



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Etude du réseau de drainage du périmètre DR21 de 125
Ha dans la
région de la Mitidja centre (wilaya de Blida)

Présenté par :

TETA Zakaria

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
KAHLERRAS Djillali	M.C.A	Président
BENCACI ALI Tarek	M.C.A	Examineur
BENLATRECHE Tarek	M.C.A	Examineur
BOUZIANE Omar	M.A.A	Examineur
SAIL Nadhira	M.C.B	Promotrice

REMERCIEMENTS

Tout d'abord elhamdoulileh qui m'a donné la force et la santé pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier mes parents pour le courage et les conseils qui me donnent la volonté de percer et avancer.

De tout mon cœur ! Je remercie Mme O.Aziez qui m'a trop aidée avec les idées et les informations.

Je tiens à remercier ma promotrice Mme N.Sail de m'avoir encadré dans mon travail.

A tous les enseignants de l'école qui ont participé à ma formation.

Un remerciement aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger mon boulot.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette période.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

A mes âmes, mon frère Anes, mes sœurs Meriem et Takoua

A mes chers cousins Sami et Réda

A mes oncles Alilo, Nabil, Sofiane, Khalto Souad

Une grande dédicace à mes amis et frères Moncef et Younes rougi, merci pour toutes les expressions de courage que vous me donnez

Sans oublier les meilleurs de l'ENSH Madjid, Chemsou, Hakim, Rached tbib, Youcef, Islam chamiya, Choukri chopo, Ismail boulahya, Amine rougi, Amine Ouadfel, Kheyi, Achraf abdous, Achraf liyou, Ismail mon ami..., merci pour tous les moments qu'on a passés ensemble, on a beaucoup de beaux souvenirs.

الملخص:

العمل التالي يهدف الى تجسيد مشروع الصرف الزراعي في المحيط DR21 الموجود في منطقة متيجة وسط في الشبلي .

المحيط DR21 يتعرض الى مشكل يرتبط في الأساس بظروف طبيعية في المنطقة كالطوبوغرافيا و سطحية الأرض , هذا ما يعرض الأرضية للغرق خاصة في فترة هطول الامطار الغزيرة . الهدف من هذه المذكرة هو تجسيد مشروع ينقص من كمية المياه الراكدة في سطح المحيط , ز هذا يكون بالصرف الزراعي.

الكلمات المفتاحية :

الصرف الزراعي, الظروف الطبيعية, تضاريس المياه الراكدة.

Résumé :

Le présent travail a pour but de réaliser un projet de drainage agricole du sous-secteur DR21 dans la zone de Mitidja centre situé à Chebli.

Le périmètre DR21, situé dans la plaine de la Mitidja, est confronté à un problème qui est lié principalement à des conditions naturelles de la région, notamment la topographie ou la pente est pratiquement nulle, ce qui expose ce périmètre à des risques de submersion lors des périodes de fortes pluies.

L'objectif de ce mémoire est de mettre en place un ouvrage hydraulique permettant de diminuer la quantité d'eau stagnée sur le sol du périmètre et ce, par la projection d'un réseau de drainage.

Mots clé : Drainage, ouvrage hydraulique, topographie, conditions naturelles, eau stagnée.

Abstract :

The study conducted in this thesis aims to establish an agricultural drainage project in the DR21 sub-sector in the Mitidja Central zone, located in Chebli.

The DR21 perimeter, located in the Mitidja plain, faces a problem primarily linked to the natural conditions of the region, particularly the topography. The slope is virtually non-existent, which exposes this perimeter to the risk of flooding during periods of heavy rainfall.

The aim of this thesis is to reduce the amount of stagnant water on the perimeter's soil through the implementation of drainage network.

Keywords: Drainage project, natural conditions, topography, flooding, stagnant water.

Sommaire

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	2
I.3 Présentation du Sous-Secteur DR21	4
I.4 Caractéristique de la région	5
I.4.1 Géomorphologie et relief	5
I.4.2 La climatologie de 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 Évaporation	8
I.4.2.5 Insolation	9
I.4.2.6 Humidité relative	10
I.4.2.7 Indices climatiques	11
I.4.2.7.1 Indice d'aridité annuel de " De Martonne"	11
I.4.2.7.2 Quotient pluviométrique d'Emberger	12
I.4.2.7.3 Diagramme Ombrothermique de "GAUSSEN ET BAGNOULS"	13
I.5 Conclusion	14
Chapitre II : Ressources en sol et en eau	15
II.1 Introduction	15
II.2 Ressources en sol	15
II.2.1 Classification des sols de la Mitidja Centre	15
II.3 Les caractéristiques physiques des sols	16
II.3.1 Le profil pédologique	16
II.3.2 Etude granulométrique	16
II.3.3 Propriétés physiques du sol	17
II.4 Analyse des paramètres hydrodynamiques	17
II.4.1 ESP	18
II.5 Piézométrie de la nappe	19

II.5.1 Aperçu sur la nappe de Mitidja.....	19
II.5.2 Inventaire des points d'eau.....	19
II.5.3 Etude piézométrique	20
II.6 Ressources en eau.....	21
II.6.1 Barrage de Douéra	21
II.6.2 Les eaux souterraines.....	22
II.7 La qualité de l'eau d'irrigation.....	22
II.7.1 SAR.....	23
II.7.2 La conductivité électrique.....	23
II.7.3 Résidu sec en carbonate (RSC).....	25
II.7.4 PH.....	26
II.7.5 Toxicité	26
II.8 Conclusion	26
Chapitre III : Étude Hydrologique	27
III.1 Introduction.....	27
III.2 Traitement des données pluviométriques	27
III.2.2 Présentation de la série pluviométrique	27
III.3 Étude statistique des précipitations	28
III.3.1 Étude de l'homogénéisation de La série pluviométrique	28
III.4 Étude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement.....	31
III.4.1 Ajustement à la loi normale (Gauss)	31
III.4.2 Ajustement à la loi log normale	35
III.4.3 Test de validité d'un ajustement	38
III.4.3.1 Test de Khi carrée	38
III.4.3.2 Comparaison graphique.....	38
III.4.4 Précipitation de projet	39
III.5 Conclusion	39
Chapitre IV : Besoins en eau des cultures	40
IV.1 Introduction	40
IV.1.1 Les aptitudes culturelles	40
IV.2 Besoins en eau des cultures	40
IV.2.1 Calcul de l'évapotranspiration	41
IV.2.1.1 L'évapotranspiration potentielle de référence (ET0)	41
IV.2.1.2 L'évapotranspiration Réelle (ETR).....	41

IV.2.1.3 L'évapotranspiration maximale (ETM)	41
- Les coefficients culturaux (Kc).....	41
IV.2.2 Les méthodes pour estimer l'évapotranspiration	42
IV.3 Le bilan hydrique	45
IV.3.1 Calcul des besoins bruts	47
IV.3.1 Calcul de la pluie efficace.....	47
IV.3.2 Cultures proposées	48
IV.3.3 Cycle végétatif des cultures	48
IV.4 Calcul des besoins en eau des cultures	49
IV.5 Calcul de débit spécifique.....	53
IV.6 Calcul de débit caractéristique	54
IV.7 Estimation des volumes d'eau d'irrigation	54
IV.8 Conclusion.....	55
Chapitre V : Projection du réseau de drainage	56
V.1 Introduction.....	56
V.2 Effets positifs du drainage	56
V.3 Techniques de drainage	56
V.3.1 Drainage par fossé à ciel ouvert	56
V.3.2 Drainage par des drains enterrés	57
V.4 Paramètres d'un réseau de drainage	58
V.4.1 Paramètres hydrologique	58
V.4.2 La quantité à évacuer	58
V.4.3 La durée de submersion	59
V.4.4 Profondeurs idéales.....	59
V.4.5 Porosité du sol	60
V.5 Calcul du débit caractéristique.....	60
V.5.1 Cas où l'excès provient des pluies.....	61
V.5.2 Traitement des données pluviométrique	61
V.5.3 Détermination de la pluie critique	64
V.5.1.1 Débit caractéristique en régime permanent	67
V.5.1.2 Débit caractéristique en régime variable.....	68
V.5.1.3 Cas où l'excès provient d'irrigation	69
V.5.1.4 Choix du débit caractéristique	69
V.6 Dimensionnement du réseau de drainage	69

V.6.1 Ecartement entre les drains	70
V.6.2 Longueur des drains.....	72
V.6.3 La pente des drains	72
V.6.4 Débit à évacuer.....	72
V.6.5 Diamètres des drains.....	73
V.6.6 Débits des collecteurs	73
V.6.7 Diamètres des collecteurs.....	74
V.6.8 Raccordement des collecteurs	75
V.7 Conclusion	76
Chapitre VI : Etudes technico-économique.....	77
VI.1 Introduction	77
VI.2 les causes du non-fonctionnement du réseau de drainage	77
VI.2.1 Obstructions d'origine technique	77
VI.2.1.1 Insuffisance de la pente des drains	77
VI.2.1.2 Insuffisance de la section des drains.....	78
VI.2.1.3 Mauvaise qualité des tuyaux	78
VI.2.2 Obstructions d'origine naturelle.....	78
VI.2.2.1 Colmatage des drains par les animaux.....	78
VI.2.2.2 Deux espèces de plantes envahissantes.....	78
VI.2.2.3 Colmatage par dépôts à réaction chimique.....	79
VI.2.2.4 Dépôts de matières minérales.....	79
VI.3 Méthodes d'entretien.....	79
VI.3.1 Le curage	79
VI.3.2 Entretien des réseaux enterrés.....	80
VI.4 Devis de notre projet de drainage.....	80
VI.5 Conclusion.....	81
Conclusion générale.....	82

Liste des figures

Figure 1 : Plan de situation de la plaine de Mitidja. (Source : Programme d'Aménagement Côtier (PAC) 2006.)	2
Figure 2 : Limites des Secteurs de la Mitidja centre. (Source ONID)	3
Figure 3 : Limites du périmètre de la Mitidja centre tranche I (Source ONID).....	3
Figure 4 : Limites de superficie choisie dans le sous-secteur DR21 (source ONID).....	4
Figure 5 : Graphique des pluies moyennes mensuelles en (mm)	6
Figure 6 : Graphique de la température moyenne mensuelle.....	7
Figure 7 : Graphique Vitesse moyenne mensuelle des vents.....	8
Figure 8 : Graphique de l'évaporation Moyenne mensuelle.....	9
Figure 9 : Graphique Insolation moyenne	10
Figure 10 : Graphique de l'humidité relative moyenne mensuelle.....	11
Figure 11 : diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	13
Figure 12 : Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	14
Figure 13 : Relation expérimentale entre SAR – ESP (USDA, 1954)	18
Figure 14 : Carte d'inventaire des points d'eau	20
Figure 15 : Carte piézométrique de la période mai 2017.....	20
Figure 16 : Image satellitaire barrage de Douéra. (Maxar Technologies)	22
Figure 17 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation	25
Figure 18 : Code de la station de Soumaa.....	27
Figure 19 : Ajustement à la loi normale par HYFRAN.....	34
Figure 20 : Graphique de l'évapotranspiration (ET0)	45
Figure 21 : Drainage par drain enterré.....	57
Figure 22 : courbe HDF du 1 ^{er} trimestre.....	64
Figure 23 : courbe HDF du 2 ^{ème} trimestre	65
Figure 24 : courbe HDF du 3 ^{ème} trimestre	66
Figure 25 : Schéma représente les différents paramètres de la formule de HOOGHOUTD ...	71
Figure 26 : Colmatage des drains	79
Figure 27 : Machine de curage.....	80

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pluies moyennes mensuelles	6
Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles	7
Tableau 3 : Vitesse moyenne mensuelle des vents	8
Tableau 4 : Moyenne mensuelle de l'évaporation.....	9
Tableau 5 : Insolation moyenne.....	10
Tableau 6 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative	10
Tableau 7 : Classification du climat selon De Martonne	12
Tableau 8 : Analyse granulométrique du profil pédologique	16
Tableau 9 : Propriétés physiques du sol.....	17
Tableau 10 : Propriétés hydrodynamiques du profil pédologique	17
Tableau 11 : Classification des sols selon CE et ESP.....	19
Tableau 12 : caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage de Douéra.....	23
Tableau 13 : Classification des eaux en fonction du SAR	23
Tableau 14 : Classification des eaux en fonction de (CE).....	24
Tableau 15 : Pluie moyenne mensuelle observé par ANRH 1990 - 2020	28
Tableau 16 : Test de Wilcoxon pour la station de Soumaa	30
Tableau 17 : L'ajustement à la loi Normal (Gauss)	33
Tableau 18 : Test de validité de l'ajustement (Khi carrée).....	38
Tableau 19 : La Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul	39
Tableau 20 : Coefficients culturaux (Kc) des cultures.....	41
Tableau 21 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0.....	44
Tableau 22 : Les profondeurs d'enracinements en (m) des différentes cultures	46
Tableau 23 : Pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT V 8.0	47
Tableau 24 : Répartition des cultures.....	48
Tableau 25 : Le cycle végétatif des différentes cultures	48
Tableau 26 : Estimation des besoins en eau des agrumes	49
Tableau 27 : Estimation des besoins en eau des Pêchers	49
Tableau 28 : Estimation des besoins en eau des Abricotiers.....	50
Tableau 29 : Estimation de besoin en eau de la Tomate	50
Tableau 30 : Estimation de besoin en eau de la pomme de terre.....	51
Tableau 31 : Estimation de besoin en eau des choux.....	51
Tableau 32 : Estimation de besoin en eau des oignons	52
Tableau 33 : Estimation de besoin en eau du Blé	52
Tableau 34 : Résultats des besoins d'irrigation	53
Tableau 35 : Estimation des volumes totaux d'irrigation.....	55
Tableau 36 : (1-e) en fonction d'occupation du sol	59

Tableau 37 : durée de submersion admissible de chaque type de cultures	59
Tableau 38 : Variation de la hauteur de la nappe en fonction des cultures	59
Tableau 39 : Profondeurs critiques minimales de la nappe de chaque type de sol.....	60
Tableau 40 : la porosité du drainage en fonction de la texture.....	60
Tableau 41 : Trié de la série pluviométrie du 1 ^{er} trimestre	61
Tableau 42 : Trié de la série pluviométrie du 2 ^{ème} trimestre	62
Tableau 43 : Trié de la série pluviométrie du 3 ^{ème} trimestre	63
Tableau 44 : La pluie critique du 1 ^{er} trimestre	64
Tableau 45 : La pluie critique du 2 ^{ème} trimestre	65
Tableau 46 : La pluie critique du 3 ^{ème} trimestre	66
Tableau 47 : Résultats de calcul de Qc avec stockage	67
Tableau 48 : Résultats de calcul de Qc sans stockage.....	68
Tableau 49 : Résultats de calcul de Qc en régime variable	68
Tableau 50 : Devis quantitatif et estimatif.....	Error! Bookmark not defined.

Liste des annexes

Annexe 1 : f(d)=E (écartement des drains	84
Annexe 2 : Classification des eaux d'irrigation	85
Annexe 3 : Classification des sols	86
Annexe 4 : Diamètres normalisés des drains en PEHD.....	87
Annexe 5 : Prix unitaires des drains PVC selon ENH (Entreprise Nationale d'Hydraulique).88	
Annexe 6 : Table de Khi ²	89

Liste des planches

Planche 1 : Plan de situation.

Planche 2 : Plan d'occupation du sol du périmètre DR21 de Mitidja centre.

Planche 3 : Plan de projection du réseau de drainage.

Planche 4 : Profil en long du collecteur principal 1-1'.

Introduction Générale

Au cours des dernières années, l'exploitation des périmètres agricoles a connu une expansion significative. Les agriculteurs cherchent à exploiter les terres les plus propices pour répondre à la demande croissante du marché, en alignement avec la croissance démographique, mais ils se rencontrent souvent au problème de la salinité des sols, un défi répandu dans de nombreux grands systèmes d'irrigation à travers le monde. Cette salinité résulte souvent de la mauvaise qualité des eaux d'irrigation, un facteur qui nécessite une attention particulière.

Il est estimé que près de 400 millions d'hectares de terres sont actuellement affectés par la salinisation. La plupart de ces terres abandonnées sont situées dans des zones exposées au risque d'inondations causées par des pluies torrentielles et prolongées. La solution à ce problème de salinisation des terres ne peut être envisagée qu'avec la mise en œuvre du drainage.

Le périmètre DR21, situé dans la plaine de la Mitidja, est confronté à un problème qui est lié principalement à des conditions naturelles de la région. En effet, la topographie, couplée à l'absence du réseau de drainage, expose ce périmètre à des risques de submersion surtout lors des périodes de fortes pluies, avec présence des sols hydromorphes dans ce périmètre qui sont des sols contenant beaucoup d'eau, ce qui résulte la mort de certaines cultures, et les sols à sesquioxide de fer qui réagit avec l'argile et lui-même se transformera à un sol hydromorphe.

Le principal objectif de ce mémoire est de faire une étude approfondie d'un réseau de drainage et mettre un proposition de son dimensionnement et la projection de ce réseau qui a le but d'évacuer artificiellement l'excès d'eau présente dans ces sols, contribuant ainsi à lutter contre la salinisation des terres irriguées et à améliorer leur rendement.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction :

La Mitidja, située en Algérie, représente la plus vaste plaine sublittorale du pays. Elle s'étend sur une surface totale de 1450 km², avec une longueur moyenne d'environ 100 km et une largeur moyenne variant entre 10 et 18 km. Cette plaine est répartie sur quatre wilayas, à savoir Alger, Blida, Tipaza et Boumerdes. À l'est, elle est délimitée par l'Oued Boudouaou, tandis qu'à l'ouest, elle est bordée par l'Oued Nador. Au nord, elle est bordée par la mer Méditerranée, tandis qu'au sud, elle est délimitée par l'Atlas Blidéen. (figure 1).

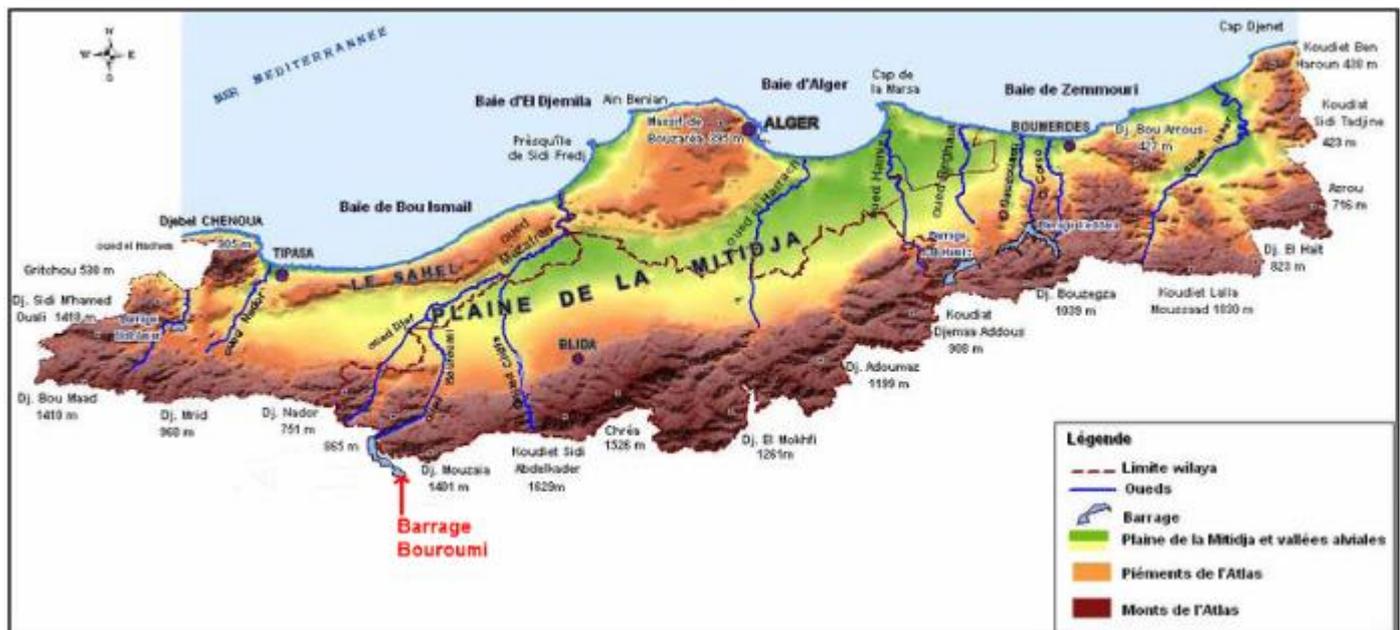


Figure 1 : Localisation géographique de la plaine de Mitidja. (Source : Programme d'Aménagement Côtier (PAC) 2006.)

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 la région du Sahel. Il s'étend sur les territoires des wilayas d'Alger et de Blida, et est subdivisé en deux secteurs, à savoir le secteur DR1 et le secteur DR2.

- Secteur DR1: d'une superficie de 3332 ha.
- Secteur DR2 : d'une superficie de 3758 ha.

Ils sont situés au sud de la Wilaya de Blida et à 50 km et 25 km respectivement au Nord d'Alger. Il occupe 5 communes : Boufarik-Chebli-Oued Chebel-Soumaa et Bouinane

(figures 2, 3)

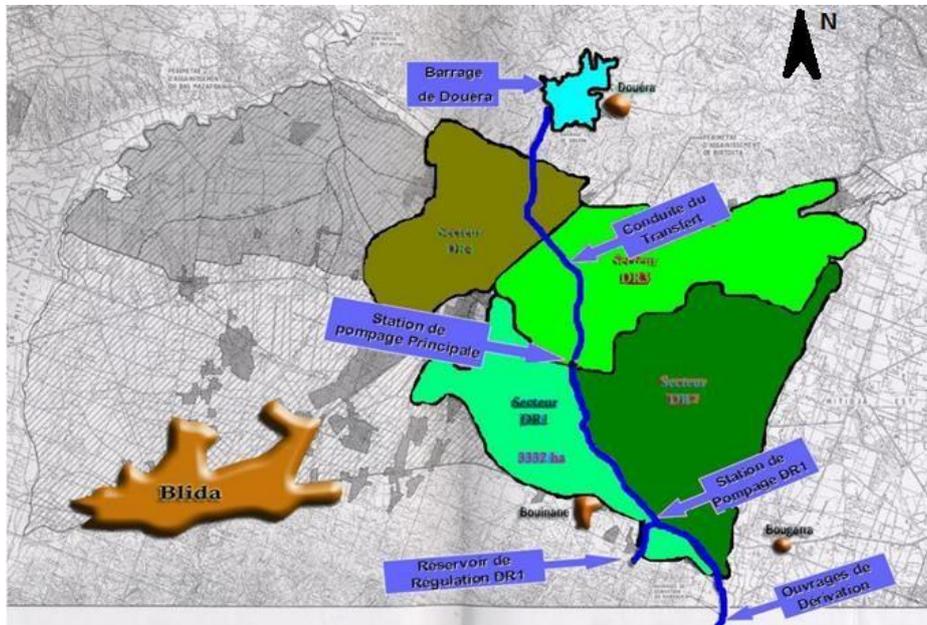


Figure 2 : Délimitations des zones au sein de Mitidja centre. (Source ONID)



Figure 3 : Plan de masse de sous-secteur DR21 (Mitidja centre tranche I) (Source ONID)

I.3 Présentation du Sous-Secteur DR21 :

Notre zone d'étude fait partie du secteur DR2 de 3758 ha, DR21 est un sous-secteur d'une superficie de 985ha, et comme la surface est grande, notre projet est sur un morceau de 124,7 ha. (Figure 4)

Ce sous-secteur est limité :

- Au sud par le sous-secteur DR11, Bouinane et Maassouma.
- A l'ouest par la ville de Boufarik.
- A l'est par le sous-secteur DR 22
- Au nord par Chebli.

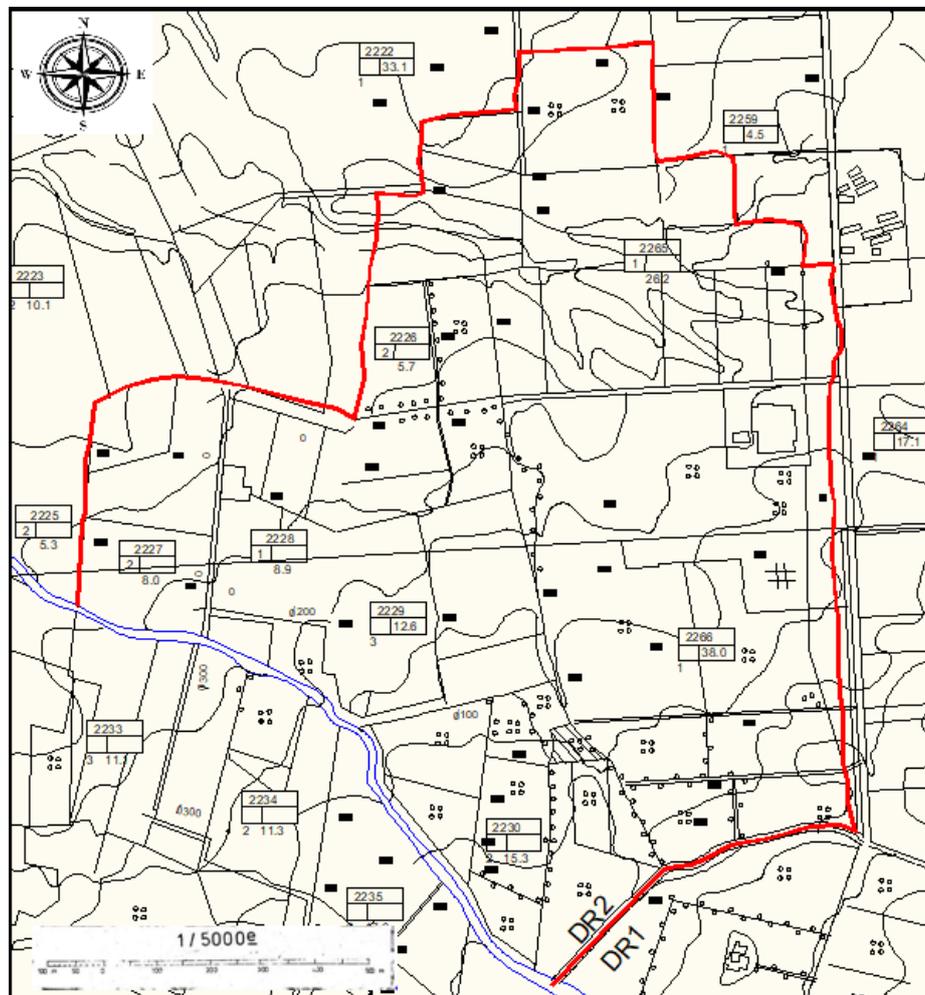


Figure 4 : Limites de superficie choisie dans le sous-secteur DR21 (ONID 2016)

I.4 Caractéristique de la région :

I.4.1 Géomorphologie et relief :

Mitidja est une plaine plane et a une faible pente, ça élévation est de 20 à 100m et jusqu'à 200m au Sud de Blida où la pente dépasse 1% et elle diminue progressivement en allant au Nord où elle est moins de 0,2% et devient pratiquement nulle dans Nord-Ouest de la zone de Mazafran.

Dans la Mitidja centre on peut définir trois unités géomorphologiques :

- **Le sahel :**

Il s'agit d'une chaîne de collines qui marque la frontière nord de la plaine de la Mitidja. Ces collines ont une altitude moyenne d'environ 200 mètres et présentent une pente moyenne de 4,5 %. Cette configuration favorise le ruissellement et l'infiltration des eaux.

- **L'Atlas Blidéen :**

La chaîne de l'Atlas s'étend sur une distance de 30 kilomètres, avec une altitude moyenne oscillant entre 1400 mètres et 1600 mètres dans certaines de ses crêtes les plus élevées. La pente moyenne de cette région atteint 30 %.

- **La plaine de la Mitidja :**

La plaine de la Mitidja, qui couvre une superficie de 1450 km², est délimitée au sud par l'Atlas Blidéen et au nord par la région du Sahel. L'altitude moyenne de cette plaine varie entre 20 et 100 mètres, avec une pente pratiquement insignifiante, ce qui entrave l'infiltration des eaux. La région présente une perméabilité importante.

I.4.2 La climatologie de Mitidja :

Les conditions climatiques, notamment la température, le vent, les précipitations, l'humidité relative et l'évaporation, jouent un rôle déterminant dans le développement des cultures au cours de leur cycle végétatif et dans leurs besoins en eau. Par conséquent, elles constituent l'un des éléments clés pris en compte lors du choix des cultures à cultiver.

Le climat Mitidja est méditerranéen avec une influence continentale, des hivers pluvieux et doux, et des étés chauds et secs. Les données climatiques sont obtenues à partir de l'ANRH et Meteologix Weather Analysis.

I.4.2.1 La pluviométrie :

La pluie moyenne interannuelle sur une période d'observation allant de 1990 à 2020 à partir de l'ANRH, elle varie 2.55 et 102.12, la moyenne interannuelle est de l'ordre de 621.17mm (tableau 1) :

Tableau 1 : Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Soumaa.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Pm (mm)	30.73	51.69	104.16	102.12	90.92	63.54	58.18	67.4	35.46	2.55	4.85	6.57	621.17

Source : ANRH 2020

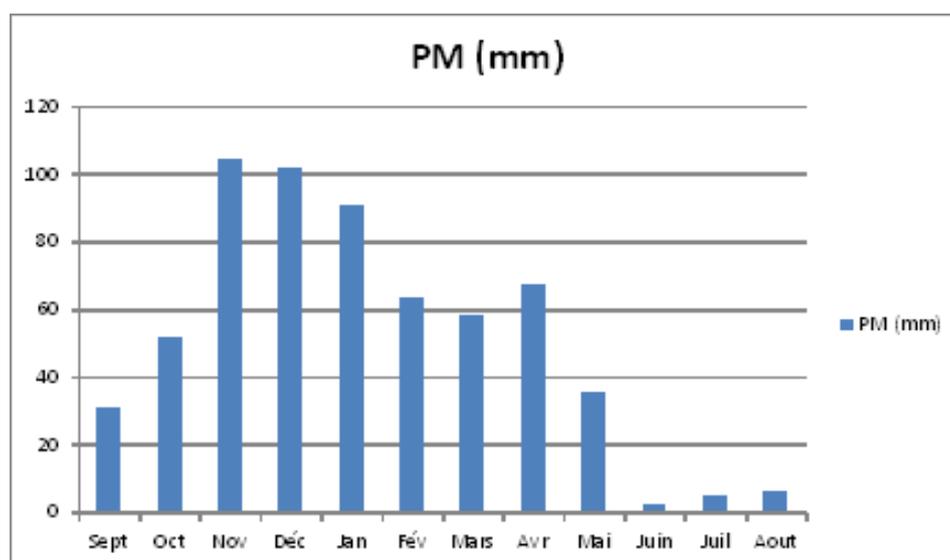


Figure 5 : Graphique des précipitations mensuelles moyennes en (mm).

Sur l'histogramme de la **figure 5**, il apparait clairement que la période de Novembre jusqu'à Janvier est la période la plus pluvieuse.

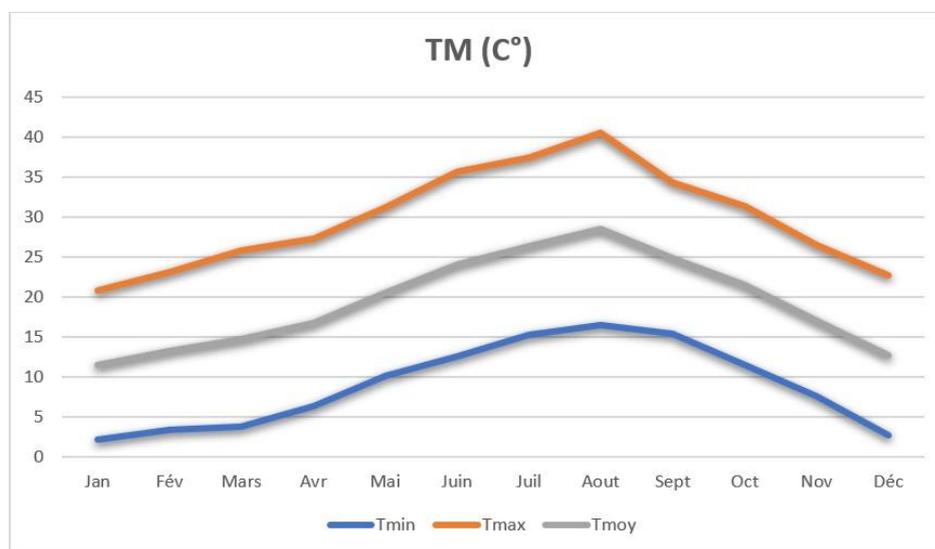
I.4.2.2 La Température :

La température est un paramètre climatique très important dans une étude climatologique, les paramètres sont obtenus à partir du site **Meteologix Weather Analysis** et présentés dans le **tableau 2** : (1990 – 2020)

Tableau 2 : Moyennes mensuelles des températures.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc
Tmin(°C)	1.1	3.15	3.35	4.8	9.05	13.3	15.125	16.24	14.7	11.75	5.3	3.35
Tmax(°C)	20.25	26.55	27.4	29.15	34.1	37.325	37.7	41.75	36.7	34.2	31.75	24.85
Tmoy(°C)	11.68	14.85	15.38	16.98	21.58	25.31	26.41	29	25.7	22.98	18.53	14.1

Source : ANRH 2021

**Figure 6 : Graphique des moyennes mensuelles de température.**

L'examen du tableau des températures mensuelles montre que :

- La valeur max de la température est enregistrée dans le mois d'Aout (41.75 °C).
- La valeur min de la température est enregistrée dans le mois de janvier (1.1 °C).
- La valeur min de la température moyenne est enregistrée dans le mois janvier (11.68°C).
- La valeur max de la température moyenne est enregistrée dans le mois d'Aout (29 °C).

I.4.2.3 Le vent :

Le vent est un paramètre très important pour le calcul des évapotranspirations. Les valeurs mensuelles de la vitesse du vent sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc
V(m/s)	3	3.1	2.9	3.1	2.8	3	3.2	3.1	2.5	2.3	2.5	3.7

Source : ANRH 2018

Les valeurs enregistrées indiquent que les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année, elles varient entre 2.5 et 3.7 (m/s) avec une moyenne annuelle de l'ordre de 2.93 (m/s).

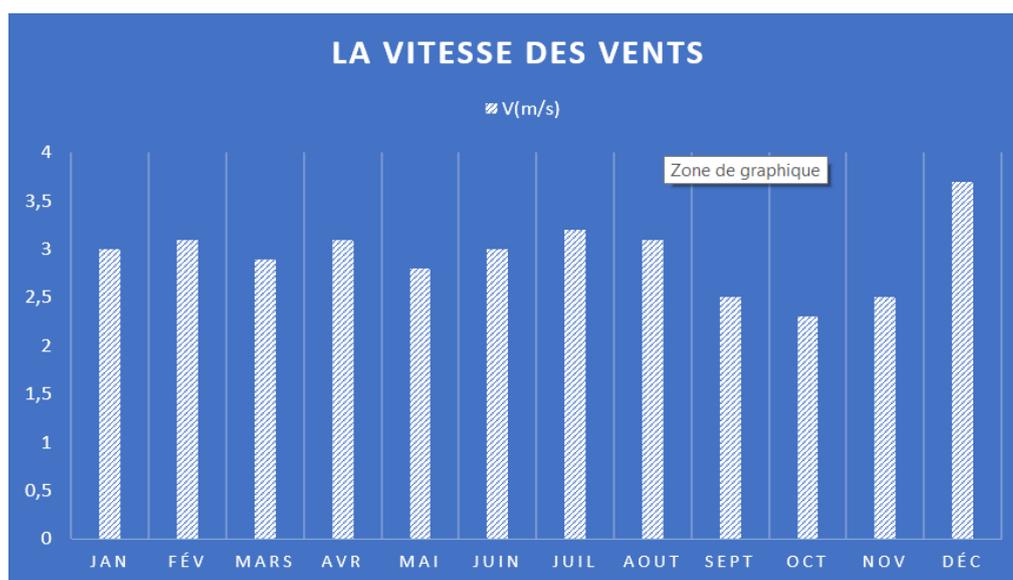


Figure 7 : Graphique Vitesse moyenne mensuelle des vents

I.4.2.4 Évaporation :

L'évaporation correspond à la quantité d'eau perdue par évaporation directe dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. La mesure précise de ce phénomène est très importante pour le dimensionnement d'un réseau drainage. Le tableau ci-dessous (**Tableau 4**) nous montre l'évolution de l'évaporation moyenne mensuelle durant la période allant de 1990 à 2018.

Tableau 4 : L'évaporation moyenne mensuelle.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc
Evap (mm)	59	54.1	70.5	86.6	100.7	134.1	154.8	153.7	117.1	98	73.1	61.9

Source : ANRH 2018

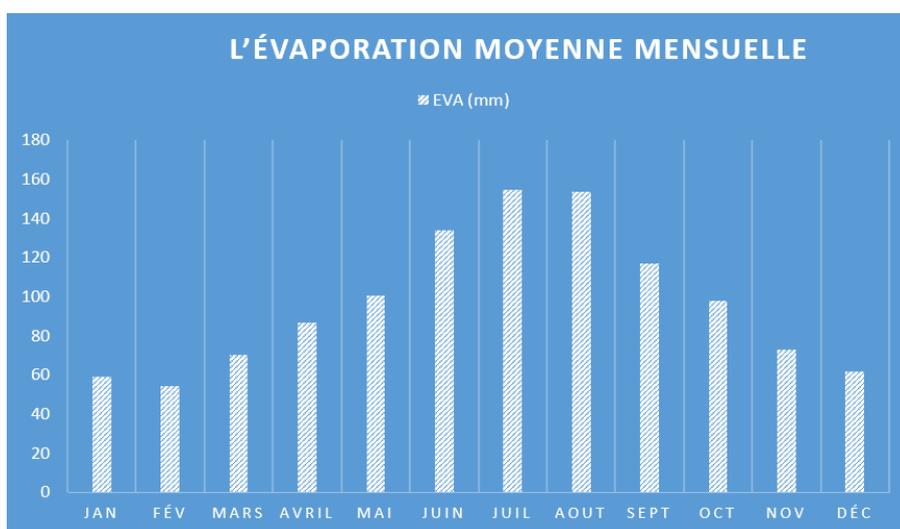


Figure 8 : Graphique de la moyenne mensuelle de l'évaporation.

L'évaporation est importante pendant la période allant de mai à Septembre où elle atteint sa valeur maximale en mois de juillet **154,8 mm** et elle est faible du mois d'octobre à Février où elle est minimale **54,1 mm** Sa valeur moyenne est **96,97 mm**

I.4.2.5 Insolation :

L'insolation est l'un des paramètres utiles pour le calculer l'évapotranspiration potentielle. La répartition moyenne mensuelle de l'insolation est donnée dans le **tableau 5**.

Tableau 5 : La moyenne d'insolation 1990-2018.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc
Insolation Moy (Heures)	4,45	6.1	7,1	7.66	9.67	10.15	11.35	10.65	9.22	7.03	5.15	4.18

Source : ANRH 2018

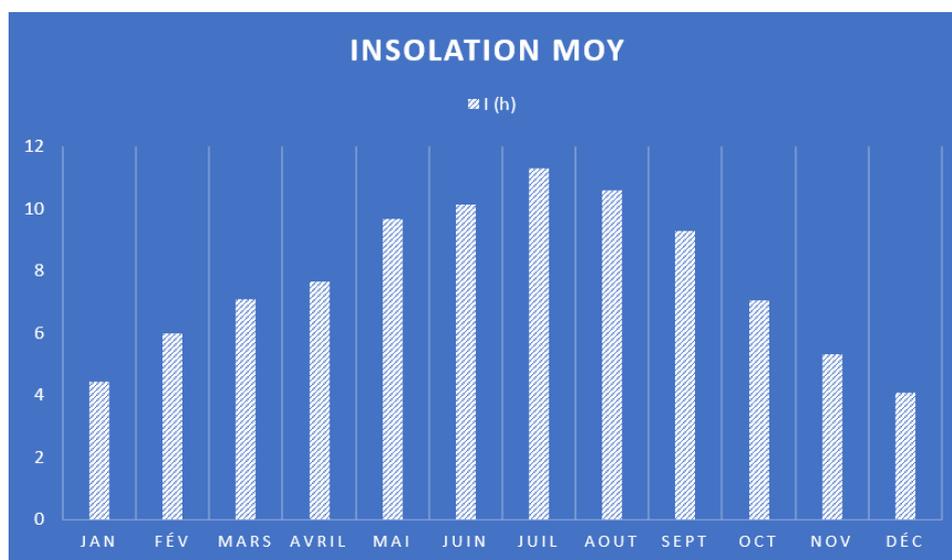


Figure 9 : Graphique de la moyenne d'insolation.

I.4.2.6 Humidité relative :

Les variations de l'humidité relative de l'air sont conditionnées par les variations de la température et par la nature des masses d'air. La répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative est donnée dans le **tableau 6**.

Tableau 6 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative 1990-2018.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc
Hr(%)	76.5	76.1	73	70.5	70.8	66.3	62	70.6	68,9	71	73.4	79.7

Source : ANRH 2018

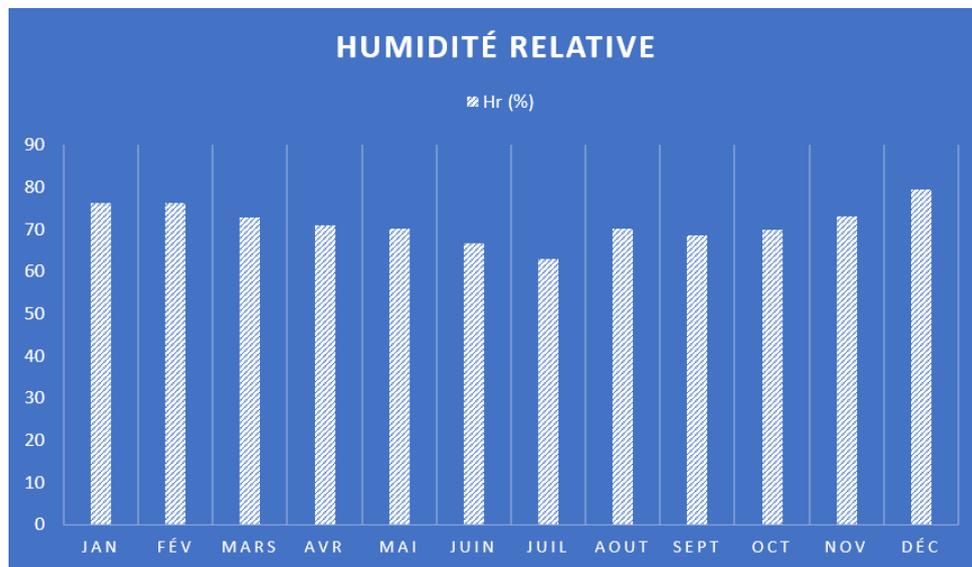


Figure 10 : Graphique de la moyenne mensuelle d'humidité relative

- Le mois le plus humide est le mois de décembre avec 79.7%.
- Le mois le moins humide est le mois de juillet avec 62%.

I.4.2.7 Indices climatiques :

I.4.2.7.1 Indice d'aridité annuel de " De Martonne" : Cet indice est basé sur les données relatives aux précipitations et aux températures, et il nous permet d'évaluer le niveau de sécheresse dans la région. Sa formule de calcul est :

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

$$IA = \frac{618.17}{19.32+10}$$

$$IA = 21.08$$

- **IA** : indice d'aridité de De Martonne.
- **P** : précipitation moyenne annuelle (mm).
- **T** : température moyenne annuelle (°C).

Les limites des climats sont données dans le Tableau I.7 ci-dessous :

Tableau 7 : Classification du climat selon De Martonne

Valeur de IA	Type de climat
Moins de 5	Hyper aride
5 à 10	Aride
10 à 20	Semi-aride
20 à 30	Semi-humide
Plus que 30	Humide

Source: Bulletin n°24 FAO

Selon la classification de Martonne, **IA = 21.08mm** donc $20 < IA \leq 30$ ce qui correspond d'après les valeurs du tableau au climat « sub-humide »

I.4.2.7.2 Quotient pluviométrique d'Emberger : Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique. Il est déterminé par la formule d'EMBERGER :

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

$$Q = \frac{2000 * 618.17}{(302)^2 - (274.1)^2}$$

$$Q = 76.91$$

- Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.
- P : Précipitation moyenne annuel mm
- M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en K° (degré kelvin).
- m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en K°.

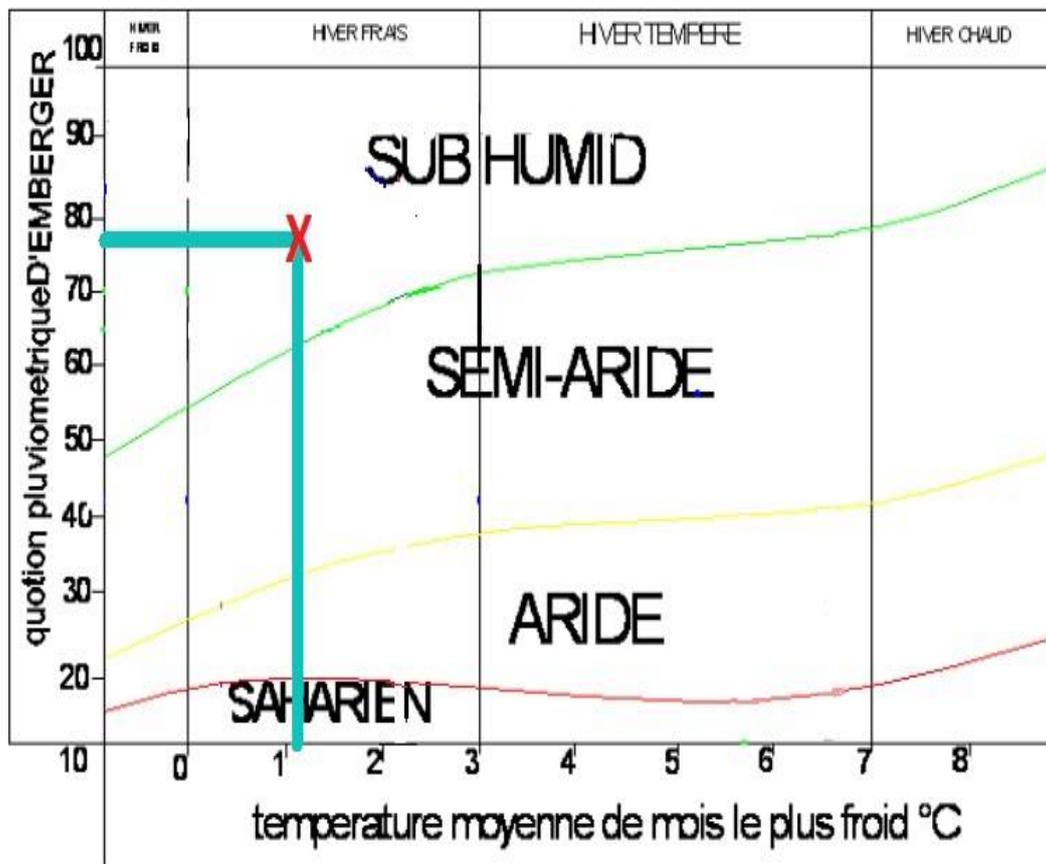


Figure 11 : Graphique bioclimatique d'EMBERGER

Selon la valeur de (Q) dans le graphique bioclimatique d'EMBERGER projetée à la valeur de la température moyenne minimale du mois le plus froid, notre zone d'étude est classée comme une région <<sub-humide >>

I.4.2.7.3 Diagramme Ombrothermique de "GAUSSEN ET BAGNOULS" :

Le diagramme Ombrothermique a raison pour faire ressortir les mois ou la période sèche au cours de l'année. Voir figure 12.

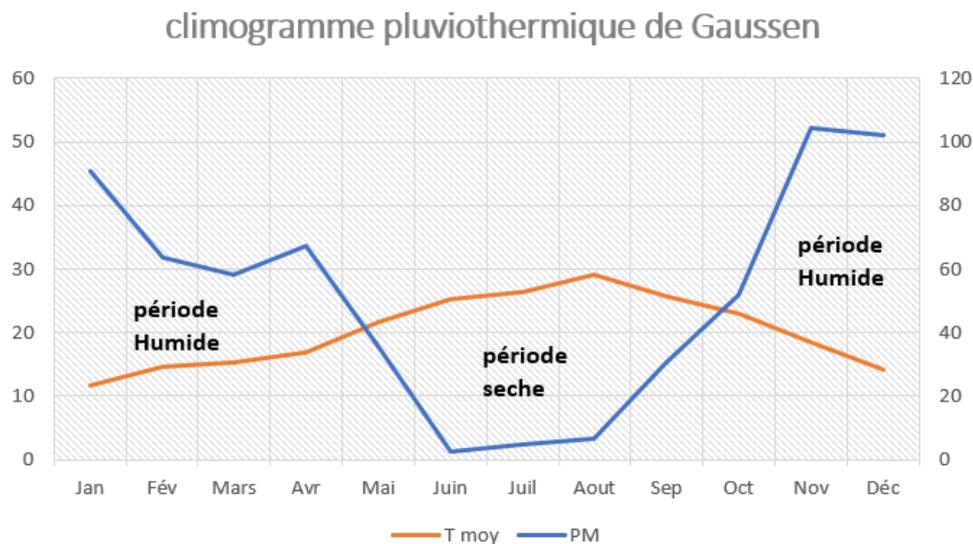


Figure 12 : Graphique ombrothermique de Gausсен

À partir de ce diagramme Ombrothermique, on peut déduire que la période sèche commence en mois de Mai allant jusqu'à Septembre.

I.5 Conclusion :

Ce chapitre avait pour objectif d'identifier la zone d'étude, qui couvre une superficie de 125 hectares, ainsi que de présenter la situation géographique de cette zone. Nous avons également réalisé une étude de la climatologie en prenant en compte tous les facteurs naturels qui influent sur le climat de la région. Nos observations indiquent que la région a un climat sub-humide. La période pluvieuse commence dès le mois de novembre et se prolonge jusqu'au mi-avril. Le mois le plus pluvieux est le mois de Novembre **104.16mm** et le moins pluvieux c'est le mois de Juin **2.55mm**. Le mois le plus chaud est le mois d'Aout **41.75°C** et le mois le plus froid c'est le mois de Janvier **1.1°C**. La période sèche commence en mois de Mai allant jusqu'au Mi-septembre.

Chapitre II : Ressources en sol et en eau

II.1 Introduction :

L'étude de la pédologie est essentielle pour obtenir une compréhension précise des avantages des sols, notamment leur aptitude et leur fertilité naturelle. Dans ce chapitre, nous examinons en détail les caractéristiques physiques des sols de la zone d'étude. Les principaux critères pris en compte pour classer ces sols sont les suivants : la texture du sol, l'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe phréatique, la porosité du sol, ainsi que la salinité. Ensuite, pour mener à bien un projet de drainage de manière adéquate, il est essentiel de réaliser une enquête en incluant des mesures appropriées qui affectent à la fois les aspects qualitatifs et quantitatifs de l'eau. Puis, on doit interpréter les paramètres physico-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau, notamment : le Sodium Adsorption Ratio (SAR), la conductivité électrique, le pH et les concentrations d'éléments toxiques.

II.2 Ressources en sol :

La réalisation d'un système de drainage nécessite une étude pédologique pour nous permettre d'avoir les caractéristiques de la zone d'étude.

II.2.1 Classification des sols de la Mitidja Centre :

Selon la classification CPSC (Consumer Product Safety Commission) , les sols de la plaine de la Mitidja se définissent en 5 classes : (Annexe 3)

- **Les sols à sesquioxydes de fer** : qui sont courants dans la région de climat méditerranéen, présentent un profil ABC et se caractérisent par leur couleur rouge. Cette classe de sols occupe une superficie considérable.
- **Sols peu évolués** : Sont de profil AC, reposent sur un matériau fragmenté mais peu altéré.
- **Sols calcimagnésiques** : couvrent une faible superficie, son profil est A, ces sols sont saturés à plus de 90% par le calcium et le magnésium, ce qui les distingue par leur composition physico-chimique riche en alcalino-terreux.
- **Sols hydromorphes** : ce sont des sols dont les caractères sont liés à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau, cet excès d'eau peut être dû, soit à la présence ou à la montée de la nappe phréatique ou encore du défaut d'infiltration des eaux de pluie.

- **Les sols minéraux bruts** : se trouvent sur des roches qui n'ont pas subi d'évolution pédologique significative. Cependant, la fragmentation et la distribution mécanique du matériau peuvent être marquées.

II.3 Les caractéristiques physiques des sols :

Le sol présent a des divers paramètres physiques mesurables qui dépendent souvent à la fois de sa structure et de sa texture.

II.3.1 Le profil pédologique :

La classification et la caractérisation du sol sont le résultat de l'étude des différentes caractéristiques physico-chimiques et hydrodynamique du profil à savoir :

Structure, texture, solution du sol ...

Horizon A: 0 à 30 cm → couleur 7.5 YR 5/2

Horizon B: 30 à 60 cm → couleur 7.5 YR 6/6

Horizon c: 60 à 90 cm → couleur 7.5 YR 6/2

II.3.2 Etude granulométrique :

L'étude granulométrique permet de savoir la texture du sol, les analyses granulométriques du profil pédologique sont présentées sur le **tableau 8**:

Et avec : CE < 4 mmho/cm le sol est non Salin.

CE > 4 mmho/cm le sol est Salin.

Tableau 8 : Étude de la distribution granulométrique du profil pédologique.

Profond.(cm)	0-30	30-60	60-90
Argile (%)	33.2	11.74	31.36
Limon (%)	43.51	32.19	56.1
Sable (%)	23.29	56.1	20.33
Texture	Limono – argilo-sableux	Sablo- limono-argilo	Limono-argilo-sableux
CE(μ S/cm)	0.25	0.12	0.15

Source : ANRH

D'après le tableau, on conclut que notre sol à une texture limono-argileuse.

II.3.3 Propriétés physiques du sol :

Les différentes propriétés physiques du sol sur des différentes profondeurs sont présentées dans le **tableau 9**.

Tableau 9 : Caractéristiques physiques du sol.

Profondeur (cm)	0-30	30-60	60-90
Densité réelle	2.6	2.31	2.6
Densité apparente	1.43	1.26	1.43
Porosité	5.1	4.5	4.3
La vitesse d'infiltration (m/s)	7.2×10^{-6}	5.1×10^{-6}	7.3×10^{-6}

La vitesse d'infiltration indique que notre zone possède un sol perméable.

II.4 Analyse des paramètres hydrodynamiques :

A partir des résultats de l'analyse granulométrique de notre sol de la parcelle d'étude, les paramètres hydrodynamiques sont représentés dans le **tableau 10** suivant.

Tableau 10 : Caractéristiques hydrodynamiques du profil pédologique.

Caractéristiques	Hcc(%)	Hpf	RU
Horizon (cm)			
0-30	23	13	130
30-60	17	11	110
60-90	23	13	130

Source : ANRH

HPF: Humidité au point de flétrissement.

Hcc: Humidité à la capacité au champ.

RU: Réserve utile.

II.4.1 ESP : Il y a plusieurs formules reliant le SAR avec le ESP comme la formule ‘USSL ‘ et ‘USDA 1954’ et leurs graphes combinés : **figure 13.**

Avec :

Si $ESP < 15\%$ le sol est non Alcalin.

Si $ESP > 15\%$ le sol est Alcalin.

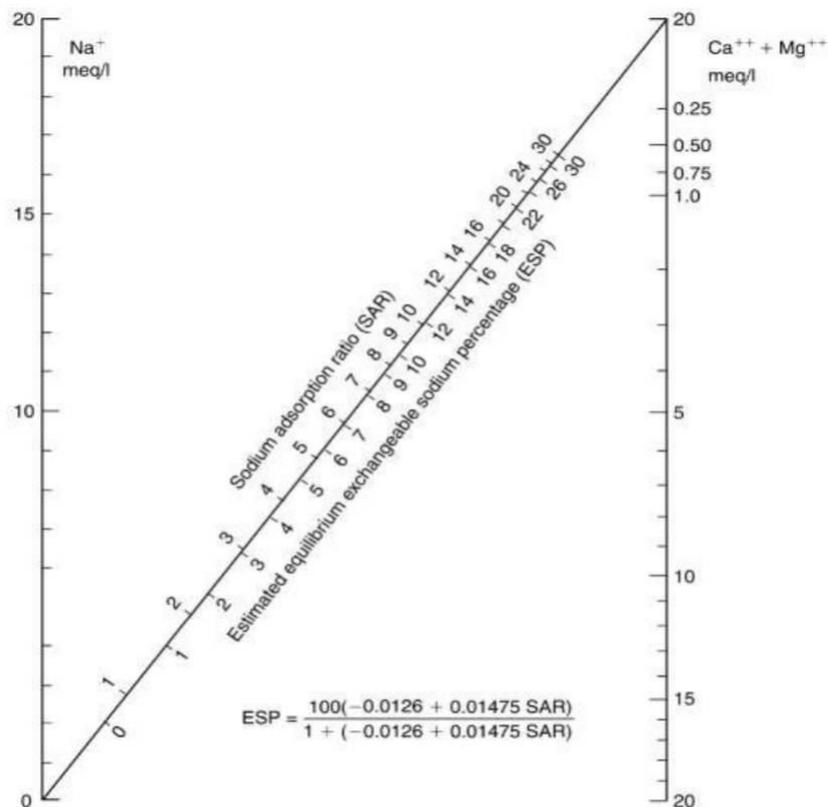


Figure 13 : Relation expérimentale entre SAR – ESP (USDA, 1954)

Le SAR= 2.75 donc l’ESP du sol sera $ESP = 2,72\%$ et avec $CE < 4\text{mmho/cm}$, on peut déduire que le sol est non Salin-non Alcalin selon le **tableau 11** suivant :

Tableau 11 : Classification des sols selon CE et ESP.

	CE (mm ho/cm)	ESP
Sol non Salin non Alcalin	< 4	< 15
Sol non Salin Alcalin	< 4	> 15
Sol Salin non Alcalin	> 4	< 15
Sol Salin Alcalin	>4	> 15

II.5 Piézométrie de la nappe :

II.5.1 Aperçu sur la nappe de Mitidja :

La plaine de Mitidja est une grande plaine côtière qui s'étend vers le nord jusqu'à la limite des dépôts alluvionnaires quaternaires et vers le sud jusqu'au point de contact entre ces dépôts alluvionnaires quaternaires et les formations géologiques plus anciennes de l'Atlas Blidéen. Cette plaine est caractérisée par la présence de deux couches aquifères distinctes :

- Les grès astien, d'une épaisseur d'environ 100m, qui affleurent essentiellement sur les collines du Sahel.
- Les alluvions du Quaternaire, qui affleurent sur la majeure partie de la plaine. Leurs épaisseurs peuvent dépasser 200 m au centre du bassin et diminuent vers l'est avant de disparaître totalement, au môle de Reghaïa.

Dans cette étude on s'intéressera au comportement hydrodynamique de la nappe de l'aquifère des formations Alluvionnaires du Quaternaire qui représente la principale ressource en eau souterraine et on étudiera principalement la piézométrie durant la période de Mai 2017.

II.5.2 Inventaire des points d'eau :

Les points d'eau retenus sont répartis presque sur toute la zone d'étude, on a pu inventorier 27 points d'eau dans la nappe des formations Quaternaire **Figure 14** :

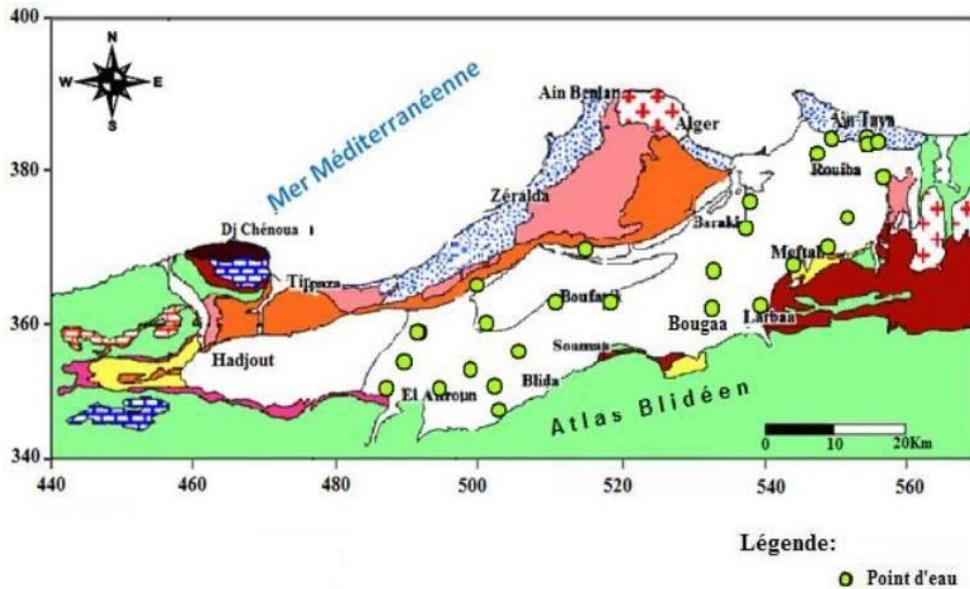


Figure 14 : Carte d’inventaire des points d’eau

La nappe de Mitidja représente la principale ressource en eau souterraine, elle est considérée comme un réservoir le plus riche, alimentée que par les eaux de pluies au niveau des affluents elle contient une nappe libre.

II.5.3 Etude piézométrique :

L’établissement des cartes piézométrique s’est basé sur le traitement des données par le logiciel (ArcGis10.2.2). Les niveaux piézométriques mesurés ont permis de tracer la carte piézométrique pour la période Mai 2017. (Figure 15)

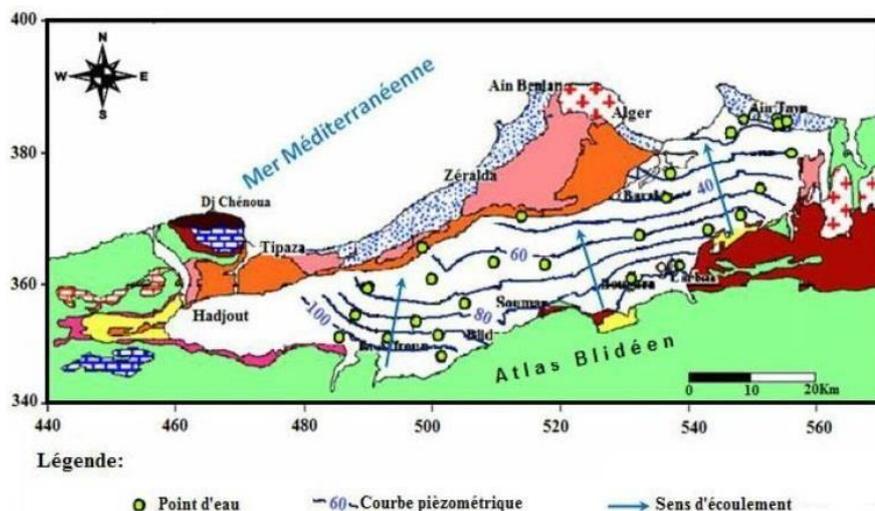


Figure 15 : Carte piézométrique de la période mai 2017

L'observation de la carte piézométrique permet d'analyser le comportement hydrodynamique de la nappe alluviale de la Mitidja centre et montre un écoulement des eaux de la nappe à partir des massifs de l'Atlas Blidéen au Sud vers la mer méditerranéenne au Nord. La pente moyenne de la nappe est de 0,1% dans la plaine et augmente en allant vers la bordure sud (piémont de l'Atlas Blidéen), les gradients hydrauliques sont généralement d'orientation Sud-Nord. Les courbes iso pièzes, parallèles à l'Atlas en amont, s'incurvent vers l'aval pour mettre en évidence la convergence des écoulements vers les champs de captage.

II.6 Ressources en eau :

Le périmètre à étudier fait partie de Mitidja centre. L'alimentation de périmètre est assurée par le barrage de Douéra ainsi que les eaux souterraines de la région.

II.6.1 Barrage de Douéra :

Le barrage de Douéra sera rempli en utilisant principalement deux dérivations : l'une proviendra de l'Oued Harrach et l'autre de l'Oued Mazafran. Il offre un volume de stockage utile de 110 millions de mètres cubes, avec une capacité comprise entre les altitudes de 148m (NNR) et 100m (niveau minimum d'exploitation).

Ce barrage permettra d'irriguer un périmètre agricole qui couvre 52% de la superficie totale de la Mitidja Centre.

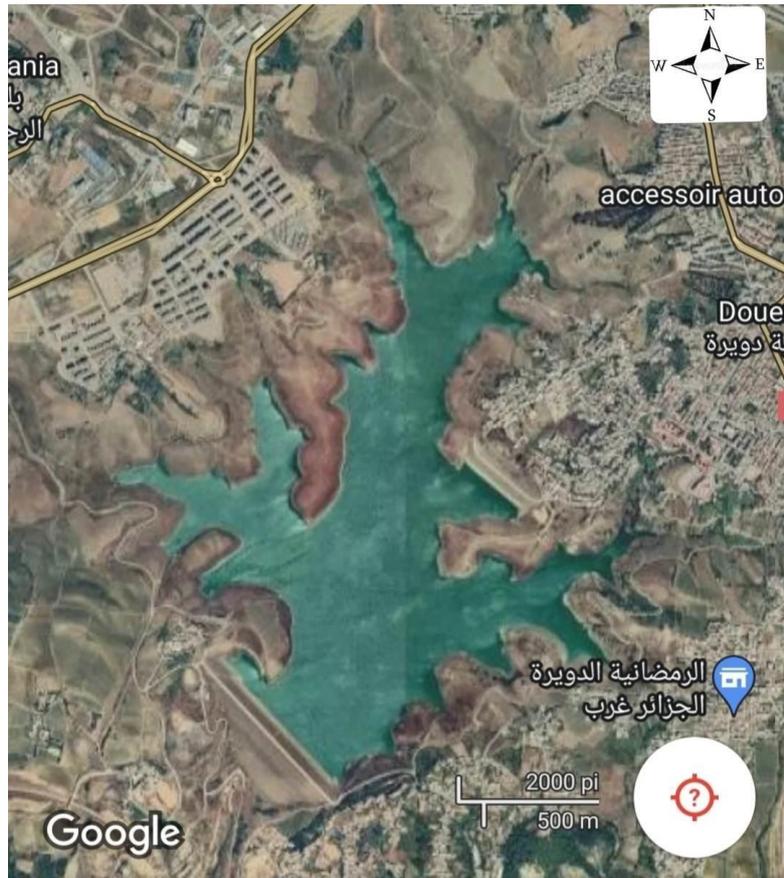


Figure 16 : Vue par satellite du barrage de Douéra. (Maxar Technologies)

II.6.2 Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines concerne le reste de la superficie de Mitidja centre et qui représente 15 800 ha. Les débits sortants de la nappe sont de l'ordre de 46.42 Hm³/an. (ASJP)

II.7 La qualité de l'eau d'irrigation :

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation joue un rôle crucial dans le rendement des cultures. Elle est évaluée grâce à une analyse chimique effectuée en laboratoire. Les principaux facteurs qui sont pris en compte lors de cette analyse sont les suivants :

- Conductivité électrique.
- Degré d'Adsorption du Sodium ou (SAR).
- PH.
- RSC.
- Toxicité.

Les résultats des prélèvements sont dans le **tableau 12** suivant :

Tableau 12 : Propriétés physico-chimiques de l'eau retenue du barrage de Douéra.

Nom Station	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Conductivité (µs/cm)	pH	K ⁺	NO ₃ ⁻
Barrage	95	44	22	0,38	8	2.3	0.2
Douéra	65	39	22	0,38	8.1	2.1	0.17

Source : ANRH Alger

II.7.1 SAR :

La qualité des eaux d'une nappe pour l'irrigation est évaluée par un coefficient appelé SAR, sa formule est :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \text{-----(II.1)}$$

Tableau 13 : Classification des eaux en se basant sur le SAR.

Classe	SAR	Risque d'alcalinisation
S1	Moins de 10	Risque faible
S2	10 à 18	Risque moyen
S3	18 à 26	Risque élevé
S4	Plus de 26	Risque très élevé

D'après les valeurs du **tableau 13** et les analyses physico-chimiques de l'eau SAR= 2.75 < 10, on constate qu'il n'y a pas de risque de sodicité dans les eaux de barrage de Douéra.

II.7.2 La conductivité électrique : La conductivité électrique (CE) mesurée à 25°C est exprimée en mmho/cm rend compte de la salinité des eaux.

Tableau 14 : Classification des eaux en se basant sur la (CE)

Classe	Conductivité électrique (CE) (mmho/cm)	Risque de salinité
C1	Moins de 0,25	risque faible
C2	0,25 à 0,75	risque moyen
C3	0,75 à 2,25	risque élevée
C4	Plus de 2,25	risque très élevée

En comparant les valeurs de (CE) obtenues dans les analyses physico-chimiques 0,38 et les valeurs du **Tableau 14** on peut dire que l'eau est de bonne qualité pour l'irrigation et ne présente pas de risques majeurs de salinité pour les cultures et les sols.

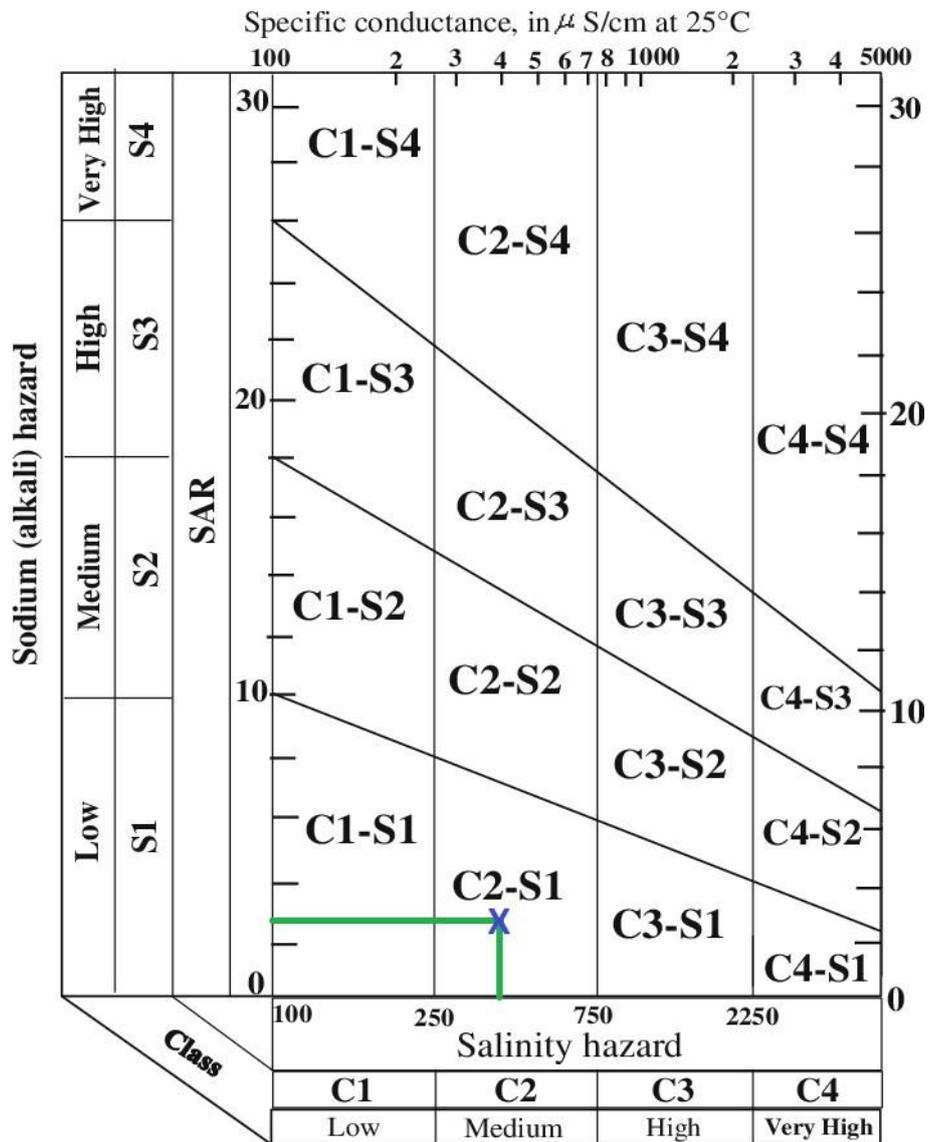


Figure 17 : Graphique de catégorisation des eaux pour l'irrigation.

II.7.3 Résidu sec en carbonate (RSC) :

Ce paramètre sert à indiquer la présence de sodium lié aux carbonates et nous donne une idée sur le risque de la présence de ce dernier. Sa formule est :

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \text{ en méq/l}$$

----(II.2)

Avec :

	nul	Léger à modéré	sévère
RSC	< 1.25	1.25 – 2.5	> 2.5

II.7.4 PH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution.

II.7.5 Toxicité

Les ions comme NO₃⁻ et K⁺ ont une concentration < 3 donc y a pas de risques de toxicité.

Donc la classe de l'eau est (**C2 S1**), d'après le Diagramme de classification des eaux d'irrigation. Le risque d'alcalinité est faible SAR= 2.75 et le risque de salinité est moyen CE= 0,38mmhos/cm, donc un léger lessivage sera suffisant. PH=8, l'absence des risques de toxicité par des ions existants.

II.8 Conclusion :

La zone d'étude présente des sols de bonne qualité, adaptés à l'agriculture, ce qui constitue un avantage agronomique. Les sols sont principalement de texture limon-argileuse. De plus, ces sols ont une faible salinité, mesurée à moins de 4mmho/cm, et ne montrent pas de signes d'alcalinisation, avec un **ESP= 2.72 < 15%**. Puis, une étude piézométrique qui nous a permis de définir les principaux axes d'écoulements et la zone d'exutoire de la nappe du Quaternaire. Ensuite, dans le cas du périmètre DR21 il est alimenté à partir du barrage de Douera. Les analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux de ce barrage révèlent des caractéristiques favorables à l'irrigation. En effet, ces eaux ne présentent pas de risque d'alcalinité, avec un **SAR=2.75**, une faible salinité dont la conductivité électrique **CE=0.38** donc la classe des eaux est de **C2S1** compatible à l'irrigation. De plus, elle nécessite un léger lessivage en long terme, un PH normal et l'absence des risques de toxicité par des ions existants.

Chapitre III : Étude Hydrologique

III.1 Introduction :

Le dimensionnement d'un réseau de drainage requiert en effet une étude hydrologique approfondie. L'objectif principal de cette étude est de déterminer de manière précise la moyenne des taux de précipitation, en se basant généralement sur les précipitations mensuelles avec une fréquence de retour de 80 %. Cela signifie que l'étude vise à prendre en compte de manière précise les années caractérisées par des précipitations abondantes ainsi que celles marquées par des précipitations faibles.

III.2 Traitement des données pluviométriques :

Une analyse statistique doit être effectuée sur la base des enregistrements pluviométriques sur une longue période. On doit :

- Tester l'homogénéité de la série pluviométrique.
- L'étude fréquentielle de la série pluviométrique par des lois statistiques.
- Détermination de l'année de calcul.

III.2.2 Présentation de la série pluviométrique :

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 31 ans 1990 - 2020 à la station de Soumaa sont représentés sur la **figure 18** suivante :

Code de station : 021234
Nom de station : Soumaa
X : 517.45
Y : 355.9
Z : 177

Figure 18 : Identification de la station météorologique de Soumaa.

Tableau 15 : Précipitation moyenne mensuelle enregistrée par ANRH 1990 – 2020.

Années	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
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	39.9	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	85.6	119.4	94.5	134.3	46.8	34.1	6.8	0	0	0.9	574
2008	50.2	131.9	111	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	53.8	30.8	20.9	0	35.8	748.8
2010	5.5	80.2	122	74.1	92.4	140.6	35.3	100	123	15.8	0	2	790.8
2011	11.9	85.1	85.6	68.8	52	220.6	132.4	152	34.4	0	0	24	867.3
2012	8.5	44.6	111	22.4	133.3	107.7	66.4	103	170	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	171	82	54.5	0	0	882.2
2018	28.3	84.2	120.3	108.5	144.3	27.5	45	59.9	36.1	1	0	5.7	660.8
2019	27	35	93	30.6	80.3	60.4	42.1	54.3	20.3	0	3	3.2	449.2
2020	40	64.2	120	180	90	54.3	63	83	41.2	2.3	7.5	9	754.5
Moy	30.73	51.69	104.2	102.12	90.92	63.54	58.18	67.4	35.5	2.55	4.85	6.57	

III.3 Étude statistique des précipitations :

III.3.1 Étude de l'homogénéisation de La série pluviométrique:

Avant d'analyser une série pluviométrique, il faut vérifier d'abord l'homogénéité de la série. A l'effet de l'existence de plusieurs tests, on peut citer le test de **Wilcoxon**, le principe se base sur :

-
- Classer la série pluviométrique d'origine : Tout d'abord, vous devez classer la série de données pluviométriques par ordre croissant.
 - Attribuer un rang à chaque valeur : Ensuite, vous attribuez un rang à chaque valeur de la série pluviométrique ordonnée.
 - Préciser à quelles sous-séries elles appartiennent : On divise la série complète en deux sous séries (x et y) dans vos données pluviométriques tel que : N1 et N2, représentent respectivement les tailles de ces deux sous séries, avec : N2 > N1.

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

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

Avec :

W_x : Somme des rangs de sous séries des Xi.

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

Et

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

Le test de Wilcoxon pour la station météorologique de Soumaa est sur le **tableau 16** suivant :

Tableau 16 : Test de Wilcoxon pour la station météorologique de Soumaa.

série d'origine (mm)	série X	Séries Y	(X U Y) (Ordre croissant)	Série d'origine	Rang
513.7	513.7	426.4	274.8	X	1
646.6	646.6	428.4	344.6	Y	2
418.4	418.4	344.6	418.4	X	3
558.6	558.6	954.3	426.4	Y	4
827.9	827.9	678.8	428.4	Y	5
590.1	590.1	574	449.2	Y	6
557.6	557.6	811.7	513.7	X	7
687.3	687.3	748.8	557.6	X	8
708.8	708.8	790.8	558.6	Y	9
274.8	274.8	867.3	574	Y	10
732	732	793.5	588.3	Y	11
600	600	588.3	590.1	X	12
426.4		610.1	600	X	13
428.4		626.5	610.1	Y	14
344.6		687.2	626.5	Y	15
954.3		882.4	646.6	X	16
678.8		660.8	660.8	Y	17
574		449.2	678.8	Y	18
811.7		754.5	687.2	Y	19
748.8			687.3	X	20
790.8			708.8	X	21
867.3			732	X	22
793.5			748.8	Y	23
588.3			754.5	Y	24
610.1			790.8	Y	25
626.5			793.5	Y	26
687.2			811.7	Y	27
882.4			827.9	X	28
660.8			867.3	Y	29
449.2			882.4	Y	30
754.5			954.3	Y	31

La répartition des valeurs du tableau ci-dessus, donne les résultats suivants :

N ₁	N ₂	W _{min}	W _x	W _{max}
12	19	143.17	151	216.83

$$143.17 < W_x < 216.83$$

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

III.4 Étude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :

Les séries pluviométriques peuvent être ajustées par de nombreuses lois statistiques, pour notre projet on utilise la loi de Gauss ou loi normale qui garantit le meilleur ajustement possible. Cette distribution est caractérisée par une courbe en forme de cloche symétrique et est souvent utilisée car elle présente plusieurs avantages

III.4.1 Ajustement à la loi normale (Gauss) :

La méthode de Gauss consiste à :

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Classer les fréquences des valeurs observées 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 :

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

- Calculer la variable réduite de Gauss :

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$$

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

$$X_p \% = \bar{X} + \delta * U_p \%$$

Avec :

X_p : Précipitation de probabilité P%.

U_p : Variable réduite de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Ecart type.

Remarque : les calculs suivants ont été fait à l'aide des logiciels hydrauliques **HYFRAN**.

Station : Soumaa

Résultats de l'ajustement Normale (Gauss)

Nombre d'observations : 31

Paramètres :

Mu : 640.47

Sigma : 164.677

Quantiles :

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

T = 1/ (1-q)

Tableau 17 : L'ajustement par la loi de Gauss (loi normal).

Nombre d'observation : 31				
Paramètres				
Moyenne (μ)	640.47			
Ecart type (δ)	164.677			
T	q	XT	Ecart-type	Int. de confiance (95%)
10000	0.9999	1250	83.9	1080-1410
2000	0.9995	1180	75.5	1030-1320
1000	0.9990	1140	71.6	1000-1280
200	0.9950	1060	61.8	939-1180
100	0.9900	1020	57.3	907-1130
50	0.9800	975	52.4	872-1080
20	0.9500	908	45.5	818-997
10	0.9000	848	39.9	770-926
5	0.8000	776	34.3	709-843
3	0.6667	709	30.8	649-769
2	0.5000	638	29.4	581-696
1.4286	0.3000	553	31.4	491-614
1.2500	0.2000	501	34.3	434-568
1.1111	0.1000	429	39.9	350-507
1.0526	0.0500	369	45.5	280-459
1/0204	0.0200	302	52.4	200-405
1.0101	0.0100	258	57.3	146-370
1.0050	0.0050	217	61.8	95.8-338
1.0010	0.0010	133	71.6	-7.4-273
1.0005	0.0005	100	75.5	-47.8-248

1.0001	0.0001	30.1	83.9	-134-194	
--------	--------	------	------	----------	--

Number of data [n] :	31
Minimum :	275
Maximum :	954
Average :	638
Standard deviation :	164
Median :	647
Coefficient of variation [Cv] :	0.256
Skewness coefficient [Cs] :	-0.258
Kurtosis coefficient [Ck] :	2.38

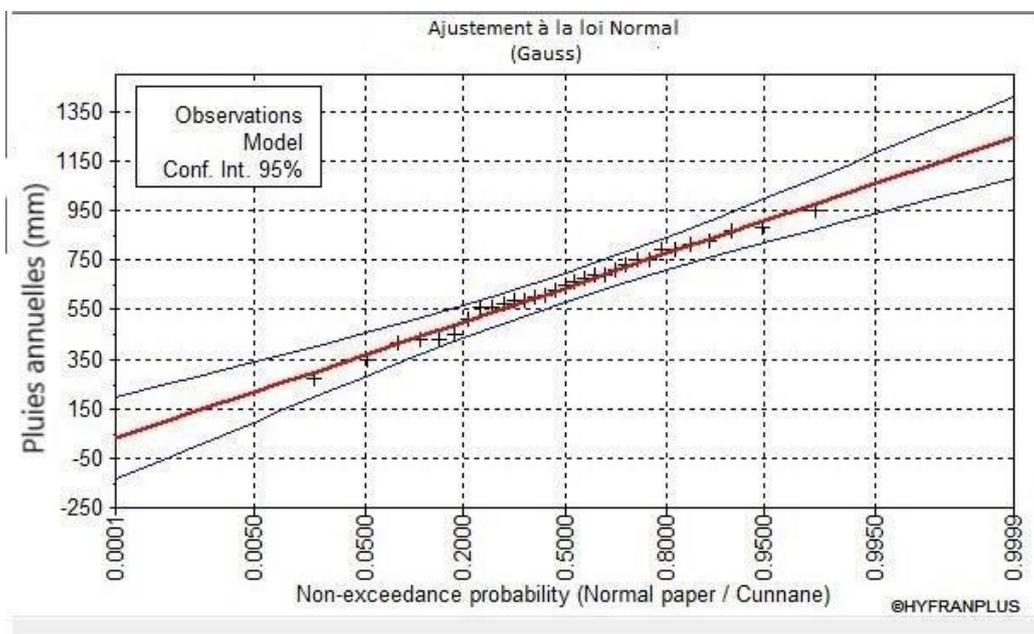


Figure 19 : Ajustement par la loi normale (HYFRAN)

III.4.2 Ajustement à la loi log normale :

La procédure d'ajustement selon la loi log-normale s'effectue de la manière suivante :

- Les données statistiques des précipitations sont transformées vers l'échelle de la distribution log-normale.
- L'équation de Galton est comme suit :

$$\text{Ln}(X_p \%) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta \text{Ln} * U_p \%$$

Avec :

Xp% : précipitation estimée à un taux de P%.

Ln(X) : Moyenne des logarithmes des précipitations enregistrées.

Sigma Ln: La variance calculée pour les précipitations observées dans le contexte de l'échelle logarithmique, sa formule est :

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} ; \text{ Si } n < 30$$

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} ; \text{ Si } n \geq 30$$

Up% : variable réduite de Gauss.

Station : Soumaa

Résultats de l'ajustement log normale (Galton)

Nombre d'observations : 31

Paramètres :

Mu : 6.42259

Sigma : 0.286653

Tableau 18 : L'ajustement par la loi de Galton (log normale).

Nombre d'observation : 31				
Paramètres				
Moyenne (μ)	6.42259			
Ecart type (δ)	0.286653			
T	q	XT	Ecart-type	Int. de confiance (95%)
10000	0.9999	1790	263	1270 - 2300
2000	0.9995	1580	209	1170 - 1990
1000	0.9990	1490	187	1130 - 1860
200	0.9950	1290	140	1010 - 1560
100	0.9900	1200	120	964 - 1440
50	0.9800	1110	102	910 - 1310
20	0.9500	987	78.7	832 - 1140
10	0.9000	889	62.2	767 - 1010
5	0.8000	784	47.1	691 - 876
3	0.6667	696	37.5	623 - 770
2	0.5000	616	31.7	553 - 678
1.4286	0.3000	530	29.1	473 - 587
1.2500	0.2000	484	29.1	427 - 541
1.1111	0.1000	426	29.8	368 - 485
1.0526	0.0500	384	30.6	324 - 444
1/0204	0.0200	342	31.4	280 - 403
1.0101	0.0100	316	31.7	254 - 378
1.0050	0.0050	294	31.9	232 - 357
1.0010	0.0010	254	31.8	191 - 316
1.0005	0.0005	240	31.7	178 - 302

1.0001	0.0001	212	31.1	151 - 273	
--------	--------	-----	------	-----------	--

Characteristics of the population

Number of data [n] :	
Minimum :	0.00
Maximum :	None
Average :	641
Standard deviation :	188
Median :	616
Coefficient of variation [Cv] :	0.293
Skewness coefficient [Cs] :	0.903
Kurtosis coefficient [Ck] :	4.48

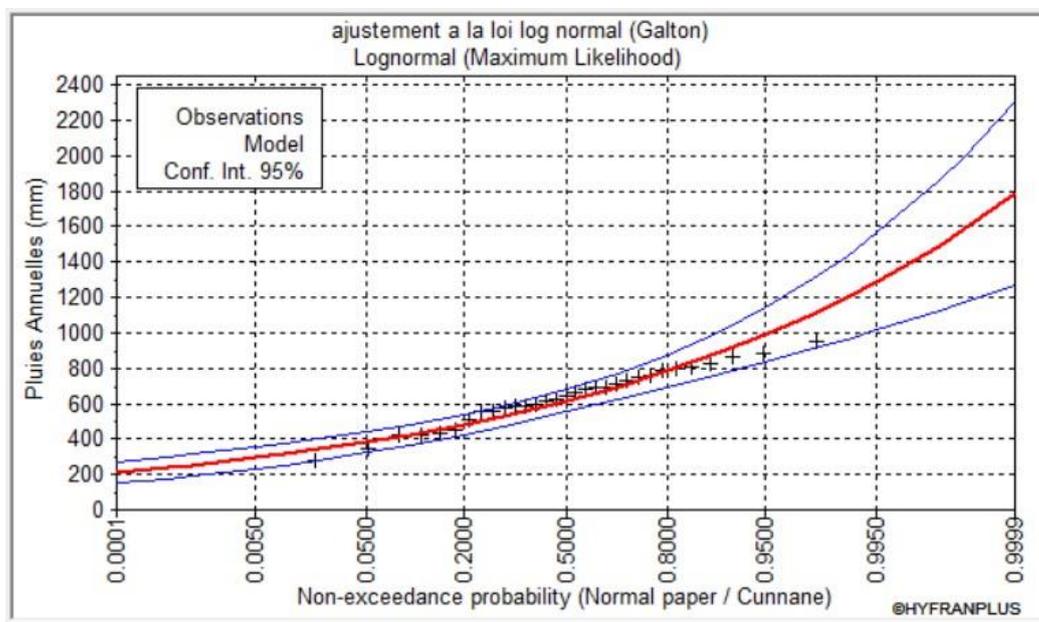


Figure 20 : Ajustement par la loi Log normale (HYFRAN)

III.4.3 Test de validité d'un ajustement :

III.6.3.1 Test de Khi carrée : Pour la validation de l'ajustement, il faut passer par un test de validation, en effet le test de Khi carrée est l'un des tests les plus couramment utilisés pour la validation de l'ajustement d'une distribution aux données observées.

A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats suivants **tableau 18 :**

Tableau 19 : Évaluation de l'adéquation de l'ajustement par le test du chi carré.

	Loi normale (Gauss)	Loi log normale (Galton)
χ^2 calculée	4.45	6.26
α	0.3483	0.1807
Ω	4	4

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

$$\text{Khi}^2 \text{ calculé} = 4.45 \text{ ou } 6.26 < \text{Khi}^2 \text{ théorique} = 9.49$$

Le test de Khi^2 valide l'adéquation des deux lois

III.4.3.2 Comparaison graphique :

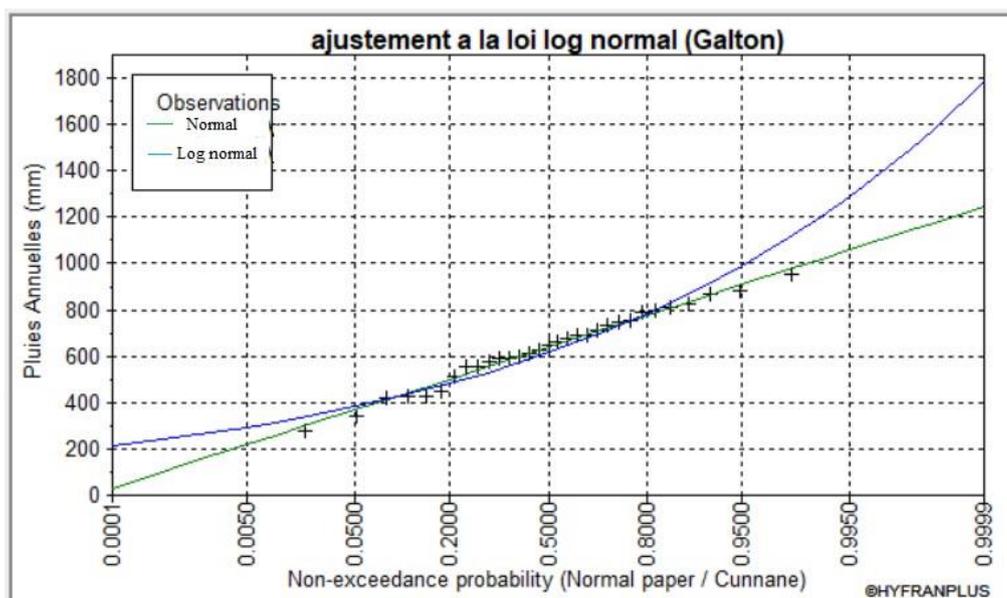


Figure 21 : Comparaison graphique entre la loi normale et log normale.

D’après le graphe on conclut que la loi normale celle de gauss est mieux précise et adéquate.

III.4.4 Précipitation de projet :

La détermination de l'année de calcul, souvent basée sur la pluie de probabilité de 80%, est essentielle pour estimer la quantité d'eau disponible pour les plantes. Cela revient à déterminer la quantité de pluie qui peut être utilisée par les plantes dans une année donnée.

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

$$P_{i,80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{80\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)} \text{ ----(III.2)}$$

P80% = 776 mm, P50% = 638 mm

On remarque que P80% / P50% = 1.22 > 1. Donc l’année de calcul est obtenue selon la loi suivante :

$$P_{i,80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i, \text{ de chaque mois}} \times \frac{P_{théorique 20\%}(annuel)}{P_{théorique 50\%}(annuel)} \text{ ----(III.3)}$$

P20% = 501 mm , P50% = 638 mm donc P20% / P50% = 0.785

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

Tableau 20 : Précipitation moyenne mensuelle de l’année de référence.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy (mm)	30.73	51.69	104.16	102.12	90.92	63.54	58.18	67.4	35.46	2.55	4.85	6.57
P80% (mm)	24.12	40.58	81.77	80.16	71.37	49.88	45.67	52.9	27.83	2	3.81	5.16

III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait une étude hydrologique visant à ajuster une série pluviométrique en utilisant la distribution normale (loi normale) et la (loi log normale), en utilisant le logiciel Hyfran. D’après les graphiques, nous avons opté pour la loi normale. L'objectif principal de cette étude était de reconstituer une année de précipitations mensuelles avec une probabilité de 80 %, dans le but de déterminer la quantité de précipitations disponible pour satisfaire les besoins en eau des cultures.

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

IV.1 Introduction :

Pour satisfaire les besoins en eau des cultures de manière efficace et optimale, il est essentiel de créer des conditions hydriques idéales, qui varient en fonction de plusieurs facteurs, notamment : des conditions climatiques, des saisons, des cultures et des types de sol. Ces conditions peuvent être déterminées grâce à une bonne connaissance des besoins en eau de la culture (Évapotranspiration), des stocks d'eau dans le sol (pluie) et des apports d'eau extérieurs (irrigation) au cours de croissance des cultures.

IV.1.1 Les aptitudes culturales :

Le choix des cultures est influencé par divers facteurs notamment :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude des sols à la culture, évaluée à partir de l'étude pédologique.
- La disponibilité des ressources nécessaires à la production.
- La demande commerciale, qui reflète les préférences des agriculteurs et du marché.

Notre zone d'étude a lieu pour les cultures suivantes :

- Les cultures maraîchères ; tomates, pomme de terre, pastèque, courgette, carotte etc. ;
- Les cultures céréales : Mais, blé etc. ;
- Les cultures industrielles : betterave, tomate industrielle etc.
- Les arboricultures : agrumes, vigne, olivier etc.

IV.2 Besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau d'irrigation d'une culture correspondent à la quantité moyenne d'évapotranspiration requise pour assurer sa croissance optimale. Plus précisément, ces besoins sont définis comme étant le niveau d'évapotranspiration d'une culture en bonne santé, poussant sur un hectare de terrain dans des conditions optimales qui garantissent un rendement maximal. Pour déterminer ces besoins, il est essentiel de disposer d'une compréhension approfondie des données climatiques et pédologiques de la région, ce qui permet d'estimer la réserve en eau utile du sol (RU) et la réserve facilement accessible par la plante (RFU).

IV.2.1 Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois la transpiration d'une surface couverte de végétation (physiologique) ou l'évaporation de l'eau du sol (physique) pour éviter le stress hydrique. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, m³/ha/jour, en m³/ha/mois, ou en m³/ha/an. On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET₀), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

IV.2.1.1 L'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) : C'est l'évapotranspiration maximale, se réfère à la quantité d'eau évaporée et transpirée par un gazon ras qui couvre complètement le sol, qui est bien approvisionné en eau, qui est en phase active de croissance, et qui est situé dans une parcelle suffisamment vaste pour être représentative des conditions locales (Perrier, 1977).

IV.2.1.2 L'évapotranspiration Réelle (ETR) : c'est l'évapotranspiration de la culture lorsque l'humidité du sol est inférieure à la capacité au champ.

IV.2.1.3 L'évapotranspiration maximale (ETM) : C'est une correction de l'ET₀ en fonction du couvert végétal et le coefficient cultural K_c, en utilisant cette correction, on peut obtenir une estimation plus précise des besoins en eau d'irrigation pour une culture donnée.

$$ETM = K_c \times ET_0 \text{ — (IV.1)}$$

K_c : coefficient cultural. / **ET₀ :** évapotranspiration de référence.

- Les coefficients cultureux (K_c) :

Tableau 21 : Coefficients cultureux (K_c) pour différentes cultures.

Cultures/Mois	Sept	Oct.	Nov	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Agrumes	0.75	0.65	0.65	0.65	0.5	0.5	0.6	0.6	0.65	0.6	0.9	0.8
Pêchers	0.95	0.95	0.95	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.65	0.6	0.8	0.76
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	/	/
Pomme de terre	/	/	/	/	/	/	0.75	0.9	0.98	0.75	/	/
Choux	0.75	1.05	1.05	0.9	/	/	/	/	/	/	/	/
Oignon	0.9	0.95	0.9	0.85	/	/	/	/	/	/	/	0.7
Blé	/	/	0.4	0.75	0.9	1	1.1	1.5	0.85	0.8	/	/

Source : bulletin FAO d'irrigation et drainage

IV.2.2 Les méthodes pour estimer l'évapotranspiration :

Il existe deux méthodes pour estimer l'évapotranspiration et on peut citer :

- Les méthodes directes « instruments et appareils ».
- Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

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

$$ET_0 = (0,46 \times T + 8,13) \times P \quad \text{---(IV.2)}$$

Avec :

T : la température moyenne (°C).

P : le pourcentage de la durée d'éclairement pendant la période considérée.

- **Formule de Turc (1960) :**

L'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,4(I_g + 50) \times (T / (T+15)) \quad \text{---(IV.3)}$$

Avec :

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.

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

La formule la plus employée aujourd'hui :

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

Avec:

Avec :

ET0 : évapotranspiration de référence [mm/jour]

Rn : rayonnement net à la surface de la culture [MJ/m2/jour]

es : pression de vapeur saturante [kPa]

ea : pression de vapeur réelle [kPa]

es-ea : déficit de pression de vapeur saturante [kPa]

Δ : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa/°C]

g : constante psychrométrique [kPa/°C].

G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ/m2/jour]

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

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

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

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

$$ETP = 16 \times \left(\frac{10 \times t^a}{I} \right) \times K \quad \text{-----(IV.4)}$$

Avec :

t : est la température moyenne mensuelle (°C),

a : est fonction de l'indice thermique mensuel.

K : coefficient d'ajustement mensuel.

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT 8.0, où nous avons introduit les données mensuelles :

Température : Les températures minimales et maximales mensuelles (C) ;

Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%) ;

Insolation journalière : donnée en heures d'insolation ;

Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en km/jour.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence **ET₀** calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT 8.0** sont représentés dans le **tableau 21** :

Tableau 22 : Détermination de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	1.1	20.3	76	259	4.4	8.4	2.03
February	3.1	26.6	76	268	6.0	12.0	3.06
March	3.4	27.4	73	251	7.1	16.1	3.82
April	4.8	29.1	71	268	7.7	19.5	4.68
May	9.1	34.1	70	242	9.7	23.9	5.90
June	13.3	37.3	67	259	10.1	25.0	6.85
July	15.1	37.7	63	277	11.3	26.4	7.37
August	16.2	41.8	70	268	10.6	24.0	7.33
September	14.7	36.7	69	216	9.3	19.7	5.44
October	11.8	34.2	70	199	7.1	13.9	4.01
November	5.3	31.8	73	216	5.3	9.6	3.28
December	3.4	24.9	79	320	4.1	7.5	2.57
Average	8.4	31.8	71	253	7.7	17.2	4.69

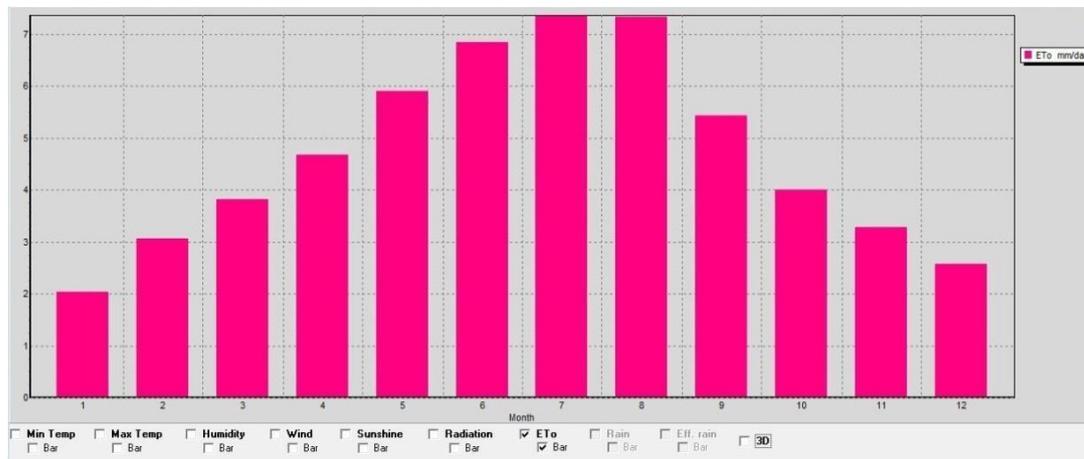


Figure 22 : Diagramme de l'évapotranspiration (ET0)

IV.3 Le bilan hydrique :

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre les besoins en eau des cultures déterminés par le climat, les caractéristiques végétales (ETM) et la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter est :

$$B = ETM - (Peff + Rain) \text{ ----- (IV.5)}$$

Avec :

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

Peff : pluie efficace (mm).

RFU : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures.

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

$$RFU = Y \times (Hcc - Hpf) \times Da \times Z \text{ ----- (IV.6)}$$

Avec :

Y : degré de tarissement (2/3).

Da : densité apparente (1.4).

Z : profondeur d'enracinement (mm).

Hcc : humidité à la capacité au champ. On prend (27%).

Hpf : humidité au point de flétrissement. On prend (13%).

L'irrigation est faite lorsque B (bilan hydrique) > 0

Texture	Hcc (%)	Hpf (%)	Da
Sableux	8	3	1.36
Sableux limoneux	12	5	1.43
Limoneux Argileux	27	13	1.43
Argileux	37	21	1.46

Tableau 23 : Les niveaux de profondeur de racines en (m) des différentes cultures.

Cultures/Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout
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
Pêchers	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Abricotiers	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Tomate	/	/	/	/	/	/	0.5	0.7	0.6	0.6	/	/
Pomme de terre	/	/	/	/	/	/	0.3	0.5	0.5	0.5	/	/
Choux	0.2	0.25	0.3	0.4	/	/	/	/	/	/	/	/
Oignon	0.3	0.4	0.5	0.6	/	/	/	/	/	/	/	0.3
Blé	/	/	0.1	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	/	/

IV.3.1 Calcul des besoins bruts :

C'est le volume d'eau d'irrigation exprimé en mm/j, sa formule est

$$B_{brut} = \frac{B_{net}}{E_f} \quad \text{-----(IV.7)}$$

Avec :

Ef : l'efficience du réseau.

IV.3.1 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace (Peff) est un concept essentiel en agriculture et en hydrologie. Elle représente la quantité de précipitations qui est réellement disponible pour être utilisée par les cultures après avoir pris en compte les pertes dues à l'évapotranspiration et à d'autres facteurs. La pluie efficace est la différence entre les précipitations totales (Pluie) et l'évapotranspiration réelle (ET) de la culture. Elle est distribuée au niveau du sol en deux fractions principales : l'écoulement superficiel (runoff) et l'infiltration. On utilise le logiciel **CROPWAT 8.0**.

Tableau 24 : Calcul des pluies efficaces à l'aide du logiciel CROPWAT V 8.0

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	71.4	63.2
February	49.9	45.9
March	45.7	42.3
April	52.9	48.4
May	27.8	26.6
June	2.0	2.0
July	3.8	3.8
August	5.2	5.1
September	24.1	23.2
October	40.6	37.9
November	81.8	71.1
December	80.2	69.9
Total	485.3	439.5

IV.3.2 Cultures proposées :

L'occupation des sols retenus pour le projet est donnée par le **tableau 24** :

Tableau 25 : Répartition des cultures.

	Cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
Les arboricultures	Agrumes	20	24.94
	Pêchers	15	18.705
	Abricotiers	10	12.47
Les maraîchères	Tomate	8	9.976
	Pomme de terre	8	9.976
	Choux	8	9.976
	Oignon	6	7.482
La céréaliculture	Blé	25	31.175
Total		100	124.7

IV.3.3 Cycle végétatif des cultures :

La détermination du cycle végétatif des différentes cultures doit nécessairement être basée sur le calcul des besoins en eau d'irrigation. **tableau 26**:

Tableau 26 : La période de croissance des différentes cultures.

Cultures/Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	
Agrumes	[Barre orange continue]												
Pêchers	[Barre rouge continue]												
Abricotiers	[Barre orange continue]												
Tomate								[Barre rouge]					
Pomme de terre								[Barre brune]					
Choux	[Barre verte]												
Oignon		[Barre violette]											
Blé			[Barre jaune]										

IV.4 Calcul des besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau sont calculés comme suit :

Tableau 27 : Besoins en eau des agrumes.

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	1.2	156.8	/	0.75	122.4	99.2
Oct.	40.6	37.9	120.3	1.2	156.8	52.27	0.65	78.2	/
Nov.	81.8	71.1	98.4	1.2	156.8	104.53	0.65	63.96	/
Déc	80.2	69.9	77.1	1.2	156.8	156.8	0.65	50.12	/
Jan	71.4	63.2	60.9	1.2	156.8	156.8	0.5	30.45	/
Fév.	49.9	45.9	91.8	1.2	156.8	156.8	0.5	45.9	/
Mars	45.7	42.3	114.6	1.2	156.8	156.8	0.6	68.76	/
Avr.	52.9	48.4	140.4	1.2	156.8	104.53	0.6	84.24	/
Mai	27.8	26.6	177	1.2	156.8	52.27	0.65	115.05	36.18
Juin	2	2	205.5	1.2	156.8	/	0.6	123.3	121.3
Juil	3.8	3.8	221.5	1.2	156.8	/	0.9	198.99	195.19
Aout	5.2	5.1	219.9	1.2	156.8	/	0.8	175.92	170.82

Tableau 28 : Besoins en eau des Pêchers.

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU réel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	1.1	143.73	0	0.95	155.04	131.84
Oct.	40.6	37.9	120.3	1.1	143.73	47.91	0.95	114.29	28.48
Nov.	81.8	71.1	98.4	1.1	143.73	95.82	0.95	93.48	/
Déc	80.2	69.9	77.1	1.1	143.73	143.73	0.8	61.68	/
Jan	71.4	63.2	60.9	1.1	143.73	143.73	0.7	42.63	/
Fév.	49.9	45.9	91.8	1.1	143.73	143.73	0.6	55.08	/
Mars	45.7	42.3	114.6	1.1	143.73	143.73	0.5	57.3	/
Avr.	52.9	48.4	140.4	1.1	143.73	95.82	0.5	70.2	/
Mai	27.8	26.6	177	1.1	143.73	47.1	0.65	115.05	41.35
Juin	2	2	205.5	1.1	143.73	/	0.6	123.3	121.3
Juil	3.8	3.8	221.5	1.1	143.73	/	0.8	176.88	173.08
Aout	5.2	5.1	219.9	1.1	143.73	/	0.76	167.12	162.02

Tableau 29 : Besoins en eau des Abricotiers.

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	1.1	143.73	0	0.72	117.5	94.3
Oct.	40.6	37.9	120.3	1.1	143.73	47.91	0.62	74.59	/
Nov.	81.8	71.1	98.4	1.1	143.73	95.82	0.53	52.15	/
Déc	80.2	69.9	77.1	1.1	143.73	143.73	0.54	41.63	/
Jan	71.4	63.2	60.9	1.1	143.73	143.73	0.5	30.45	/
Fév.	49.9	45.9	91.8	1.1	143.73	143.73	0.6	55.08	/
Mars	45.7	42.3	114.6	1.1	143.73	143.73	0.6	68.76	/
Avr.	52.9	48.4	140.4	1.1	143.73	95.82	0.63	88.45	/
Mai	27.8	26.6	177	1.1	143.73	47.91	0.65	115.05	40.54
Juin	2	2	205.5	1.1	143.73	/	0.75	154.13	152.13
Juil	3.8	3.8	221.5	1.1	143.73	/	0.8	176.88	173.08
Aout	5.2	5.1	219.9	1.1	143.73	/	0.76	167.12	162.02

Tableau 30 : Besoin en eau de la Tomate.

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	/	/	/	/	/	/
Oct	40.6	37.9	120.3	/	/	/	/	/	/
Nov	81.8	71.1	98.4	/	/	/	/	/	/
Déc	80.2	69.9	77.1	/	/	/	/	/	/
Jan	71.4	63.2	60.9	/	/	/	/	/	/
Fév	49.9	45.9	91.8	/	/	/	/	/	/
Mars	45.7	42.3	114.6	0.5	65.33	65.33	0.5	57.3	/
Avr	52.9	48.4	140.4	0.7	91.47	60.98	0.85	119.34	/
Mai	27.8	26.6	177	0.6	78.4	26.13	1.15	203.55	150.82
Juin	2	2	205.5	0.6	78.4	0	0.9	184.95	182.95
Juil	3.8	3.8	221.5	/	/	/	/	/	/
Aout	5.2	5.1	219.9	/	/	/	/	/	/

Tableau 31 : Besoin en eau de la pomme de terre.

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	/	/	/	/	/	/
Oct	40.6	37.9	120.3	/	/	/	/	/	/
Nov	81.8	71.1	98.4	/	/	/	/	/	/
Déc	80.2	69.9	77.1	/	/	/	/	/	/
Jan	71.4	63.2	60.9	/	/	/	/	/	/
Fév	49.9	45.9	91.8	/	/	/	/	/	/
Mars	45.7	42.3	114.6	0.3	39.2	39.2	0.75	85.95	/
Avr	52.9	48.4	140.4	0.5	65.33	43.55	0.9	126.36	/
Mai	27.8	26.6	177	0.5	65.33	21.78	0.98	173.46	125.08
Juin	2	2	205.5	0.5	65.33	0	0.75	154.13	152.13
Juil	3.8	3.8	221.5	/	/	/	/	/	/
Aout	5.2	5.1	219.9	/	/	/	/	/	/

Tableau 32 : Besoin en eau des choux

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	0.2	26.13	/	0.75	122.4	99.2
Oct	40.6	37.9	120.3	0.25	32.67	10.89	1.05	126.32	77.53
Nov	81.8	71.1	98.4	0.3	39.2	26.13	1.05	103.32	/
Déc	80.2	69.9	77.1	0.4	52.27	52.27	0.9	69.39	/
Jan	71.4	63.2	60.9	/	/	/	/	/	/
Fév	49.9	45.9	91.8	/	/	/	/	/	/
Mars	45.7	42.3	114.6	/	/	/	/	/	/
Avr	52.9	48.4	140.4	/	/	/	/	/	/
Mai	27.8	26.6	177	/	/	/	/	/	/
Juin	2	2	205.5	/	/	/	/	/	/
Juil	3.8	3.8	221.5	/	/	/	/	/	/
Aout	5.2	5.1	219.9	/	/	/	/	/	/

Tableau 33 : Besoin en eau des oignons

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	0.3	39.2	0	0.9	146.88	123.68
Oct	40.6	37.9	120.3	0.4	52.27	17.42	0.95	114.29	58.97
Nov	81.8	71.1	98.4	0.5	65.33	43.55	0.9	88.56	/
Déc	80.2	69.9	77.1	0.6	78.4	78.4	0.85	65.54	/
Jan	71.4	63.2	60.9	/	/	/	/	/	/
Fév	49.9	45.9	91.8	/	/	/	/	/	/
Mars	45.7	42.3	114.6	/	/	/	/	/	/
Avr	52.9	48.4	140.4	/	/	/	/	/	/
Mai	27.8	26.6	177	/	/	/	/	/	/
Juin	2	2	205.5	/	/	/	/	/	/
Juil	3.8	3.8	221.5	/	/	/	/	/	/
Aout	5.2	5.1	219.9	0.3	39.2	0	0.7	153.93	148.83

Tableau 34 : Besoin en eau du Blé

Mois	P80% (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo	RFU reel	Kc	ETM (mm/mois)	Bnet (mm)
Sept	24.1	23.2	163.2	/	/	/	/	/	/
Oct	40.6	37.9	120.3	/	/	/	/	/	/
Nov	81.8	71.1	98.4	0.1	13.07	8.71	0.4	39.36	/
Déc	80.2	69.9	77.1	0.3	39.2	39.2	0.75	57.83	/
Jan	71.4	63.2	60.9	0.4	52.27	52.27	0.9	54.81	/
Fév	49.9	45.9	91.8	0.6	78.4	78.4	1	91.8	/
Mars	45.7	42.3	114.6	0.7	91.47	91.47	1.1	126.06	/
Avr	52.9	48.4	140.4	0.7	91.47	60.98	1.15	161.46	52.08
Mai	27.8	26.6	177	0.8	104.53	34.84	0.85	150.45	89.01
Juin	2	2	205.5	0.8	104.53	0	0.8	164.4	162.4
Juil	3.8	3.8	221.5	/	/	/	/	/	/
Aout	5.2	5.1	219.9	/	/	/	/	/	/

Tableau 35 : Résultats des besoins d'irrigation

Mois	Agrumes	pêchers	Abricotiers	Tomate	Pomme de terre	Choux	Oignons	Blé	Max	Bnet max (mm)
Sept	99.2	131.84	94.3	/	/	99.2	123.68	/	131.84	548.2
Oct	/	28.48	/	/	/	77.53	58.97	/	77.53	165
Nov	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Déc	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Jan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fév	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Mars	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Avr	/	/	/	/	/	/	/	52.08	52.08	52.08
Mai	36.18	41.35	40.54	150.82	125.08	/	/	89.01	150.82	483
Juin	121.3	121.3	152.13	182.95	152.13	/	/	162.4	182.95	892.2
Juil	195.19	173.08	173.08	/	/	/	/	/	195.19	541.4
Aout	170.82	162.02	162.02	/	/	/	148.83	/	170.82	643.7

IV.5 Calcul de débit spécifique :

les débits spécifiques pour l'irrigation sont déterminés en prenant en compte divers facteurs, notamment les besoins en eau spécifiques de chaque culture, la répartition culturale, les besoins mensuels, la fréquence d'irrigation, la dose d'arrosage et le coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation. Pour les définir suivant la formule suivante :

$$qs = \frac{Bnet * 10 * 1000}{Nj * Ni * 3600 * Ei} \text{ l/s/ha}$$

----- (IV.8)

Avec :

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

Ni : nombre des heures d'irrigation 24h.

Nj : nombre de jours du mois de pointe 30j.

Ei : Efficacité d'irrigation (0.75).

Les besoins de pointe correspondent au mois de Juin.

$$B_{net} = 892.2 \text{ mm/mois}$$

$$Q_s = 4.59 \text{ l/s /ha} > 1.5 \text{ l/s /ha}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à **1.5 l/s/ha**. Ce qui peut indiquer un risque de surdimensionnement du réseau. Pour y régler, on choisit le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe qui permet de dimensionner le réseau de manière adéquate. Pour notre cas on prend le débit spécifique de la tomate (**1802.45 mm**).

Donc le débit spécifique sera :

$$Q_s = 0.94 \text{ l/s /ha} < 1.5 \text{ l/s /ha} \text{ donc il reste valable.}$$

IV.6 Calcul de débit caractéristique :

C'est le débit maximum en rapport à la pression de service dans le réseau d'irrigation. Sa formule est comme suit :

$$Q_c = q_s \times S \text{ ----- (IV.9)}$$

q_s : débit spécifique de mois de pointe **0.94 l/s/ha**

S : la superficie nette à irriguer **124.7 ha**

$$Q_c = 0.94 \times 124.7 = 117.218 \text{ (l/s)}$$

IV.7 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'estimation du volume d'eau d'irrigation nous permet d'évaluer le volume d'eau nécessaire d'eau d'irrigation, Le **tableau 35** suivant récapitule les différents volumes d'irrigation trouvés :

Tableau 36 : Évaluation des volumes totaux d'irrigation

Cultures	Besoins nets (mm)	Besoins nets (m3/ha)	Superficie (ha)	Efficienc	Besoins bruts (m3/ha)	Besoins totaux (m3)
Agrumes	622.69	6226.9	24.94	0.75	8302.53	207065.1
Pêchers	658.07	6580.7	18.705	0.75	8774.27	164122.72
Abricotiers	622.07	6220.7	12.47	0.75	8294.27	103429.55
Tomate	333.77	3337.7	9.976	0.75	4450.27	44395.89
Pomme de terre	277.21	2772.1	9.976	0.75	3696.13	36872.59
Choux	176.73	1767.3	9.976	0.75	2356.4	23507.45
Oignons	331.48	3314.8	7.482	0.75	4419.73	33068.42
Blé	303.49	3034.9	31.175	0.75	4046.53	126150.57
Total (m3)						738612.29

Remarque :

Le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur votre périmètre (**0.7 Hm3**) est considérablement inférieur à la capacité totale du barrage de Douéra (**102 Hm3**). Par conséquent, on peut extraire ce volume à partir de ce barrage.

IV.8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu choisir les cultures qui seront implantées dans notre périmètre et ce après avoir déterminé les besoins en eau spécifiques de chaque culture, en prenant en considération la culture la plus exigeante, qui est **la tomate** en juin, en raison des contraintes agricoles et agronomiques. Cette approche nous a permis d'estimer un débit spécifique de **0.94 l/s/ha** nécessaire pour satisfaire les besoins en eau de l'ensemble des cultures. Après, on a calculé les besoins en eau totaux (**0.7 Hm3**) de notre partie du périmètre DR21 et déduit que la capacité du barrage de Douera (**102 Hm3**) qui alimente ce périmètre suffit largement pour l'irriguer. Enfin on a trouvé le débit caractéristique (**117.218 l/s/ha**).

Chapitre V : Projection du réseau de drainage

V.1 Introduction :

Le drainage joue un rôle crucial dans les régions présentant une topographie plate, une faible pente ou une surface irrégulière, où la présence d'un surplus d'eau dans le sol peut entraîner divers problèmes, notamment la saturation, la salinisation et la baisse du rendement agricole. Cette technique fait un système de collecteurs ou de fossés pour faciliter l'évacuation des eaux.

Le dimensionnement d'un réseau de drainage consiste à déterminer en tenant compte de différents paramètres : les écartements des drains, leurs débits unitaires, débits caractéristiques, débits maximaux et longueurs maximales.

V.2 Effets positifs du drainage :

- Augmentation du rendement des cultures et amélioration de la qualité des récoltes.
- Possibilité d'accéder aux parcelles en temps opportun.
- Eviter l'asphyxie des plantes par la submersion des racines dans l'eau.
- Amélioration de l'aération du sol.

V.3 Techniques de drainage :

V.3.1 Drainage par fossé à ciel ouvert :

Un drainage par fossé à ciel ouvert est une méthode qui consiste à creuser dans le sol à des intervalles réguliers. Ces fossés peuvent avoir une profondeur allant jusqu'à 3 mètres ou plus et une largeur comprise entre 0,3 et 0,5 mètre. Les fonctions principales des fossés sont les suivantes :

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

-
- **Les avantages :**
 - a) Facilité de mise en œuvre.
 - b) Les dimensions des drains permettent d'évacuer du débit maximum.
 - c) Entretien facile.

 - **Les inconvénients :**
 - a) Perte de surface cultivable.
 - b) Difficulté d'accès.
 - c) Coûts élevés d'entretien.

V.3.2 Drainage par des drains enterrés :

-Installation d'un réseau de drains constitue à mettre aux dessous du sol un ensemble de tuyaux perforés ayant un diamètre de **40 à 110mm**, raccordé avec un réseau de collecteurs qui évacuent l'eau vers un émissaire (oued par exemple).

-Aux points de jonctions entre collecteurs, il y a des changements de direction et de pente etc.) on met des regards pour faciliter la visite.

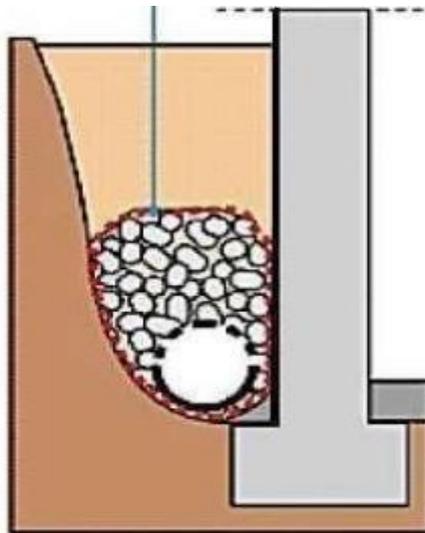


Figure 23 : Système de drainage par drain enterré.

-
- **Les avantages :**
 - a. Facilité de pose.
 - b. Résistance à l'écrasement.
 - c. Accès facile.
 - d. Economie de la surface cultivable.

 - **Les inconvénients :**
 - a) Infiltration profonde par la faible profondeur.
 - b) Défaut de colmatage.
 - c) Coûts élevés d'entretien.

V.4 Paramètres d'un réseau de drainage :

V.4.1 Paramètres hydrologique :

D'après le bilan hydrologique : $P = E + I + R$ --- (1)

Avec :

P = pluie

E = évapotranspiration

I = infiltration

R = ruissellement

On divise (1) par $P \rightarrow 1 = e + i + r$

i = coefficient d'infiltration.

e = coefficient d'évapotranspiration.

r = coefficient de ruissellement.

V.4.2 La quantité à évacuer :

On peut estimer la quantité à évacuer par le réseau de drainage pour un réseau complet avec collecteur, il faut évacuer le volume $(i + r)$.

On a $i + r = 1 - e$

Tableau 37 : (1-e) en fonction d'occupation du sol

Cultures	1-e
Arboricultures	0.5
Maraichères	0.8-0.9
Céréales	0.6-0.8

V.4.3 La durée de submersion :

Elle dépend du type de cultures :

Tableau 38 : Période maximale de submersion tolérée pour chaque type de cultures.

Cultures	θ (jours)
Arboricultures	5
Maraichères	2
Céréales	3

V.4.4 Profondeurs idéales :

Les valeurs que l'on admet pour la profondeur idéale de la nappe sont présentées dans le **tableau 38** suivant :

Tableau 39 : Variation de la hauteur de la nappe en fonction des cultures.

Cultures	Hauteur Optimale (m)
Arboricultures	0.8-1.2
Maraichères	0.5-0.6
Céréales	0.6

Sachant que les profondeurs courantes des drains sont de 0,8 à 1,2m. Donc ça nous prend aux profondeurs critiques (minimales) de la nappe, qui sont présentées dans le **Tableau 39** :

Tableau 40 : Niveaux minimaux critiques de la nappe pour chaque type de sol.

Cultures	H cr (m)
Arboricultures	0.6
Maraichères	0.4
Céréales	0.3

V.4.5 Porosité du sol :

C'est la porosité de drainage ou porosité efficace, elle correspond à la fraction de la porosité qui cède son eau lors du début de drainage.

Tableau 41 : La porosité du drainage en fonction de la composition du sol.

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 limono-argileux, une porosité de drainage $\mu = 0,05$

V.5 Calcul du débit caractéristique :

Le débit caractéristique d'un système de drainage est la quantité d'eau à évacuer par unité de surface pour gérer la pluviométrie critique. Son calcul varie en fonction du régime de drainage utilisé en tenant compte ou non le stockage d'eau.

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

Pour calculer le débit caractéristique qui provient des pluies, une analyse fréquentielle des précipitations doit être établie. Ensuite, les séries de données pluviométriques doivent être ajustées en utilisant la loi de Gumbell pour estimer le débit caractéristique associé aux pluies critiques.

V.5.2 Traitement des données pluviométrique :

L'objectif de ce traitement des données pluviométrique est de déterminer la pluie critique selon le moment de submersion et le type de végétation.

Tableau 42 : Trie de la série de précipitation du 1^{er} trimestre

Années	1j	2j	3j	4j	5j	6j
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

Tableau 43 : Trie de la série de précipitation du 2^{ème} trimestre

Années	1j	2j	3j	4j	5j	6j
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

Tableau 44 : Trie de la série de précipitation du 3^{ème} trimestre

Années	1j	2j	3j	4j	5j	6j
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

V.5.3 Détermination de la pluie critique :

Après avoir intégré les données dans le logiciel Hyfran et ajusté les données à l'aide de la loi de Gumbel, vous obtiendrez les valeurs des précipitations critiques associées à une période de retour de 2 ans, 5 ans et 10 ans. Ces valeurs peuvent ensuite être représentées graphiquement sous forme d'une courbe de fréquence de pluie (HDF) pour faciliter l'interprétation de ces résultats.

Tableau 45 : La pluie critique du 1^{er} trimestre

Fréquence/Durée	1j	2j	3j	4j	5j
2 ans	16.3	28.1	17.1	18.8	8.68
3 ans	21.8	39.4	27	32.4	16.2
5 ans	27.9	52	38	47.6	24.6
10 ans	35.6	67.8	51.9	66.7	35.1

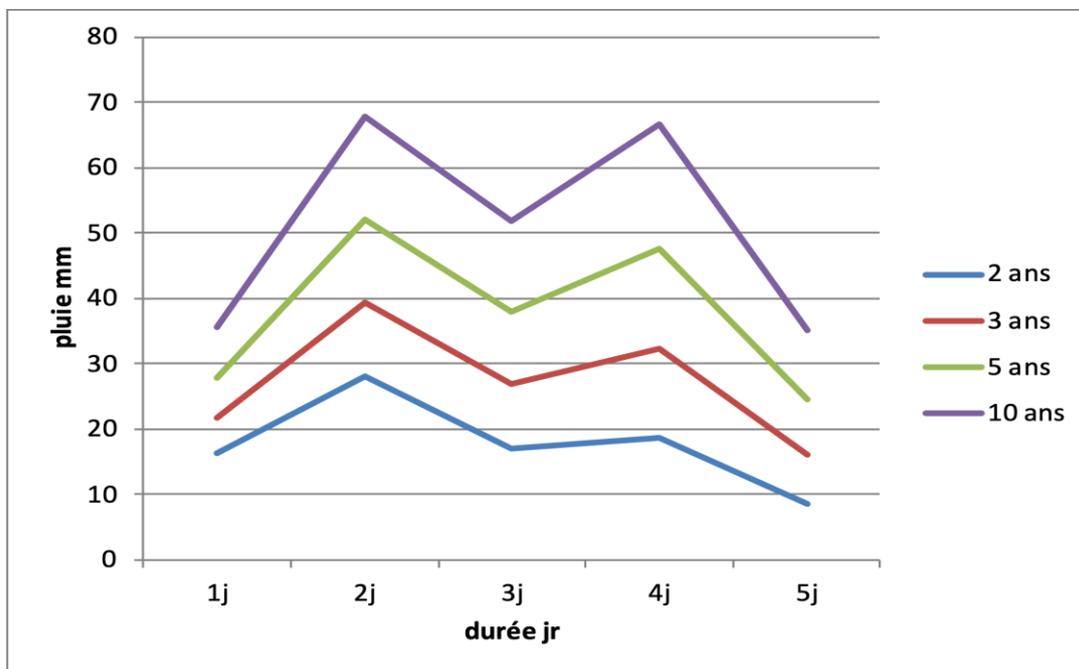


Figure 24 : Graphique de la courbe HDF du 1^{er} trimestre

Tableau 46 : La pluie critique du 2^{ème} trimestre

Fréquence/Durée	1j	2j	3j	4j	5j
2 ans	8.67	29.1	24.2	21.5	20.7
3 ans	11.8	37.5	34.3	34.3	34.7
5 ans	15.4	46.8	45.7	48.5	50.3
10 ans	19.8	58.5	59.9	66.5	69.9

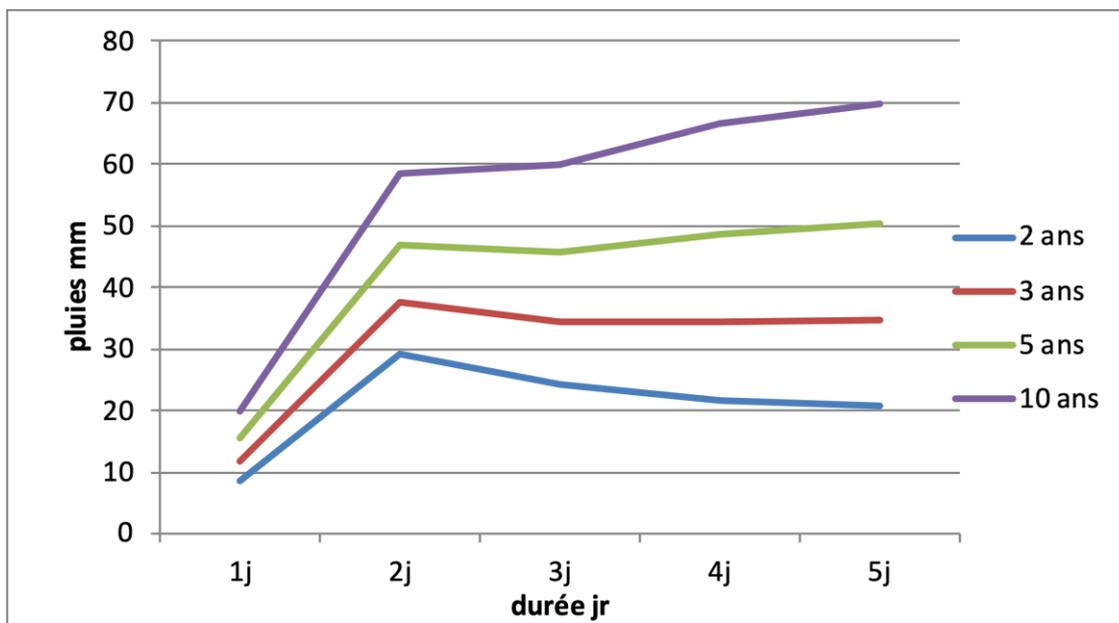


Figure 25 : Graphique de la courbe HDF du 2^{ème} trimestre

Tableau 47 : La pluie critique du 3^{ème} trimestre

Fréquence/Durée	1j	2j	3j	4j	5j
2 ans	12.1	19.7	22.8	20.9	12.1
3 ans	16.9	28	32.1	33	23.8
5 ans	22.3	37.3	42.5	46.5	36.9
10 ans	29.1	48.9	55.5	63.5	53.4

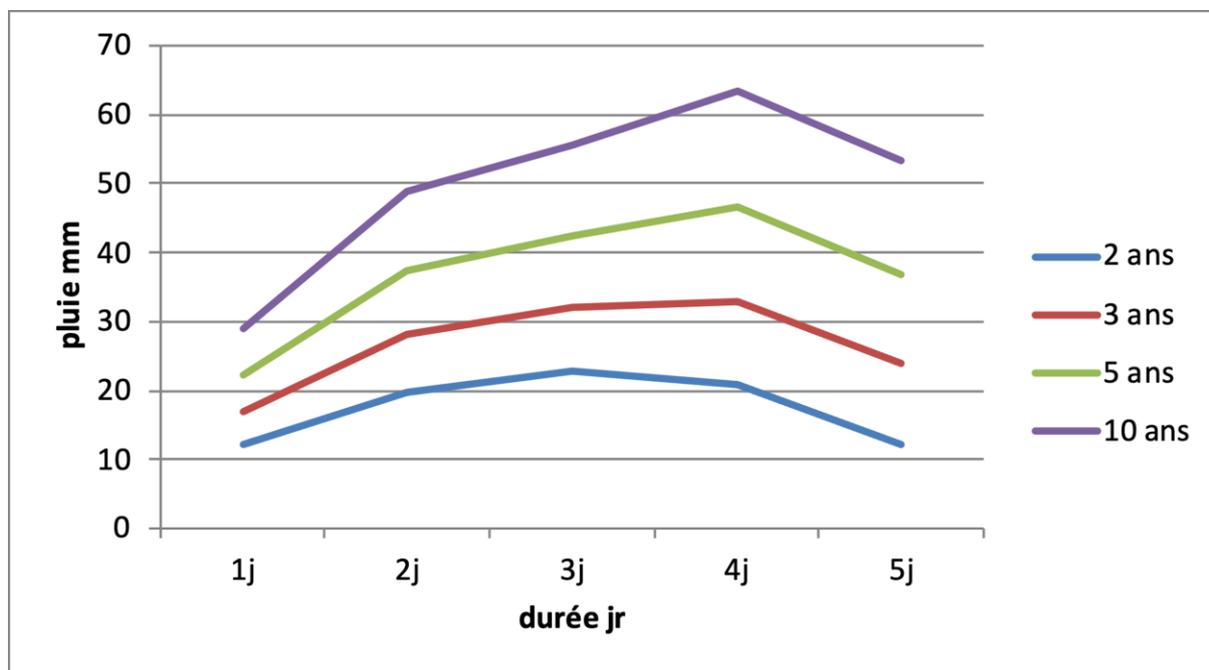


Figure 26 : Graphique de la courbe HDF du 3^{ème} trimestre

V.5.1.1 Débit caractéristique en régime permanent :

- Avec stockage :

$$q_c = \frac{P - E - S}{\theta} \quad \text{-----(V.1)}$$

Avec :

q_c : débit caractéristique.

P : pluie critique (mm).

E : l'évapotranspiration (mm).

θ : durée de submersion admissible.

Le choix des pluies et des périodes de retours à prendre en compte sont liées plus à la capacité aux agriculteurs à supporter les charges financières liées aux coûts du dimensionnement.

Dans notre cas et pour réduire le coût nous avons choisie :

Pour l'arboriculture : Les pluies de 5 jours avec une période de retour de 5 ans ;

Pour les céréales : Les pluies de 3 jours avec une période de retour de 3 ans ;

Pour les maraichères : Les pluies de 2 jours avec une période de retour de 2 ans.

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

Tableau 48 : Résultats de calcul de Q_c avec capacité de stockage.

Cultures	θ (j)	hc	μ	P (mm)	E(mm/j)	S (mm)	Q_c (mm/j)
Arboricultures	5	0.6	0.05	50.3	4.69	30	3.12
Maraichères	2	0.4	0.05	29.1	4.69	20	2.2
Céréales	3	0.3	0.05	34.3	4.69	15	4.87

$Q_c = 4.87 \text{ mm/j}$

- Sans stockage :

$$q_c = (1 - e) i_p \quad \text{----- (V.2)}$$

$$i_p = \frac{P}{\theta} \quad \text{----- (V.3)}$$

Tableau 49 : Résultats de calcul de Qc sans capacité de stockage.

Cultures	P (mm)	Ip (mm/j)	1 - e	qc (mm/j)
Arboricultures	50.3	10.06	0.5	5.03
Maraichères	29.1	14.55	0.8	11.64
Céréales	34.3	11.43	0.6	6.86

$$Q_C = 11.64 \text{ mm/j}$$

V.5.1.2 Débit caractéristique en régime variable :

$$q_c = \frac{S}{\theta} \quad \text{----- (V.4)}$$

$$S = (h_1 - h_0) \times \mu \quad \text{----- (V.5)}$$

Tableau 50 : Résultats de calcul de Qc en régime variable.

Cultures	Δh (m)	μ	S (mm)	□(j)	qc (mm/j)
Arboricultures	0.6	0.05	30	5	6
Maraichères	0.2	0.05	10	2	5
Céréales	0.3	0.05	15	3	5

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

V.5.1.3 Cas où l'excès provient d'irrigation :

Nous allons calculer le débit caractéristique de l'excès d'eau qui pourrait résulter de l'irrigation. En effet, chaque système d'irrigation a son propre rendement, ce qui signifie qu'il existe des pertes par percolation qui contribuent à alimenter la nappe phréatique

Dans notre périmètre, le système d'irrigation qui sera mis en place (Asperseur ou gravitaire bien mis en place) aura une efficacité de 70%. Par conséquent, il y aura une perte par percolation de 20%, tandis que les 10% restants seront perdus par évapotranspiration.

Nous allons prendre les besoins les plus élevés, pour les comparer avec les percolations des pluies (zone subhumide). Ainsi, si nous arrivions à évacuer les pertes par percolation des plus grands besoins d'irrigations, les autres besoins plus faibles seraient plus simples à évacuer.

Les besoins en eau pendant les mois de pointe s'élèvent à 195,19 mm par mois, avec une fréquence d'irrigation de 10 jours, ce qui équivaut à 3 arrosages par mois.

La dose d'arrosage sera de :

$$D_{\text{net}} = 195.19/3 = 65.06 \text{ mm}$$

$$D_{\text{brut}} = D_{\text{net}} / 0.7 = 92.94 \text{ mm chaque 10 jours,}$$

Les pertes par percolation sont de 20% :

$$\text{Pertes}_{\text{percolation}} = 92.94 * 20 / 100 = 18.58 \text{ mm/ 10jrs}$$

Concernant le drainage, le raisonnement classique consiste à considérer que durant une période de pointe, la nappe atteint son niveau maximum autorisé et que tout excès d'eau doit être éliminé pendant la période qui sépare 2 séances d'irrigations. (Aziez,2023)

Dans notre cas (10 jrs).

$$QC = S / \theta$$

$$QC = 18.58 \text{ mm} / 10 \text{ j} = 1,86 \text{ mm/j.}$$

V.5.1.4 Choix du débit caractéristique :

Le régime permanent c'est le régime qui convient pour notre région.

Alors le débit caractéristique pour notre réseau c'est :

$$Qc = 11.64 \text{ mm/j} = 1.35 \text{ l/s/ha}$$

V.6 Dimensionnement du réseau de drainage :

On va dimensionner notre réseau de drainage en utilisant la méthode la plus appropriée. Pour cela, il faut tenir compte de plusieurs critères:

- La longueur des drains.

-
- L'écartement entre les drains.
 - La pente des drains.
 - Les diamètres des drains.

V.6.1 Ecartement entre les drains :

Le calcul de l'écartement se base sur des formules empiriques comme :

- L'équation de GLOVER-DUMM.
- L'équation de HOOGHOUDT.

a) L'équation de GLOVER-DUMM :

Dans le cas d'un régime variable, le débit n'est pas constant, mais varie avec le temps.

$$E^2 = \frac{10 \times k \times d \times t}{\mu} \left[\ln \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1} \quad \text{----- (V.6)}$$

Avec :

T : temps en jour

H₀ : niveau initial de la nappe au temps t = t₀

H_t : niveau de la nappe au temps t=t

α : facteur de réaction de la nappe j-1

μ : porosité de drainage m³/m³

E : écartement entre les drains

D : Profondeur équivalente du substratum imperméable

K : conductivité

b) L'équation de HOOGHOUDT :

L'équation de HOOGHOUDT s'adapte dans les régions où le régime pluviométrique est permanent.

Et à l'aide du tableau des profondeurs équivalente, on peut exécuter les itérations de l'équation de **HOOGHOUDT** : (Annexe 1)

- **Itération n3 : Pour $d = 1.55 \text{ m} \rightarrow E^2 = 240.54 \text{ m}$
 $E = 15.5 \text{ m} = 15 \text{ m}$**

Donc l'écartement optimal entre les drains est 15 m.

V.6.2 Longueur des drains :

Les longueurs des drains peuvent être déterminées à partir des dimensions de parcelle, topographie ..., la longueur maximale est entre 100m et 1000m.

V.6.3 La pente des drains :

À partir de la topographie et le relief de la zone d'étude, on peut simplement tirer la pente moyenne qui est au max 0.5%.

V.6.4 Débit à évacuer :

Le dimensionnement d'un drain exige d'avoir le débit a drainé.

$$q = qc \times E \times L \text{-----(V.8)}$$

Avec :

qc : débit caractéristique (l/s/ha).

E : Ecartement entre les drains (m).

L : longueur du drain (m).

$$q = 0.01164 \times 15 \times 300$$

$$q = 52.38 \quad \text{m}^3/\text{j}$$

$$q = 6.0625 \times 10^{-4}$$

On prend par mesure de sécurité 50% facteur de correction dans le cas de sédimentation

$$Q' = \frac{Q}{0.5} = 104.76 \frac{\text{m}^3}{\text{j}} = 1.2125 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$$

V.6.5 Diamètres des drains :

On considère l'écoulement uniforme avec des drains annelés, le calcul des diamètres se fera par la formule de: **(Chezy-Manning)**

$$Q = 22 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \quad \text{----- (V.9)}$$

Avec :

Q : Débit en long du drain (m³/s).

d : Diamètre intérieur du drain (m).

i : pente du drain.

Avec $i = 0.5\%$.

$$d = \sqrt[2,67]{\frac{1.2125 \times 10^{-3}}{22 \times 0.005^{0.5}}}$$

$$d = 69 \text{ mm}$$

Le marché Algérien contient plusieurs diamètres normalisés (110 mm, 125 mm, 160 mm, 200mm, 250 mm, 315mm, 400 mm), on prend le diamètre normalisé **110 mm** le plus adéquate.

V.6.6 Débits des collecteurs :

Le débit évacué par le collecteur est la somme des débits (Q) provenant des drains qui sont raccordés à 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 51** :

Tableau 51 : Calcul des débits des collecteurs principaux et secondaires.

Zone	q(m3/s)	Collecteurs principaux	Collecteurs secondaires	Q(m3/s)	Qtotal(m3/s)
1	1.3472x 10 ⁽⁻⁷⁾	1→1'	1a→1a'	0.02951	0.07108
			1a'→1a''	0.04157	
2	1.3472x 10 ⁽⁻⁷⁾	2→2'	2b→2b'	0.0542	0.10274
			2b'→2b''	0.04854	
3	1.3472x 10 ⁽⁻⁷⁾	3→3'	3c→3c'	0.05354	0.11775
			3c'→3c''	0.04297	
			3c''→3c'''	0.02124	
4	1.3472x 10 ⁽⁻⁷⁾	4→4'	4d→4d'	0.094008	0.139039
			4d'→4d''	0.014116	
			4d''→4d'''	0.012501	
			4d'''→4d''''	0.018414	

V.6.7 Diamètres des collecteurs :

Pour calculer le diamètre des collecteurs, il est nécessaire de prendre en compte la pente du terrain naturel tout en évitant les pentes trop élevées (généralement entre 0,1% et 1% en fonction de la topographie). De plus, il est important de maintenir des vitesses comprises entre 0,5 m/s et 1,5 m/s. Cela permet d'éviter à la fois les effets d'aspiration au niveau des joints et des perforations des drains et la sédimentation des particules infiltrées.

L'écoulement est uniforme avec une conduite lisse, donc la formule appliquée est celle de Darcy-Weisbach :

$$Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \text{ -----(V.10)}$$

Le résultat de calculs des diamètres des collecteurs secondaires est résumé dans le **tableau 52** :

Tableau 52 : Calcul des diamètres des collecteurs secondaires.

Zone	Collecteurs secondaires	Longueur (m)	Q(m3/s)	I(%)	D(mm)	Dn(mm)	V(m/s)
1	1a→1a'	394	0.02951	0.5	196	200	0.93
2	2b→2b'	503	0.0542	0.5	245	250	1.1
3	3c→3c'	412	0.05354	0.5	244	250	1.09
	3c'→3c''	412	0.04297	0.5	303	315	1.23
4	4d→4d'	492	0.094008	0.5	300	315	1.2
	4d'→4d''	371	0.014116	0.5	314	315	1.3
	4d''→4d'''	410	0.012501	0.5	325	400	0.93

Les résultats du calcul des diamètres des collecteurs primaires sont résumés en **tableau 53** suivant :

Tableau 53 : Calcul des diamètres des collecteurs principaux.

Collecteurs principaux	Longueur (m)	Q(m ³ /s)	I (%)	D(mm)	Dn(mm)	V(m/s)
1→1'	407	0.07108	0.6	261	315	0.91
2→2'	500	0.10274	0.6	300	315	1.3
3→3'	416	0.11775	0.6	314	400	0.94
4→4'	376	0.139039	0.6	334	400	1.1

Les diamètres normalisés (dn) sont triés d'après le catalogue des tuyaux en PVC (**Annexe 4**)

V.6.8 Raccordement des collecteurs :

- **Drain/collecteur :**

Lors de la liaison des drains au collecteur, il est essentiel d'adopter un angle compris entre 30° et 60°. Les boîtes et les trous revêtent une importance capitale pour assurer une connexion solide entre les drains flexibles et les collecteurs ou les tuyauteries rigides.



Figure 28 : Raccordement entre drain et collecteur.

- **Entre collecteurs :**

Le raccordement entre les collecteurs se fait par des regards, ces dernières visent à corriger la pente, à effectuer des changements de diamètre et de direction, ainsi qu'à faciliter la sédimentation des particules infiltrées dans le drain.

On a au total 7 regards installés chaque distance entre **375** et **500m**.



Figure 29 : Raccordement entre collecteur et collecteur.

- **Collecteur/exutoire :**

Le collecteur doit être débouché à l'émissaire, avec une élévation minimale de 0,2 mètres au-dessus du plafond et une distance de 0,1 mètre au-dessus du niveau moyen des eaux.

V.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons effectué le dimensionnement du réseau de drainage souterrain qui est applicable à notre cas spécifique. Le nombre de drains est de **291 drains**, ces derniers ont une profondeur de **1.2m** et une longueur varient entre **25** et **385m**, avec un diamètre normalisé de **110mm**. Le dimensionnement de ces drains a été réalisé en prenant en considération le débit caractéristique le plus élevé, qui correspond au régime permanent, atteignant **11.64 mm/jour**. Le nombre des collecteurs est de **11 collecteurs** répartis en 4 collecteurs principaux et 7 autres secondaires, avec une longueur change de **375** à **500m** et des diamètres normalisés de (**200** à **400m**). De plus, l'écartement entre les drains est de 15m, calculé en utilisant la loi de **Hooghoudt** pour le régime permanent.

Chapitre VI : Etudes technico-économique

VI.1 Introduction :

Un drainage bien exécuté doit en principe fonctionner de nombreuses années sans nécessiter d'entretien majeur. Cependant, des obstructions peuvent empêcher un bon fonctionnement du système. Malheureusement, l'entretien des réseaux de drainage ne reçoit pas toujours l'attention qu'il mérite, on doit exploiter ces systèmes de manière appropriée et de les soumettre à des inspections régulières ainsi qu'à des travaux d'entretien car ces eaux collectées par ces systèmes ont souvent une qualité médiocre car, après leur passage à travers le sol, elles peuvent être enrichies en sels, en nutriments, ainsi qu'en éléments minéraux ou organiques.

VI.2 les causes du non-fonctionnement du réseau de drainage :

De nombreuses causes peuvent réduire ou entraver le fonctionnement du système de drainage : des obstructions résultant de défauts d'exécution dès l'étude ou à l'exécution des travaux, ainsi que des facteurs naturelles.

VI.2.1 Obstructions d'origine technique :

VI.2.1.1 Insuffisance de la pente des drains :

L'irrégularité de la pente lors de l'exécution des travaux peut avoir deux origines principales : la machine de drainage elle-même et l'opérateur. Si la pente n'est pas suffisante, la vitesse de l'eau peut être inférieure à la vitesse minimale admissible, ce qui peut entraîner la formation de dépôts de sable ou d'argile. Cela ne doit pas se produire si le paramètre de drainage a été correctement étudié et le travail convenablement exécuté par un spécialiste et s'assurer que la machinerie est propre et exempte de fuites à son arrivée sur le chantier, et la maintenir dans cet état par la suite car les machines peuvent déjà comporter des erreurs dans leur configuration initiale.

Les erreurs humaines sont les plus fréquentes et peuvent avoir un impact sur la qualité des travaux, notamment avec un guidage par nivelettes, la vitesse de travail de la draineuse est souvent à l'origine d'erreurs lors de la pose des drains.

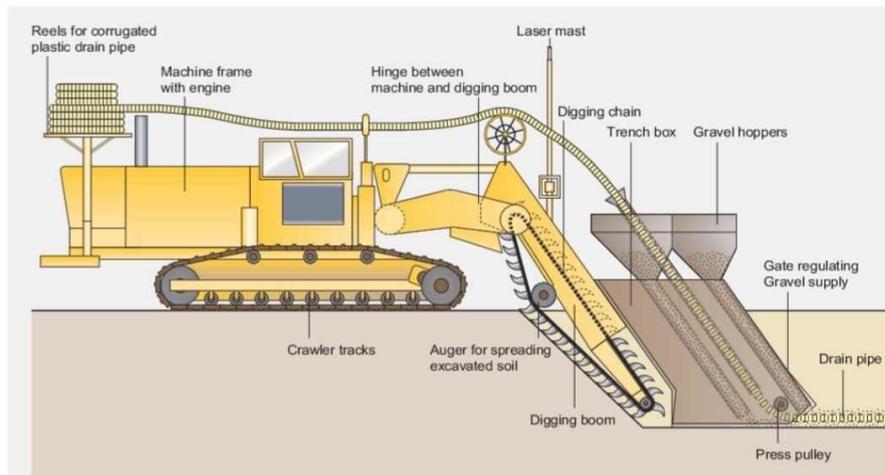


Figure 30 : Schéma d'une machine (draineuse)

VI.2.1.2 Insuffisance de la section des drains :

Il est indispensable de réaliser parallèlement à la préparation du dessin des projets pilotes ou champs de test pour simuler la réalité avec divers systèmes de drainage et des filtres dans des conditions d'irrigation réelles car même si un projet de drainage a été bien étudié et les sections des drains et collecteurs calculées suivant les règles et normes, il est important de se rappeler que ces calculs sont de nature théorique et qu'ils sont soumis aux variations des conditions naturelles, les résultats d'étude ne sont qu'une base d'orientation en ce qui concerne la définition des paramètres du projet. Seule l'expérience pratique peut véritablement déterminer la solution la mieux adaptée dans des conditions réelles.

VI.2.1.3 Mauvaise qualité des tuyaux :

La plupart des projets de drainage sont construits en tuyau en polyéthylène (PE) ou (PVC). Ces matériaux sont généralement de haute qualité mais le matériau PVC est sensible aux rayons ultraviolets. Le matériau perd sa stabilité quand il est exposé longtemps sans protection.

En effet, le matériau est sensible aux grandes chaleurs et se déforme à partir d'une température d'environ 80°C.

VI.2.2 Obstructions d'origine naturelle :

VI.2.2.1 Colmatage des drains par les animaux peut être éliminé par l'utilisation de pièces spéciales de sortie en matériel inflexible, avec une grille à la bouche.

VI.2.2.2 Deux espèces de plantes envahissantes sont fréquemment constatées dans les fossés de cette région : le Phragmite commun et la Salicaire pourpre. Une fois qu'elles ont

établi leur présence dans un environnement humide naturel, les éliminer devient une tâche quasiment insurmontable.

VI.2.2.3 Colmatage par dépôts à réaction chimique : généralement composés de fer, de fer-sulfure et de manganèse, est souvent responsable de cet effet. Il arrive parfois que le problème se résolve lui-même après quelques années d'utilisation. Le curage est toujours la mesure la mieux adaptée.



Figure 31 : Colmatage des drains

VI.2.2.4 Dépôts de matières minérales : L'ensablement ou l'envasement est très souvent observé dans les sols de faible stabilité tels que les sols sableux ou argileux, notamment si l'exécution des travaux de drainage a été réalisée dans les sols saturés d'eau. L'ensablement ou l'envasement se produit généralement immédiatement après la pose du tuyau, pour continuer d'une façon atténuée. Lorsque les conditions sont favorables à l'envasement, il est nécessaire de protéger le drain en utilisant un filtre ou un matelas de couverture.

VI.3 Méthodes d'entretien :

VI.3.1 Le curage :

Le curage s'effectue à l'aide d'une machine à curage. L'opération consiste à pomper de l'eau dans le drain au moyen d'un tuyau muni d'un jet. Le dépôt est mis en solution sous l'action du jet et expulsé avec l'eau injectée. Il existe deux systèmes d'évacuation, à haute et à basse pression.

La machine d'évacuation à haute pression travaille à 80/120 atmosphères de pression de pompe tandis que la pompe d'évacuation à basse pression travaille seulement à 20/30 atmosphères environ. Les deux systèmes peuvent servir pour des drains jusqu'à une longueur

de 350 m. Même des dépôts difficiles et limoneux dus à l'envasement peuvent être éliminés par récurage.



Figure 32 : Machine de curage.

VI.3.2 Entretien des réseaux enterrés :

Des inspections régulières des réseaux de drainage enterrés sont nécessaires, Éviter le compactage des sols. Il est très difficile pour l'eau de traverser un sol compacté et d'atteindre les tuyaux de drainage, les activités causant le compactage du sol risquent aussi d'endommager les tuyaux de drainage.

Pour éviter le compactage du sol il faut en moins éviter de croiser à répétition un tuyau avec de la machinerie lourde.

VI.4 Devis de notre projet de drainage :

Tableau 54 : Devis de notre projet.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Dn(mm)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Drains	m	70224	110	325	22822800
Collecteurs	m	394	200	890	350660
		915	250	1350	1235250
		2182	315	2200	4800400
		1202	400	2700	3245400
Regard	m3	2.63	/	14200	37346
Draineuse	h	35	/	14500	507500
Total					32999356
TVA 19%					6269877.64
Total TTC					39269233.64

VI.5 Conclusion :

La gestion efficace d'un système de drainage, revêt une grande importance, en particulier, sur les zones sensibles, comme les bouches de décharge. Il convient également de procéder à des inspections régulières des regards, lesquels sont habituellement positionnés stratégiquement au sein du réseau, plus précisément aux points de jonction des collecteurs ou lors des variations de diamètre des tuyaux.

Conclusion générale

Au terme de ce travail, nous avons constaté que:

- Le sol est de texture limono-argileuse et non salin non alcalin.
- La qualité de l'eau d'irrigation est idéale avec une classe C2S1
- Une topographie presque plane en allant vers le Nord.
- Notre zone a un sol perméable.

La région est caractérisée par un climat Subhumide, avec une nécessité d'irrigation pendant la période sèche qui commence en mois de Mai et se termine en mois de septembre, et une dose de lessivage pour l'évacuation du sel présent dans le sol.

Les sols de notre région ont une faible salinité, mesurée à moins de 4mmho/cm, et ne montrent pas de signes d'alcalinisation, avec un ESP= 2.72 < 15%.

On tire donc de toutes ses caractéristiques, que le drainage qui convient est le drainage enterré et il est plus économique, il nous reste qu'à craindre du colmatage des drains.

Le réseau est dimensionné avec le régime permanent sans stockage dont le débit caractéristique est de **11.64 mm/j**.

Le diamètre des drains est de **110 mm** avec des collecteurs de **200, 250, 315 et 400mm**.

Le but est de canaliser les eaux de ruissellement et ceux qui ne peuvent s'infiltrer dans le sol, le drainage agricole a un impact important sur l'activité agronomique car il permettra de sauver les terrains submergés et les protéger des sels solubles et augmenter leur rentabilité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ANRH : Etude de climatologie de la Mitidja 1990-2020.

ANRH Alger : Propriétés physico-chimiques d'eau de barrage de Douéra.

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

Bulletin de FAO : Classification du climat, coefficients cultureux KC.

DJADI NABIL (2021) : 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).

Lechaa Mohamed Tahar (2020) : Dimensionnement d'un réseau de drainage d'un périmètre de 350ha à Oum Drou wilaya de Chlef

LEGHLAM SALAHEDDINE (2021) : Etendue de la nappe de Mitidja.

Maxar Technologies : Vue satellitaire de barrage de Douéra.

Meteologix Weather Analysis : Température de Mitidja.

Mme O.Aziez, Mme L.Bahbouh (2021/2022) : Drainage et assainissement agricole.

ONID : Figures de zone d'étude, vent de Mitidja.

(PAC) 2006 : Situation géographique de Mitidja.

Annexes

ANNEXES

Annexe 1 : $E=f(d)$ (écartement des drains)

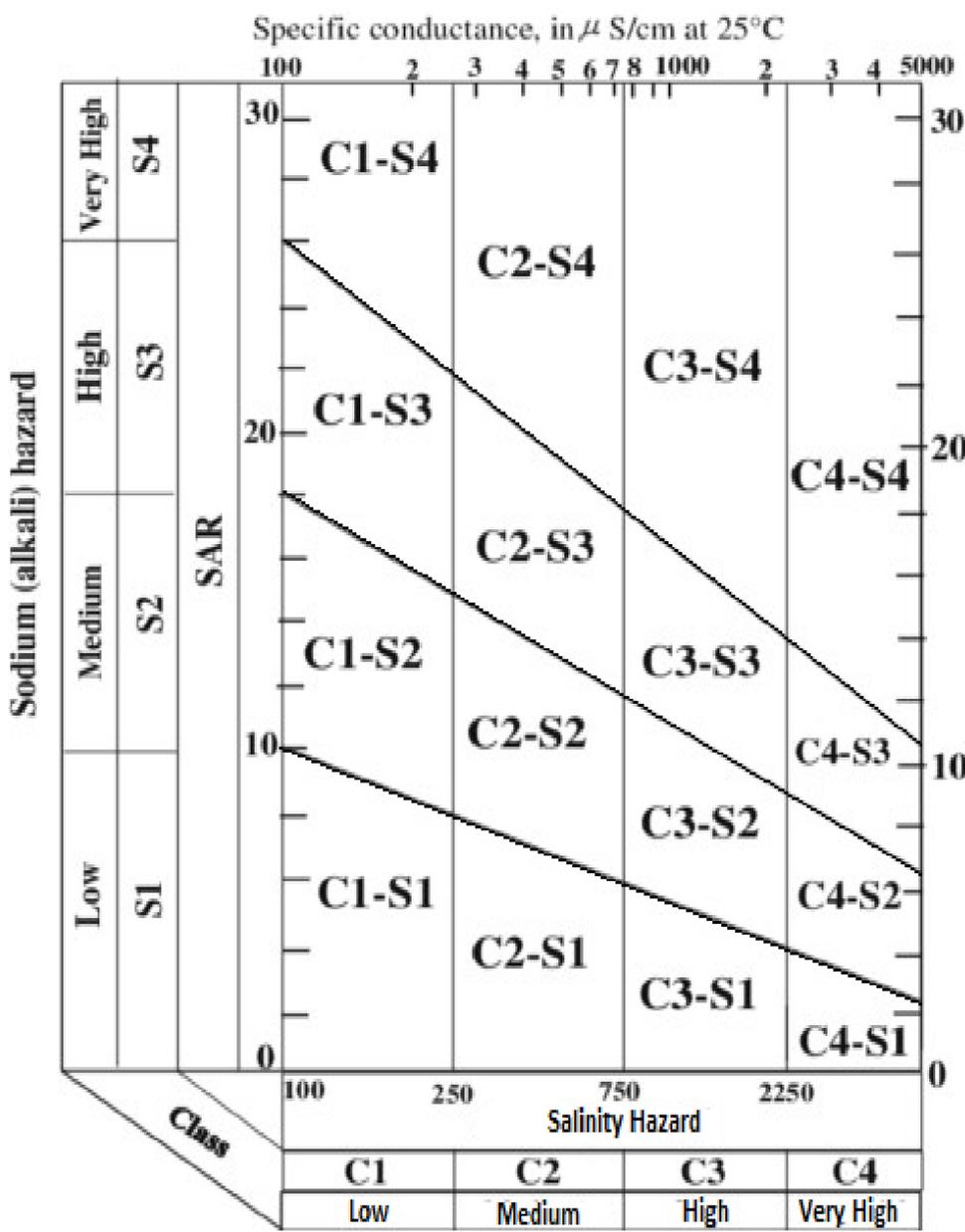
TABLE 7.1 Equivalent depth 'd' for commonly used pipe drains ($r_0 = 4-10$ cm; $u \geq 0.3$ m)

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

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

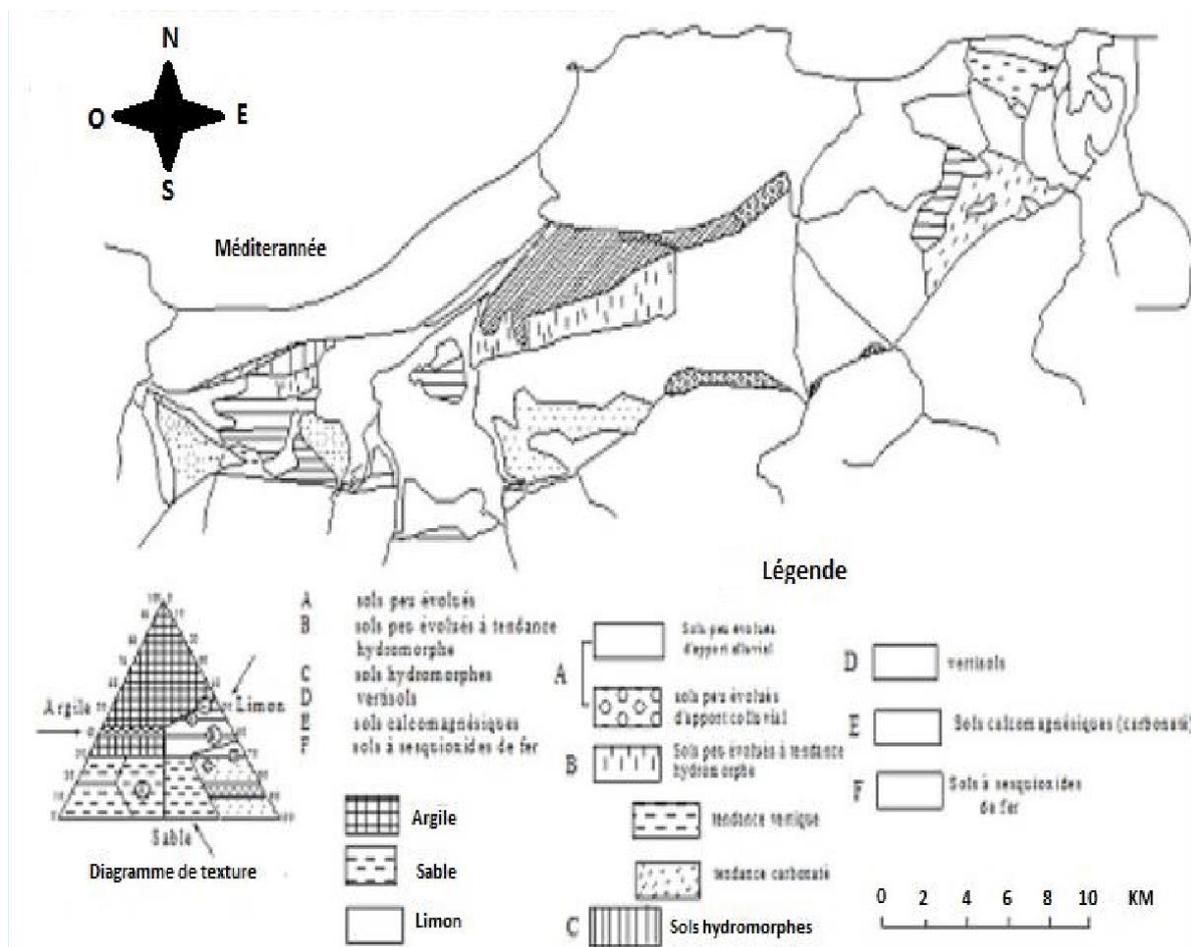
Annexes

Annexe 2 : Classification des eaux d'irrigation



Annexes

Annexe 3 : Classification des sols



Annexes

Annexe 4 : Diamètres normalisés des drains en PVC rigide

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

Annexes

Annexe 5 : Prix unitaires des drains PVC selon les diamètres (Source ENH) Entreprise Nationale d'Hydraulique

Dn (mm)	Prix unitaire (DA)
110	325
160	560
200	890
250	1350
315	2200
400	2700

Annexes

Annexe 6 : Table de Khi²

α	0,99	0,975	0,95	0,90	0,10	0,05	0,025	0,01	0,001
v									
1	0,0002	0,001	0,004	0,016	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	0,11	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	20,51
6	0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,48	24,32
8	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	26,12
9	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	3,05	3,82	4,57	5,58	17,28	19,68	21,92	24,73	31,26
12	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,85	32,00	39,25
17	6,41	7,56	8,67	10,09	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,81	42,31
19	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	45,31
21	8,90	10,28	11,59	13,24	29,62	32,67	35,48	38,93	46,80
22	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,42	39,36	42,98	51,18
25	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,89	41,92	45,64	54,05
27	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	13,56	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70