus de 500 km², s'étirant de l'Oued Réghaïa à l'est jusqu'à l'Oued El Harrach à l'ouest, et est bordée par les collines du Sahel au nord et la chaîne montagneuse de l'Atlas au sud. Au cœur de la plaine, l'altitude est d'environ 30 mètres. Du point de vue administratif, la Mitidja centre s'étend sur trois wilayas : Alger à l'ouest, Boumerdes à l'est et Blida au sud-ouest (Figure 2).



Figure 14 Situation géographique de la Mitidja orientale

La Mitidja Orientale fait partie du grand bassin versant des Côtiers Algérois codés (02) par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H). Il regroupe deux sous bassins versant codés 02-06 et 02-14.

La zone d'étude est délimitée par plusieurs caractéristiques géographiques :

1. L'Atlas Blidéen au sud : Cette chaîne de montagnes s'élève jusqu'à une altitude d'environ 1600 mètres et est soumise à une érosion due aux conditions climatiques. Elle s'étend dans une direction générale allant de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est.

2. Le bourelet du Sahel au nord-est : Il sépare la plaine de la mer Méditerranée et présente une pente douce.

La nappe alluviale dans cette zone est libre et possède de bonnes caractéristiques hydrodynamiques. Dans la partie orientale de la plaine, notamment à Hamiz et Rouiba, l'aquifère est en contact direct avec l'astien.

L'analyse de la carte piézométrique des hautes eaux de 2015, comme illustrée dans la Figure 3, révèle plusieurs observations :

- Les valeurs des courbes isohypses diminuent du sud vers le nord, ce qui indique un écoulement général de la nappe vers la mer.

- Il y a une inversion du sens d'écoulement, passant du nord au sud, du côté de Bordj El Kiffan, ce qui témoigne du problème persistant de l'invasion marine, déjà étudié par de nombreux chercheurs.

- Une zone de dépression à écoulement convergent est observée à l'ouest, près des champs de captage de Haouchfelit, Baraki, Trois caves, Oued Adda et Stamboul.

Deux limites naturelles sont également identifiées dans la zone d'étude :

- Une limite étanche au sud-ouest, entre Larbaa-Bougara et Larbaa-Meftah.
- Une limite perméable au sud-est, entre Meftah et Khemis El Khechna, où les courbes isohypses suivent sensiblement le contact géologique entre les alluvions de la Mitidja et les formations calcaires du Djebel Zerouala.

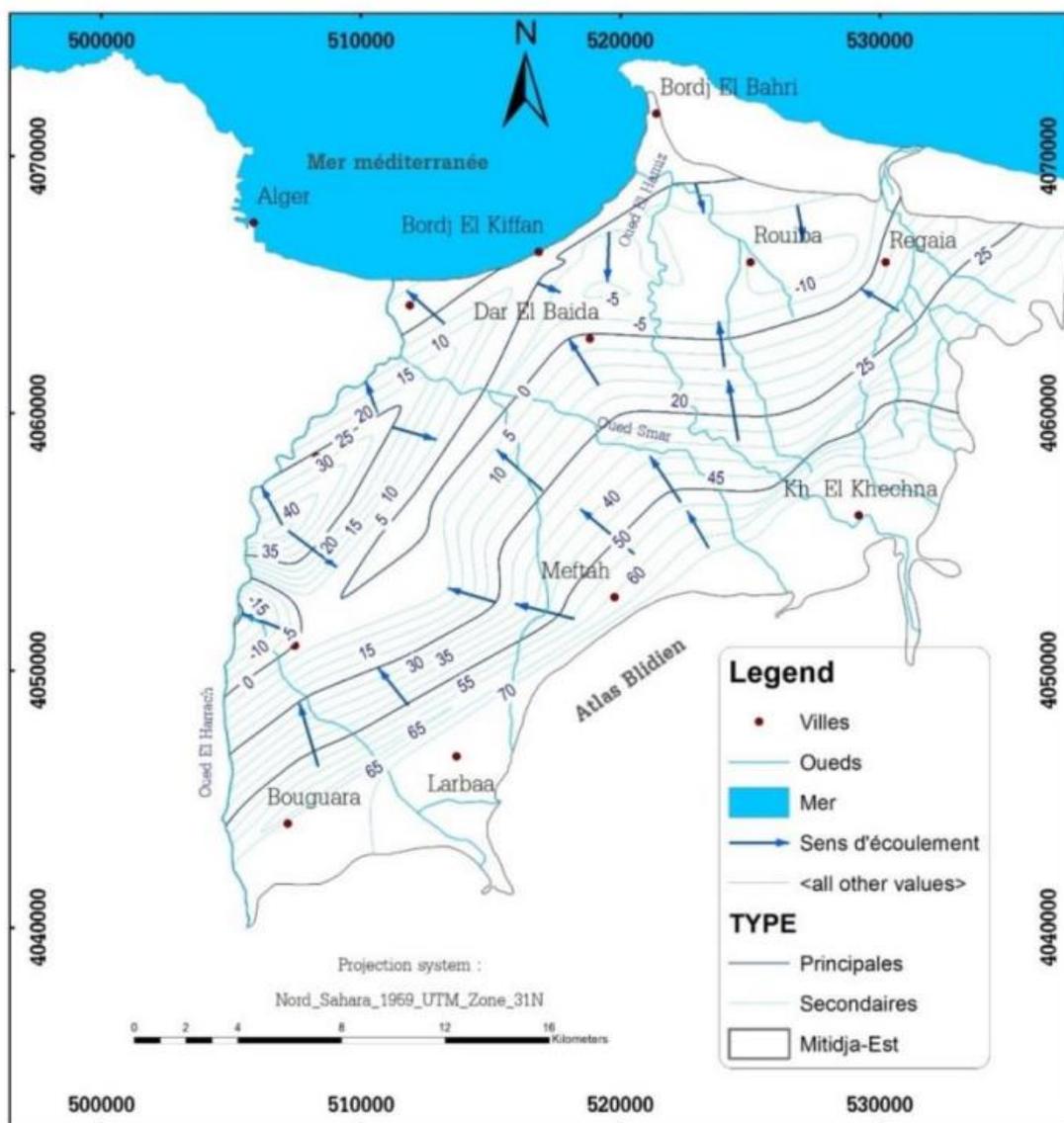


Figure 15 Carte piézométrique de la nappe alluviale de la Mitidja Centre-Est, Compagne de mai 2017, source (ONID boufarik)

III.5 Conclusion :

La structure géologique de la plaine de la Mitidja est celle d'un synclinal, une forme géologique en forme de cuvette allongée, qui est rempli de dépôts alluviaux. La profondeur moyenne de ces dépôts alluviaux est d'environ 200 mètres. Ces alluvions constituent l'aquifère principal de la région et offrent un potentiel naturel considérable en termes de ressources en eau souterraine, qui est exploité par le biais de pompes.

La plaine de la Mitidja est principalement utilisée à des fins agricoles en raison de la qualité agronomique élevée de ses terres. Cette vocation agricole découle de la combinaison de facteurs tels que la disponibilité de sols fertiles et la présence d'une ressource en eau souterraine abondante, ce qui en fait un espace très précieux pour l'agriculture.

Chapitre IV : Étude de l'hydrologie et de l'ajustement des pluies.

IV.1 Introduction :

L'objectif principal de ce chapitre est d'évaluer la pluviométrie, car la conception d'un réseau de drainage nécessite une analyse statistique pour déterminer la distribution des précipitations à une fréquence de 80%. Cela signifie qu'on cherche à déterminer la quantité de précipitations mensuelles qui se produit avec une probabilité de 80%, ce qui est essentiel pour planifier efficacement le drainage dans la région.

IV.2 Présentation de la station pluviométrique :

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 31 ans (1990 à 2021) à la station de « Soumaa » sont représentés sur le tableau suivant :

Tableau 14 : Code de la station de Soumaa. *Source* (ANRH)

Code station	021234
Nom station	SOUMAA
X	517.45
Y	355.9
Z	177

Tableau 15 Pluie moyenne mensuelle observé de la station de Soumaa (1990-2021)

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Tot
1990	33	47	130	34.7	37.5	59.4	74	40.5	45.4	11.9	0	0	513.7
1991	71.5	10.9	36	277.2	12.4	20.8	48.5	130	18	18.9	2.2	0	646.6
1992	6.2	18.2	47.9	7.4	51.1	0	66.1	53.9	135	2.1	30.1	0	418.4
1993	0.8	44.6	30.5	106.3	96.2	127.4	95.4	23.8	33	0.6	0	0	558.6
1994	4.9	179.1	9.7	4.6	213.7	27.2	117.3	142	105	20.5	3.7	0	827.9
1995	9.5	72.4	111	113.8	36.6	50	24.4	82.4	89.5	0	0.2	0	590.1
1996	19.9	28.6	107	78.5	152.7	73.5	0.3	96.6	0.4	0	0.1	0	557.6
1997	9.5	102.2	39.4	61.9	230.5	61.8	133.5	16.8	1.3	16.4	0	14	687.3
1998	16.3	30.3	39.1	22.5	99.5	182.7	31.3	231	40.3	13.1	2.4	0.1	708.8
1999	52.2	38.5	4	9.7	14.8	23.1	6.7	86.6	19.5	2	1.6	16.1	274.8
2000	31.6	68.3	120	94.1	36.7	50.8	53.8	90.1	173	0	0	13.8	732
2001	18.5	30.2	126	62	156	108	76.7	13.3	2.4	5.6	0	1.7	600
2002	21.2	21.1	89.7	188	10.8	1.5	22.6	34.7	34.1	0.3	2.4	0	426.4
2003	3.7	36.8	72.7	38.9	154.5	59.4	1.3	42.3	17.8	0	0	1	428.4
2004	14.6	9.7	48.8	53.4	37.4	16.4	50.1	37.6	23.3	0.5	6.4	46.4	344.6
2005	30.9	42.9	159	169.1	199.9	147.1	22.4	122	41.7	15.8	1.2	2.5	954.3
2006	54.3	32.5	59.5	129.1	90.9	48	65.3	70.6	117	3.4	8.4	0	678.8
2007	11.5	40.1	85.5	119.4	94.5	134.3	46.8	34.1	6.9	0	0	0.9	574
2008	50.2	131.9	111.1	150.3	167.2	20.4	65.5	83.1	28.7	0.3	1.7	1.3	811.7
2009	86.2	8.9	100	130.8	67.2	92.1	122.8	53.3	30.8	20.9	0	35.8	748.8
2010	5.5	80.2	122.8	74.1	92.4	140.6	35.3	99.2	122.9	15.8	0	2	790.8
2011	11.9	85.1	85.3	68.8	52	220.6	132.4	152.8	34.4	0	0	24	867.3
2012	8.5	44.6	111.3	22.4	133.3	107.7	66.4	103.5	170.4	1.5	0.4	23.5	793.5
2013	12.2	16.2	148.3	95.7	74.7	63.4	109.9	2	14.4	51.5	0	0	588.3
2014	34.8	33.3	54.2	156	118.7	86.3	96.7	0	21.1	9	0	0	610.1
2015	30.2	98.7	71.3	0	77.3	73.4	162	80	32.1	0	1.5	0	626.5
2016	11.5	6.4	77.9	149.5	308.6	22.5	47.5	19.8	2.5	6.8	0	34.2	687.2
2017	23.6	27	136.2	123.9	35.3	98.7	130.3	170.9	82	54.5	0	0	882.4
2018	28.30	84.2	120.3	108.5	144.3	27.5	45	59.9	36.1	1	0	5.7	660.8
2019	32.02	45	93	65	85.49	50.4	42.1	54	20.3	0	3	1.2	491.51
2020	40	56	159	188	100	53.17	63	83	24.74	2.3	3.97	9	782.18
2021	38	45.02	117.99	80	85	61	46.89	98	32	9.69	2	0.8	616.39
Moy	33.8	50.47	117.37	107.19	93.24	60.12	55.36	74.98	30.53	4.34	3.26	4.63	

Source (ANRH Blida)

IV.3 Etude statistique des précipitations

IV.3.1 Etude de l'homogénéisation de La série pluviométrique :

Dans le cadre de l'étude hydrologique, toutes les données collectées auprès de la station météorologique de Boufarik ont été vérifiées pour s'assurer de leur homogénéité. Cette vérification a été réalisée en utilisant des formules et des méthodes d'homogénéisation. Les résultats de cette analyse ont ensuite été utilisés comme base de calcul pour l'étude hydrologique.

Il est important de noter que l'analyse hydrologique a été menée en utilisant toutes les données nécessaires pour effectuer le test d'homogénéisation. Cela garantit que les données utilisées dans l'étude sont cohérentes et fiables, ce qui est essentiel pour obtenir des résultats précis dans le domaine de l'hydrologie.

A l'effet de l'existence de plusieurs tests, notre cas est effectué suivant **le test des rangs ou test de Wilcoxon** car il est supposé être le plus puissant des tests non paramétriques qui se basent sur le principe suivant :

On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2 , Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement : $N_2 > N_1$

On constitue par la suite, la série x union y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec :

$W_{\min} < W_x < W_{\max}$: Somme des rangs de sous séries des X_i .

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

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

Tableau 16 Test de Wilcoxon pour la station de Soumaa

Série d'origine (mm)	Série X	Séries Y	X Union Y par ordre croissant	Rang
513.7	513.7	811.7	274.8	1
646.6	646.6	748.8	344.6	2
418.4	418.4	790.8	418.4	3
558.6	558.6	867.3	426.4	4
827.9	827.9	793.5	428.4	5
590.1	590.1	588.3	491.51	6
557.6	557.6	610.1	513.7	7
687.3	687.3	626.5	557.6	8
708.8	708.8	687.2	558.6	9
274.8	274.8	882.4	574	10
732	732	660.8	588.3	11
600	600	491.51	590.1	12
426.4	426.4	782.18	600	13
428.4	428.4	616.39	610.1	14
344.6	344.6		616.39	15
954.3	954.3		626.5	16
678.8	678.8		646.6	17
574	574		660.8	18
811.7			678.8	19
748.8			687.2	20
790.8			687.3	21
867.3			708.8	22
793.5			732	23
588.3			748.8	24
610.1			782.18	25
626.5			790.8	26
687.2			793.5	27
882.4			811.7	28
660.8			827.9	29
491.51			867.3	30
782.18			882.4	31
616.39			954.3	32

On a alors selon le tableau :

- $N_1 = 18$; $N_2 = 14$
- $W_x = 237$
- $W_{\min} = 228.9$ $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ \Rightarrow $228.9 < 237 < 365.1$
- $W_{\max} = 365.1$

La condition de **Mr Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles est homogène.

IV.4 Etude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :

IV.4.1 Lois d'ajustement des pluies :

L'ajustement des données de pluies annuelles à des lois statistiques est une étape importante dans l'analyse hydrologique. Plusieurs lois statistiques sont couramment utilisées pour modéliser ces données en fonction de leur distribution. Dans votre cas, vous choisissez la loi qui offre le meilleur ajustement possible aux données de votre station météorologique.

- Les deux lois statistiques couramment utilisées pour modéliser les pluies annuelles sont les suivantes :
- **Loi de Gauss (loi normale) :** Cette loi repose sur la distribution normale, également appelée courbe en cloche. Elle est souvent utilisée lorsque les données suivent une distribution symétrique et que la pluviométrie suit une distribution normale. Cependant, il est essentiel de vérifier que vos données se conforment réellement à cette distribution avant de l'appliquer.
- **Loi de Galton (loi log-normale) :** Cette loi est basée sur la distribution log-normale. Elle est souvent utilisée lorsque les données de pluie sont mieux ajustées à une distribution log-normale, ce qui est fréquent dans le cas des précipitations annuelles. La loi log-normale peut être appropriée lorsque les valeurs de pluie sont positives et présentent une asymétrie positive.

Le choix entre ces deux lois dépendra de l'ajustement optimal aux données de pluie annuelles que vous avez collectées à partir de votre station météorologique. Il est important de noter que d'autres lois statistiques peuvent également être utilisées en fonction de la nature spécifique de vos données et de vos besoins analytiques.

IV.4.1.a Ajustement à la loi normale (Gauss) :

L'ajustement des séries de données selon la loi normale (loi de Gauss) peut être une approche utile pour analyser les pluies moyennes annuelles. Voici les étapes générales de la méthode de Gauss pour effectuer cet ajustement :

- **Classement des valeurs :** Vous commencez par classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant, de la plus petite à la plus grande. Cela permet de mettre en ordre les données de manière à les organiser pour l'analyse.
- **Attribution de numéros d'ordre :** Chaque valeur classée se voit attribuer un numéro d'ordre en fonction de sa position dans la séquence triée. La valeur la plus basse aura le numéro d'ordre 1, la deuxième plus basse aura le numéro 2, et ainsi de suite.
- **Classement des fréquences :** Vous classez ensuite les fréquences des valeurs observées. Cela signifie que vous déterminez combien de fois chaque valeur de précipitation annuelle apparaît dans votre ensemble de données. Vous créez ainsi une distribution de fréquence qui montre combien de fois chaque valeur se produit par la formule :

$$F(x) = \frac{n - 0.5}{N}$$

Avec :

n : Numéro d'ordre

N : nombre d'années observées

- Calculer la moyenne arithmétique :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

- Calculer l'écart type :

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

Remarque : les calculs suivants ont été réalisés à l'aide de logiciel hydraulique **HYFRAN**, pour confirmation

Station : Soumaa

Résultats de l'ajustement **Normale (Gauss)** (Maximum de vraisemblance)

Nombre d'observations : 32

Paramètre :

mu : 639.993

sigma : 160.272

Quantiles :

q = F(X) (probabilité au non-dépassement)

$$T = \frac{1}{(1 - q)}$$

Tableau 17 Ajustement à la loi normale (Gauss)

T (ans)	Fréquence	XT (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
10000	0.9999	1240	80.8	1080 - 1390
2000	0.9995	1170	72.7	1020 - 1310
1000	0.9990	1140	69.0	1000 - 1270
200	0.9950	1050	59.6	936 - 1170
100	0.9900	1010	55.2	905 - 1120
50	0.9800	969	50.5	870 - 1070
20	0.9500	904	43.9	818 - 990
10	0.9000	845	38.5	770 - 921
5	0.8000	775	33.1	710 - 840
3	0.6667	709	29.7	651 - 767
2	0.5000	640	28.3	584 - 696
1.4286	0.3000	556	30.3	497 - 615
1.2500	0.2000	505	33.1	440 - 615
1.1111	0.1000	435	38.5	359 - 510
1.0526	0.0500	376	43.9	290 - 462
1.0204	0.0200	311	50.5	212 - 410
1.0101	0.0100	267	55.2	159 - 375
1.0050	0.0050	227	59.6	110 - 344
1.0010	0.0010	145	69.0	9.42 - 280
1.0005	0.0005	113	72.7	-30.0 - 255
1.0001	0.0001	43.9	80.8	-115 - 202

Tableau 18 Paramètres statistiques de l'ajustement à la loi normale (Gauss)

Paramètres	Valeurs
Minimum (min)	275
Maximum (max)	954
Moyenne (moyé)	640
Ecart type (δ)	160
Médiane (Me)	637
Coefficient de variation (Cv)	0.250
Coefficient d'asymétrie (Cs)	-0.253
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.49

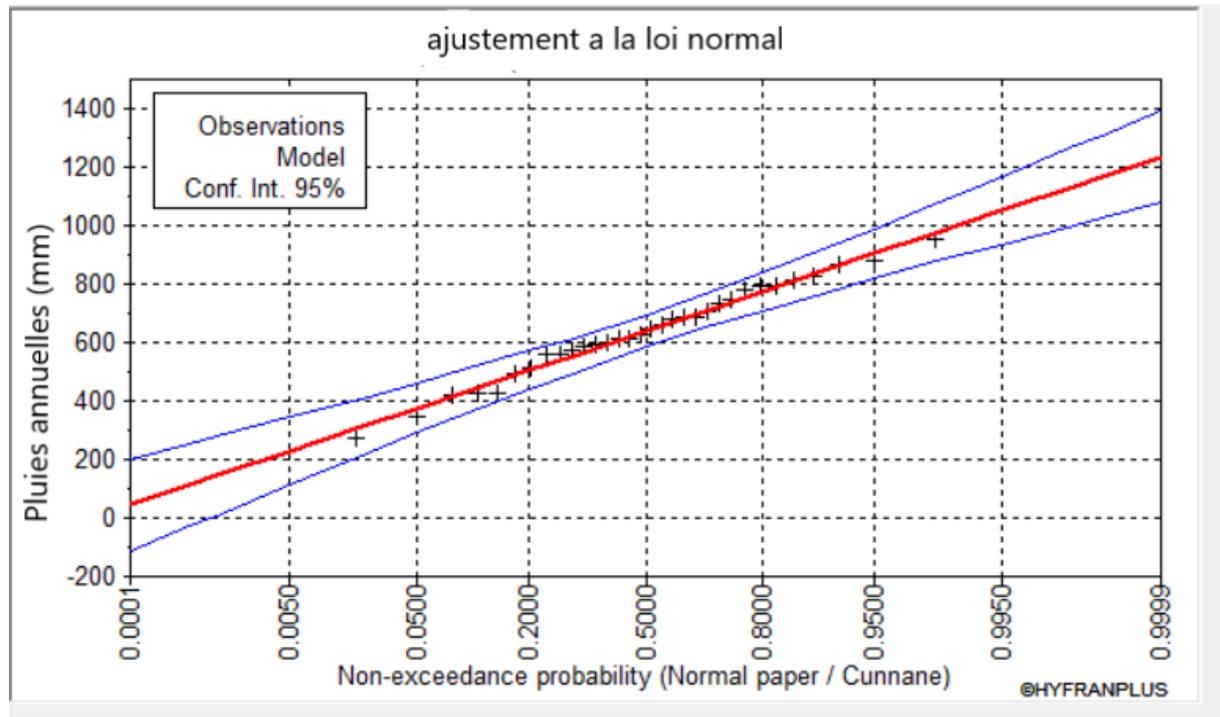


Figure 16 Ajustement à la loi normale par HYFRAN

IV.4.1.b Ajustement à la loi Log-normale (Galton)

Les résultats de l'ajustement des séries de précipitations annuelles moyennes de la station Soumaa sont regroupés dans le tableau ci-dessous et tracés à l'aide de l'étude de **Galton**.

Station : Soumaa

Résultats de l'ajustement **log-normale (Galton)** (Maximum de vraisemblance)

Nombre d'observations : 32

Paramètre :

mu : 6.42658

sigma : 0.280097

Quantiles :

$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$

Tableau 19 : Ajustement à la loi log-normale (Galton)

T (ans)	Fréquence	XT (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
10000	0.9999	1750	247	1270 - 2240
2000	0.9995	1550	197	1170 - 1940
1000	0.9990	1470	177	1120 - 1820
200	0.9950	1270	132	1010 - 1530
100	0.9900	1190	114	962 - 1410
50	0.9800	1100	97.0	909 - 1290
20	0.9500	980	75.1	833 - 1130
10	0.9000	885	59.6	768 - 1000
5	0.8000	782	45.3	694 - 871
3	0.6667	697	36.1	626 - 768
2	0.5000	618	30.6	558 - 678
1.4286	0.3000	534	28.2	478 - 589
1.2500	0.2000	488	28.3	433 - 544
1.1111	0.1000	432	29.1	375 - 489
1.0526	0.0500	390	29.9	331 - 448
1.0204	0.0200	348	30.7	287 - 408
1.0101	0.0100	322	31.1	261 - 383
1.0050	0.0050	300	31.3	239 - 362
1.0010	0.0010	260	31.4	199 - 322
1.0005	0.0005	246	31.3	185 - 307
1.0001	0.0001	218	30.8	158 - 278

Tableau 20 : Paramètres statistiques de l'ajustement à la loi log normale (Galton)

Paramètres	Valeurs
Minimum (min)	275
Maximum (max)	954
Moyenne (moyé)	640
Ecart type (δ)	160
Médiane (Me)	637
Coefficient de variation (Cv)	0.250
Coefficient d'asymétrie (Cs)	-0.253
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.49

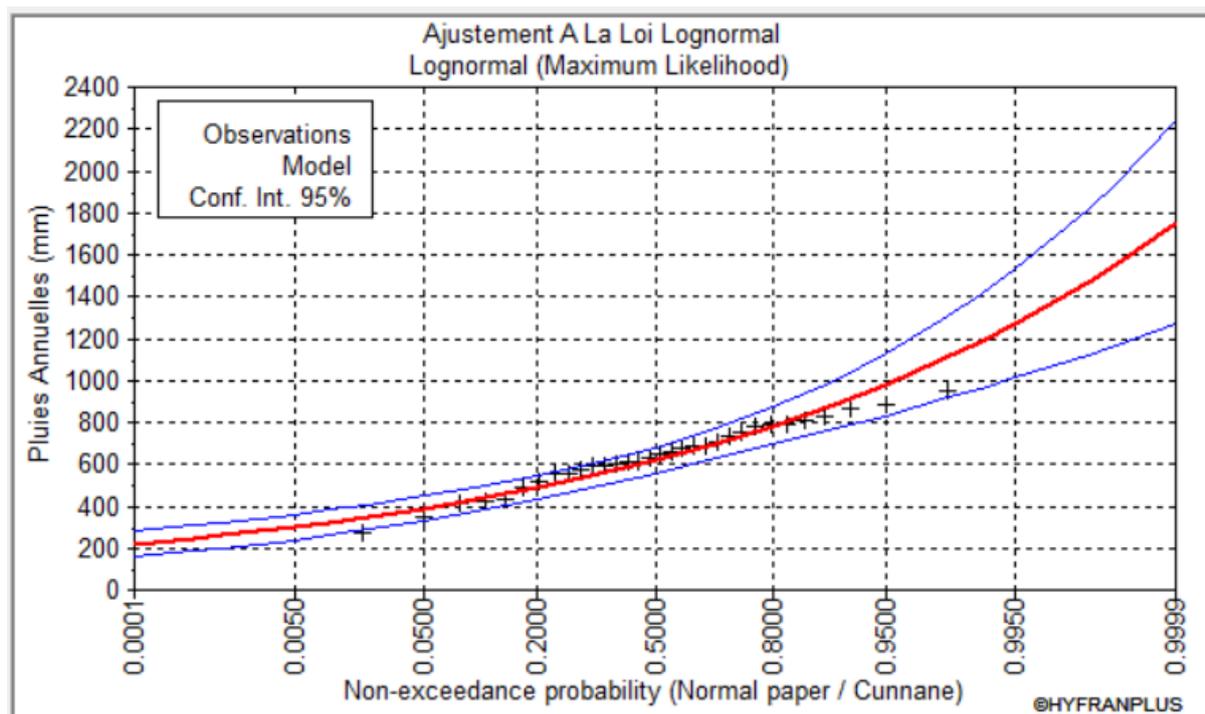


Figure 17 : Ajustement à la loi Log-normale par HYFRAN

IV.4.2 Test de validité d'un ajustement

Le test du Khi-deux (χ^2) est un outil statistique largement utilisé pour évaluer la qualité de l'ajustement d'une distribution théorique à une distribution observée dans des données expérimentales. Il s'agit d'un test d'adéquation qui permet de déterminer si la distribution observée diffère significativement de la distribution théorique que vous avez choisie pour représenter vos données.

Le test du χ^2 est couramment utilisé dans divers domaines, notamment la statistique, la biologie, la recherche médicale, et bien d'autres, pour déterminer si les données observées correspondent aux attentes théoriques. C'est un outil puissant pour évaluer l'adéquation d'un modèle théorique à des données réelles.

A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats suivants :

Tableau 21 Test de validité de l'ajustement

	Loi normal	Loi log-normal
χ^2 calculée	3.00	6.26
a	0.7000	0.1807
γ	5	4

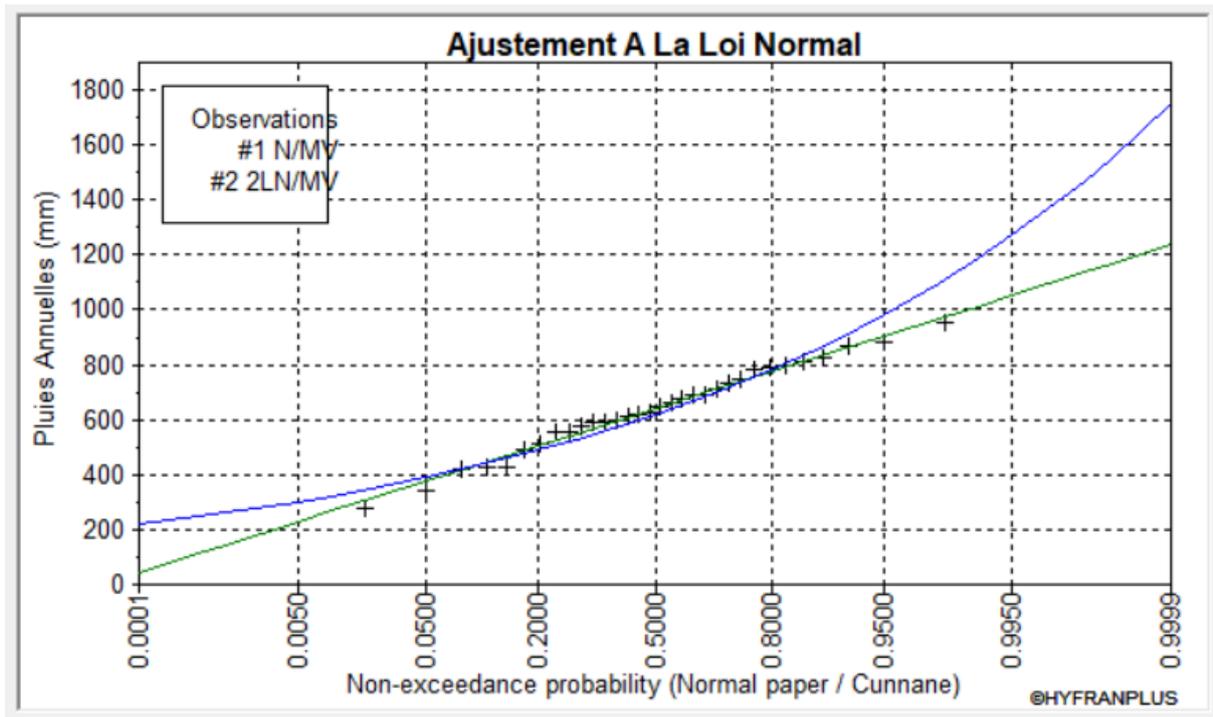


Figure 18 : comparaison entre loi normal et loi log normal

A partir du tableau de Pearson on peut tirer la valeur de χ^2 théorique, telque:

$$\chi^2 \text{ théorique} = f(\gamma, a)$$

Le test de khi-deux (χ^2) montre que les deux lois présentent une même adéquation, sur la table de Pearson khi-deux (χ^2) théorique = 11.07, pour : $\alpha = 0.07$ et $\gamma = 5$

Donc : χ^2 calculée < χ^2 théorique (pour les deux lois)

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité : $1-\alpha$ soit 95%.

Après l'examen d'ajustement sur les deux lois il en résulte que la **loi normale (Gauss)** s'ajuste mieux à la série des pluies annuelles pour la station de **SOUMAA**

IV.4.3 Détermination de l'année de calcul

Par suite de l'analyse des données conformément à la loi normale, nous pouvons conclure que les estimations de la pluviométrie moyenne annuelle dans la région de Mitidja centre nous permettent de déterminer la quantité de précipitations pouvant être exploitée par les plantes, correspondant à une fraction de la pluie efficace, c'est-à-dire la pluie ayant une probabilité de 80% de se produire.

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_i, 80\% \text{ de chaque mois} = P_i, \text{ de chaque mois} \times \frac{P \text{ théorique } 20\%(\text{annuel})}{P \text{ théorique } 50\%(\text{annuel})}$$

Les valeurs retirées du tableau de l'Ajustement à la loi normale, donne ce qui suit :

$$P_{20\%} = 505 \text{ mm d'où } \frac{P_{20\%}}{P_{50\%}} = 0.79$$

Donc $P_i, 80\%$ de chaque mois est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 22 Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy (mm)	33.8	50.47	117.37	107.19	93.24	60.12	55.36	74.98	30.53	4.34	3.26	4.63
P80% (mm)	26.7	39.87	92.72	84.68	73.66	47.49	43.73	59.23	24.12	3.43	2.58	3.66

IV.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, notre objectif principal était d'ajuster la série pluviométrique afin de déterminer les caractéristiques statistiques de la pluviométrie dans la zone d'étude. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel Hyfran, qui a permis d'adopter la loi normale pour le calcul de la pluie efficace et de mener cette étude hydrologique.

Chapitre V : Besoins En Eau Des Cultures

V.1 Introduction :

Comme c'est le cas pour tous les organismes vivants, l'eau revêt une importance cruciale pour les plantes, et toute culture agricole dépend de l'approvisionnement en eau. Pour répondre aux besoins en eau des plantes, il est essentiel de fournir des quantités d'eau mensuelles pendant les périodes où l'évapotranspiration est particulièrement élevée.

L'irrigation est la principale méthode pour satisfaire ces besoins en eau, mais il convient de noter que la totalité de l'eau fournie à la culture n'est pas complètement absorbée par les plantes elles-mêmes. Une partie s'évapore et une autre partie percole à travers le sol, et cette dernière doit être éliminée efficacement à l'aide d'un système de drainage approprié.

V.2 Les aptitudes culturales :

Le choix des cultures se fait selon plusieurs facteurs qui sont :

V.2.1 climat :

Les plantes ont des besoins spécifiques en termes de conditions climatiques pour accomplir leur cycle de croissance. Cela comprend des exigences telles que la quantité de chaleur nécessaire, les températures critiques, les températures minimales et optimales, les besoins en eau et les périodes critiques pour le développement et la croissance de la plante.

V.2.2 Sol :

Effectivement, les caractéristiques des sols jouent un rôle essentiel dans la sélection des cultures appropriées. Des facteurs tels que la structure du sol, le pH du sol et la profondeur de la nappe phréatique peuvent influencer le choix des cultures qui prospéreront dans une région donnée. Une compréhension approfondie de ces caractéristiques permet aux agriculteurs et aux planificateurs agricoles de prendre des décisions éclairées sur les cultures les mieux adaptées à un environnement spécifique.

V.2.3 Le choix des cultures :

Le choix des cultures à cultiver dans une région donnée nécessite une prise en compte minutieuse de plusieurs critères essentiels, parmi lesquels on peut citer :

- **Conditions climatiques de la région étudiée :** Les caractéristiques du climat, y compris la température, la pluviométrie, la durée de la saison de croissance, et les variations saisonnières, jouent un rôle déterminant dans le choix des cultures adaptées.
- **Qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation :** L'accès à une source d'eau fiable et la qualité de cette eau sont cruciaux pour la croissance des cultures, en particulier dans les régions arides ou semi-arides.
- **Aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique :** Une analyse approfondie des sols, prenant en compte des facteurs tels que la texture, la structure, le

pH, la fertilité, et la profondeur de la nappe phréatique, aide à déterminer quelles cultures sont les plus appropriées pour la zone.

- **Disponibilité des moyens de production** : Les ressources agricoles disponibles, y compris les équipements, les intrants agricoles, la main-d'œuvre, et les infrastructures, influencent le choix des cultures.
- **Demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs** : La demande du marché local et les préférences des agriculteurs locaux, ainsi que les considérations économiques, jouent un rôle important dans le choix des cultures à cultiver.

Les résultats de notre étude indiquent que notre région est propice à une variété de cultures, notamment :

- **Cultures maraîchères** : Des cultures telles que les tomates, les pommes de terre, les poivrons, les pastèques, les courgettes, les carottes, etc., peuvent prospérer dans la région en raison des conditions climatiques favorables et de la disponibilité d'eau d'irrigation de qualité.
- **Cultures fourragères** : Des cultures comme le maïs, la luzerne, le bersim, et le blé peuvent être cultivées pour l'alimentation du bétail, bénéficiant de la fertilité des sols et des ressources en eau.
- **Cultures industrielles** : Certaines cultures à vocation industrielle, telles que la betterave, le tabac, et la tomate industrielle, peuvent être envisagées en fonction de la demande du marché et de la rentabilité économique.
- **Arboriculture** : La culture d'arbres fruitiers, tels que les agrumes, les vignes et les oliviers, est une option viable dans la région en raison du climat propice et des sols adaptés.

V.3 Culture proposes :

Dans le secteur DR11, l'arboriculture prédomine, occupant environ 70% de la surface totale. Cette culture se concentre principalement sur les agrumes, notamment l'oranger, le citronnier et la clémentine, ainsi que sur l'abricotier. Le reste de la surface est consacré à la culture maraîchère, avec des cultures telles que la tomate et la carotte. Cette répartition des cultures reflète la spécialisation agricole de la région, mettant en évidence l'importance de la production d'agrumes et d'abricots dans le secteur. La répartition des cultures en fonction de la surface est représentée dans le tableau suivant :

Tableau 23 Répartition des cultures du secteur DR11

	Les cultures	Surface (%)	La surface occupée (Ha)
L'arboriculture	Agrumes	30	37.71
	Abricotiers	20	25.14
Le maraîchage	Tomate	9	11.313
	Carotte	9	11.313
	Laitues	9	11.313
	Haricot	9	11.313
La céréaliculture	Orge	14	17.598
	Total	100	125.7

V.4 Cycle végétatif des cultures :

Il est essentiel de déterminer le cycle végétatif des différentes cultures en calculant précisément leurs besoins en eau d'irrigation, résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 24 Le cycle végétatif des différentes cultures



V.5 Besoins en eau des cultures :

Selon Doorenbos et Pruitt (1976), les besoins en eau d'une culture sont définis comme la quantité d'eau nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en excellent état sanitaire. Cette définition est basée sur des conditions idéales, y compris un sol non limitant en termes de disponibilité d'eau et de fertilité, permettant ainsi d'atteindre le rendement potentiel de la culture dans un contexte climatique donné.

Pour être plus précis, les besoins en eau d'irrigation correspondent à l'évapotranspiration d'une culture en parfaite santé, cultivée sur une parcelle d'un hectare, dans des conditions optimales qui garantissent un rendement maximal compte tenu des conditions climatiques spécifiques. Cette détermination des besoins en eau exige une compréhension approfondie des caractéristiques des plantes, ainsi que l'accès à des données climatiques et pédologiques de la région. Ces informations sont essentielles pour estimer la réserve en eau utile du sol (RU) et la réserve facilement accessible par la plante (RFU).

V.5.1 Définition de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un phénomène complexe qui englobe à la fois l'évaporation de l'eau à partir du sol (un processus physique) et la transpiration des plantes de la couverture végétale (un processus physiologique). Lorsque l'on parle d'évapotranspiration, on fait référence à la quantité totale d'eau consommée par une culture végétale pour éviter le stress hydrique. Cette quantité est généralement exprimée en unité de surface et sur une période donnée, que ce soit en mètres cubes par hectare par jour, en mètres cubes par hectare par mois, ou en mètres cubes par hectare par an. De plus, l'évapotranspiration peut également être exprimée en millimètres par jour, par mois ou par an.

Il existe plusieurs types d'évapotranspiration, notamment l'évapotranspiration de référence (ET₀), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

V.5.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) :

L'évapotranspiration de référence (ET₀) représente les pertes en eau d'une surface végétale dense et bien hydratée lorsque l'énergie disponible (évaporation atmosphérique) est le seul facteur limitant ce processus. Elle caractérise le transport de l'eau depuis la surface vers l'atmosphère, c'est-à-dire la quantité maximale d'eau qui peut être perdue sous forme de vapeur d'eau, dans des conditions climatiques spécifiques, par un couvert végétal continu bien arrosé et en pleine croissance. L'ET₀ est généralement exprimée en millimètres par jour (mm/j).

Il existe deux principales méthodes pour estimer l'ET₀ :

1. Les méthodes directes qui impliquent l'utilisation d'instruments et d'appareils spéciaux pour mesurer directement l'évaporation atmosphérique et d'autres paramètres.
2. Les méthodes indirectes qui se basent sur des formules empiriques et prennent en compte des données météorologiques pour estimer l'ET₀ en fonction des conditions climatiques locales.

En raison de la complexité et du coût associé à la mise en place de dispositifs de mesure directe de l'évapotranspiration potentielle, les méthodes indirectes sont souvent préférées pour estimer l'ET₀ dans la pratique. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

V.5.2.1 Les méthodes directes :

- L'évapotranspiromètre, également connu sous le nom de cuve lysimètre, est un appareil utilisé pour mesurer l'évapotranspiration dans un sol, qu'il soit nu ou recouvert de végétation. Il permet de collecter et de quantifier l'eau évaporée du sol ainsi que la transpiration des plantes, offrant ainsi une mesure précise de l'évapotranspiration globale.
- Le bac évaporant, parfois appelé bac Colorado, est un appareil plus simple conçu pour mesurer directement l'évaporation d'une nappe d'eau libre, telle qu'une étendue d'eau en surface. Son utilisation requiert une installation adéquate pour garantir des mesures précises. Ce dispositif permet de suivre l'évaporation de l'eau à partir de sa surface, ce qui peut être utile dans diverses applications, notamment en météorologie et en hydrologie.

V.5.2.2 Les méthodes indirectes :

Effectivement, les méthodes de calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) se basent principalement sur des données climatiques. Ces méthodes utilisent des formules mathématiques qui prennent en compte des paramètres climatiques tels que la température, l'humidité relative, la vitesse du vent et le rayonnement solaire pour estimer la quantité d'eau évaporée d'une surface végétale saine dans des conditions idéales.

La formule de TURC (1960) basée sur la température et le rayonnement :

Si l'humidité relative est supérieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0.40(I_g + 50) \times \left[\frac{T}{(T+15)} \right] \text{ En mm/mois}$$

Dans le quelle :

- ETP : évapotranspiration mensuelle (mm/ mois).
- I_g : radiation globale en (cal/cm²/jour).
- T : température moyenne mensuelle (° C)

Remarque :

Le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 durant le mois février. Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée :

$$ETP = 0.40(I_g + 50) \times \left[\frac{T}{(T + 15)} \right] \times 1 + \frac{50 - H_r}{70}$$

Avec :

$$I_g = I_{ga}(0.18 + 0.62) \times \frac{h}{H}$$

Dans le quelle :

- **T** : température moyenne mensuelle (° C).
- **I_g** : radiation globale en (cal/cm²/jour).
- **H_r** : l'humidité de l'air en (%).
- **I_{ga}** : radiation maximale théorique.
- **H** : durée astronomique de jour en (heur/mois).
- **h** : durée de l'insolation de la station considérée en (heur/mois).
- **(h/H)** : L'insolation relative en (heur).

- **La Formule de Blaney- Criddle (1959) :**

Nous utilisons des paramètres facilement accessibles et introduisons un facteur culturel qui nous permet d'ajuster le potentiel des données locales. Le facteur f (en mm) de cette formule s'exprime comme suit :

$$ET_0 = (0,46 \times T + 8.13) \times P$$

- **T** (°C) : est la température moyenne
- **P** : le pourcentage de la durée d'éclairement pendant la période considérée.

- **La Formule de Thornthwaite (1948) :**

C'est une formule qui utilise un seul paramètre : la température :

$$ETP = 16 \times \left(\frac{10 \times t^a}{I} \right) \times K$$

Avec :

- **t** : est la température moyenne mensuelle (°C).
- **a** : est fonction de l'indice thermique mensuel.
- **K** : coefficient d'ajustement mensuel.

- **La Formule Modifiée de Penman-Monteith (1948) :**

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

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)}$$

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].
- **D** : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹].
- **g** : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Résultats d'évapotranspiration de référence ET₀ calculés avec le logiciel CROPWAT V.8 basé sur les méthodes PANMAN et MONTHIEL. Pour utiliser le logiciel ci-dessus, vous devez envoyer des données météorologiques mensuelles à la station météo de Boufalik, telles que :

- Températures mensuelles minimales et maximales (°C).
- Exprimé en humidité relative (%).
- Rayonnement solaire quotidien (en heures).
- Vitesse du vent (m/s).

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés à l'aide du logiciel CRAPWAT 8.0 sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 25 Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0

ETo Penman-Monteith par mois - untitled							
Pays		Algérie		Station		Souma	
Altitude		177 m.	Latitude		36.00 °N	Longitude	2.00 °E
Mois	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo	
	°C	%	m/s	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour	
Janvier	11.5	76	3.0	4.4	8.4	1.45	
Février	13.2	76	3.1	6.0	12.0	1.90	
Mars	14.8	73	2.9	7.1	16.1	2.64	
Avril	16.8	71	3.1	7.7	19.5	3.44	
Mai	20.6	70	2.8	9.7	23.8	4.49	
Juin	24.1	67	3.0	10.1	25.0	5.39	
Juillet	26.3	63	3.2	11.3	26.4	6.17	
Août	28.5	70	3.1	10.6	24.0	5.80	
Septembre	24.9	69	2.5	9.3	19.7	4.44	
Octobre	21.4	70	2.3	7.1	13.9	3.04	
Novembre	17.1	73	2.5	5.3	9.6	2.03	
Décembre	12.7	79	3.7	4.1	7.5	1.48	
Moyenne	19.3	71	2.9	7.7	17.2	3.52	

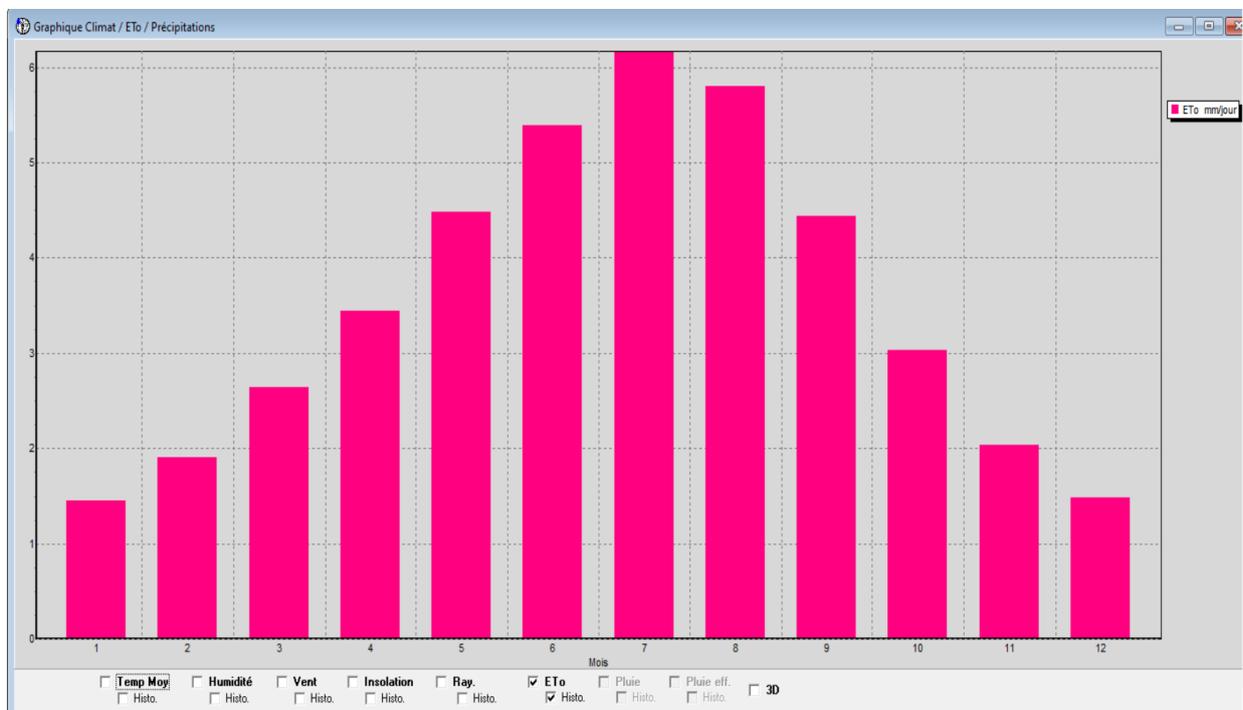


Figure 19 Graphique de l'évapotranspiration (ET0)

V.5.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'évapotranspiration maximale (ETmax) représente la quantité maximale d'eau qui peut être évaporée par une culture. Cette valeur est influencée par le stade de développement de la culture, ainsi que par les conditions spécifiques du sol et du climat dans lesquelles elle pousse. L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée comme suit :

$$ETM = ET0 \times Kc$$

- **Kc**: coefficient cultural
- **Et0** : évapotranspiration de référence

- **Les coefficients culturaux (Kc) :**

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) pour chaque culture ont été déterminées en prenant en considération le stade de croissance de la plante, la vitesse du vent et l'humidité moyenne de l'air dans notre zone d'étude.

Tableau 26 Coefficients culturaux (Kc) des cultures.

Cultures/mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Agrumes	0.75	0.65	0.65	0.65	0.5	0.5	0.6	0.6	0.65	0.7	0.9	0.8
Abricotiers	0.72	0.62	0.53	0.54	0.5	0.6	0.6	0.63	0.65	0.75	0.8	0.76
Tomate	-	-	-	-	-	-	0.5	0.85	1.15	0.9	-	-
Carotte	0.7	0.9	1.05	1	0.95	-	-	-	-	-	-	-
Laitues	1	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
Haricot	0.8	1.1	0.95	0.95	0.7	-	-	-	-	-	-	-
Orge	-	-	0,4	0,75	0,90	1,0	1,1	1,15	0,85	0,8	-	-

V.5.4 Calcul de la pluie efficace :

L'efficacité des précipitations fait référence à la portion des précipitations qui réellement contribue à répondre aux besoins en eau de l'évapotranspiration de la culture, après avoir pris en compte les pertes dues au ruissellement en surface et à la percolation profonde. Les précipitations efficaces sont divisées en deux parties à la surface du sol : le ruissellement et l'infiltration, et elles correspondent à la quantité de pluie effectivement retenue dans la zone racinaire de la culture. Pour calculer cette valeur, le logiciel **CROPWAT 8.0** est utilisé.

Tableau 27 Pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT V 8.0

	Pluie	Pluie eff.
	mm	mm
Janvier	73.7	58.9
Février	47.5	38.0
Mars	43.7	35.0
Avril	59.2	47.4
Mai	24.1	19.3
Juin	3.4	2.7
Juillet	2.6	2.1
Août	3.7	2.9
Septembre	26.7	21.4
Octobre	39.9	31.9
Novembre	92.7	74.2
Décembre	84.7	67.7
Total	501.9	401.5

V.6 Calcul des Besoins en eaux d'irrigation des cultures :

Le bilan hydrique d'une culture spécifique peut être défini comme la différence entre, d'une part, les besoins en eau de cette culture, qui sont influencés par le climat et les caractéristiques de la plante (ETM), et d'autre part, la somme des apports réels provenant des précipitations. Le calcul de l'eau d'irrigation s'effectue d'une période à l'autre tout au long du cycle de croissance à l'aide de la formule suivante :

$$B_i = ETM_i - (P_{eff_i} + RFU_{i-1})$$

Avec :

ETM : évapotranspiration potentielle de référence (mm/mois) du mois

P_{eff} : pluie efficace (mm) du mois

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

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

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

Avec :

Y : degré de tarissement 2/3

D_a : densité apparente (1.4)

Z : profondeur d'enracinement (mm) ;

Hcc : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (13%).

L'irrigation est faite lorsque B (bilan hydrique) > 0 (il y déficit d'irrigation)

Tableau 28 Les profondeurs d'enracinements en (m) des différentes cultures.

Cultures/mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Agrumes	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Abricotiers	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tomate	-	-	-	-	-	-	0.4	0.6	0.5	0.5	-	-
Carotte	0.3	0.6	0.5	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-
Laitues	0.2	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Haricot	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Orge	-	-	0.30	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	-	-

- **Calcul des besoins bruts :**

Il s'agit de la quantité réelle d'eau d'irrigation nécessaire en mm/jour (y compris les pertes et les besoins de lessivage, mais excluant les contributions d'autres ressources).

La formule employée est :

$$B_{\text{brut}} = \frac{B_{\text{net}}}{E_f}$$

Avec : **E_f** : l'efficacité du réseau

Formule pour estimer l'efficacité des réseaux d'irrigation. Cela dépend de l'uniformité du transport et de la distribution.

Dans notre cas, on a considéré une efficacité globale de **0.75**

V.7 Estimation des besoins en eau des cultures

Les Besoins en eaux des cultures sont détaillés comme suit :

V.7.1 Estimation des besoins en eau des agrumes :

Tableau 29 Estimation des besoins en eau des agrumes

mois	P80% (mm)	Pe _{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Th eo	RFU_ree l	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	26.7	21.4	133.2	1.2	156.8	0	0.75	99.9	78.5
Oct	39.87	31.9	91.2	1.2	156.8	52.3	0.65	59.28	0
Nov	92.72	74.2	60.9	1.2	156.8	104.5	0.65	39.59	0
Déc	84.68	67.4	44.4	1.2	156.8	156.8	0.65	28.86	0
Jan	73.66	58.9	43.5	1.2	156.8	156.8	0.5	21.75	0
Fév	47.49	38.0	57	1.2	156.8	156.8	0.5	28.5	0
Mars	43.73	35.0	79.2	1.2	156.8	156.8	0.6	47.52	0
Avr	59.23	47.4	103.2	1.2	156.8	104.5	0.6	61.92	0
Mai	24.12	19.3	134.7	1.2	156.8	52.3	0.65	87.56	15.96
Juin	3.43	2.7	161.7	1.2	156.8	0	0.7	113.19	110.49
Juil	2.58	2.1	185.1	1.2	156.8	0	0.9	166.6	164.5
Août	3.66	2.9	174	1.2	156.8	0	0.8	139.2	136.3

V.7.2 Estimation des besoins en eau des Abricotiers

Tableau 30 Estimation des besoins en eau des Abricotiers

mois	P 80% (mm)	Pe _{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_The o	RFU_re el	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	26.7	21.4	133.2	1.2	156.8	0	0.72	95.9	74.5
Oct	39.87	31.9	91.2	1.2	156.8	52.3	0.62	56.5	0
Nov	92.72	74.2	60.9	1.2	156.8	104.5	0.53	32.3	0
Déc	84.68	67.4	44.4	1.2	156.8	156.8	0.54	23.98	0
Jan	73.66	58.9	43.5	1.2	156.8	156.8	0.5	21.75	0
Fév	47.49	38.0	57	1.2	156.8	156.8	0.6	34.2	0
Mar s	43.73	35.0	79.2	1.2	156.8	156.8	0.6	47.52	0
Avr	59.23	47.4	103.2	1.2	156.8	104.5	0.63	65.1	0
Mai	24.12	19.3	134.7	1.2	156.8	52.3	0.65	87.6	16
Juin	3.43	2.7	161.7	1.2	156.8	0	0.75	121.3	118.6
Juil	2.58	2.1	185.1	1.2	156.8	0	0.8	148.1	146
Août	3.66	2.9	174	1.2	156.8	0	0.76	132.3	129.4

V.7.3 Estimation des besoins en eau des Tomates

Tableau 31 Estimation des besoins en eau des Tomates

mois	P 80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	26.7	21.4	133.2	-			-		
Oct	39.87	31.9	91.2	-			-		
Nov	92.72	74.2	60.9	-			-		
Déc	84.68	67.4	44.4	-			-		
Jan	73.66	58.9	43.5	-			-		
Fév	47.49	38.0	57	-			-		
Mars	43.73	35.0	79.2	0.4	52.27	52.27	0.5	39.6	0
Avr	59.23	47.4	103.2	0.6	78.4	52.3	0.85	87.72	0
Mai	24.12	19.3	134.7	0.5	65.3	21.8	1.15	154.9	113.8
Juin	3.43	2.7	161.7	0.5	65.3	0	0.9	145.53	142.83
Juil	2.58	2.1	185.1	-					
Août	3.66	2.9	174	-					

V.7.4 Estimation des besoins en eau des carottes

Tableau 32 Estimation des besoins en eau des carottes

Mois	P 80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	26.7	21.4	133.2	0.3	0.039	0	0.7	93.3	71.9
Oct	39.87	31.9	91.2	0.6	78.4	26.1	0.9	82.1	24.1
Nov	92.72	74.2	60.9	0.5	65.3	43.5	1.05	63.9	0
Déc	84.68	67.4	44.4	0.6	78.4	78.4	1	44.4	0
Jan	73.66	58.9	43.5	0.6	78.4	78.4	0.95	41.4	0
Fév	47.49	38.0	57	-					
Mars	43.73	35.0	79.2	-					
Avr	59.23	47.4	103.2	-					
Mai	24.12	19.3	134.7	-					
Juin	3.43	2.7	161.7	-					
Juil	2.58	2.1	185.1	-					
Août	3.66	2.9	174	-					

V.7.5 Estimation des besoins en eau des Laitues

Tableau 33 Estimation des besoins en eau des Laitues

mois	P 80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	26.7	21.4	133.2	0.2	26.1	0	1	133.2	110.8
Oct	39.87	31.9	91.2	0.25	32.7	10.9	0.9	82.08	39.28
Nov	92.72	74.2	60.9	-					
Déc	84.68	67.4	44.4	-					
Jan	73.66	58.9	43.5	-					
Fév	47.49	38.0	57	-					
Mar s	43.73	35.0	79.2	-					
Avr	59.23	47.4	103.2	-					
Mai	24.12	19.3	134.7	-					
Juin	3.43	2.7	161.7	-					
Juil	2.58	2.1	185.1	-					
Août	3.66	2.9	174	0.1	13.1	0	0.8	139.2	136.3

V.7.6 Estimation des besoins en eau des Haricots

Tableau 34 Estimation des besoins en eau des Haricots

mois	P 80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	26.7	21.4	133.2	0.1	13.1	0	0.8	106.56	85.16
Oct	39.87	31.9	91.2	0.15	19.6	4.4	1.1	100.32	64.02
Nov	92.72	74.2	60.9	0.2	26.1	17.4	0.95	57.86	0
Déc	84.68	67.4	44.4	0.25	32.7	32.7	0.95	42.18	0
Jan	73.66	58.9	43.5	0.3	39.2	39.2	0.7	30.45	0
Fév	47.49	38.0	57	-					
Mar s	43.73	35.0	79.2	-					
Avr	59.23	47.4	103.2	-					
Mai	24.12	19.3	134.7	-					
Juin	3.43	2.7	161.7	-					
Juil	2.58	2.1	185.1	-					
Août	3.66	2.9	174	-					

V.7.7 Estimation des besoins en eau d'Orges

Tableau 35 Estimation des besoins en eau d'Orges

mois	P 80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_Theo	RFU_reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	26.7	21.4	133.2	-					
Oct	39.87	31.9	91.2	-					
Nov	92.72	74.2	60.9	0.30	39.2	13.1	0,4	24.36	0
Déc	84.68	67.4	44.4	0.50	65.3	65.3	0,75	33.3	0
Jan	73.66	58.9	43.5	0.50	65.3	65.3	0,90	39.15	0
Fév	47.49	38.0	57	0.60	78.4	78.4	1,00	57	0
Mar s	43.73	35.0	79.2	0.60	78.4	78.4	1,1	87.12	0
Avr	59.23	47.4	103.2	0.60	78.4	52.3	1,15	118.68	0
Mai	24.12	19.3	134.7	0.60	78.4	26.1	0,85	114.5	69.1
Juin	3.43	2.7	161.7	0.60	78.4	0	0,8	129.36	126.66
Juil	2.58	2.1	185.1	-					
Août	3.66	2.9	174	-					

Après le calcul des besoins en eau des cultures on fait un petit récapitulatif des résultats mois par mois. Nous pourrions ainsi dégager le mois de pointe qui correspond au mois où la demande en eau est maximale.

Tableau 36 : Résultat des besoins d'irrigation

Mois	Agrumes	Abricotiers	Tomate	Carotte	Laitue	Haricot	Orge	Max	Besoins nets Total(mm)
Sept	78.5	74.5	0	71.9	110.8	85.16	0	110.8	420.86
Oct	0	0	0	24.1	39.28	64.02	0	64.02	127.4
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Déc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fév	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	15.96	16	113.8	0	0	0	69.1	113.8	214.86
Juin	110.49	118.6	142.83	0	0	0	126.66	142.83	498.58
Juil	164.5	146	0	0	0	0	0	164.5	310.5
Août	136.3	129.4	0	0	136.3	0	0	136.3	402

V.8 Calcul de débit spécifique :

Le débit spécifique est défini en fonction des besoins en eau de chaque culture, prédéterminés en fonction de la répartition des plantes. La dose maximale d'irrigation est donnée sous forme d'un débit permanent assuré 24 heures sur 24 pour assurer une consommation mensuelle. Le débit spécifique est défini par :

$$qs = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N \times T \times 3600 \times K}$$

- **Bnet** : besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- **T** : nombre des heures d'irrigation=24h
- **N** : nombre de jours du mois de pointe =30 jours
- **K** : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ≈ 0.75

On choisit le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe. Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante (Besoins de la Tomate = 142.83 mm).

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

qs = 0.73 l/s /ha ; ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

V.9 Calcul de débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique est essentiel pour déterminer le débit maximal que le système d'adduction doit être en mesure de fournir pour l'irrigation de chaque parcelle. Ce débit caractéristique est obtenu en multipliant le débit de pointe par la superficie totale des terres agricoles à irriguer. Voir la formule suivante :

$$Q_{car} = qs \times surface$$

qs : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

S : la superficie nette à irriguer = 125.7 ha

Qcar = qs. S = 0.73 × 125.7 = 91.761 l/s.

Q caractéristique= 91.761 l/s

V.10 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'estimation du volume d'eau d'irrigation nous permet de calculer la quantité totale d'eau nécessaire pour l'irrigation. Cette détermination du volume d'eau se fonde principalement sur l'évaluation des besoins en eau globaux de notre zone d'étude.

Le tableau suivant représente les différents volumes d'irrigation trouvés :

Tableau 37 : *Estimation des volumes totaux d'irrigation*

Cultures	Besoins nets (mm)	Besoins nets (m3/ha)	Superficie (ha)	Efficiencie	Besoins bruts (m3/ha)	Besoins totaux (m3)
Agrumes	505.75	5057.5	37.71	0.75	6743.33	254290.974
Abricotiers	484.5	4845	25.14	0.75	6460	162404.4
Tomate	256.63	2566.3	11.313	0.75	3421.73	38710.031
Carotte	96	960	11.313	0.75	1280	14480.64
Haricot	149.18	1491.8	11.313	0.75	1989.07	22502.349
Laitue	286.38	2863.8	11.313	0.75	3818.4	43197.559
Orge	195.76	1957.6	17.598	0.75	2610.13	45933.126
Total (m3)						581519.0793

On remarque que le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre de 0.58 Hm³. Et comme le barrage d'alimentation est de capacité de 102 Hm³ ce qui explique qu'on peut extraire ce volume à partir du barrage DOUERA.

V.11 Conclusion :

Ce chapitre se concentre sur l'évaluation des besoins en eau des cultures, en choisissant une rotation culturale qui permet de préserver les ressources du sol. À l'aide du logiciel Cropwater 8.0, nous avons calculé le taux d'évapotranspiration et les besoins en eau des différentes cultures. Il est évident que toutes les cultures présentent une demande d'eau plus élevée au mois de mai. De plus, la culture de la tomate se distingue comme étant la plus exigeante en eau, nécessitant 141,19 mm d'irrigation au mois de juin.

Chapitre VI : Projection Du Réseau De drainage

VI.1 Introduction :

Le drainage peut être compris comme un processus naturel d'écoulement de l'eau, où la gravité joue un rôle prépondérant. Lorsque le sol est suffisamment saturé en eau, la force de gravité l'emporte sur les forces capillaires, ce qui entraîne le déplacement de l'eau vers les couches inférieures du sol. Ce processus est connu sous le nom de drainage naturel.

Cependant, dans les sols où des obstacles tels que des couches imperméables ou semi-imperméables entravent l'écoulement de l'eau, cette dernière peut s'accumuler au-dessus de ces obstacles, créant ainsi une nappe d'eau. Dans de tels cas, un drainage artificiel doit être mis en place à l'aide de techniques spécifiques, soit par gravité, soit par pompage, pour évacuer l'excès d'eau.

Le terme "drainage" peut également faire référence à la mise en œuvre de techniques ou d'ouvrages spécifiques conçus pour permettre l'évacuation de l'eau excédentaire du sol. Ces techniques de drainage sont généralement classées de différentes manières en fonction de leurs caractéristiques et de leur méthode d'application.

VI.2 Objectifs et avantages :

Les objectifs du drainage sont multiples, notamment :

1. Réduire le niveau de la nappe phréatique à un niveau acceptable pour les cultures, en évacuant l'excès d'eau souterraine.
2. Évacuer les eaux excédentaires des terres agricoles situées dans des zones plates ou à faible pente, où le drainage naturel est insuffisant en raison de la faible inclinaison du terrain ou de la perméabilité limitée du sol.
3. Éliminer les eaux de lessivage qui contiennent des sels accumulés dans le sol, ce qui peut nuire à la croissance des plantes.
4. Prévenir l'asphyxie des plantes en évitant que leurs racines ne soient submergées par l'eau.
5. Améliorer l'aération du sol en permettant la circulation de l'air.
6. Assurer une accessibilité constante aux parcelles agricoles.

En résumé, le drainage vise à créer des conditions optimales pour la croissance des cultures en éliminant l'excès d'eau qui pourrait compromettre leur développement tout en améliorant la qualité du sol et en évitant les problèmes d'engorgement.

VI.3 Technique de drainage :

Les techniques de drainage permettent de drainer des quantités spécifiques d'eau de zones de sol précisément définies à des moments précis.

VI.3.1 Drainage par fossé à ciel ouvert :

Il s'agit d'une méthode de construction dans laquelle des tranchées sont creusées dans le sol à intervalles réguliers, d'une profondeur de 3 m ou plus et d'une largeur de 0,3 à 0,5 m.

Technologie de drainage trouvée à la surface de la terre. Parce qu'il ne peut pas pénétrer le grand public.

Le rôle des fosses :

- Recueillir les eaux de ruissellement et détourner les eaux de surface en excès.
- Créer un gradient hydraulique, provoquant un écoulement souterrain du sol vers le drain.

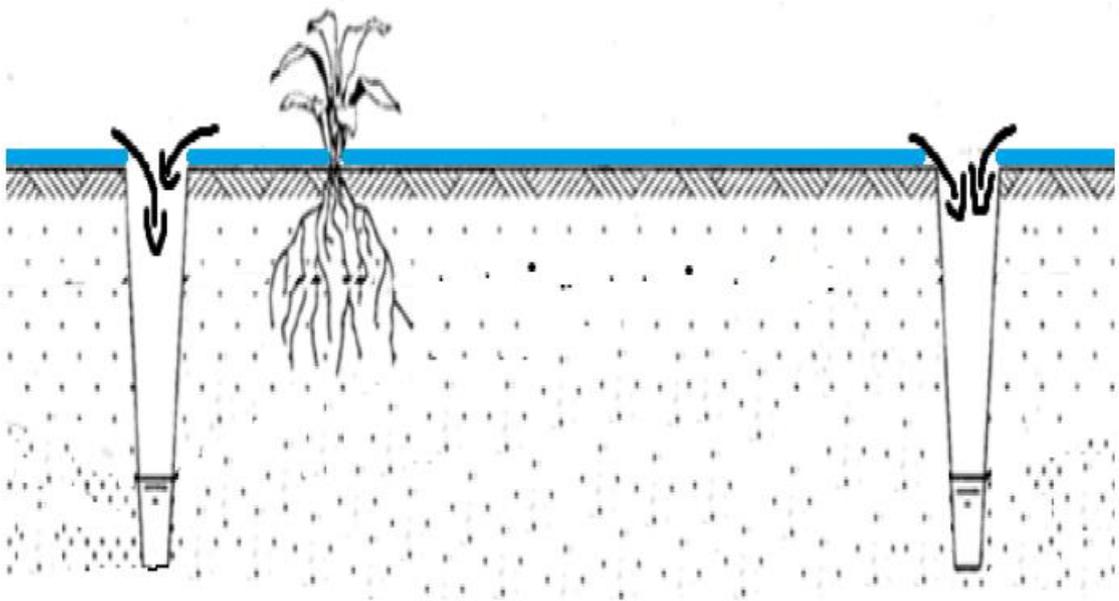


Figure 20 schéma de drainage par fossés à ciel ouvert

• Avantages :

- Réalisation simple.
- Les dimensions des drains permettent d'évacuer du débit maximum.
- Entretien facile.

• Inconvénients :

- Perte de surface cultivable.
- Difficulté d'accès.
- Entretien onéreux.
- Maladies hydriques.

VI.3.2 Drainage par drains enterrés :

Technologie de drainage des eaux souterraines qui permet de contrôler le niveau de surface libre de la nappe phréatique.

- **Installation** : Le réseau de drainage consiste à poser sous terre une série de tuyaux perforés d'un diamètre de 4 à 10 cm, reliés à un réseau de tuyaux collecteurs qui évacue l'eau vers le drain.

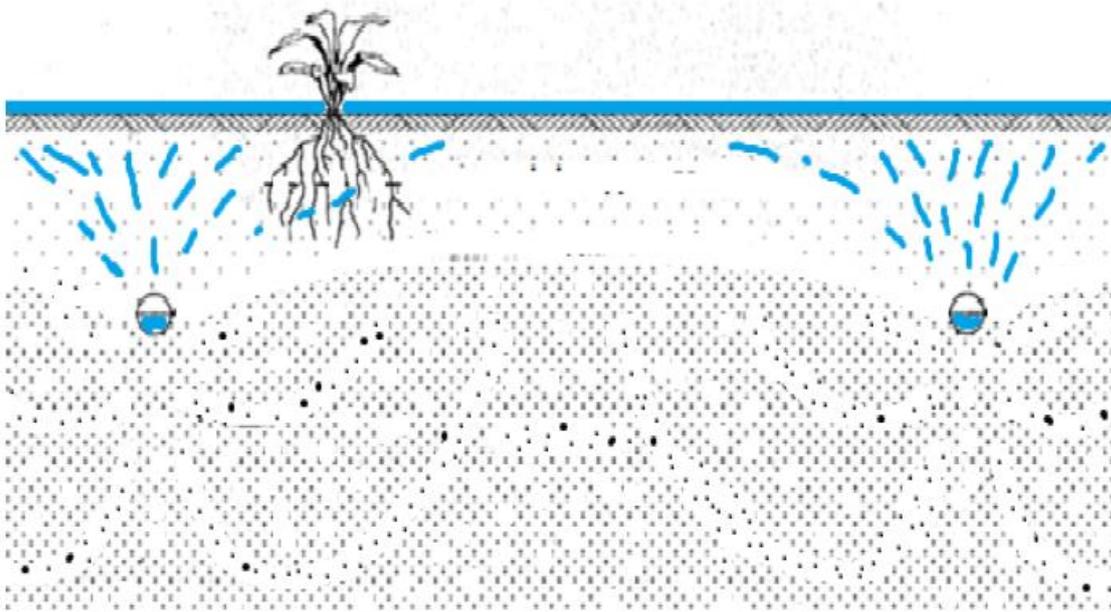


Figure 21 Schéma représentatif des drains enterré

- **Comment ça marche** : Les tuyaux d'évacuation s'écoulent dans un réseau de collecteurs qui dirigent l'eau vers un orifice de sortie. Les sociétés de collecte collectent également souvent les eaux de ruissellement de surface au moyen de sacs (trous d'égout recouverts de grilles). Si la pente n'est pas suffisante pour évacuer l'eau par gravité, l'eau est remontée par une station de pompage. Des puits de visite seront installés aux points importants (liaisons entre collecteurs de courant, changements de direction et de pente, etc.).

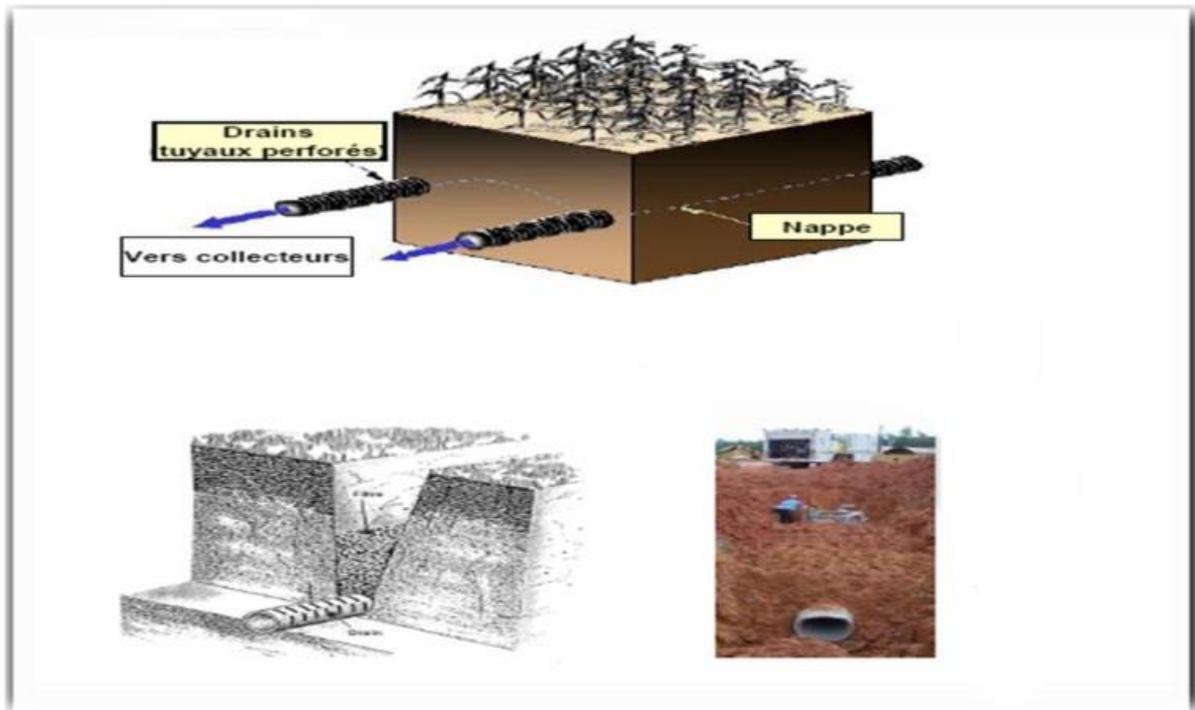


Figure 22 Drainage par drains enterré.

- **Les avantages :**
 - Facilité de pose.
 - Résistance à l'écrasement.
 - Réduction des contraintes d'exploitation, accès facile
 - Economie de la surface cultivable.
- **Les inconvénients :**
 - Défaut de colmatage.
 - Frais d'entretien très élevé.

VI.4 Paramètres d'un réseau de drainage :

Avant de déterminer la taille d'un réseau de drainage agricole, il est nécessaire d'obtenir certains paramètres et de suivre des procédures de calcul.

VI.4.1 Paramètres hydrologique :

D'après le bilan hydrologique : $P = E + I + R$

Avec :

P = pluie

E = évaporation

I = filtration

R = ruissellement

$$\frac{P}{P} = \frac{E}{P} + \frac{I}{P} + \frac{R}{P} \implies 1 = e + i + r$$

i = coefficient d'infiltration.

e = coefficient d'évapotranspiration.

r = coefficient de ruissellement.

La valeur de chaque coefficient dépend du climat, type de sol et le type de végétation sur la parcelle.

VI.4.2 Paramètres du réseau

VI.4.2.1 La quantité à évacuer

Il est possible d'estimer la quantité d'eau drainée par le réseau de drainage.

- Si le réseau est absent ou superficiellement présent, le volume évacué = *r*.
- Si réseau enterré = volume, il faut évacuer.
- Pour un réseau complet avec collecteurs, le volume (*i* + *r*) doit être vide.

Cette partie $i + r = 1 - e$ (non évaporé)

Tableau 38 : ($1-e$) en fonction d'occupation du sol

Culture	1 - e
Arboriculture	0.5
Céréale	0.6 - 0.8
Maraichères	0.8 - 0.9
Prairies	0.5 - 0.6

VI.4.2.2 La durée de submersion

Elle dépend du type de végétal :

Tableau 39 : durées de submersion admissible de chaque type de culture

Culture	θ (Jours)
Arboriculture	5
Céréale- Prairies	3
Maraichères	2

VI.4.2.3 Profondeur critique de la nappe :

Généralement, les drains sont situés de manière à ce que la nappe phréatique atteigne une profondeur minimale lors de précipitations critiques (condition critique permanente) ou après une certaine période de temps (condition fluctuante).

Tableau 40 : Profondeurs critiques minimales de la nappe de chaque type de sol

Type du sol	h_{crit} (m)
Arboriculture	0.6
Maraichères	0.4
Prairies	0.7
Céréale	0.3

VI.4.2.4 Profondeur des drains

- **Critères de choix :**

- Efficacité hydraulique : intérêt à accroître la profondeur.
- Considérations économiques

- **Conditions locales :**

- Cote de l'eau à l'exutoire.
- Conditions pédologiques.
- Risques d'assèchement excessif du sol.
- Machines disponibles.
- Risques de colmatage racinaire et de gel.

Profondeurs courantes 0,8 à 1,2m.

VI.4.2.5 Réaction des plantes :

Le but du drainage est d'éviter les inondations ou d'abaisser la nappe phréatique à un niveau inoffensif. Nous essayons donc de la quantifier en nous basant sur les résultats de nombreuses expériences menées à travers le monde, les pertes de production et les exigences spécifiques de la culture. La nappe phréatique doit être à une certaine profondeur pour que les racines ne se noient pas et, d'autre part, que l'eau capillaire puisse les atteindre. Le tableau ci-dessous montre les tolérances de profondeur idéales pour la nappe phréatique.

Tableau 41 : *Variation de la hauteur de la nappe par rapport au niveau de sol en fonction des cultures*

Cultures	$h_{opt}(m)$
Maraichère	0,5 à 0,6
Céréale	0,6
Praires	0,2 à 0,3
Arboriculture	0,8

VI.4.2 Caractéristiques du sol

VI.4.2.1 Porosité du sol

Il s'agit de la porosité de drainage ou porosité efficace. Cela correspond au pourcentage de porosité qui libère de l'eau au début du drainage.

Tableau 42 : *la porosité du drainage en fonction de la texture*

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

Pour notre périmètre on a un sol limoneux argileux avec une porosité de drainage $\mu = 0,05$

VI.5 Calcul du débit caractéristique :

Le débit caractéristique d'un réseau d'assainissement est le débit unitaire de surface qui doit être transporté par le réseau pour évacuer des précipitations importantes.

Le calcul du qc s'effectue différemment dans les deux systèmes de drainage et prend en compte le potentiel de stockage.

VI.5.1 Cas où l'excès provient des pluies

Pour calculer le débit caractéristique dû aux précipitations, il faut d'abord effectuer une analyse fréquentielle des précipitations. La série de précipitations est ensuite ajustée et triée selon la loi de Gumbel.

En effet, en matière de drainage, ce qui est important n'est pas la pluviométrie totale annuelle ou mensuelle, mais plutôt de courtes périodes de précipitations intenses qui dépassent la capacité naturelle de drainage et peuvent provoquer la formation d'une nappe ou un soulèvement près de la surface du sol.

- **Analyse fréquentielle de la série pluviométrique**

Il est nécessaire de commencer par classer et traiter statistiquement les données pluviométriques disponibles, qui couvrent la période de 1990 à 2008 et ont été collectées par l'ANRH de Soumaa. L'objectif de ce classement et de ces traitements est de mettre en évidence les pluies maximales de courte durée, c'est-à-dire celles qui se produisent sur des périodes de 1, 2, 3, 4, 5 et 6 jours, ainsi que de déterminer leur fréquence d'apparition.

Il est recommandé de réaliser ce travail de manière annuelle, mais pour des raisons de précision, il est conseillé de le faire trimestre par trimestre. Cela permettra de prendre en compte la période pendant laquelle les précipitations critiques se produisent, en relation avec les stades sensibles des différentes cultures.

Tableau 43 : Trié de la série pluviométrique du 1er trimestre (Septembre-Octobre-Novembre)

Années	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j
1990	24.5	44	6.1	0	30.4	0
1991	3.8	2.1	112.1	0	111.7	0
1992	60	2.5	0	44.5	0	0
1993	10.7	86.3	3.9	0.5	0	0
1994	2.8	60.2	49.9	42.1	0	0
1995	13	24.7	0	0	17	0
1996	25.6	60.4	0	0	0	0
1997	32.5	93.8	80.2	35.5	0	0
1998	9.9	10	10.3	29.7	0	0
1999	6.1	5.5	16.1	62.9	32.9	0
2000	16	3.2	0	45.2	0	99.6
2001	7.6	17.2	0	0	53.8	0
2002	16.1	58.3	0	0	63.6	0
2003	23.3	7.7	29.1	402	0	0
2004	11.9	29	0	0	0	80.9
2005	37.9	50.2	0	11.9	0	0
2006	27.1	40.9	27.3	0	0	0
2007	13.4	62.2	6.6	0	0	138.4
2008	10.2	90.3	34.6	0	75.5	0
2009	23.7	38.4	45	0	0	0
2010	3	23.8	38.5	0	57.6	0
2011	3.8	0	34.6	15.4	0	0
2012	41	12.5	0	48.3	0	0
2013	5	14.5	0	0	0	32.7
2014	7.5	31	27.5	0	0	0
2015	23.8	16.5	64.4	44.5	0	0
2016	6.5	0	32.2	39.2	0	0
2017	31	37	0	0	0	0
2018	19	52.5	70.5	0	0	0
2019	48	33	0	76	0	0
2020	19.5	15	10.5	0	0	0
2021	14.5	9.5	0	0	0	163.7

Tableau 44 : Trié de la série pluviométrique du 2eme trimestre (Décembre-Janvier-Février)

Années	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j
1990	14.9	42.4	54.4	0	0	0
1991	10.6	7.4	0	0	203.2	0
1992	3.6	16.4	31.9	0	26	85
1993	2.4	30	30.8	137.7	0	0
1994	4.9	27.2	0	33.8	54.5	0
1995	18.4	21	0	70.3	113.9	0
1996	4.9	16.5	32	0	0	0
1997	14.3	39.7	0	0	46.4	16.1
1998	2.1	10.5	37	79.2	26	0
1999	6.1	32.5	0	0	0	151
2000	27.7	16.4	21.5	76.5	8.9	0
2001	3.6	17.4	39.9	46.4	0	0
2002	24.5	22.6	39.1	74.5	0	0
2003	2.1	32.1	8.6	59	0	0
2004	2	62	5.5	45.3	29.5	0
2005	2.1	17.3	35	55.2	56.8	91.4
2006	0.7	26.4	76.4	8.4	0	42.9
2007	11.6	20.2	20.5	0	35.8	0
2008	1.5	0	31	48.3	87.1	0
2009	24.9	46.7	32.4	0	0	0
2010	14.5	34.4	64.5	0	0	0
2011	1.6	80.5	50.4	39	0	0
2012	9.3	35	35.5	24	0	0
2013	16	34.4	0	27	47.3	0
2014	14.5	19	25.1	45.8	46.5	80.1
2015	10.5	54	36.8	0	0	0
2016	12	68.5	92.5	0	137.5	65.1
2017	13.5	31	34	0	0	0
2018	12	101	22.5	0	0	112
2019	8.5	29.4	14.5	0	0	0
2020	14.6	24.3	0	0	0	41.4
2021	19.2	34.1	0	4.4	0	0

Tableau 45 Trié de la série pluviométrique du 3eme trimestre (Mars-Avril-Mai)

Années	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j
1990	32	13.4	12.5	0	0	0
1991	21.2	8.3	92.5	47.2	0	77
1992	7.7	31.3	11.7	0	0	0
1993	5.8	23.2	0	0	0	0
1994	16.4	0	73.6	0	0	0
1995	23.7	0	37.2	19.6	245.8	0
1996	7.6	16	0	56.7	0	0
1997	11.7	25.7	60.3	102.8	0	0
1998	3.6	0	10.7	9.9	0	0
1999	14.9	44.4	17.2	8.2	0	0
2000	3.4	21.3	0	0	0	0
2001	7.7	22.6	11.7	0	0	64
2002	19	27.7	14.3	76.8	0	0
2003	14	20.7	55.6	52.6	54.6	0
2004	0.6	5.6	36.4	0	0	0
2005	3.2	10	42.6	141.5	0	0
2006	9.4	0	34.4	28.7	81.7	0
2007	11.2	35.7	34.1	16.9	0	0
2008	8.1	15.4	8.6	24	0	51.3
2009	2	24.4	19.2	17.1	0	0
2010	4.5	31.5	7.5	65.9	113.5	0
2011	13.1	8.3	25.9	0	127.8	0
2012	108	29.3	26.2	0	0	0
2013	2	15.7	53.5	0	0	0
2014	11	63.7	0	0	0	0
2015	5.5	3	53	72.5	0	102
2016	43.5	0	0	0	0	0
2017	33	126	24.3	0	0	0
2018	11.2	23.7	21.3	44	0	0
2019	13	64.8	32.9	32.4	0	0
2020	4.3	29	17.7	38.1	52.7	0
2021	25.6	6.3	34.5	93.4	0	0

- **Ajustement par la loi Gumbel**

Après avoir enregistré les précipitations maximales pendant 1, 2, 3, 4, 5 et 6 jours au cours des années d'observation. Triez ces valeurs par ordre décroissant de taille et attribuez à chaque valeur une fréquence non-dépassant $F(x)$;

$$F(x) = (r-0,5) / n$$

r : est le rang de l'observation.

n : nombre total d'années d'observation.

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

x_0 et α coefficient d'ajustement.

En effectuant un changement de variable on aura $y = \alpha(x-x_0)$

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

y : variable réduite de Gumbel.

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

L'ajustement selon la loi de Gumbel a été effectué par le logiciel HYFRAN et les résultats de l'ajustement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 46 L'ajustement pour le trimestre de l'automne

Durée/fréquence	2ans	3ans	5ans	10ans
1j	16.2	21.6	27.6	35.1
2j	27.3	38.4	50.8	66.3
3j	16.4	26.1	36.9	50.5
4j	18	31.4	46.2	64.8
5j	8.32	15.6	23.8	34
6j	8.32	17.1	26.8	39.1

Tableau 47 L'ajustement pour le trimestre de l'hiver

Durée/fréquence	2ans	3ans	5ans	10ans
1j	8.95	12.2	15.8	20.4
2j	29.3	37.6	46.8	58.4
3j	23.2	33.3	44.6	58.7
4j	20.8	33.3	47.2	64.7
5j	19.9	33.5	48.8	67.9
6j	13.4	24.5	37	52.7

Tableau 48 L'ajustement pour le trimestre du printemps

Durée/fréquence	2ans	3ans	5ans	10ans
1j	12.4	17.4	22.9	29.8
2j	19.2	27.3	36.4	47.8
3j	23.2	32.4	42.7	55.7
4j	22.7	35.6	50	68.1
5j	11.6	23	35.7	51.6
6j	4.5	9.56	15.2	22.3

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

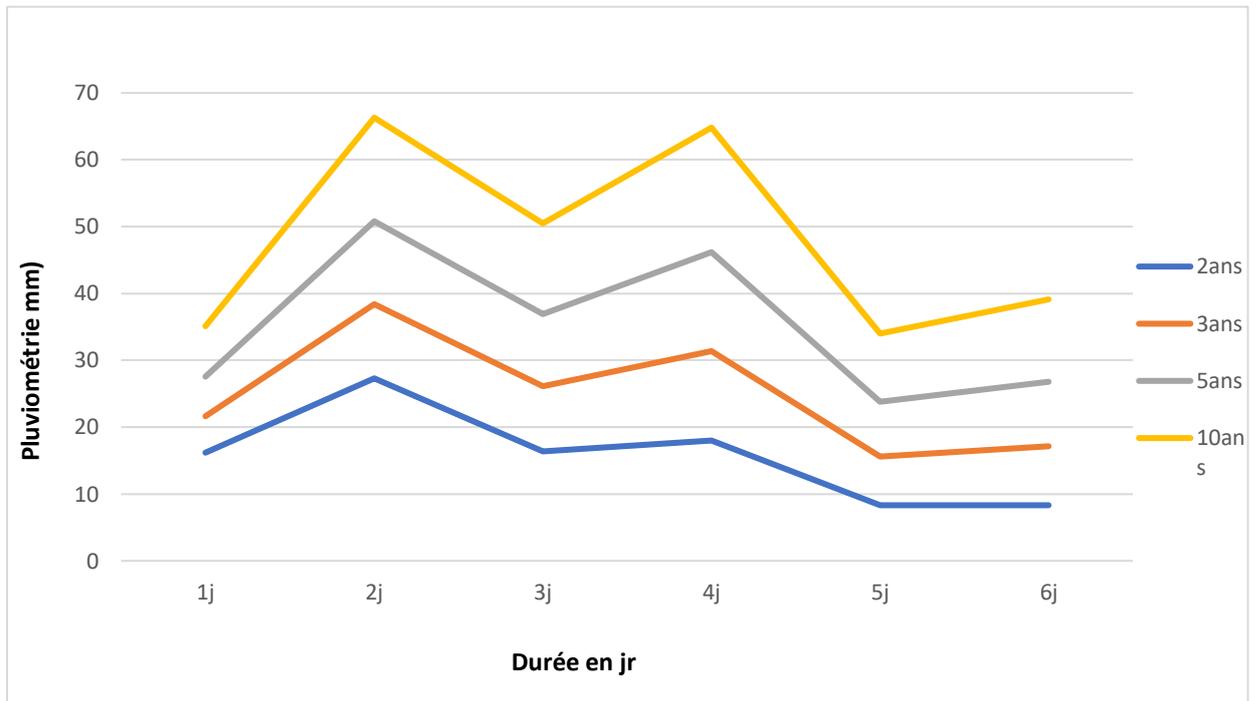


Figure 23 Courbe HDF de la période d'automne

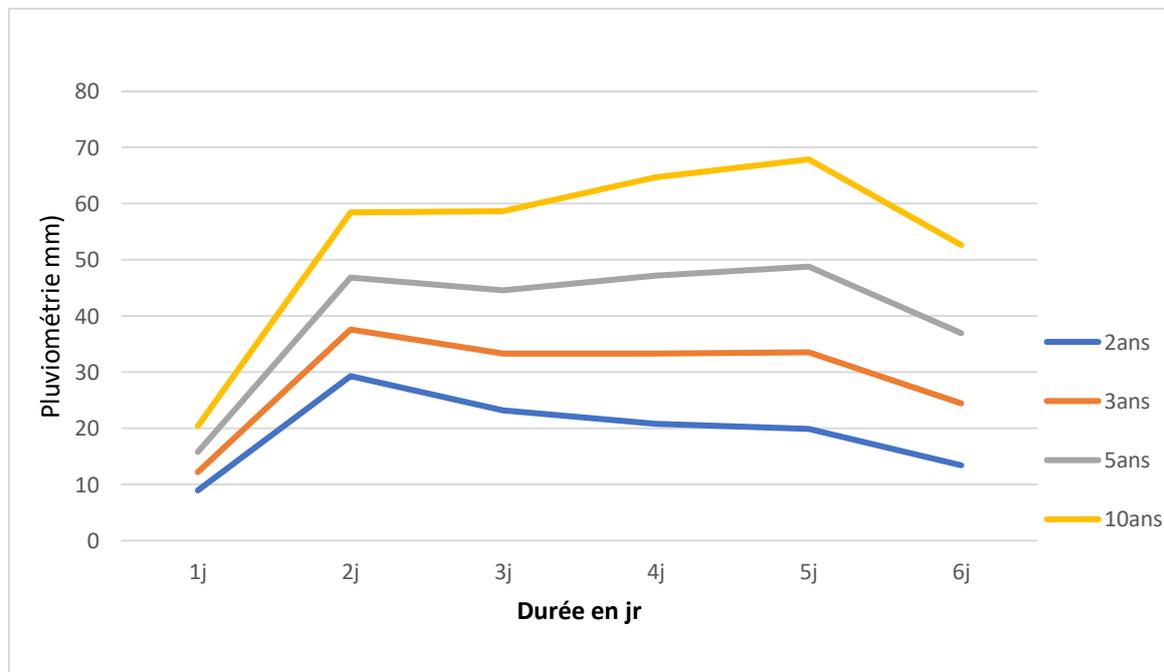


Figure 24 Courbe HDF de la période d'hiver

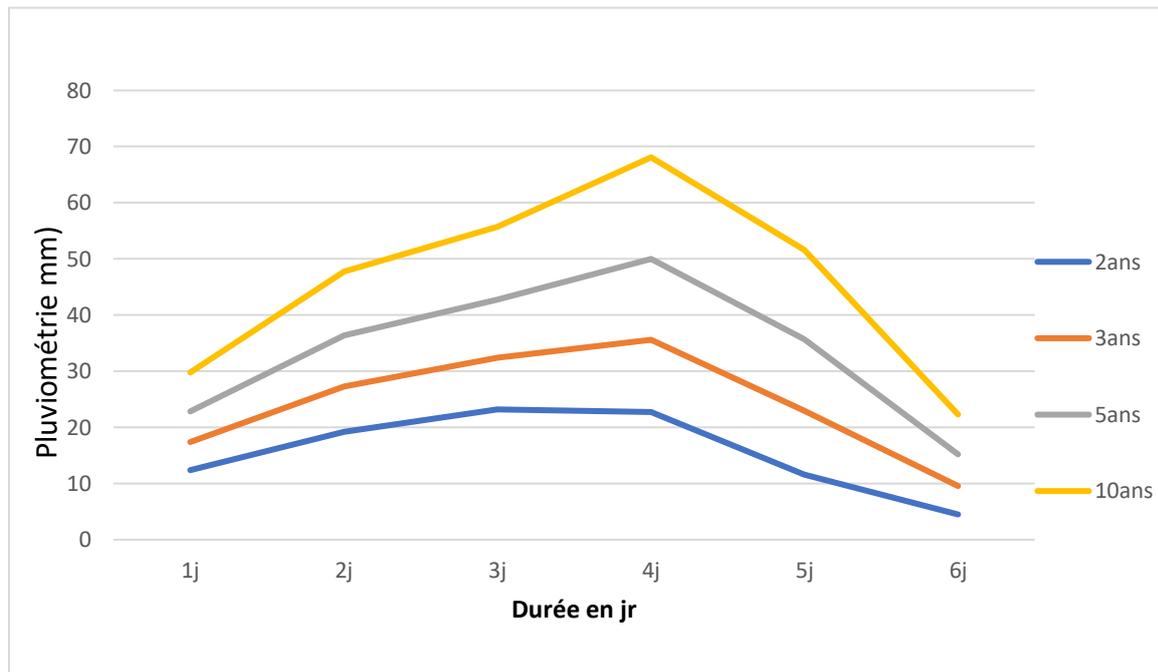


Figure 25 Courbe HDF de la période du printemps

À l'aide du graphique, vous pouvez déterminer rapidement la hauteur maximale attendue pour une période et une période de retour données. L'analyse des fréquences à court terme montre qu'il existe une relation empirique entre la durée des fortes précipitations, leur intensité et leur temps de retour.

VI.5.1.1 Régime permanent

- En tenant compte du stockage

$$q_c = \frac{P_{cit} - E - S}{\theta}$$

Tell que : $S = hc \times \mu$

Avec :

q_c : débit caractéristique.

P : pluie critique (mm).

E : l'évapotranspiration (mm).

θ : durée de submersion admissible.

Le choix des quantités et des périodes de précipitations à prendre en compte dépend largement de la capacité de l'agriculteur à supporter le fardeau financier associé aux coûts de dimensionnement. Choisir une période de retour plus longue ou accepter un jour de pluie augmentera les coûts.

Dans notre cas, pour réduire les coûts, nous avons décidé de procéder comme suit :

- Pour l'arboriculture : Il pleut pendant 5 jours et la période de pluie est de 5 ans.
- Pour les céréales : 3 jours de pluie, période de récurrence 3 ans.
- Pour les jardiniers : 2 jours de pluie et une période de récurrence de 2 ans.

$$S = hc * \mu$$

Tableau 49 Résultats de Calcul de l'excès par pluie en tenant compte du stockage

Cultures	θ (j)	hc (m)	μ	S (mm)	P (mm)	E (mm/j)	qc (mm/j)	qc (l/s/ha)
Arboriculture	5	0.6	0.05	30	48.8	3.52	3	0.35
Maraichères	2	0.4		20	29.3	3.52	3	0.33
Céréales	3	0.3		15	33.3	3.52	5	0.57

$$qc = 5 \text{ mm/j}$$

- Sans tenir compte du stockage

$$q_c = (1 - e) \times i_p ; \quad i_p = \frac{P_{cit}}{\theta}$$

Tableau 50 Résultats de calcul du débit

Cultures	P (mm)	ip (mm/j)	1-e	qc (mm/j)	qc (l/s/ha)
Arboriculture	48.8	9.76	0.5	4.88	0.56
Maraichères	29.3	14.65	0.8	11.72	1.36
Céréales	33.3	11.1	0.6	6.66	0.77

$$qc=11.72 \text{ mm/j}$$

VI.5.1.2 Régime variable

$$q_c = \frac{s}{\theta} ;$$

$$S = (h_1 - h_0) \times \mu$$

Tableau 51 Résultats des calculs de débit par le régime variable

Cultures	Δh (m)	μ	S (mm)	θ (j)	qc (mm/j)	qc (l/s/ha)
Arboriculture	0.6	0.05	30	5	6	0.7
Maraichères	0.2		10	2	5	0.6
Céréales	0.3		15	3	5	0.6

$$qc = 6 \text{ mm/j}$$

VI.5.2 Cas où l'excès provient de l'irrigation

Chaque système d'irrigation ayant son propre rendement et donc des pertes dues à l'infiltration dans la nappe phréatique, calculez le surplus de débit caractéristique qui peut résulter de l'irrigation.

Dans notre région, le système d'irrigation installé (système d'arrosage bien installé ou irrigation par gravité) aura une efficacité de 70%, avec 20% de pertes dues à l'infiltration et les 10% restants dus à l'évapotranspiration.

L'exemple de calcul prend en compte les exigences les plus élevées pour la comparaison avec l'infiltration de pluie (zones subhumides). Par conséquent, si les pertes par infiltration des besoins d'irrigation les plus importants peuvent être compensées, il devient plus facile de répondre à d'autres besoins d'irrigation plus petits.

La demande mensuelle maximale est de 164,5 mm/mois et la fréquence d'arrosage est de 10 jours soit 3 fois par mois. Les doses d'irrigation sont les suivantes :

$$D_{\text{net}} = 164.5/3 = 54.83 \text{ mm}$$

$$D_{\text{brut}} = D_{\text{net}} / 0.7 = 78.33 \text{ mm chaque 10 jours,}$$

Les pertes par percolation sont de 20% :

$$\text{Pertes}_{\text{percolation}} = 78.33 * 20 / 100 = 15.66 \text{ mm/ 10jrs}$$

Concernant le drainage, le raisonnement classique est de prendre en compte ce qui se passe lors du drainage.

Pendant la période de pointe, le niveau de la nappe phréatique atteint le niveau maximum autorisé et l'excès d'eau doit être éliminé dans la période entre deux irrigations (Bahbouh. ; Aziez., 2023)

Dans notre cas (10 jrs).

$$q_c = S / \theta$$

$$q_c = 15.66 \text{ mm} / 10\text{j} = 1,53 \text{ mm/j.}$$

VI.5.3 Le débit caractéristique

Le débit caractéristique est le débit lors de précipitations excessives en régime permanent sans stockage, et les autres débits (débit d'irrigation ou débit pluviométrique avec stockage) sont négligeables par rapport au débit en régime permanent sans stockage. .

Un régime permanent est un régime adapté à notre région, et c'est d'ailleurs pour cela que notre région souffre d'inondations.

Ainsi, les flux sont de :

$$q_c = 11.72 \text{ mm/j} = 1.36 \text{ l/s/ha}$$

VI.6 Dimensionnement des drains

VI.6.1 Calcul de l'écartement entre les drains :

Dans le drainage souterrain, la distance optimale entre les tuyaux de drainage parallèles est très importante pour contrôler correctement l'humidité du sol dans la zone racinaire et le niveau piézométrique de la nappe phréatique.

Le calcul de la distance est basé sur la formule empirique suivante :

- Équation de HOOGHOUDT
- Équation de Grover-Dam Formule de Grover-Dam

VI.6.1 Formule de Glover Dumm

Pour abaisser la nappe phréatique d'une hauteur D sur une période donnée, utilisez l'équation de Glover-Dam pour déterminer le taux de diminution de la nappe phréatique après l'arrêt des précipitations ou de l'irrigation, à partir de conditions initiales données.

$$E^2 = \frac{10 \times k \times d \times t}{\mu} \left[\ln \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1}$$

- t : temps de rabattement de la nappe en jours.
- 10 c'est π^2
- Ho : niveau initial de la nappe au temps t=to (m)
- Ht : niveau de la nappe au temps t=T
- α : facteur de réaction de la nappe.
- μ : porosité de drainage m³/m³.
- E : écartement entre les drains.
- d : hauteur équivalente du substratum imperméable.
- K : conductivité (m/j).

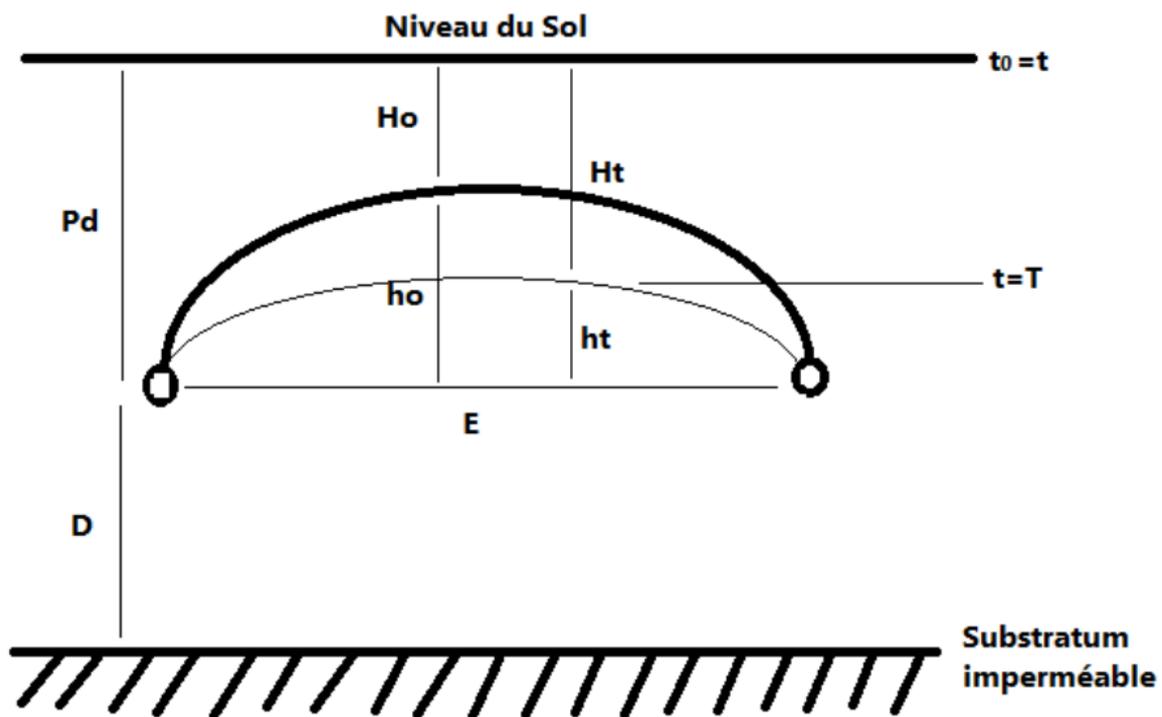


Figure 26 Schéma représente les différents paramètres de la formule de Glover

Dumm

VI.6.2 L'équation de HOOGHOUDT

Cette équation a été formulée par HOOGHOUDT en 1936 et est également connue sous le nom d'équation de Donnan (Donnan, 1946).

L'équation HOOGHOUDT offre un meilleur ajustement dans les zones où les régimes de précipitations sont persistants.

$$E^2 = \frac{4 \times k_1 \times h^2}{q_c} + \frac{8 \times k_2 \times d \times h_c}{q_c}$$

Avec :

- q_c = taux de décharge du à l'état d'équilibre (m/jour)
- K_1 = conductivité hydraulique du sol au – dessus du niveau du drain (m/jour)
- k_2 = conductivité hydraulique du sol en dessous du niveau du drain (m/jour)
- D_i = profondeur de la couche imperméable sous le niveau du drain (m)
- E = espacement entre les drains (m)
- d = profondeur équivalente , fonction de L , $(D_i - D_d)$ et r

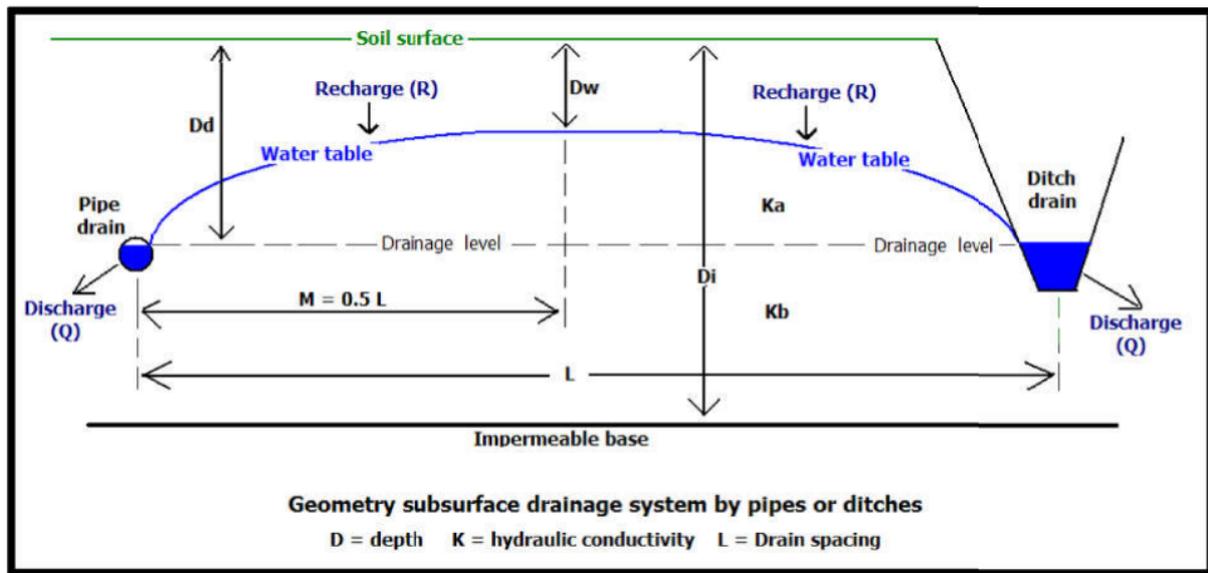


Figure 27 Paramètres dans l'équation de drainage de HOOGHOUT

VI.6.3 Application numérique :

La région centrale de Mitidja est caractérisée par des précipitations régulières, pour lesquelles l'équation de Hoochout est utilisée de préférence.

- ✓ $q_c = 11.72 \text{ mm/j} = 0.0117 \text{ m/j}$
- ✓ $D_i > 60 \text{ m}$
- ✓ $k_1 = k_2 = 0.49 \text{ m/j}$
- ✓ $h_c = 0.4 \text{ m}$

$$E^2 = \frac{4 \times k_1 \times h^2}{q_c} + \frac{8 \times k_2 \times d \times h_c}{q_c}$$

Vous pouvez également utiliser le tableau des profondeurs équivalentes (Annexe 3) pour calculer la distance entre les tuyaux de drainage. Après avoir itéré plusieurs fois l'équation de Hoochout, j'ai obtenu le résultat suivant :

- Itération n : $d = 1.55 \text{ m} \rightarrow E = 15.3 \text{ m} = 15 \text{ m}$

On peut dire que l'espacement optimal entre les drains est 15 m

VI.6.4 La pente des drains :

De la topographie et du relief de la zone d'étude, on peut facilement déduire une pente moyenne de 1% vers l'est (Chapitre 1). Et dans ce cas, la pente moyenne du drain sera forcément $I = 0,5\%$.

VI.6.5 La Longueur des drains :

La longueur est souvent précisée en tenant compte de différents paramètres (topographie, emplacement du collecteur, surface à drainer) et peut aller jusqu'à 150-800 m.

On peut dire que la longueur minimale soit de 350 m.

VI.6.6 Débit à évacuer :

Pour dimensionner le drain, vous devez déterminer le débit ou le déplacement.

$$Q = q_c \times E \times L$$

Avec :

- q_c : le débit spécifique
- L : La Longueur moyenne des drains
- E : Ecartement entre les drains

A.N :

$$Q = 0.01172 \times 15 \times 350 = 61.53 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q = 7.121 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Il est judicieux de prendre une marge de sécurité en utilisant un facteur de correction de 50 % dans le cas de la sédimentation. Cela permet de compenser d'éventuelles variations ou incertitudes dans les données ou les estimations liées à la sédimentation, assurant ainsi une approche plus prudente dans la gestion ou la prise de décision liée à ce processus.

$$Q' = \frac{Q}{0.5} = 123.06 \text{ m}^3/\text{j} = 1.424 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.6.7 Diamètre des drains :

Le diamètre du drain est directement lié au type de drain (lisse ou ondulé), au type de débit (uniforme ou irrégulier), à la pente et au débit.

Puisque l'écoulement est généralement uniforme et que les propriétés de drainage s'annulent, l'équation devient :

Formule de Chezy-Manning : $Q = 22 \times d^{2.67} \times I^{0.5}$

A.N

$$d = \sqrt[2.67]{\frac{1.424 \times 10^{-3}}{22 \times 0.005^{0.5}}}$$

$$d = 72 \text{ mm}$$

- **La Normalisation :**

Il existe plusieurs diamètres standardisés sur le marché algérien (110mm, 75mm, 90mm, 125mm, 160mm, 200mm, 250mm, 400mm). Le diamètre calculé est de 72 mm, un drain de 110 mm est donc optimal.

VI.7 Dimensionnement des collecteurs

VI.7.1 Calcul hydraulique des collecteurs

Le débit évacué par le collecteur correspond à la somme des débits provenant de tous les drains qui se déversent dans ce collecteur.

$$Q = \sum q$$

Avec :

$\sum q$: la somme des débits des drains connectées au collecteur

Le calcul des débits dans les collecteurs principaux et secondaires est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 52 : *Calcul des débits dans le collecteur principal et secondaire*

Zone	q (m3/s)	Collecteurs Principaux	Collecteurs secondaires	Q (m3/s)	Q total (m3/s)
1	1.356×10^{-6}	C5	C1	0,028687	0,158548275
			C2	0,041226	
			C3	0,052772	
			C4	0,062663	
2	1.356×10^{-6}	C8	C6	0,044867	0,102127997
			C7	0,062305	
3	1.356×10^{-6}	C11	C9	0,045996	0,138701194
			C10	0,089576	

VI.7.2 Diamètre des collecteurs

Pour calculer le diamètre des collecteurs, il est essentiel de prendre en compte la pente du terrain naturel. Il est recommandé d'éviter les pentes trop abruptes, généralement en maintenant la pente dans la plage de 0,1% à 1%, en fonction de la topographie.

Il est également crucial de garantir que les vitesses d'écoulement dans les collecteurs restent dans des limites appropriées. On vise généralement des vitesses comprises entre 0,5 m/s et 1,5 m/s. Cette plage de vitesses est choisie pour éviter les effets d'aspiration aux joints et perforations des drains (à des vitesses inférieures) et pour prévenir la sédimentation des particules infiltrées (à des vitesses supérieures).

Lors du calcul du diamètre des collecteurs, il est courant d'utiliser la formule de Darcy-Weisbach, en prenant en compte une marge de sécurité d'environ 15% pour s'assurer que le système de drainage fonctionne efficacement.

$$Q = 50 \times d^{2.71} \times I^{0.57}$$

$$d = \sqrt[2.71]{\frac{q}{50 \times 0.005^{0.57}}}$$

Les résultats du calcul du diamètre des collecteurs secondaires sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 53 : Calcul des diamètres des collecteurs secondaires

Zone	Collecteurs secondaires	L(m)	Q (m3/s)	i (%)	d(mm)	Dn(mm)	V(m/s)
1	C1	222	0,028687	0.5	194	200	0.91
	C2	223	0.041226	0.5	222	250	0.84
	C3	406	0,052772	0.5	243	250	1.08
	C4	549	0,062663	0.5	259	315	0.51
2	C6	402	0,044867	0.5	229	250	0.91
	C7	397	0,062305	0.5	258	315	0.51
3	C9	488	0,045996	0.5	231	250	0.94
	C10	449	0,089576	0.5	295	315	0.71

Les résultats du calcul du diamètre des collecteur Primaires sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 54 : *calculs des diamètres des collecteurs principaux*

Zone	L(m)	Collecteurs Principaux	Q (m ³ /s)	i (%)	d(mm)	Dn(mm)	V(m/s)
1	260	C5	0,158548275	0.5	365	400	1.26
2	357	C8	0,102127997	0.5	310	315	0.81
3	457	C11	0,138701194	0.5	347	400	1.1

Les diamètres normalisés sont choisis d'après le catalogue (Tuyaux de grands diamètres en PVC) **Annexe 5**.

VI.7.3 Jonction des collecteurs

- **Drain/collecteur :**

Il est important de prendre en compte certains paramètres pour assurer un fonctionnement optimal :

1. **Angle de raccordement (α) :** Il est recommandé que l'angle de raccordement entre l'évacuation et le collecteur soit compris entre 30° et 60°. Cela permet de garantir un écoulement régulier de l'eau sans créer de contraintes excessives sur les tuyaux.
2. **Utilisation de boîtes et de trous :** Souvent, l'utilisation de boîtes de jonction ou de trous est nécessaire pour réaliser le raccordement entre l'évacuation flexible et le collecteur ou le tuyau rigide. Ces éléments facilitent le transfert de l'eau et permettent de corriger la pente, de changer de diamètre et de direction.
3. **Marge de sécurité :** Assurez-vous que le raccordement est conçu avec une marge de sécurité d'au moins 15%. Cette marge permet de prendre en compte d'éventuels écarts par rapport aux calculs théoriques et garantit une performance fiable du système de drainage.

- **Collecteur/collecteur**

La liaison entre les collecteurs est assurée par un regard. Les regards installés dans le réseau permettent de corriger la pente des particules entrées dans le drain, de modifier leur diamètre et leur direction et de leur permettre de se déposer.

Il existe 7 au total regards installés dans chaque 500m ou changement de direction.

- **Collecteur/exutoire**

Il est essentiel de prendre en compte certaines mesures importantes :

Hauteur du débouché au-dessus du plafond : Le débouché du collecteur doit être positionné à une hauteur minimale de 0,2 mètre au-dessus du niveau du plafond. Cette élévation garantit que le collecteur reste accessible pour l'entretien et prévient les obstructions potentielles.

Hauteur du débouché par rapport au niveau moyen des eaux : Le débouché du collecteur doit également être situé à une hauteur d'au moins 0,1 mètre au-dessus du niveau moyen des eaux. Cette mesure permet d'assurer que le collecteur ne sera pas submergé en cas de variations du niveau de l'eau, garantissant ainsi un écoulement efficace.

VI.8 Conclusion :

Le réseau de drainage a pour principal objectif d'évacuer les excès d'eau provenant des précipitations, du lessivage ou du système d'irrigation. Selon les calculs effectués, il est recommandé d'utiliser le débit maximal correspondant à une pluie régulière avec une lame d'eau de 11,72 mm par jour.

En ce qui concerne les caractéristiques du périmètre et le type de culture, cela nous conduit à dimensionner le réseau de drainage en suivant les critères suivants :

- Espacement entre les drains de 15 mètres.
- Pente des drains de 0,5 %.
- Diamètre des drains de 110 mm.
- Nombre des drains est de 265 avec une longueur moyenne de 350 mètres.
- Nombre des collecteurs est de 11 avec une longueur moyenne de 380 mètres.

Chapitre VII : Études Technico-économique

VII.1 Introduction :

L'entretien des réseaux de drainage ne reçoit pas toujours l'attention qu'il mérite, principalement en raison de la perception que le drainage est moins crucial que l'irrigation. Les eaux collectées par le drainage sont souvent de qualité médiocre, car elles ont tendance à accumuler des sels, des nutriments et divers éléments minéraux ou organiques en traces lors de leur passage à travers le sol. En outre, d'autres facteurs contribuent à la négligence de l'entretien des systèmes de drainage.

L'un de ces facteurs est lié à l'entretien lui-même. Les effets positifs de l'entretien du réseau sur les performances globales du système de drainage ne sont pas immédiatement évidents. En conséquence, les gestionnaires des périmètres ont souvent plus de facilité à obtenir des financements pour la construction de nouveaux équipements que pour l'entretien des infrastructures existantes.

VII.2 Causes de non-fonctionnement du drainage :

Le fonctionnement du système de drainage peut être entravé ou totalement bloqué en raison de diverses causes possibles. Ces causes peuvent être attribuées à des défauts dans la conception, la construction ou l'entretien du système, ainsi qu'à des facteurs naturels.

VII.2.1 Obstructions d'origine technique :

VII.2.1.1 Insuffisance de la section des drains :

Bien que la conception d'un projet de drainage puisse être soigneusement planifiée avec des calculs basés sur des règles et des normes, il est important de se rappeler que ces calculs restent théoriques et sont soumis à de nombreuses conditions naturelles variables. Par conséquent, les résultats de l'étude ne sont qu'une base pour définir les paramètres du projet, tels que le diamètre, la profondeur et l'espacement des drains. Seule l'expérience pratique peut déterminer la solution la plus appropriée. Il est donc fortement recommandé de mettre en place des projets pilotes ou des champs de test en parallèle avec la phase de conception, afin de simuler les conditions réelles et d'évaluer différents systèmes de drainage et de filtrage sous l'influence de l'irrigation réelle.

VII.2.1.2 Insuffisance de la pente des drains :

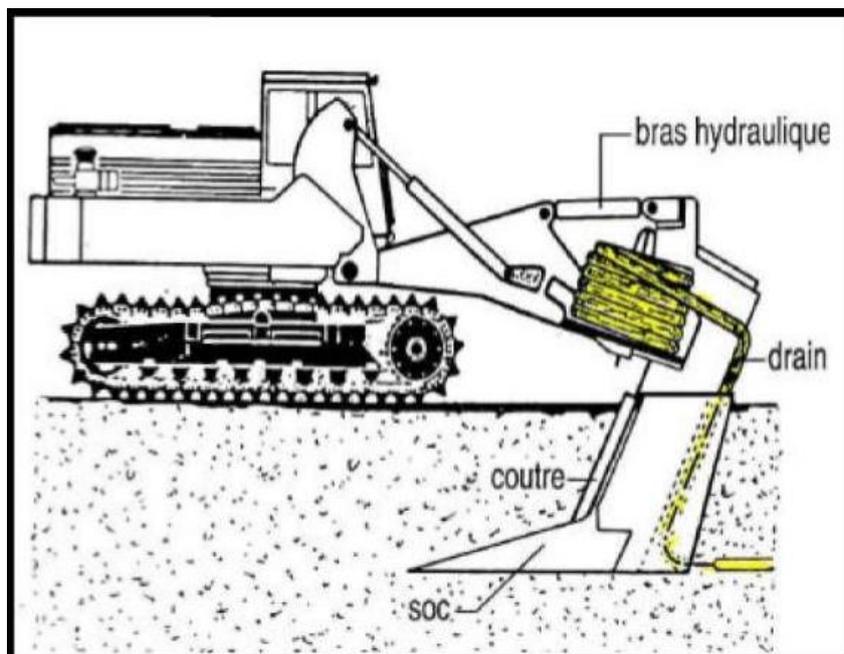


Figure 28 Schéma d'une draineuse à outil taupe

Lorsque la pente est insuffisante, la vitesse de l'eau dans les drains peut être inférieure à la vitesse minimale requise, ce qui peut entraîner l'accumulation de sable ou d'argile. Cependant, cela ne devrait pas se produire si la conception du drainage a été correctement réalisée et si les travaux ont été exécutés de manière appropriée. Les irrégularités dans la pente des drains peuvent avoir deux origines principales : la machine de drainage et l'opérateur.

La machine de drainage doit être correctement configurée et équilibrée, en tenant compte de l'installation du système de guidage laser et de l'hydraulique de la machine. Cette configuration doit être effectuée par un spécialiste dès la réception de la machine en usine. Une fois sur le site du projet, la draineuse (qu'il s'agisse d'une excavatrice ou d'une draineuse à outil taupe) doit être adaptée aux conditions locales, et des tests réalisés par des experts doivent ajuster les outils et le système de guidage en fonction des caractéristiques du sol et du climat. Les erreurs humaines, en particulier lors de l'utilisation de nivelettes ou de commandes radio, sont une source fréquente de problèmes dans la qualité des travaux. Même lorsque le guidage laser est utilisé, il ne peut pas résoudre automatiquement tous les problèmes. De plus, la vitesse de travail de la draineuse, en particulier pour les draineuses à outil taupe, peut être si élevée que la fréquence du laser rotatif peut perturber le bon alignement de la machine.

VII.2.1.3 Mauvaise qualité des tuyaux :

De nos jours, la plupart des projets de drainage utilisent des tuyaux en polyéthylène (PE) ou en polyvinylchlorure (PVC). Cela élimine les problèmes potentiels associés à l'utilisation de tuyaux en poterie ou en béton de qualité médiocre, qui sont parfois fabriqués sur le chantier. Les tuyaux en PE ou en PVC sont généralement de bonne qualité. Cependant, il convient de noter que le matériau PVC est sensible aux rayons ultraviolets. S'il est exposé pendant de longues périodes sans protection, sa stabilité peut être altérée. De plus, le PVC est sensible aux températures élevées et peut se déformer à des températures d'environ 80°C.

VII.2.1.4 Défectuosités pendant l'exécution des travaux :

Les dommages au système de drainage peuvent résulter de diverses causes, notamment la casse des tuyaux pendant la construction, par exemple pendant le remblaiement, la rupture des connexions des tuyaux ou le raccordement entre les drains et les collecteurs. Cela peut se produire en raison d'une traction excessive de la machine, par exemple.

VII.2.2 Obstructions d'origine naturelle :

VII.2.2.1 Pénétration dans les drains de petits animaux

Pour éviter le colmatage des drains par les animaux, il est possible d'utiliser des pièces de sortie spéciales en matériau rigide équipées d'une grille à l'extrémité. Cela empêche les animaux d'entrer dans les drains et de les obstruer.

VII.2.2.2 dépôts de matières minérales :

L'ensablement ou l'envasement est un problème courant dans les sols de faible stabilité, tels que les sols sableux ou argileux, surtout si les travaux de drainage sont réalisés dans des sols saturés d'eau. Ce phénomène se produit généralement peu de temps après la pose du tuyau et peut persister si les conditions sont propices. Pour éviter l'ensablement ou l'envasement, il est nécessaire de protéger les drains, en particulier dans les sols sableux, à l'aide d'un filtre ou d'un matelas de couverture.

Les collecteurs ne sont pas conçus pour drainer l'eau, mais pour recueillir l'eau provenant des drains et la transporter vers le système de décharge. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser des drains non perforés comme collecteurs. Toutes les connexions, boîtes de jonction et regards d'inspection constituent des points potentiels d'ensablement ou d'envasement. Il est essentiel de garantir une étanchéité soignée des raccords pour minimiser ces risques.

Lorsqu'il existe un risque d'ensablement ou d'envasement dans le collecteur, l'installation d'un dessableur dans la boîte de jonction ou le regard d'inspection est recommandée. Cela permet de retenir les particules en suspension et de prévenir ces problèmes potentiels.

VII.2.2.3: Colmatage par dépôts à réaction chimique :

Le fer, le fer-sulfure et le manganèse sont généralement responsables de la formation de dépôts dans les drains. Lorsque le fer ferreux (Fe^{++}) présent dans le sol entre dans le drain, il réagit avec l'oxygène pour former du fer ferrique (Fe^{+++}), ce qui entraîne la précipitation de ces dépôts. Dans de nombreux cas, ce problème cesse après quelques années de fonctionnement, mais dans les cas les plus graves, il peut persister.

Les mesures préventives contre ce phénomène sont souvent difficiles à mettre en place. Une solution consiste à réduire l'aération du système en utilisant une pièce spéciale à la sortie du drain. Cette mesure peut contribuer à minimiser la formation de dépôts dans les drains.



Figure 29 *Le colmatage des drains*

VII.3 Méthodes d'entretien :

VII.3.1 Le curage :

Le curage des drains est effectué à l'aide d'une machine de curage. Cette opération consiste à pomper de l'eau à l'intérieur du drain à l'aide d'un tuyau équipé d'une buse de jet. Le dépôt accumulé dans le drain est mis en suspension sous l'effet du jet d'eau et est évacué avec l'eau injectée.

Il existe deux systèmes d'évacuation pour le curage des drains : le système à haute pression et le système à basse pression. Le système à haute pression fonctionne avec une pompe qui atteint une pression de 80 à 120 atmosphères, tandis que le système à basse pression fonctionne à une pression d'environ 20 à 30 atmosphères.

Les deux systèmes peuvent être utilisés pour nettoyer des drains d'une longueur allant jusqu'à 350 mètres. Ils sont capables d'éliminer même les dépôts difficiles, tels que les accumulations limoneuses dues à l'envasement, grâce au processus de curage.

VII.3.2 Entretien des réseaux enterrés :

L'entretien régulier des réseaux de drainage souterrains est essentiel, en particulier aux points critiques tels que les bouches de décharge. Les regards doivent également être inspectés, généralement situés aux endroits stratégiques du réseau, tels que les jonctions ou les changements de diamètre des tuyaux.

Il est parfois nécessaire de nettoyer les drains enterrés en utilisant des techniques de lavage sous pression. Cependant, cette pratique ne devrait pas être systématique, car elle comporte le risque de perturber la stabilité du sol autour du tuyau.

Il est important de prévenir le compactage des sols, car un sol compacté rend difficile le passage de l'eau vers les tuyaux de drainage. De plus, les activités qui entraînent le compactage du sol peuvent endommager les tuyaux de drainage. Pour éviter le compactage du sol.

VII.4 Devis quantitative et estimative

Tableau 55 : Devis quantitative et estimative

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Dn(mm)	Prix unitaire	Prix total
Drains	m	66527,03	110	325 DA	21 621 275
Collecteurs	m	222	200	890 DA	197 580
		1031	250	1350 DA	1 391 850
		1752	315	2200 DA	3 854 400
		717	400	2700DA	1 935 900
Regard	m3	7 × 0.375	/	14200DA	37 275
Draineuse	h	56	/	14500DA	812 000
Total					29 850 280
TVA 19%					5 671 553
Total TTC					35 521 833

VII.5 Conclusion :

Il est essentiel de procéder à des inspections régulières des réseaux de drainage souterrains, en mettant un accent particulier sur les points critiques tels que les bouches de décharge. Les regards doivent également faire l'objet d'examens fréquents, car ils sont généralement positionnés aux endroits stratégiques du réseau, tels que les jonctions ou les changements de diamètre des tuyaux. Si nécessaire, il est possible d'effectuer des nettoyages sous pression des drains enterrés. Cependant, il convient de noter que cette pratique ne doit pas être systématique, car elle comporte le risque de perturber la stabilité du sol à proximité du tuyau.

Conclusion générale :

L'étude de la région de la Mitidja a permis de mieux comprendre les conditions naturelles et les ressources disponibles dans cette zone. Il est évident que la plaine de la Mitidja présente une diversité climatique significative, avec des précipitations irrégulières au cours de la dernière décennie et un réchauffement climatique en cours. Cette évolution a des implications importantes pour l'agriculture de la région, car la période de pluie ne coïncide pas avec la période cruciale de croissance des cultures, ce qui rend l'irrigation essentielle.

L'analyse pédologique et la qualité de l'eau d'irrigation est idéale avec une classe C2S1 ont révélé un potentiel élevé pour l'irrigation, soutenant ainsi la vocation agricole de la Mitidja. La structure géologique en forme de synclinal et la présence d'alluvions profondes offrent une source importante d'eau souterraine pour l'agriculture, qui est exploitée à l'aide de pompes.

L'étude hydrologique a permis de déterminer les caractéristiques statistiques de la pluviométrie dans la région, tandis que l'évaluation des besoins en eau des cultures a montré que certaines cultures, comme la tomate, sont plus exigeantes en eau que d'autres.

En ce qui concerne le drainage, il est crucial pour évacuer les excès d'eau, et les critères de dimensionnement ont été établis en fonction des caractéristiques du périmètre et des types de cultures.

Enfin, la maintenance régulière des réseaux de drainage souterrains a été soulignée comme une pratique essentielle pour garantir leur bon fonctionnement.

Dans l'ensemble, cette étude souligne l'importance de la gestion intégrée des ressources en eau, de la planification agricole et de l'entretien des infrastructures pour soutenir le développement durable de l'agriculture dans la région de la Mitidja.

Références bibliographiques

DJADI NABIL : Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre (secteur 03 Mitidja centre) du sous-secteur DR 35 sur une superficie de 249 ha à l'Est de Ouled chebel (W. BLIDA) (2021).

CHENAK ANIS : Etude du périmètre d'irrigation du sous-secteur DR 21 Mitidja Centre à partir du barrage de Douera (2018).

BOUDISSA Ilyes : Etude du réseau de drainage du périmètre de DAIET-ZRAGUET, Ain Skhouna (Wilaya de Saïda) (2019).

<https://www.researchgate.net/> : Localisation géographique et Piézométrie de la nappe du Mitidja centre.

Liste des abréviations

ONID : Office Nationale d'Irrigation et Drainage

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

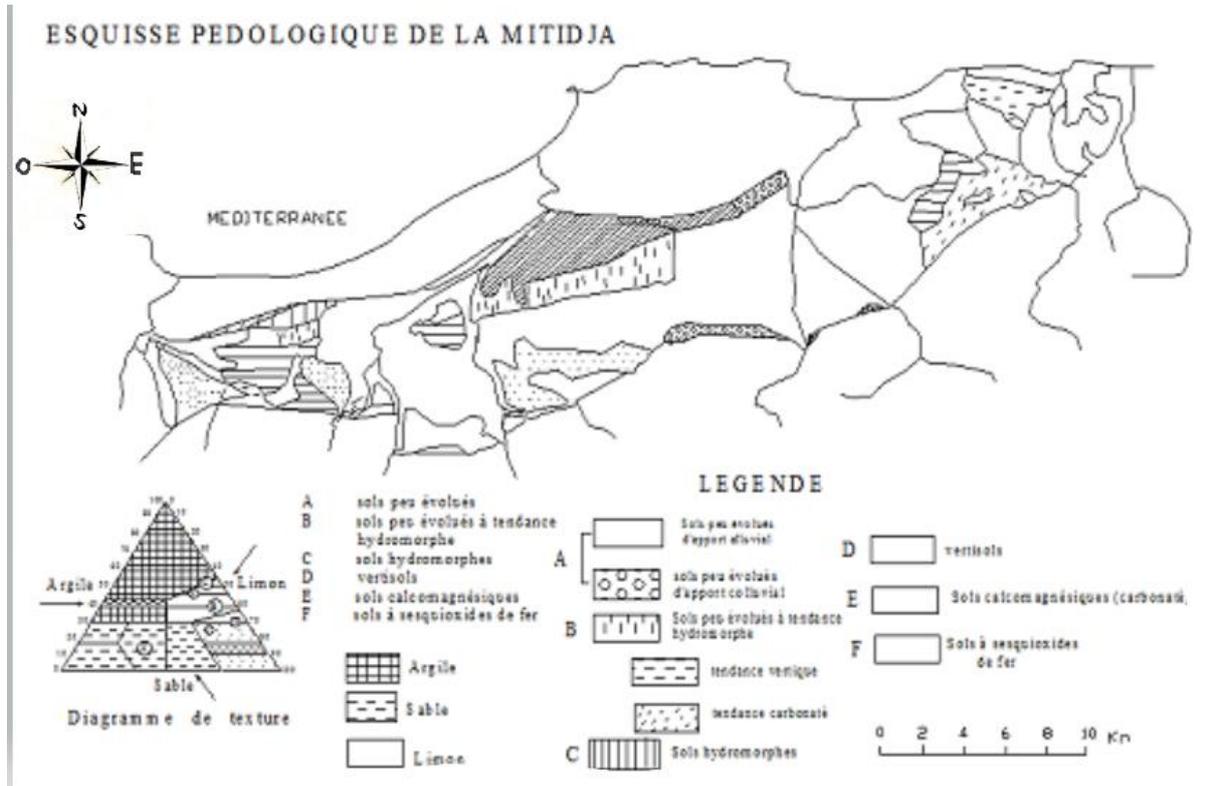
ONM : Office National de Météorologique.

ENSH : Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique.

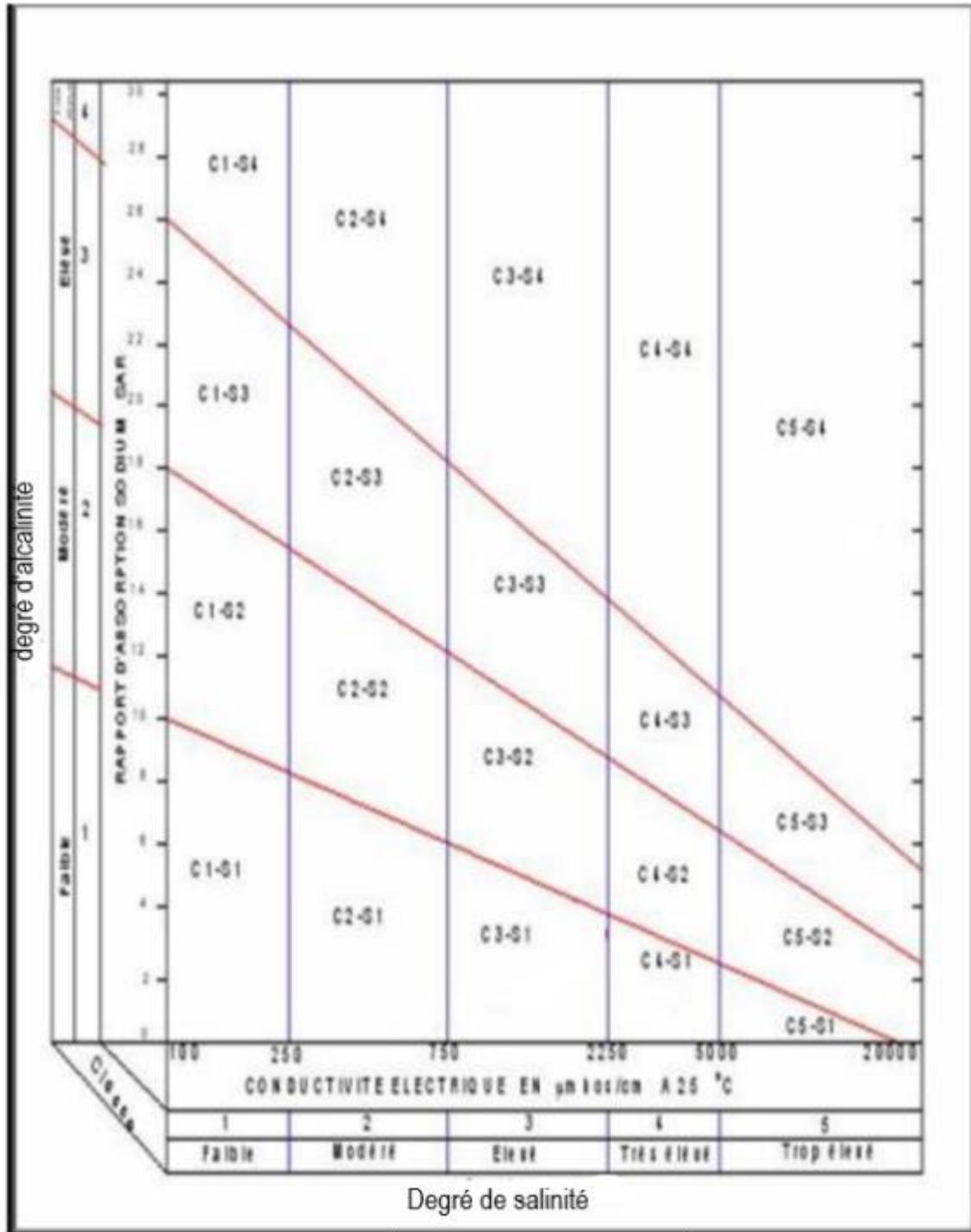
BNEDER : Bureau National Etudes pour le Développement

Liste des Annexes

Annexe 1 : Carte pédologique de la Mitidja



Annexe 2 : qualité d'eau d'irrigation



Annexe 3 : Tableau E=f(d)

D(m)	L (m)→																			
	5	7.5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	80	85	90	100	150	200	250	
0-50	0-45	0-50	0-50	0-50	0-50	0-50	0-50													
0-75	0-60	0-65	0-70	0-70	0-75	0-75	0-75	0-75	0-75	0-75	0-75									
1-00	0-65	0-75	0-80	0-85	0-90	0-90	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	0-95	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00
1-25	0-70	0-80	0-90	1-00	1-05	1-10	1-10	1-15	1-15	1-15	1-15									
1-50		0-90	0-95	1-10	1-20	1-25	1-30	1-30	1-35	1-35	1-35									
1-75		0-90	1-00	1-20	1-30	1-40	1-45	1-50	1-50	1-55	1-55									
2-00			1-10	1-30	1-40	1-50	1-55	1-60	1-65	1-70	1-70	1-80	1-80	1-80	1-85	1-85	1-90	1-90	1-90	1-95
2-25			1-15	1-35	1-50	1-70	1-70	1-75	1-80	1-85	1-85									
2-50				1-40	1-55	1-70	1-80	1-85	1-95	2-00	2-00									
2-75				1-40	1-65	1-75	1-90	2-00	2-05	2-10	2-20									
3-00				1-45	1-65	1-85	1-95	2-10	2-15	2-25	2-30	2-50	2-50	2-55	2-55	2-60	2-70	2-80	2-85	
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	3-75	4-75	4-90	5-05	5-20	5-45	6-45	7-10	7-55	
10-00									3-25	3-50	3-75									
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 > 1/2 L

Annexe

Annexe 4 : Table de Pearson

$\alpha \backslash \gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

Annexe 5 : Diamètres normalisé des tuyaux PVC

Diamètres ext. en mm	PVC Drainage	
	PN4	PN6
110	✓	✓
125	✓	✓
160	✓	✓
200	✓	✓
250	✓	✓
315	✓	✓
400	✓	✓
500	✓	✓
630	✓	✓