



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Dimensionnement d'un réseau de drainage agricole du périmètre
Ezzaouia Sidi Moussa (110 ha), wilaya d'Ilizi.**

Présenté par :

BENMOUSSA Abdessamed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr MEDDI Mohamed	Professeur	Président
Mme SADOUNE Samra	M.C.A	Examinatrice
Mme MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinatrice
Mme SAIL Nadhira	M.C.B	Promotrice

Novembre 2023

Remerciements

- ✓ Je remercie Dieu le tout puissant, de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et de m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

- ✓ Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à ma Promotrice Dr N. SAIL.

- ✓ Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

- ✓ Je voudrais aussi remercier l'ensemble des professeurs, la direction de l'école et le ministère de tutelle pour avoir veillé à notre formation.

- ✓ Un remerciement particulier à tous les travailleurs de la bibliothèque de l'ENSH.

- ✓ Un grand merci pour toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

ملخص :

في هذا العمل ، نساهم في تصميم شبكة الصرف الصحي للمحيط الزراعي لزاوية سيدي موسى ، الواقعة في برج عمر إدريس ، في ولاية إليزي .
يقع هذا المحيط في منطقة منخفضة ، مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه أثناء الري الفوضوي ، مع عواقب وخيمة على النشاط الزراعي .
الهدف من هذا العمل هو خفض مستوى المياه إلى عتبة مقبولة للمحاصيل ، مع تقليل ملوحة التربة من خلال عملية ترشيح التربة ، من أجل تعزيز تنفيذ النشاط الزراعي .

Résumé :

Dans le présent travail, nous contribuons au dimensionnement d'un réseau de drainage du périmètre agricole de Zaouia Sidi Moussa, situé à Bordj Omar Idriss, dans la wilaya d'illizi.

Ce périmètre se trouve dans une région basse, ce qui entraîne la remontée des eaux lors de l'irrigation anarchique, avec des conséquences graves sur l'activité agricole.

L'objectif de ce travail est de réduire le niveau d'eau à un seuil acceptable pour les cultures, tout en diminuant la salinité du sol grâce au processus de lessivage du sol, afin de favoriser la mise en œuvre de l'activité agricole.

Abstract :

In the present work, we contribute to the design of a drainage network of the agricultural perimeter of Zaouia Sidi Moussa, located in Bordj Omar Idriss, in the wilaya of Illizi.

This perimeter is located in a low-lying region, which leads to the rise of water levels during anarchic irrigation, with serious consequences for agricultural activity.

The objective of this work is to reduce the water level to an acceptable threshold for crops, while reducing the salinity of the soil through the process of soil leaching, in order to promote the implementation of agricultural activity.

Table des matières

Introduction générale	1
I.1. Introduction :.....	2
I.2. Présentation de la wilaya de Illizi :.....	2
I.2.1. Topographie et reliefs	4
I.3. Présentation de la zone d'étude :.....	5
I.3.1. Les limites de la zone d'étude :.....	6
I.3.2. Population :	6
I.3.3. Topographie de la zone :	6
I.3.4. Agriculture :.....	8
I.3.5. Le réseau d'alimentation en eau potable existant et futur :.....	8
I.3.6. Réseau d'assainissement existant et futur :.....	8
I.4. Etudes hydrologiques, climatiques et hydrogéologiques :.....	9
I.4.1. Hydrologie de la zone :.....	9
I.4.2. Climat de la région :.....	10
I.4.2.1. Température :.....	10
I.4.2.2. Précipitations :.....	11
I.4.2.3. L'évaporation :.....	12
I.4.2.4. Vent :.....	13
I.4.2.5. Insolation :.....	14
I.4.2.6. Humidité relative de l'air :.....	15
I.4.2.7. Les indices Bioclimatiques :.....	16
I.4.3. Hydrogéologie de la région :.....	19
I.4.4. Géomorphologie et géologie de la région :.....	24
I.5. Conclusion :.....	24
II.1. Introduction :.....	26
II.2. Ressources en eau :.....	26
II.2.1. Introduction :	26
II.2.2. Les ressources superficielles :	26
II.2.3. Les ressources en eau souterraines :.....	27
II.2.3.1. Les nappes :	27
II.2.3.2. Les puits et forages :	29
II.2.4. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :.....	30
II.2.4.1. Paramètres Physique :.....	31
II.2.4.2. Paramètres Chimiques :	31
II.2.5. L'évaluation de la qualité de l'eau :.....	32
II.2.5.1. La conductivité électrique :.....	32

II.2.5.2. Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :	33
Notre eau est de classe S1 avec un Risque faible d'alcalisation.....	34
II.2.5.2. Le potentiel hydrogène (PH) :	35
II.3. Ressources en sol :	36
II.3.1. Introduction :	36
II.3.2. Géologie de la zone :	36
II.3.3. Caractéristiques morphologiques et analyse des sols :	37
II.3.4. La densité réelle :	43
II.3.5. La porosité totale :	43
II.3.6. La perméabilité du sol :	43
II.3.7. Détermination de la salinité du sol :	44
II.3.8. Le ESP :	44
II.4. Conclusion :	44
III.1. Introduction :	46
III.2. Paramètres d'un réseau de drainage :	46
III.3. Régime de drainage : permanent – variable :	46
III.3.1. Le débit caractéristique qc :	47
III.3.2. Modèle de drainage :	47
III.4. Bilan hydrique :	47
III.4.1. Bilan hydrique dans un bassin ou une localité :	50
III.4.2. Équation du bilan hydrique :	50
III.4.3. Calcul du bilan hydrique :	50
III.4.3.1. Transferts du bilan hydrique :	51
III.4.3.2. Précipitation :	51
III.4.3.3. L'irrigation :	51
III.4.3.4. Ruissellement :	60
III.4.3.5. Les changements dans les réserves d'eau dans le sol :	60
III.4.3.6. Débit de drainage agricole et surface :	61
III.5. Conclusion :	61
IV.1. Introduction :	63
IV.2. Ecartement entre les drains :	63
IV.2.1. L'équation de GLOVER-DUMM :	64
IV.2.2. L'équation de HOOGHOUDT :	65
IV.3. Sélection du type de drains et de leur installation :	66
IV.3.1. Drainage par fosses à Ciel Ouvert :	66
IV.3.2. La Profondeur des drains :	67
IV.3.3. Débit à évacuer :	68
IV.3.4. Niveau de rabattement de la nappe :	68
IV.3.5. Niveau d'eau :	69

IV.3.6. Pente des talus :	69
IV.3.7. Pente des fossés :	69
IV.3.8. Dimensionnement des collecteurs :	69
IV.3.9. Largeur du fond du fossé :	73
IV.4. Programmation de la station de pompage :	74
IV.4.1. Détermination des dimensions du bassin de la station de pompage :	74
IV.4.2. Détermination des caractéristiques de la pompe choisie :	75
IV.4.3. Capacité de la station de pompage existante :	76
IV.4.4. Informations sur l'émissaire (le rejet) :	76
IV.4.5. Sélection de la pompe pour le drainage des eaux usées domestiques et des eaux de surface :	77
IV.5. Conclusion :	79
V.1. Introduction :	81
V.2. Devis estimatif et quantitatif :	81
V.3. Conclusion :	91
VI.1. Introduction :	93
VI.2. Altération des Écosystèmes Aquatiques :	93
VI.2.1. Effets sur les zones humides :	93
VI.2.2. Dégradation des habitats aquatiques :	93
VI.2.3. Pollution de l'eau :	94
VI.3. Érosion des Sols :	94
VI.3.1. Mécanismes de l'érosion :	94
VI.3.2. Perte de fertilité :	94
VI.3.3. Gestion des sédiments :	95
VI.4. Perte de Biodiversité :	95
VI.4.1. Destruction d'habitats :	95
VI.4.2. Fragmentation du paysage :	96
VI.4.3. Espèces menacées :	96
VI.5. Salinisation des Sols et Remontée d'Eaux Souterraines :	97
VI.5.1. Causes de la salinisation :	97
VI.5.2. Dégradation de la qualité du sol :	97
VI.5.3. Pratiques de gestion pour prévenir la salinisation et la remontée d'eaux souterraines :	98
VI.6. Solutions et Pratiques Durables :	99
VI.6.1. Pratiques de drainage durable :	99
VI.6.2. Réglementation et politiques :	99
VI.7. Conclusion :	100
Conclusion générale	101

Liste des figures

Figure I.1: la situation géographique de la wilaya d'illizi (1/20000000)	3
Figure I.2: Situation administrative de la wilaya d'illizi (1/5000000)	3
Figure I.3: carte topographique de la wilaya d'illizi (1/5000000)	4
Figure I.4: Situation géographique du périmètre agricole (googleEarth le 02/05/2023 a 14 :18) (1/10000)	5
Figure I.5: carte topographique de la zone d'étude (1/10000)	7
Figure I.6: levé topographique de la zone d'étude	7
Figure I.7 : Température maximale et minimale dans la région	11
Figure I.8 : Précipitations mensuelles moyennes pour la région	12
Figure I.9 : Évaporation mensuelle de la région	13
Figure I.10 : La répartition mensuelle des vitesses des vents.....	14
Figure I.11 : Valeurs Moyennes mensuelles de l'insolation.....	14
Figure I.12 : Humidité relative de l'air	15
Figure I.13: Climagramme pluviothermique d'Emberger	17
Figure I.14: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS	18
Figure I.15: fond topographique sur la carte piézométrique représentent la zone d'affleurement de l'eau sur la surface (zone 01).....	21
Figure I.16: fond topographique sur la carte piézométrique représentent la zone d'affleurement de l'eau sur la surface (zone 02).....	22
Figure I.17: position des deux basses zones dans la zone d'étude.....	23
Figure II.2 : Diagramme de Riverside pour la classification des eaux.....	35
FigureIII.1 : Les éléments fondamentaux de l'équilibre hydrique et les divers changements de l'atmosphère et du sol.	48
FigureIII.2 : La première étape est l'irrigation avec des puits artésiens pour les oasis de palmiers dans la région ...	48
FigureIII.3 : La dernière étape de la disparition des oasis de palmiers dans la région à la suite de la remontée d'eau et augmentation de la salinité des sols	49
Figure III.6 : Calcul de l'évapotranspiration avec logiciel (CROPWAT 8.0).....	52
Figure III.7 : Calcul de la pluie efficace avec logiciel (CROPWAT 8.0)	53
Figure III.8 : culture des palmiers	56
Figure IV.1 : Schéma représente les différents paramètres de la formule de Glover Dumm	64
Figure IV.2 : Paramètres dans l'équation de drainage de Hooghoudt	65
Figure IV.3 : Schéma représentant le principe du drainage par fossé.....	67
Figure IV.4 : drainage par fossé	67
Figure IV.5 : Schéma explicatif de système de drainage à concevoir	68
Figure IV.6 : Section transversale trapézoïdale du drain	74
Figure IV.7 :la Pompe choisie par caprari	78

Liste des tableaux

Tableau I.1: La répartition mensuelle des températures (°C) (2021).....	10
Tableau I.2: La répartition mensuelle des précipitations (mm) (2021)	11
Tableau I.3: La répartition mensuelle d'évaporations (mm) (2021)	12
Tableau I.4: La répartition mensuelle des vitesses des vents (k/h) (2021)	13
Tableau I. 5: Valeurs Moyennes mensuelles de l'insolation(2021)	14
Tableau I.6: Valeurs mensuelles d'Humidité en (%) (2021)	15
Tableau I.7: Classification du climat selon Martonne	16
Tableau I.8 : variation des Moyennes mensuelles de précipitations et de températures	18
Tableau I.9 : Piézomètres prélevés de la zone d'étude	20
Tableau II.1 : les principales ressources en eau exploitées dans la wilaya (ANRH d'illizi) 2021	27
Tableau.II.2 : les coordonnées des puits de captage au niveau de la zone d'étude	30
Tableau.II.3 : Paramètres physiques sur l'ensemble des eaux prélevé.....	31
Tableau.II.4 : Paramètres chimiques des eaux de forage	31
Tableau.II.7 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	32
Tableau II.8 : Classification des eaux en fonction du S.A.R	33
Tableau.II.5 : Conversion de mg/l au meq/l	34
Tableau.II.6 : les valeurs du SAR mesuré sur les différents forages	34
Tableau II.9 : Zone 01 : Zaouia Sidi Moussa vers le réservoir d'eau.	36
Tableau II.10 : Zone 02 : Zaouia Sidi Moussa vers le réservoir d'eau.	37
Tableau II.11 : Zone 03 : Zaouia Sidi Moussa vers le réservoir d'eau.	37
Tableau III.9 : texture	54
Tableau III.10 : la superficie de culture.	56
Tableau III.11 : Besoins en eaux d'irrigation du palmier	56
Tableau.III.12 : Dose de lessivage de culture par mm	60
Tableau IV.2 : Calcul des débits dans les collecteurs	69
Tableau IV.3 : Calcul des vitesses des collecteurs	70
Tableau IV.4 : Calcul des débits dans les collecteurs	71
Tableau IV.5 : Calcul des vitesses des collecteurs	72
Tableau IV.6 : Calcul de vitesse de collecteur	72
Tableau V.1 : Achèvement du complexe principal et du réseau de la zone n° 01.....	81
Tableau V.2 : Achèvement du complexe principal et du réseau de la zone n° 02.....	83
Tableau V.3 : Achèvement du canal de pompage de la zone n° 02	85
Tableau V.4 : Equipement de la station de pompage de pompes et d'équipements électriques et hydrauliques pour la zone n° 02	88
Tableau V.5 : Achèvement du bassin de la station de pompage pour la zone n° 02.....	89

Liste des annexes

Annexe 01 : Tableau E=f(d)

Annexe 02 : Colonne lithologique du bassin d'Eszaouia Sidi Moussa (Sonatrach /exploration)2010.

Annexe 03 : Coupe présentative de superposition des nappes du bassin d'Eszaouia Sidi Moussa Sonatrach 2010.

Liste des abréviations

Abréviation	signification
CI	Continentale intercalaire
Ceiw	Conductivité électrique de l'eau d'irrigation
Cees	Conductivité électrique de la pate saturée
ETR	Evapotranspiration réel
ETM	Evapotranspiration maximal
Ha	Hectare
Mm	Millimètre
J	Jour
LR	Leaching requiment (Fraction de lessivage)
PH	Potentiel d'hydrogène
SAR	Sodium Adsorption Ratio

Liste des planches

Planche 01 : Levé topographique du périmètre Ezzaouia Sidi Moussa

Planche 02 : système de drainage

Planche 03 : Profil en long du tronçon D3-D22

Planche 04 : Carte d'assolement

Introduction générale

La région de Zaouia de Sidi Moussa éprouve actuellement une problématique de salinité étroitement liée à l'accumulation d'eau, en particulier due à une gestion déficiente des ressources hydriques. La valorisation des sols salins présente un défi technique qui ne peut être résolu que par la mise en place d'un système de drainage.

Afin de réduire la concentration en sels dans le sol et de limiter l'accumulation d'eau, il est nécessaire de procéder à un processus de lessivage du sol. Cela peut être réalisé en utilisant des systèmes de drainage, que ce soit par des moyens naturels ou artificiels, permettant d'évacuer les excès d'eau de surface ou souterraine, en vue de les valoriser pour une utilisation agricole.

Dans ce contexte, la mise en œuvre d'un système de drainage est impérative, et sa réalisation dans la région de Zaouia Sidi Moussa requiert une étude exhaustive de la région.

Pour ce faire, nous avons tenu compte des points suivants :

- Identification de la localisation géographique du périmètre d'étude.
- Analyse approfondie des éléments climatiques, avec une focalisation sur l'analyse hydrologique.
- Évaluation des potentialités du sol, incluant la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et de son aptitude, ainsi que l'évaluation de la qualité des eaux disponibles.
- Calcul des besoins en eau pour les cultures, ainsi que la quantité de lessivage requise pour éliminer les sels du sol.
- Sélection de la variante de drainage la mieux adaptée aux conditions de notre terrain.
- Conception du réseau de drainage, incluant le dimensionnement des diamètres des drains et des collecteurs.
- Élaboration du dimensionnement d'une station de refoulement des eaux drainées, en raison de l'absence d'un déversoir naturel.
- En conclusion, nous proposerons des recommandations en matière de gestion et d'entretien de notre réseau de drainage.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I .1. Introduction :

Dans cette partie de l'étude, nous tenterons de faire une présentation globale concernant la situation géographique, les caractéristiques climatiques et topographiques, données nécessaires pour un projet de drainage agricole.

I .2. Présentation de la wilaya de Illizi :

La Wilaya d'Illizi dont fait partie notre région d'étude compte 52 332 habitants sur une superficie de 291403 km², avec une densité de population de 0,18 habitants par km². Les villes d'Illizi et In Amenas sont les plus grandes parmi les 4 villes qui la compose. Elle est caractérisée par un climat désertique sec et chaud. La ville d'Ouargla est le chef-lieu de wilaya le plus proche de la ville d'Illizi ; elle est située à plus de 1 050 km.

La wilaya d'Illizi est limitée :

- Au nord par la wilaya d'Ouargla;
- À l'ouest par la wilaya de Tamanrasset et In Salah ;
- Au nord-est par la Tunisie;
- À l'est par la Libye;
- Au sud par la wilaya de Djanet.

La Wilaya d'Illizi est divisée en 2 daïras : la daïra d'Illizi qui contient la commune d'Illizi et la daïra d'In Amenas qui contient les communes In Amenas, Bordj Omar Driss et Debdeb.

L'Algérie est comprise entre 28° N de latitude et 3° E longitude avec une altitude maximale 'Tahat' de 2 918 m.

La wilaya d'Illizi est comprise entre 26°28'59" N de latitude et 8°28'00" E longitude avec une altitude de 556 m.

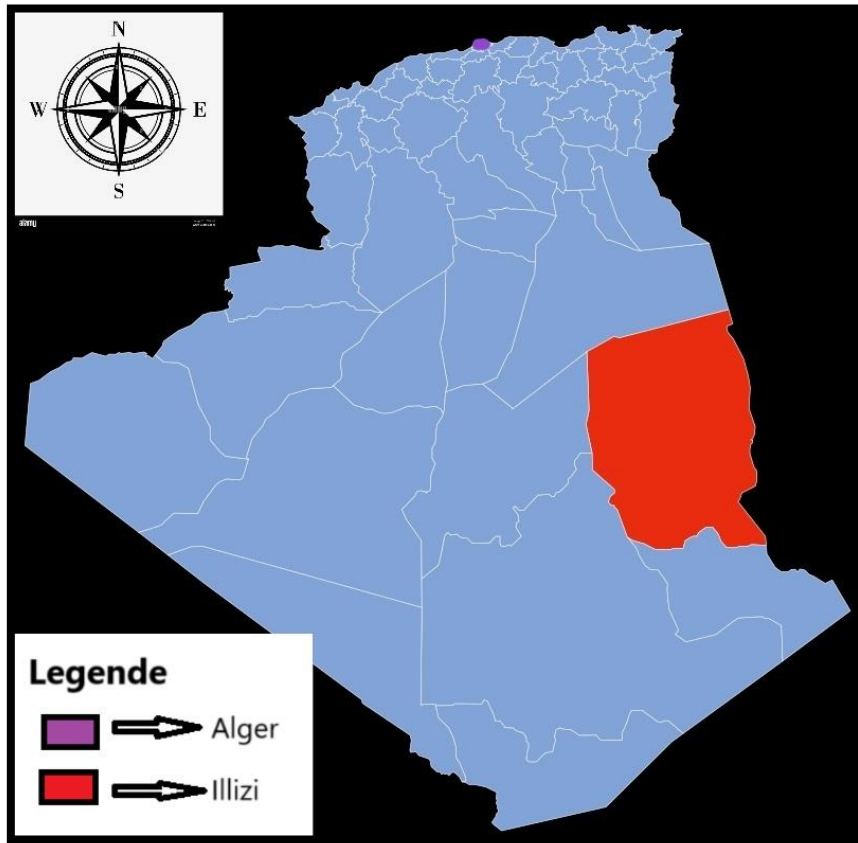


Figure I.1: la situation géographique de la wilaya d'Illizi (1/20000000)

Source : ([https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_d%27Illizi#/media/Fichier:DZ-33_\(2019\).svg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_d%27Illizi#/media/Fichier:DZ-33_(2019).svg))

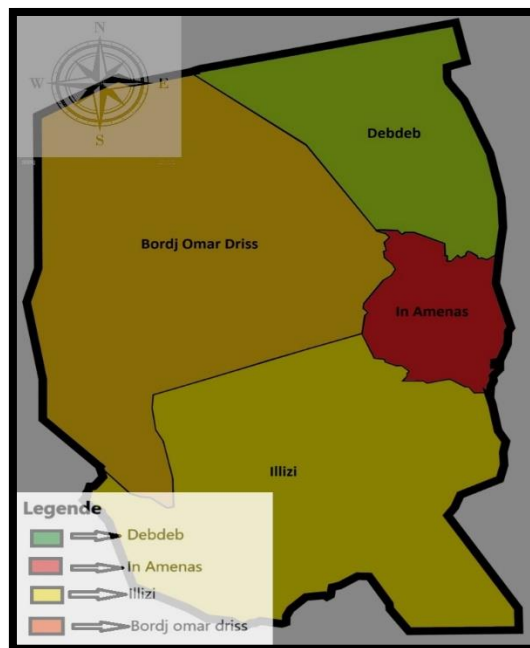


Figure I.2: Situation administrative de la wilaya d'Illizi (1/5000000)

Source : (<https://gifex.com/fr/fichier/quelles-sont-les-communes-de-la-wilaya-d-illizi/>)

I.2.1. Topographie et reliefs

La wilaya d'Illizi se caractérise par trois principales zones géographiques :

- les dunes : au Nord, le Grand Erg Oriental qui occupe une grande partie des communes de Debdeb et de Bordj Omar Driss; au Centre, les Ergs Issaouane-Irarren, Issaouane-Tefernine et Bourarhet; et au Sud, l'Erg d'Admer et l'Erg Tihodaine ;
- Les plateaux : la Hamada de Tinhert au Nord et le Tassili n'Ajjer au Sud ;
- Les plaines : la plaine d'Admer, située entre les communes de Bordj El Haouas et Djanet, couvre une petite partie du Sud de la wilaya.

Les principaux oueds qui drainent la région d'Illizi sont : Lmihrou, Djerat, Tafassasset et Tarat et Takhemalt.

Les altitudes y varient de 184 m à 2080 m (Figure I.3).

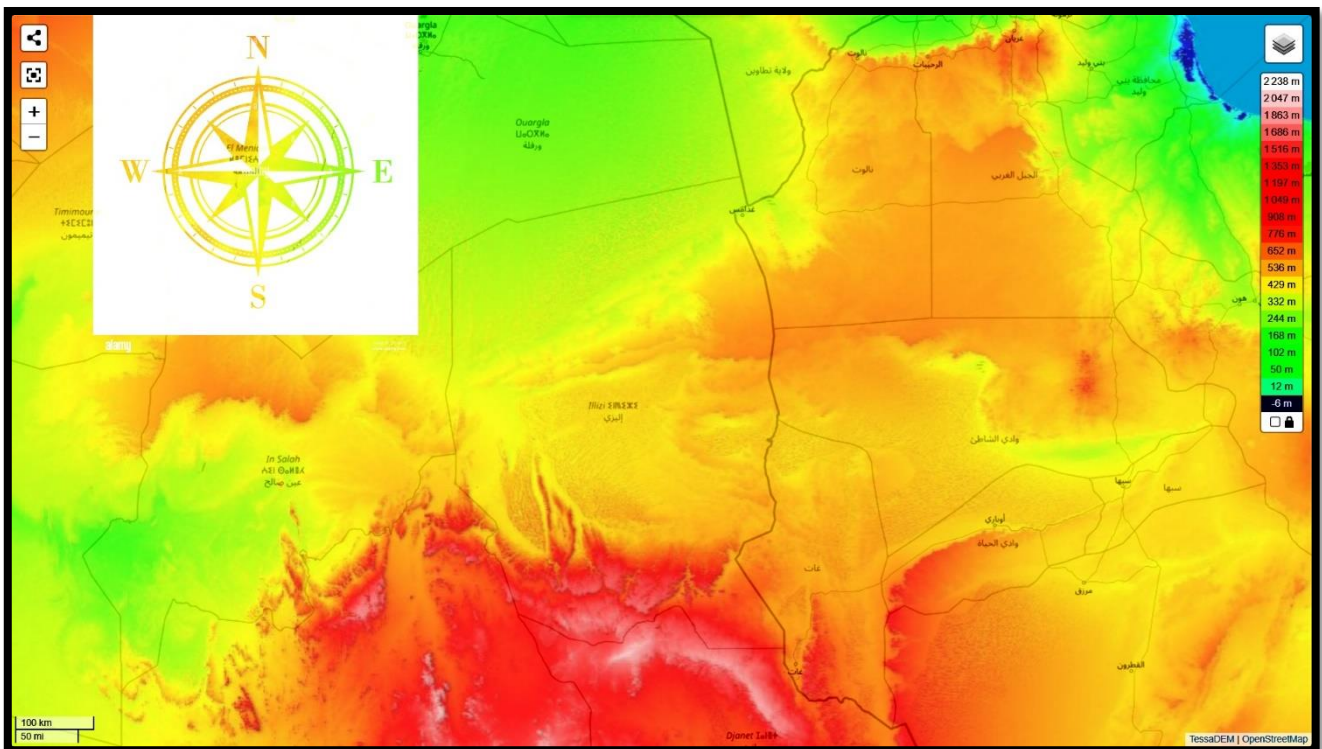


Figure I.3: carte topographique de la wilaya d'Illizi (1/5000000)

Source : (<https://fr-fr.topographic-map.com/map-1q5dn/Illizi/?center=27.6952%2C8.45172&popup=25.26656%2C2.32934&zoom=7>)

I.3. Présentation de la zone d'étude :

Notre zone d'étude fait partie de la commune de Bordj Omar driss et se situe à l'extrême nord-ouest de la wilaya. Elle est rattachée administrativement à la daïra d'In Amenas et occupe une superficie de (82406 km²), équivalent à (28,28 %) de la superficie totale de la wilaya estimée à (291403 km²), Elle est à une distance de (500 km) de la ville de Ouargla et à une distance de (458 km) du chef-lieu du département du daïra d'In Amenas, elle se situe ainsi à l'intersection des routes N 54 et de la route nationale n° 207, qui relie la ville au quartier de Tin Foy, Tabenkourt. Où la commune de Bordj Omar driss se compose de quatre quartiers principaux (quartier centre-ville, quartier Mohamed Boudiaf, quartier Al-Hadab et quartier Zaouia Sidi Moussa).

Notre étude porte sur la région de Zaouia Sidi Moussa, qui est constituée d'un complexe résidentiel et des oasis de palmiers, située à 7 km du centre-ville.

Donc Le périmètre de Zaouia Sidi Moussa se situe au Sud-Est de L'Algérie.



Figure I.4: Situation géographique du périmètre agricole (googleEarth le 02/05/2023 a 14 :18) (1/10000)

I .3.1. Les limites de la zone d'étude :

Sont les suivantes :

- Nord : oasis de palmiers
- Sud : dunes de sable
- Est : la zone d'expansion des cames
- Ouest : dunes de sable

I .3.2. Population :

Selon les statistiques de 2008, la population de Zaouia Sidi Moussa était estimée à environ 698 personnes, avec un taux d'accroissement estimé à 2,40%, et selon la relation d'accroissement de la population, la population actuelle de 2023 est de 996 personnes.

Il nous apparaît également clairement, à travers les caractéristiques de vie de la population, que la zone est rurale et que ses habitants dépendent de l'agriculture comme activité principale.

$$P_n = P_0 (1+T)^n \dots (1)$$

$$P_{15} = 698 * (1+0.024)^{15}$$

$$P_{15} = 996 \text{ habitants}$$

I .3.3. Topographie de la zone :

La région de Zaouia Sidi Moussa est repérée entre 6° 44' et 6° Est

28° 07' et 28° Nord.

Et à travers le travail topographique de la zone, nous avons constaté que :

- Les altitudes varient entre [352 ;378] m
- La pente générale (Pente globale) de la région du sud au nord est environ 2%.

Plus en détail, on note qu'il existe deux zones de dépression, l'une au centre du quartier et l'autre à l'est, où elles forment des zones de remontée et de stagnation des eaux en hiver et de bourrasques salées en été (Figure I.5).

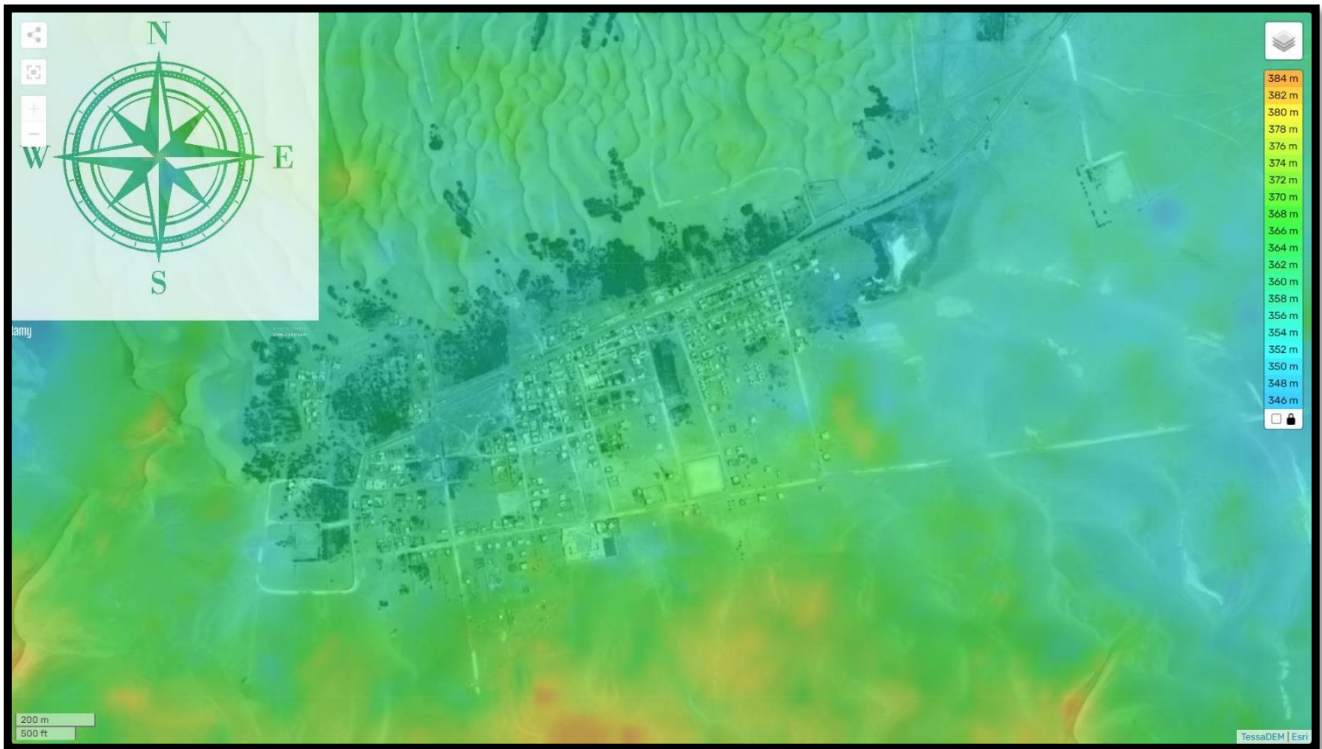


Figure I.5: carte topographique de la zone d'étude (1/10000)

Source : (<https://fr-fr.topographic-map.com/map-1q5dn/Illizi/?center=28.10788%2C6.75826&zoom=15&popup=28.10304%2C6.76118&base=5>)

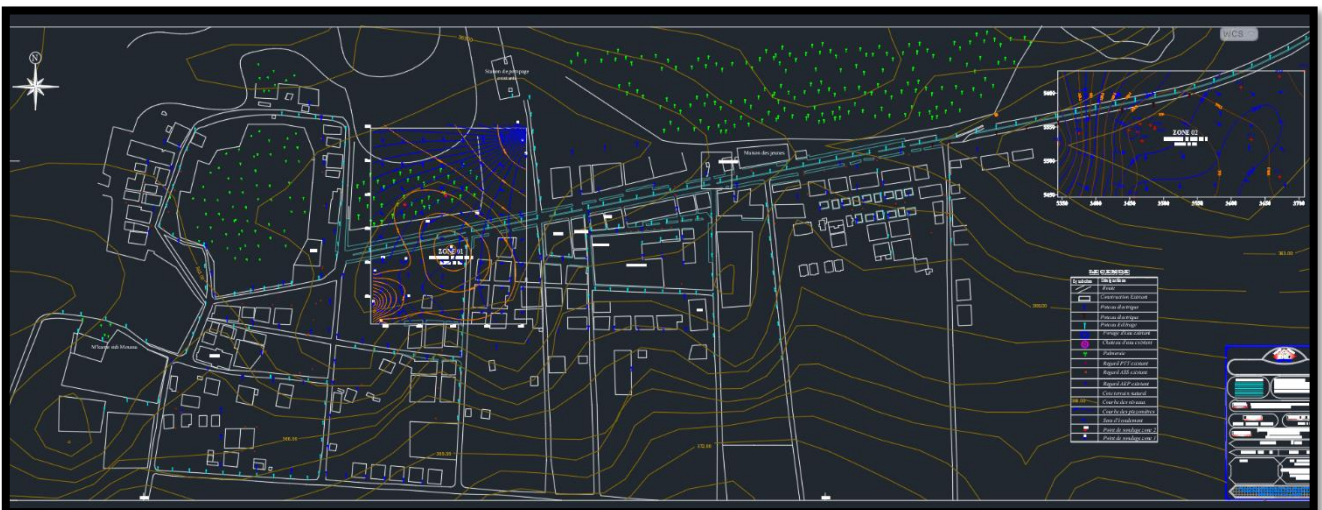


Figure I.6: levé topographique de la zone d'étude

Source : société de FELDS PATH d'étude ,suivi et réalisation

I .3.4. Agriculture :

Le caractère agricole prédominant dans la région est la culture des palmiers . Elle est divisée en trois sections :

- Zone n°1 : Elle est située au nord de la région et occupe une superficie de 80,95 hectares.
- Zone n°2 : Elle est située au nord-ouest de la région et occupe une superficie de 19,05 hectares.
- Zone n°3 : Il est situé à l'ouest de l'arrondissement et occupe une superficie de 10 hectares.

Signalons également que les palmeraies sont irriguées par 04 puits artésiens d'un débit total d'environ 125 l/sec dont la plupart sont en bon état sauf deux d'entre eux en mauvais état.

I .3.5. Le réseau d'alimentation en eau potable existant et futur :

La ville de Zaouia Sidi Moussa est équipée d'un puits situé au nord du quartier avec un débit de 30 l / s, pompant l'eau directement dans le réseau de distribution qui couvre la zone de 95%, et il y a un réservoir d'une capacité de 350 m3 dans l'extrême sud de la région qui n'est pas encore exploité. Il y a aussi une étude concernant le plan directeur de l'eau potable pour la zone de Bordj Omar Driss, y compris la ville de Zaouia Sidi Moussa, en attente d'achèvement.

Réseau existant :

Longueur totale trouvée : 5329 m.

Diamètres caractéristiques de la calandre : 110-63 mm.

Taux de cautionnement : 90%.

Suggestions de réseaux futurs :

Longueur totale programmée : 3479 m.

Diamètres programmés : 200-63 mm.

I .3.6. Réseau d'assainissement existant et futur :

Après avoir collecté des données de terrain et contacté les intérêts techniques de la commune de Bordj Omar Driss, il a été constaté que le réseau d'assainissement existant couvre 60% de la zone avec la présence des canaux de drainage des eaux de surface (eaux d'infiltration) irréguliers et parfois négligés. Ce qui contribue même pour un faible pourcentage à l'alimentation de la couche superficielle. Il existe une étude du schéma directeur d'assainissement des eaux de la commune de Bordj Omar Idriss qui a été achevée en 2006 par le Bureau d'Etude et de Suivi des Travaux d'Irrigation.

Réseau existant :

Longueur totale existante : 3476 m.

Diamètres de réseau : 315- 250- 160 mm.

Nombre de collecteurs : 96 collecteurs.

Un réseau de désinfection nouvellement complété utilisant les canaux PCV 06Bars.

Suggestions de réseaux futurs :

Longueur totale programmée : 2307 m.

Diamètres programmés : 400 - 250 mm PCV 06Bars.

I .4. Etudes hydrologiques, climatiques et hydrogéologiques :

L'étude hydrogéologique et hydrologique vise à identifier toutes les sources d'eau souterraine et d'eau de surface exploitées dans la région, sachant que cette dernière exploite l'aquifère situé à une profondeur d'environ 600 m avec un nombre de puits de 6 puits, où un puits est dirigé vers l'approvisionnement en eau potable avec un débit de 30 l/s et le nombre restant est dirigé vers l'arrosage des oasis de palmiers avec un débit de 205 l/s.

D'un point de vue hydrologique, la région se caractérise par un réseau hydrographique important, car la vallée la plus proche de la région est oued Agargar, qui se trouve à environ 15 km, et c'est une vallée sèche en raison de la rareté des pluies et de la grande perméabilité de son sol, ce qui contribue à la recharge des aquifères, en particulier la couche alpine et le chevauchement continental.

I .4.1. Hydrologie de la zone :

La région se caractérise par la rareté des précipitations d'une part et d'autre part par la disparition des différentes vallées de la région (vallées dormantes) selon le scientifique français Jean DUBIEF dans son livre L'hydrologie superficielle au Sahara.

La grande quantité d'eau qui tombe était connue de la région à l'époque du Pléistocène, qui devint plus tard un réservoir d'eau souterraine.

Compte tenu de cette importante pénurie d'eau de surface dans la région, les eaux souterraines sont devenues la principale source de la région.

I .4.2. Climat de la région :

Le climat de la région est caractérisé par un climat désertique très sec avec une température élevée, où la température moyenne est d'environ 38 °C en été et 12 °C en hiver, et la région se caractérise par la rareté des précipitations, où la quantité annuelle de précipitations est égale à environ 50 mm/an, et la région est caractérisée par un degré élevé d'évaporation, tandis que les vents sont denses et avec une vitesse qui ne dépasse pas 5 m/s et avec une direction sud-est et est, ce qui provoque des tourbillons de sable.

L'étude climatique vise à prendre note de tous les facteurs climatiques affectant la région sur le plan climatique, tels que les précipitations, la température et l'évaporation... etc. à l'aide des données et des courbes pour une clarification et des analyses détaillées.

La région du Tassili contient deux stations météorologiques. Les données climatiques de la zone d'étude proviennent des données climatiques enregistrées au niveau de la station météorologique de la zone d'In Amenas, où cette station est la plus proche de la région.

I .4.2.1. Température :

La température joue un rôle important dans l'influence sur tous les facteurs climatiques lorsqu'elle monte et descend, elle atteignant un maximum de 42,10 ° C en juillet et un minimum de 4,58 ° C en décembre, Nous observons également la différence entre la température dans la période de nuit et la période de jour.

Tableau I.1: La répartition mensuelle des températures (°C) (2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmin (°C)	5.5	8.2	12.3	17.4	21.9	24.7	24.5	23.9	21.9	17.6	11.3	6.7
Tmax (°C)	18.0	12.8	24.3	29.5	33.1	35.6	34.6	33.9	32.8	29.0	23.5	19.1
Tmoy (°C)	11.7	10.5	18.3	23.4	27.5	30.1	29.5	28.9	27.3	23.3	17.4	12.9

Source : Station météorologique d'Ain Amenas

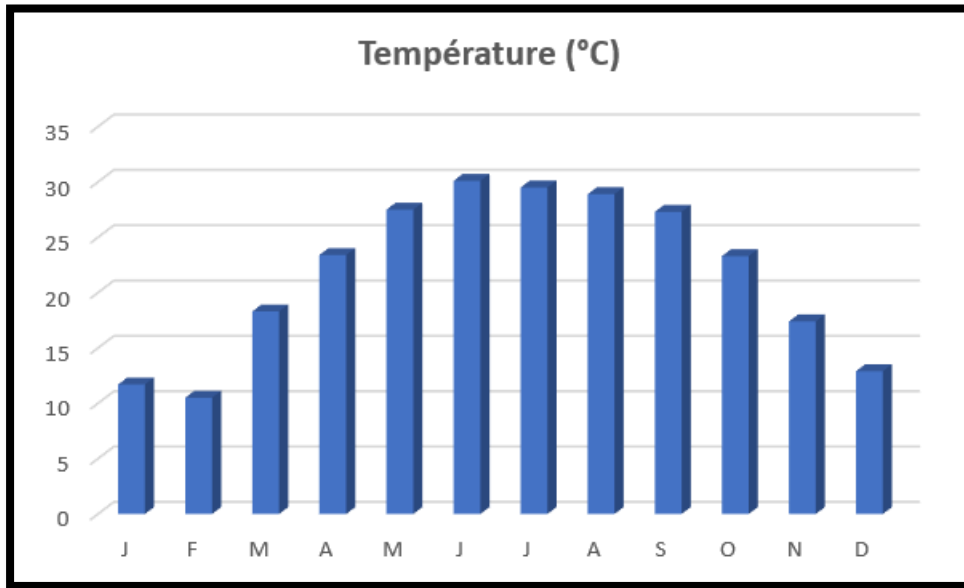


Figure I.7 : Température maximale et minimale dans la région

Grâce au Diagramme de température, il est clair que la température maximale au cours de l'année est en juin et juillet, où elle dépasse 35 ° C, et c'est bien sûr en été, tandis que le degré minimum est en janvier, où il est d'environ 5 ° C, et c'est l'hiver, et nous notons également que le climat de la région est sec en été et en hiver.

I .4.2.2. Précipitations :

La répartition des pluies dans la région de Zaouia Sidi Moussa est irrégulière et rare, car il y a des années complètement sèches et des années où les précipitations sont abondantes, mais pendant quelques minutes ou quelques heures, et donc les Précipitations mensuelles moyennes pour la région sont les suivants :

Tableau I.2: La répartition mensuelle des précipitations (mm) (2021)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O	Année
P (mm)	2.91	1.76	1.17	0.83	2.83	1.12	2.12	1.65	2.97	1.46	0.20	0.26	19.46

Source : Station météorologique d'Ain Amenas

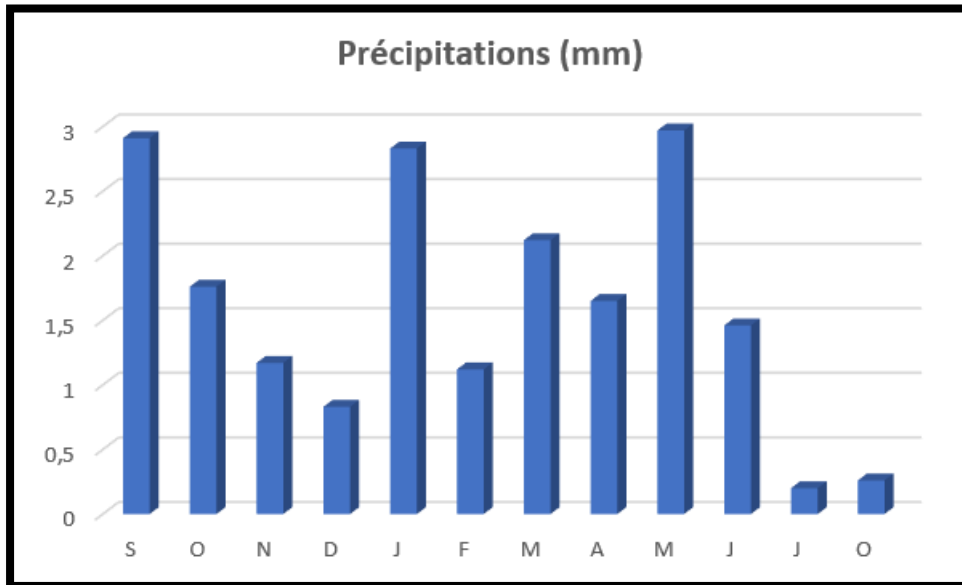


Figure I.8 : Précipitations mensuelles moyennes pour la région

Grâce au Diagramme, il devient clair pour nous que les précipitations sont très faibles tout au long de l'année et sont plus faibles et rares au mois de juillet et août, ce qui montre que la région a des années sèches, mais en raison des pluies irrégulières dans la région, il peut y avoir d'autres années qui sont témoins de tempêtes de pluie pendant quelques heures, dont les précipitations dépassent les précipitations annuelles complètes.

I .4.2.3. L'évaporation :

Les valeurs d'évaporation sont élevées en raison des valeurs de température élevées qui caractérisent la zone concernée par l'étude, où nous notons à travers les données climatiques que le taux d'évaporation augmente en été et diminue relativement dans les autres saisons, ce qui indique que la valeur de l'évaporation a une relation directe avec la température. D'après les données, nous pouvons voir une valeur maximale d'évaporation en juillet de 309 mm et une valeur minimale en janvier de 46 mm.

Tableau I.3: La répartition mensuelle d'évaporations (mm) (2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
EV (mm)	46	101	148	196	248	276	309	274	198	148	99	73	176.33

Source : Station météorologique d'Ain Amenas

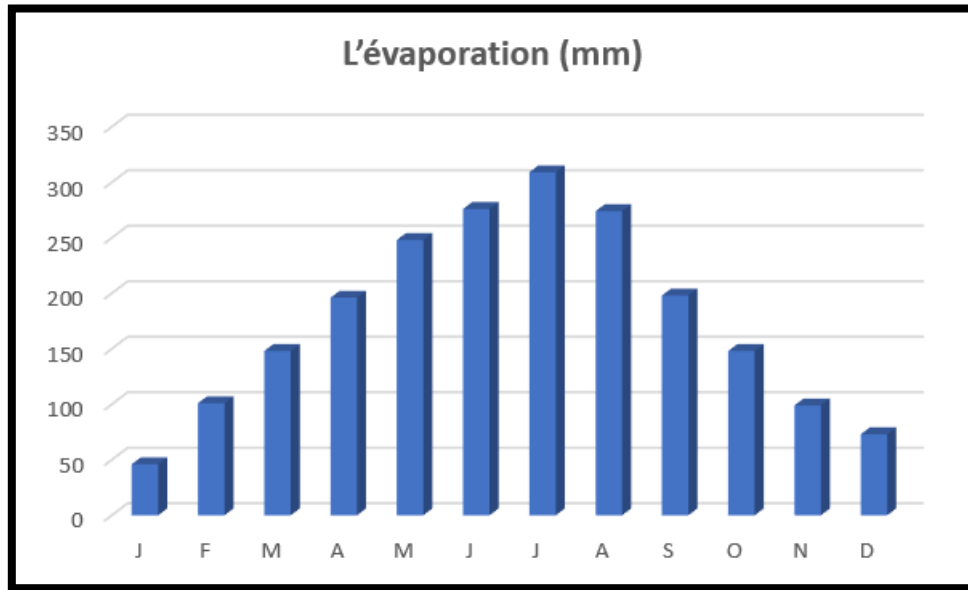


Figure I.9 : Évaporation mensuelle de la région

À travers le Diagramme, nous pouvons voir que l'évaporation a une relation directe avec l'humidité de l'air et la température, car nous remarquons que l'évaporation est à des valeurs maximales dans les mois avec une température élevée avec une augmentation de l'humidité, et avec des valeurs minimales dans les mois avec une température basse avec une diminution de l'humidité.

I .4.2.4. Vent :

Le cycle du vent est long pendant tous les mois de l'année et souvent sa vitesse est supérieure à 5 m/s, ce qui provoque des tourbillons de sable, et dans de rares cas sa vitesse est sévère jusqu'à 120 km/h et se caractérise par une direction générale du sud-est et de l'est.

Tableau I.4: La répartition mensuelle des vitesses des vents (k/h) (2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vmin (k/h)	1.7	1.5	1.6	1.9	1.9	2.1	2.3	2.3	2.4	2.4	1.5	2.2
Vmax (k/h)	3.7	4.5	3.1	2.6	3.8	3.4	4.8	5.2	5.2	4.6	4.6	4.2

Source : Station météorologique d'Ain Amenas

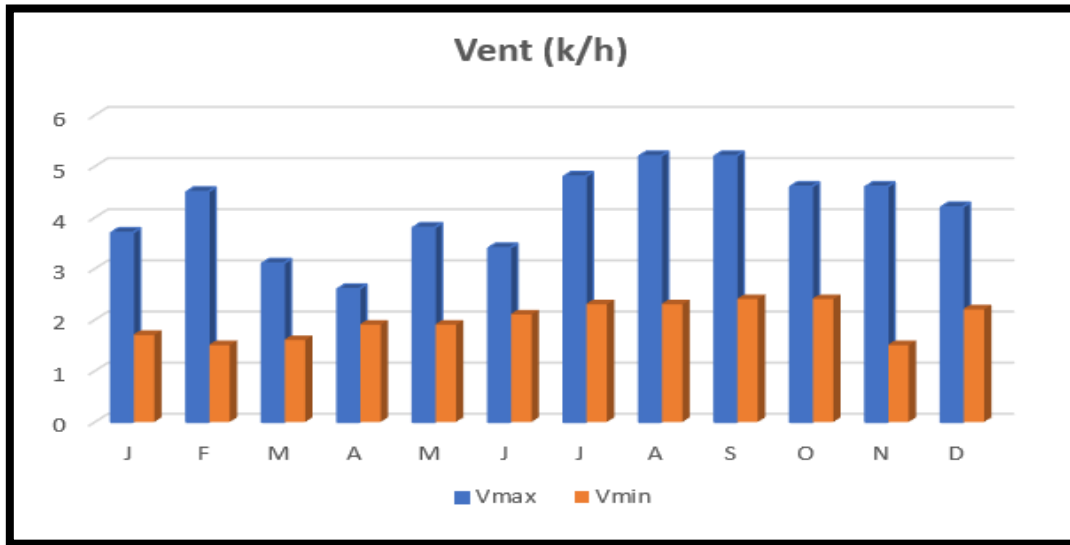


Figure I.10 : La répartition mensuelle des vitesses des vents

I .4.2.5. Insolation :

Tableau I. 5: Valeurs Moyennes mensuelles de l'insolation(2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (Heurs)	8.8	8.8	9.1	9.1	8.9	10	12.2	11.5	8.8	10	9.2	7.7

Source : Station météorologique d'Ain Amenas

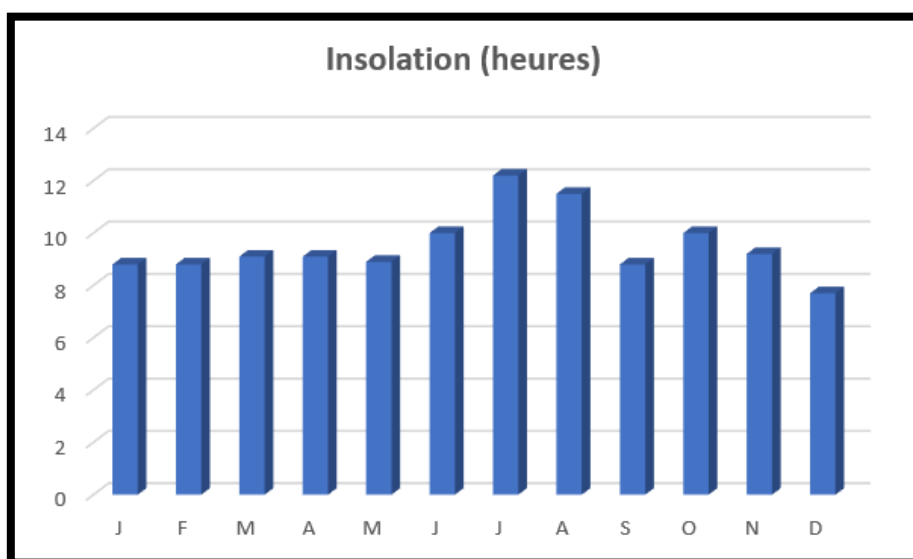


Figure I.11 : Valeurs Moyennes mensuelles de l'insolation

En moyenne, elle dure 10 heures par jour et varie naturellement selon les saisons et chaude, mais reste très élevée pendant l'année. L'insolation moyenne journalière est de : 8-9 heures en hiver et 10-12 heures en été.

I .4.2.6. Humidité relative de l'air :

Cette valeur illustre le rapport de pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air et la Pression de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression. Les Valeurs observées aux stations d'Illizi montrent que l'humidité est plus élevée en été qu'en Hiver et que ces valeurs peuvent osciller entre 23 et 33% En été les fortes températures dissipent la vapeur d'eau atmosphérique, ce qui explique les faibles valeurs de l'humidité pouvant descendre jusqu'à 19 %.

Tableau I.6: Valeurs mensuelles d'Humidité en (%) (2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidity (%)	21	26	23	23	22	38	37	38	39	28	31	32

Source : Station météorologique d'Ain Amenas

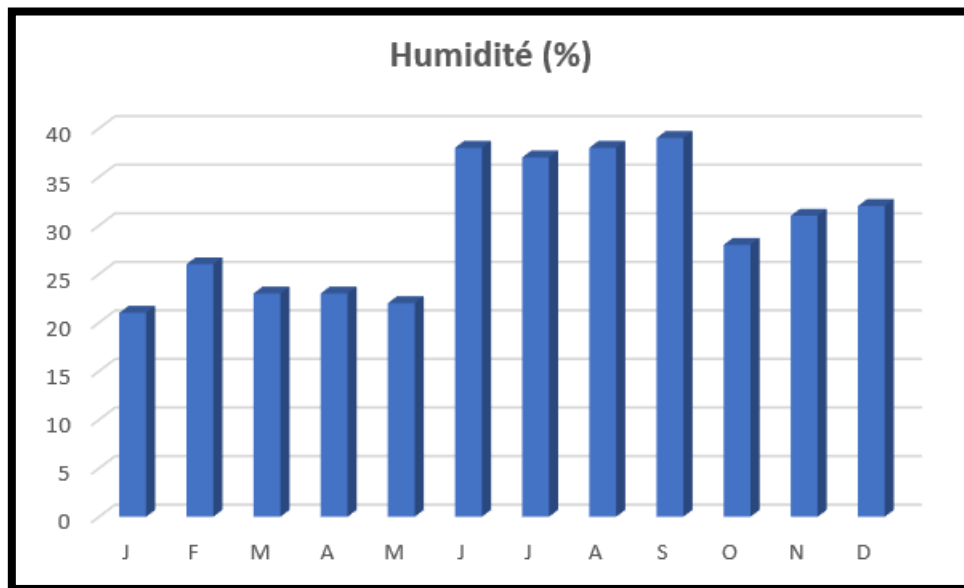


Figure I.12 : Humidité relative de l'air

I.4.2.7. Les indices Bioclimatiques :

Pour la classification du climat, on utilise des paramètres agrométéorologiques, qui se basent sur deux facteurs principaux :

La pluviométrie et la température

a) Indice d'aridité annuel de "DE MARTONNE" :

L'indice de Martonne est un paramètre qui permet de préciser le degré de sécheresse de la région, ce dernier nous renseigne sur la nécessité de l'irrigation par rapport au climat.

$$I_A = \frac{P}{T+10} \dots(2)$$

Avec : I_A : indice d'aridité.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Selon l'indice climatique de MARTONNE, Les limites des climats sont donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.7: Classification du climat selon Martonne

Valeurs de I_A	Type de climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique (Hyper aride)	Indispensable
$5 < I_A < 10$	Très sec (Aride)	Indispensable
$10 < I_A < 20$	Sec (Semi-aride)	Souvent indispensable
$20 < I_A < 30$	Relativement humide (Semi-humide)	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

Source : FAO

Dans notre cas : $P=19.46 \text{ mm}$; $T=22^\circ\text{C}$

Donc :

$$I_A = \frac{19.46}{22+10} = 0.61$$

D'après ces résultats nous remarquons que notre zone a un climat **Désertique (Hyper aride)**.

b) Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Parmi les méthodes fameuses qui servent à déterminer le type de climat ou l'étage bioclimatique est la méthode d'Emberger, cette méthode repose le diagramme de Sauvage composé par 2 axes (sur l'axe des X on a la température Moyenne du mois le plus froid et sur l'axe Y on a le quotient pluviothermique d'Emberger (Figure I.10) qui se calcule comme suit :

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2} \dots (3)$$

Avec : Q : coefficient pluviométrique d'EMBERGER.

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

M : moyenne des températures maximas du mois le plus chaud (en K).

m : moyenne des températures minimas du mois le plus froid (en K).

Dans notre cas : P = 19.46 mm

$$M = 35.6^\circ\text{C} = 308.75 \text{ K}$$

$$m = 5.5^\circ\text{C} = 278.65 \text{ K}$$

Donc :
$$Q = \frac{2000 \times 19.46}{308.75^2 - 278.65^2} = 2.2$$

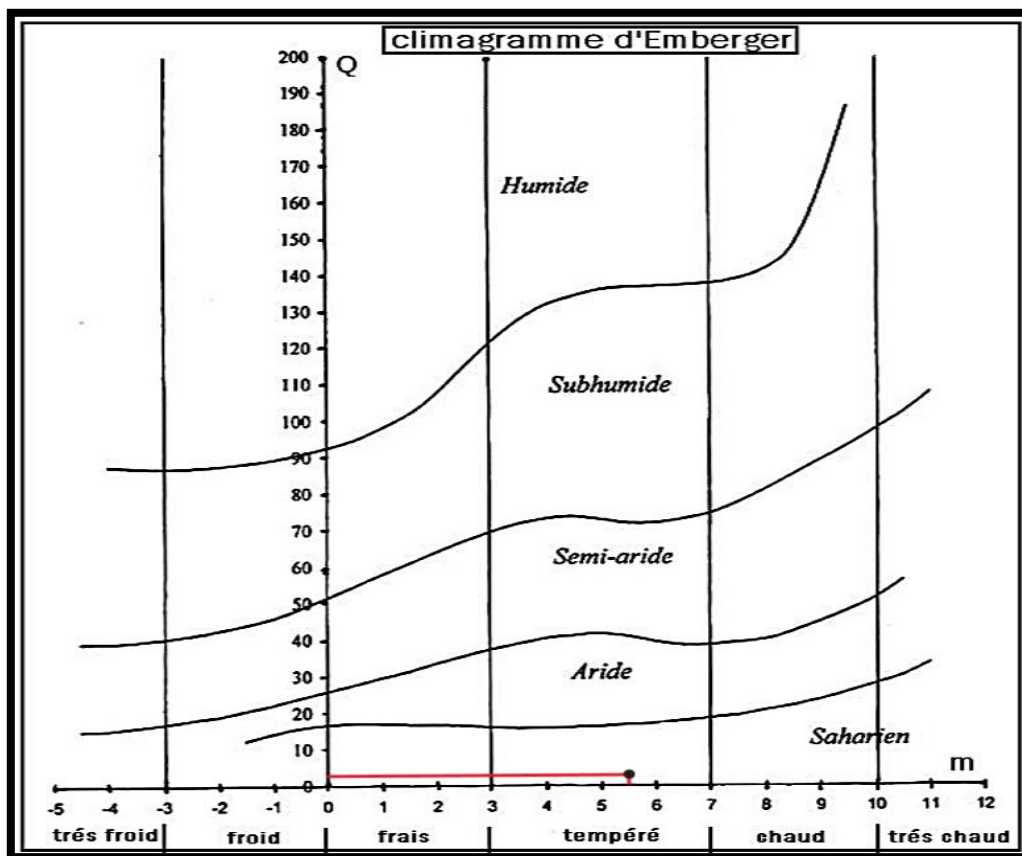


Figure I.13: Climagramme pluviothermique d'Emberger

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (m) en °C, on peut dire que le climat de notre région se situe dans :

L'étage bioclimatique : **saharien (désertique)**.

Sous étage : **Hiver tempéré**.

c) Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Il est appelé aussi diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$ établi selon la méthode mise au point par F. BAGNOULS et H. GAUSSEN. Ce diagramme nous permettra donc d'évaluer l'intervalle de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique.

Tableau I.8 : variation des Moyennes mensuelles de précipitations et de températures

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	2.83	1.12	2.12	1.65	2.97	1.46	0.20	0.26	2.91	1.76	1.17	0.83
Tmoy (°C)	11.7	10.5	18.3	23.4	27.5	30.1	29.5	28.9	27.3	23.3	17.4	12.9

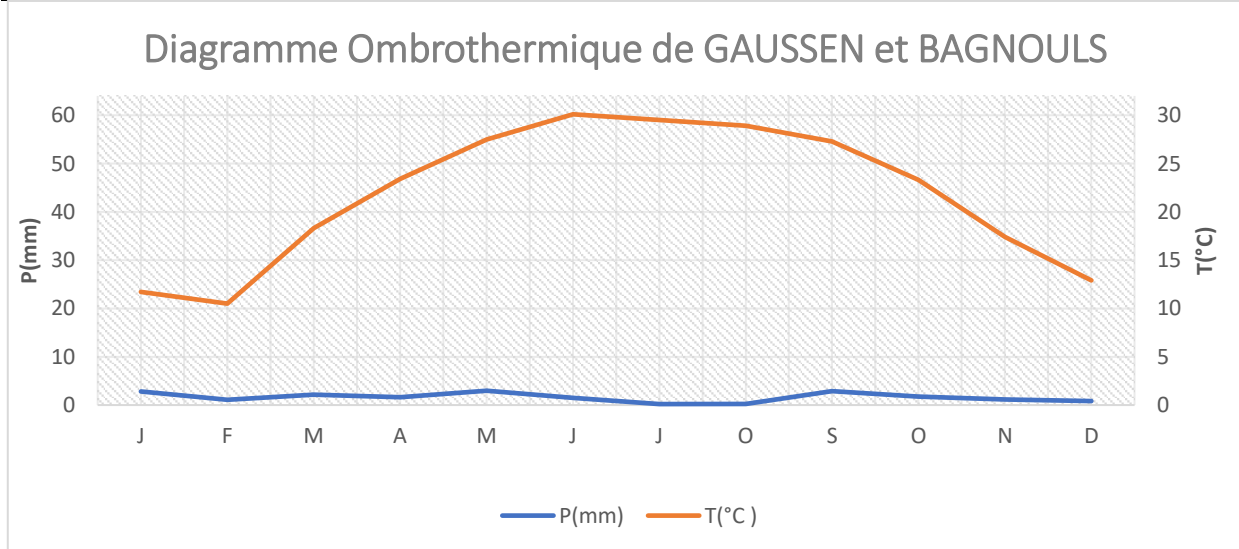


Figure I.14: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

À partir de ce diagramme Ombrothermique, Les deux courbes ne se croisent jamais donc on peut déduire qu'il n'y a pas une période humide et la période sèche s'étale tout le long d'année.

I .4.3. Hydrogéologie de la région :

Dans l'étude, nous limiterons l'étude hydrogéologique à la couche d'eau de surface car elle est la cause principale du phénomène de remontée des eaux, et donc nous créerons une carte piézométrique afin de déterminer les caractéristiques de cette couche à partir de la direction de l'écoulement (Sens d'écoulement) et de l'inclinaison hydraulique (Gradient hydraulique) car ces caractéristiques sont importantes pour l'étude de tout aquifère afin de déterminer la vitesse d'écoulement et le débit.

Afin de déterminer les niveaux piézométriques de la couche superficielle, nous avons mesuré la profondeur de la couche par des fosses par la sonde (Perçage par sonde), où le processus a été effectué comme suit :

- Déterminer les lieux de forage d'une manière qui inclut toutes les deux basses zones où l'eau apparaît à la surface et tout ce qui les entoure, où dans la zone n°1 nous avons trouvé 12 piézomètres, dont certains sont concentrés au centre de la zone et le reste l'entoure d'une distance d'environ 150 m. La zone n°2 contenait 15 piézomètres, dont certains sont centrés au centre et le reste l'entourant à une distance de plus de 170 mètres.
- Laissez les fosses pendant au moins deux heures et cela afin de laisser suffisamment de temps à l'eau pour s'accumuler et se déposer dans le piézomètre.
- Mesurer la profondeur de l'eau à l'intérieur de la fosse en prenant les hauteurs naturelles du sol de chaque trou.
- Calcul du niveau piézométrique de chaque piézomètre par la relation suivante :

$$NP = Z - Pr$$

Où : NP : Niveau piézométrique (m)

Z : niveau du sol pour chaque piézomètre (m)

Pr : Profondeur des eaux de surface (m)

Tableau I.9 : Piézomètres prélevés de la zone d'étude

Niveau piézométrique NP (m)	Profondeur de la couche d'eau de surface P _r (m)	Coordonnées			Piézomètre	Numéro de zone
		Z (m)	Y	X		
360.30	0.20	360.500	5369.6700	2446.9900	P1	La zone numéro 01
360.25	0.55	360.800	5352.2300	2380.3300	P2	
360.30	0.50	360.800	5334.7500	2333.7200	P3	
359.64	0.40	360.040	5289.1300	2332.1100	P4	
359.90	1.00	360.900	5261.5200	2342.8200	P5	
360.30	0.40	360.700	5299.9300	2380.9000	P6	
360.55	0.50	361.050	5507.0000	2557.5400	P7	
360.28	0.80	361.080	5526.6700	2552.2800	P8	
359.04	2.00	361.040	5553.7500	2545.0700	P9	
360.130	0.70	360.830	5354.4700	2345.0900	P10	
360.261	0.40	360.661	5406.5600	2413.8900	P11	
360.363	0.40	360.763	5419.1400	2484.2800	P12	
360.124	0.95	361.074	5525.3534	3343.7828	P1	La zone numéro 02
359.574	0.73	360.304	5540.2729	3374.8743	P2	
358.518	0.46	358.978	5545.1831	3448.6509	P3	
358.627	0.35	358.977	5554.3934	3465.4193	P4	
358.592	0.26	358.852	5542.6548	3461.4318	P5	
358.681	0.19	358.871	5529.2301	3468.4881	P6	
358.765	0.12	358.885	5552.6749	3480.3616	P7	
358.788	0.10	358.888	5549.5373	3486.9450	P8	
358.801	0.07	358.875	5547.0470	3487.0009	P9	
358.293	0.70	358.993	5446.4582	3456.3068	P10	
358.511	0.74	359.251	5476.5110	3671.5689	P11	
358.307	0.83	359.137	5531.3369	3629.3623	P12	
358.497	0.89	359.387	5608.3870	3614.2895	P13	
358.413	0.90	359.313	5624.0139	3671.2522	P14	
358.583	0.95	359.533	5632.4920	3708.1750	P15	

Source : société de FELDS PATH d'étude ,suivi et réalisation 2021

À partir des données du tableau, nous pouvons élaborer une carte piézométrique de la zone à l'aide de Logiciel Surfer 8, et nous pouvons créer une carte des zones affectées par la remontée d'eau à la surface :

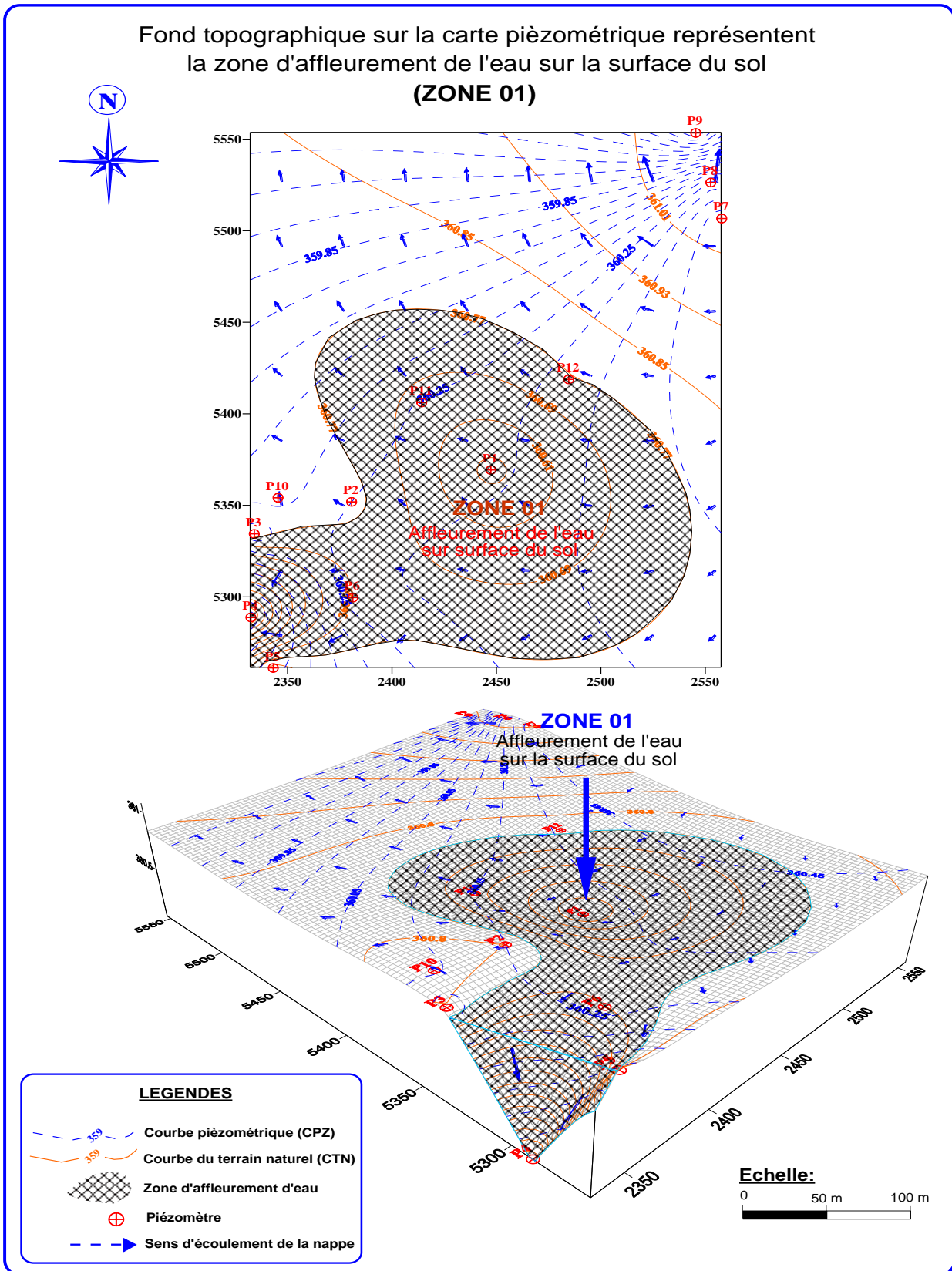


Figure I.15: fond topographique sur la carte piézométrique représentent la zone d'affleurement de l'eau sur la surface (zone 01)

Source : société de FELDS PATH d'étude ,suivi et réalisation 2021

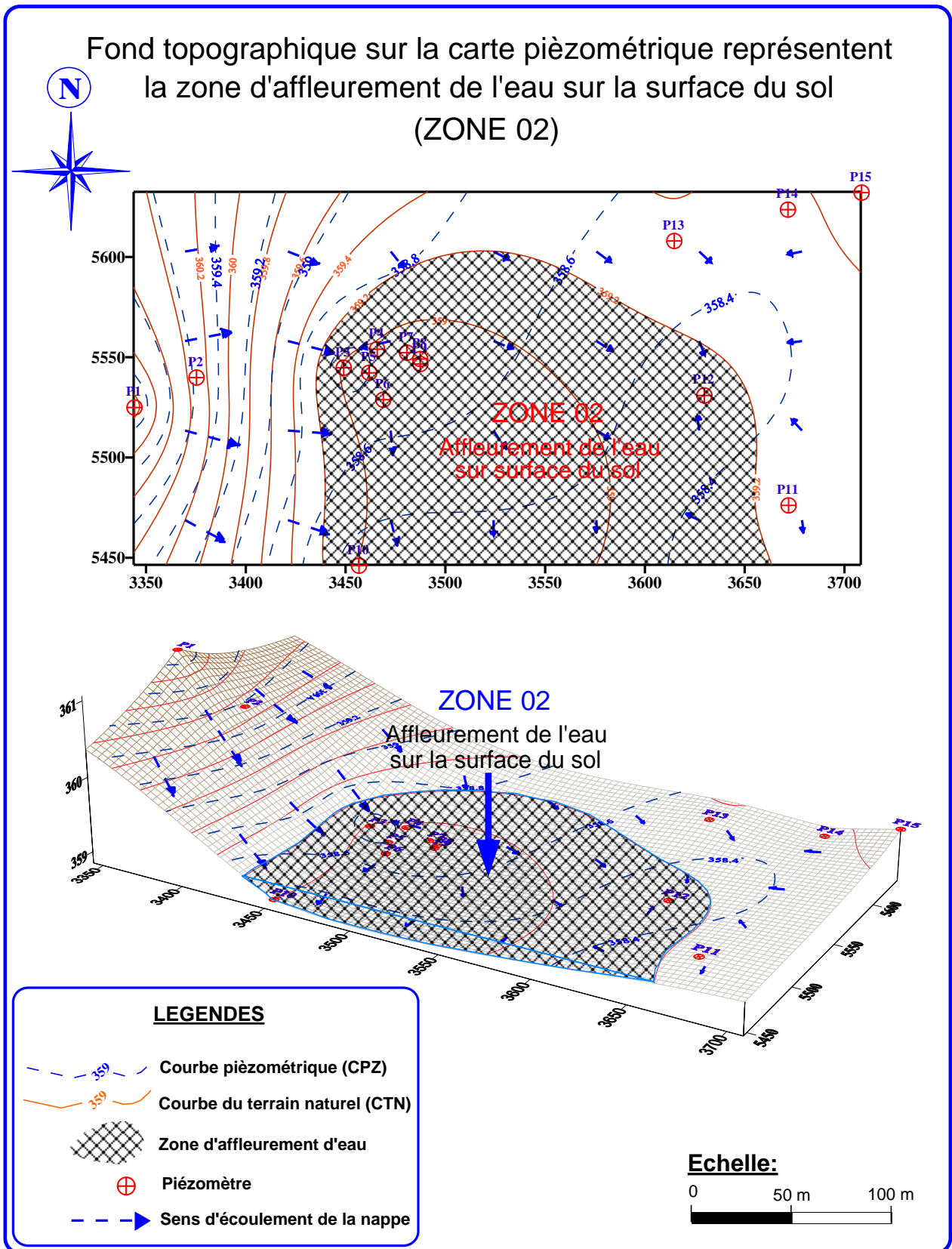


Figure I.16: fond topographique sur la carte piézométrique représentent la zone d'affleurement de l'eau sur la surface (zone 02)

Source : société de FELDS PATH d'étude ,suivi et réalisation 2021



Figure I.17: position des deux basses zones dans la zone d'étude

Source : société de FELDS PATH d'etude ,suivi et réalisation 2021

Interprétation :

Les cartes élaborées montrent les niveaux piézométriques de la couche superficielle ainsi que les niveaux naturels du sol comme indiqué par la clé de la carte, en plus de la direction du ruissellement pour la couche étudiée, où nous avons constaté que la direction générale du ruissellement est ouest-est, ce qui indique que l'eau provient de la zone agricole n°1 à la suite d'une irrigation continue sans drainage pour recueillir et remonter à la surface dans la zone basse n°2 comme indiqué dans la perspective jointe à la carte, ainsi qu'avec la zone basse n°1. Ce qui indique que la principale raison de la montée des eaux est l'irrigation sans drainage.

I .4.4. Géomorphologie et géologie de la région :

La zone est située dans un bassin semi-plat entouré de hauteurs, et ce bassin semble représenter un fond marin bordé de zones non touchées par l'érosion, avec des couches géologiques formées à partir de couches minces composées principalement de fossiles, l'épaisseur de ces couches est de quelques dizaines de centimètres, où elles représentent les sédiments marins du chevauchement continental. Quant au Quaternaire moderne, il est représenté par les dunes de sable qui sont abondantes.

En étudiant une coupe longitudinale du plancher de la zone d'étude, nous avons constaté qu'elle se compose des éléments suivants :

- Le premier horizon : sable de limon blanc avec sol argileux de 0 m à 01 m.
- Deuxième horizon : sable limon blanchi ou rougeâtre d'une épaisseur de 4 m.
- Troisième horizon : argile limoneuse sableuse, qui est une couche très compacte de couleur brun rougeâtre d'une épaisseur de 6 m.

I .5. Conclusion :

D'après l'étude climatique de la région, nous avons constaté que la région a un climat désertique hyper aride très chaud et se caractérise par la rareté des précipitations ou l'irrigation s'avère indispensable.

La région manque de sources d'eau de surface en raison de l'assèchement de ses vallées, où la dépendance totale de l'approvisionnement en eau est par l'exploitation des sources d'eau souterraine.

Chapitre II : Ressources en eau et en Sol

II.1. Introduction :

L'objectif de ce chapitre consiste à identifier les caractéristiques fondamentales des ressources hydriques disponibles dans notre zone d'étude, et à examiner en détail les précipitations, qui jouent un rôle crucial dans l'analyse de notre projet lié à l'hydro-agriculture. L'examen se focalise sur l'évaluation de la qualité de l'eau. De plus, une enquête pédologique de la zone d'étude est entreprise pour déterminer avec précision la qualité du sol et évaluer la capacité des différentes zones.

Ceci nous permet d'établir la corrélation entre l'eau et le sol, notamment en ce qui concerne des paramètres tels que le volume d'eau et la vitesse d'infiltration. Ces éléments jouent un rôle essentiel dans la détermination des dimensions nécessaires pour notre projet d'assainissement agricole.

II.2. Ressources en eau :

II.2.1. Introduction :

Afin d'assurer une mise en œuvre efficace d'un projet d'irrigation ou de drainage, il est impératif de conduire une analyse approfondie qui aborde à la fois les caractéristiques qualitative et quantitative de l'eau. En d'autres termes, cela implique l'interprétation des divers paramètres physico-chimiques en vue de caractériser la qualité de l'eau de manière précise.

II.2.2. Les ressources superficielles :

Comme nous l'avons mentionné précédemment dans l'étude hydrologique et climatique, la zone d'étude est une zone sèche, ce qui signifie l'absence de précipitations tout au long de l'année, à l'exception de quelques précipitations négligées et aléatoires, où la moyenne annuelle actuelle a atteint 17 mm, ce qui est une quantité négligée et n'est guère une cause du phénomène de remontée de l'eau.

Le taux de couverture actuel du réseau d'assainissement pour la zone est de moins de 60%, certains canaux de drainage des eaux de surface étant incapables de drainer l'eau suintante devant le grand débit observé, un sol complètement saturé dans la plupart des zones.

II.2.3. Les ressources en eau souterraines :

II.2.3.1. Les nappes :

Voici les différents aquifères du bassin d’Illizi :

Tableau II.1 : les principales ressources en eau exploitées dans la wilaya (ANRH d’illizi) 2021

N°	Nom de nappe	Localisation	Profondeur(m)
01	Cambro - Ordovcien	Tin Alkoum, Djanet, Tarat	100-600
02	Dévonien Inférieur	Illizi, Issendjel, Lahdeb Laarach	350-1450
03	Des formations Carbonifères	In Aménas – Ohanet	800-1100
04	Du continental Intercalaire (C.I)	Deb Deb - Bordj Omar Driss	400-1000
05	Du Complexe Terminal (C.T)	Bordj Omar Driss	250-400
06	Inféro - Flux	Les remplissages alluvionnaires des oueds	15-70

Notre zone fait partie de la région de bordj Omar Driss est situé sur deux nappes les quelles :

a) Le système aquifère du Continental Intercalaire (CI) :

La nappe est captée par 162 forages dont 103, seulement sont exploités à des profondeurs moyennes (400 à 500m) à T.F.T, Ohanet et B.O.D, ou (de 800 à 1200m) à Rhourd Nouss et au Nord de Deb Deb.

Les eaux de la nappe sont jaillissantes (pression Tabankort Zemelet Mederba et au Nord de Deb Deb tandis qu'elles sont exploitées par pompage à Tinfouyé, Ohanet, Sud de Deb Deb et Stah.

b) Le système aquifère du Complexe Terminal (CT) :

Caractérisé par sa faible profondeur et sa facilité de captage, la nappe du complexe terminal (CT) est très sollicitée pour l’AE.P et l’irrigation. Le nombre total des forages est de 33 tous en service.

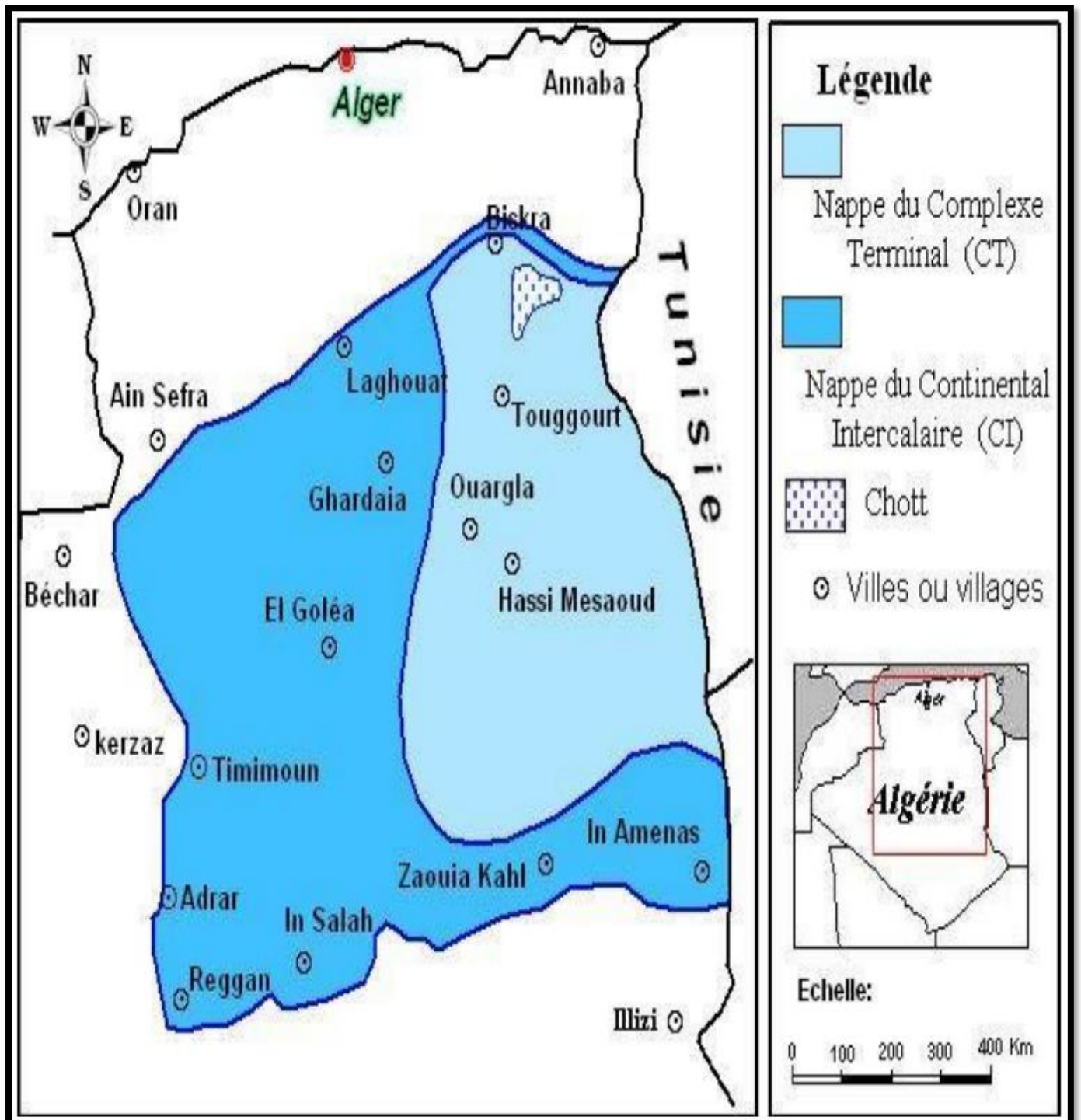


Figure II.1 : Carte des ressources en eaux souterraines (UNESCO,1972)

II.2.3.2. Les puits et forages :

En conséquence, à la suite d'inspections sur le terrain, de mesures géométriques du niveau piézométrique dans les zones saturées et semi-saturées, ainsi que de visites dans les forêts voisines de la zone, les constatations suivantes ont été relevées :

1. L'oasis 01 (Ben Grini 2), située à l'extrême nord-est de la zone semi-aride, et elle est équipée d'un puits artésien ayant un débit de 25 l/s, ceci en l'absence de canaux de drainage agricole.
2. L'oasis 02 (Ben Grini 1), positionnée à l'extrême nord de la région, est également caractérisée par des conditions semi-arides et dispose d'un puits artésien produisant un débit de 50 l/s, sans la présence de fossés de drainage agricole.
3. En ce qui concerne les oasis (Ben Salem) qui sont équipées de puits artésiens affichant un débit de 30 l/s, et étant adjacente à des zones urbanisées, situées principalement dans la bande frontalière au nord de la zone habitée, les observations suivantes ont été enregistrées :
 - a. L'oasis A est située au nord de la zone saturée 01 définie par une clôture et au nord de la station de pompage des eaux usées domestiques.

Après l'inspection sur le terrain, nous avons constaté ce qui suit :

- Un puits négligé qui a été abandonné et fermé de manière traditionnelle.
- Un puits négligé avec des inondations permanentes et des marécages dans l'oasis.
- Un réseau d'irrigation à l'intérieur de l'oasis avec des inondations, la croissance des arbres forestiers, la disparition partielle des palmiers et l'absence totale de plantations de subsistance.
- La présence d'une tranchée pour le déversement d'eau agricole sur l'axe de l'oasis est complètement négligée et presque recouverte de poussière, ce qui signifie qu'il n'y a pas d'écoulement d'eau.

En réponse à ce flux ininterrompu d'eau provenant de puits agricoles sans aucune régulation des pratiques d'irrigation conventionnelles, combiné à l'absence de systèmes de drainage agricole et à la proximité de la zone urbaine, l'eau a stagné et s'est accumulée dans les zones basses, spécifiquement la Zone 01.

- b. L'oasis B est située au nord-ouest de la zone saturée 01 et à l'ouest de l'oasis A

Après l'inspection sur place, nous avons constaté ce qui suit :

- Un puits, pour l'irrigation, avec un bassin en terre dédié à la collecte de l'eau et des ruisseaux de terre qui sont distribués aux agriculteurs avec un débit permanent et un débit important.
- Un autre puits, pour l'irrigation, est équipé d'un réseau de canaux de ciment à faible débit.
- Un réseau d'arrosage à l'intérieur de l'oasis avec des inondations, la croissance d'arbres forestiers et la présence de plantations de subsistance.
- L'absence de fossé pour le drainage des eaux agricoles au niveau de l'oasis.

Confrontée à un flux continu d'eau issu de puits agricoles et dépourvu de toute régulation des méthodes d'irrigation traditionnelles, ainsi qu'à l'absence de systèmes de drainage agricole et à la proximité de la zone urbaine, cette eau a stagné et s'est accumulée dans les zones en contrebas, notamment la Zone 01.

- c. - L'oasis C est située au nord de la zone saturée 02 et à l'est de l'oasis B

Après l'inspection sur place, nous avons constaté ce qui suit :

- Un puits pour l’irrigation est permanent et avec un débit important.
- Arrosage des ruisseaux à l’intérieur de l’oasis (méthode d’irrigation par immersion) avec inondations, croissance des arbres forestiers, présence de plantations de subsistance.
- L’absence de fossé pour le drainage des eaux agricoles au niveau de l’oasis.

Face à ce flux constant d’eau provenant de puits agricoles sans aucune forme de régulation des méthodes d’irrigation habituelles, à l’absence de drainage agricole et à la proximité de la zone urbaine, cette eau a stagné et est apparue dans la zone basse (zone 02).

4. - Pour l’oasis de l’extrême nord, appelée « tiyara », elle est équipée d’un puits artésien d’un débit de 20 l/s

II.2.4. Etude de la qualité de l’eau d’irrigation :

Avant d'entreprendre tout projet d'aménagement agricole, il est crucial d'examiner la qualité de l'eau destinée à l'irrigation. À cet effet, il est essentiel de vérifier certains facteurs clés.

Des analyses sont à notre disposition pour décrire les propriétés des eaux, étant donné qu'elles seront combinées avec des débits équivalents. Ainsi, la moyenne des résultats obtenus est toujours prise en considération. Toutes les données disponibles sont regroupées dans les tableaux présentés ci-dessous :

C1=forages bengrini 1,2

C2=forage Bensalem

C3=forage tiyara

Tableau.II.2 : les coordonnées des puits de captage au niveau de la zone d’étude

Puits de captage	Coordonnées		Profondeur Z/sol en (m)	Débit En (l/s)
	Longitude (X)	Latitude (Y)		
C1	6.753864 E	28.108853 N	291.000	75 l/s
C2	6.759850 E	28.105560 N	294.154	30 l/s
C3	6.762704 E	28.111995 N	295.159	20 l/s

Source ANRH illizi 2021

II.2.4.1. Paramètres Physique :

Les caractéristiques physiques de l'eau consistent en des mesures qui détaillent les propriétés physiques de l'eau en ce qui concerne sa structure, sa réaction et ses interactions. Ces paramètres jouent un rôle crucial dans la compréhension des propriétés physiques et des comportements de l'eau dans divers domaines, incluant la chimie, la biologie, l'ingénierie et l'environnement.

Tableau.II.3 : Paramètres physiques sur l'ensemble des eaux prélevé

Forage	Conductivité(umohs/cm)	Minéralisation (mg/l)	PH	RS (mg/l)
C1	2450	1519	7.5	1640
C2	2380	1476	7.9	1600
C3	2300	1743	7.7	1710
moy	2377	1579	7.7	1650

Source ANRH illizi 2021

II.2.4.2. Paramètres Chimiques :

Les paramètres chimiques de l'eau sont des caractéristiques qui décrivent la composition chimique de l'eau en termes de ses constituants et de leurs concentrations. Ces paramètres comprennent des éléments tels que les niveaux de différents ions (tels que les ions calcium, magnésium, sodium, chlorure, etc.), le pH (qui mesure l'acidité ou l'alcalinité), la concentration en oxygène dissous, la présence de substances organiques et inorganiques, ainsi que d'autres composés chimiques présents dans l'eau. Ces paramètres chimiques sont essentiels pour évaluer la qualité de l'eau, comprendre les processus chimiques qui y ont lieu et surveiller les impacts environnementaux.

Tableau.II.4 : Paramètres chimiques des eaux de forage

Forage	Résultats en Mg/l								En Meq/l	
	Ca	Mg	Na	K	Cl	So4	CO3H	NO3	Cations	Anions
C1	148	51	239	7	398	460	227	7	22,13	24,58
C2	143	65	235	7	376	480	181	9	22,80	23,69
C3	176	58,3	241	4,3	430	512	206	10	-	-
Moy.	156	58,1	238,33	6,1	401	484	204,6	8,6		

Source ANRH illizi 2021

II.2.5. L'évaluation de la qualité de l'eau :

II.2.5.1. La conductivité électrique :

Lorsqu'on trace la relation entre la conductivité et le SAR (exprimé en meq/l) sur un graphique semi-logarithmique, on peut évaluer la qualité des eaux et les classer en fonction des restrictions d'irrigation, comme suit :

La conductivité électrique : Cette caractéristique est liée à la mobilité des ions et est mesurée à 25°C, elle est exprimée en mmhos/cm.

Il existe quatre catégories de risque de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau.II.7 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé

Tel que :

- C1 : convient pour toutes les cultures.
- C2 : convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- C3 : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
- C4 : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

Application :

L'eau de notre ressource prévue pour l'irrigation du périmètre a une conductivité de $CE=2,38$ mmhos/cm,

Interprétation :

Notre eau est de classe C4 avec une Eau de risque très élevé de salinité.

Conclusion :

Norme de conductivité électrique de l'eau de l'ordre de 0,8 à 1,5 millisiemens par centimètre (ms/cm) est souvent considérée comme acceptable pour la culture ????

II.2.5.2. Coefficient d’adsorption du sodium S.A.R :

La qualité des eaux pour l’irrigation est déterminée par la méthode de Sodium Absorption Ratio (S.A.R.). Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d’alcalinisation des eaux, qui est calculé par la formule suivante : Avec : Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺ en méq/l.

La classification est basée principalement sur l’effet du sodium sur les conditions physiques du sol :

Classe S1 : SAR de 10 et moins, avec un bas taux de sodium : l’eau peut être utilisée sur pratiquement n’importe quel type de sol avec un risque minimal d’accumuler du sodium à un niveau dommageable.

Classe S2 : SAR de 10,1 à 18 taux moyen de sodium : l’eau présente un danger appréciable d’accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d’échange cationique (CEC) élevée. Par contre, l’eau peut être utilisée dans les sols sableux ayant une bonne perméabilité.

Classe S3 : SAR de 18,1 à 26 haut taux de sodium : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols. L’utilisation d’amendements tels que le gypse pourrait être nécessaires pour échanger les ions Sodium. De plus, les pratiques culturales augmentant le drainage seront requises plus fréquemment.

Classe S4 : SAR au-dessus de 26,1 très hauts taux de sodium : cette eau est généralement inadéquate pour l’irrigation.

Tableau II.8 : Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	S.A.R.	Danger
S 1	SAR≤10	Risque faible
S2	10<SAR≤18	Risque moyen
S3	18<SAR≤26	Risque élevé
S4	SAR>26	Risque très élevé

Application :

Le niveau d'adsorption du sodium est déterminé à l'aide de la formule qui suit :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}\dots(4)$$

Avec : (Na : Sodium, Ca : Calcium, Mg : Magnésium) en [meq/l]

Meq = (Mg/ Masseatomique) ×la valence

Initialement, une conversion des minéraux est réalisée, et les résultats sont transcrits dans le tableau présenté ci-dessous :

Tableau.II.5 : Conversion de mg/l au meq/l

Minéraux	Masse atomique	Valence	Meq/l		
			C1	C2	C3
Na	23	1	10,39	10,21	10.47
Mg	24,3	2	4,19	5,35	4.8
Ca	40	2	7,4	7,15	8.8

Suite à l'application de la formule du SAR, les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau.II.6 : les valeurs du SAR mesuré sur les différents forages

Forage	C1	C2	C3	Moy.
SAR	4,37	4,08	4,015	4,16

Interprétation :

Notre eau est de classe S1 avec un Risque faible d'alcalisation.

D'après les résultats du calcul de la conductivité électrique $CE = 2,377$ mmhos/cm, et le rapport d'absorption du sodium SAR de l'eau d'irrigation SAR (Égal à 4,16). On utilise le diagramme de Riverside (figure II.2).
 Classe C4, S2

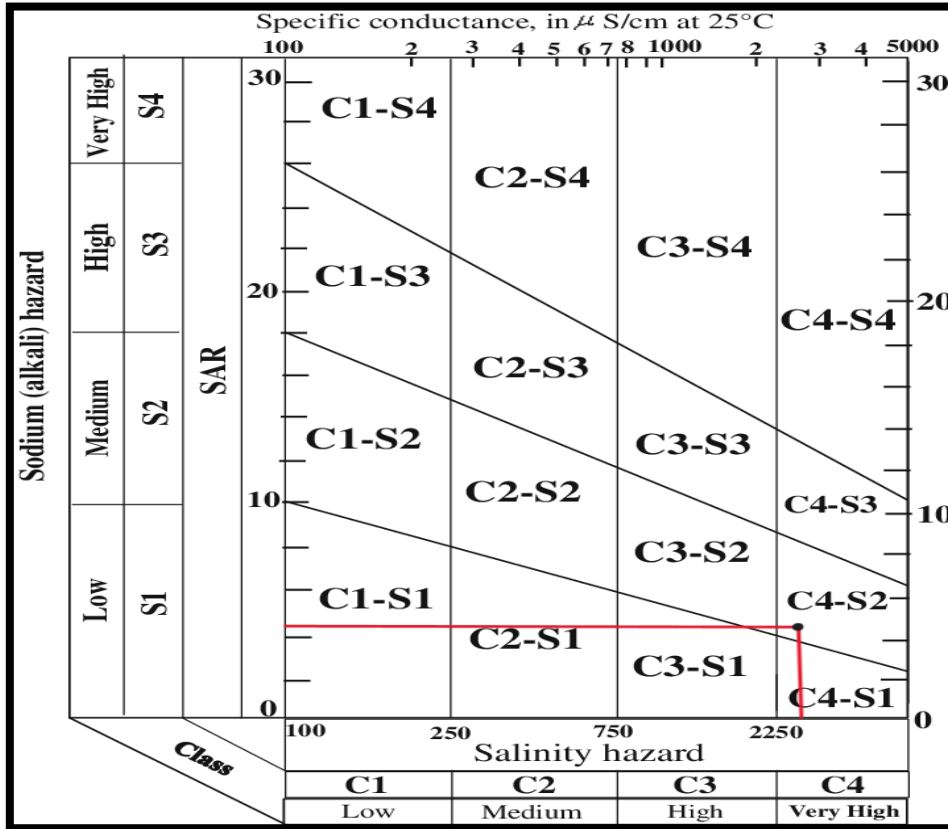


Figure II.2 : Diagramme de Riverside pour la classification des eaux

Conclusion :

En se basant sur le diagramme de catégorisation des eaux d'irrigation, il est possible de conclure que notre eau présente une salinité considérablement élevée, accompagnée d'un niveau moyen de risque d'alcalinité (C4, S2).

II.2.5.2. Le potentiel hydrogène (PH) :

La variation du pH des eaux dans la zone d'étude est relativement limitée et tend généralement vers la neutralité, exhibant toutefois une tendance légèrement alcaline. De plus, la majorité des eaux affichent un profil alcalin bicarbonaté, attribuable au fait que le pH est le plus souvent inférieur à 8.

II.3. Ressources en sol :

II.3.1. Introduction :

Les ressources en sol englobent les propriétés, la capacité de fertilité, la structure chimique et physique du sol, ainsi que les manières dont il peut être avantageusement exploité pour le bien-être de l'humanité et de l'écosystème. Ces ressources jouent un rôle fondamental dans le soutien de la croissance des plantes et des animaux, la production alimentaire, la préservation de la biodiversité, la gestion des ressources en eau, ainsi que dans diverses activités humaines telles que la construction et l'extraction minière.

La mise en place d'un système de drainage requiert une analyse approfondie des caractéristiques du sol, et l'étude pédologique nous permet d'obtenir des informations supplémentaires concernant la zone d'étude.

II.3.2. Géologie de la zone :

La région est située dans un bassin légèrement incliné, entouré de collines. Ce bassin semble avoir été autrefois recouvert par la mer, avec des strates géologiques principalement constituées de couches minces contenant des fossiles. Ces couches ont une épaisseur de quelques dizaines de centimètres et montrent des superpositions de sédiments marins continentaux. En ce qui concerne la période géologique récente, on observe une abondance de dunes de sable.

Lors de l'examen d'une coupe longitudinale du sol dans la zone d'étude, nous avons identifié les éléments suivants :

- Le premier horizon, qui s'étend de 0 à 1 mètre, est composé de sable limoneux blanc avec une couche d'argile.
- Le deuxième horizon, d'une épaisseur de 4 mètres, est constitué de sable limoneux blanchi ou rougeâtre.
- Le troisième horizon, d'une épaisseur de 6 mètres, est une couche très dense d'argile limoneuse et sableuse, de couleur brun-rouge.

Voici les couches de trois différents zones de la région :

Tableau II.9 : Zone 01 : Zaouia Sidi Moussa vers le réservoir d'eau.

La couche	Profondeur (m)
Sable limon rouge entrecoupé de bandes d'argile brun rougeâtre.	3 – 0
Cartilage rougeâtre	5 – 3
Vert rouge	8 – 5
Cartilage rougeâtre	10 – 8

Tableau II.10 : Zone 02 : Zaouia Sidi Moussa vers le réservoir d'eau.

La couche	Profondeur (m)
Sable limoneux blanchi à grains grossiers.	0.5 – 0
Vert rouge	3.5 – 0.5
Légumes bruns rougeâtres	6.5 – 3.5
Vert rouge	8 – 6.5
Argile rouge avec cristaux de gypse	14 – 8
Légumes bruns rougeâtres	15 – 14

Tableau II.11 : Zone 03 : Zaouia Sidi Moussa vers le réservoir d'eau.

La couche	Profondeur (m)
Sable limon rouge	3 – 0
Légumes bruns rougeâtres	5 – 3
Vert rouge	6.5 – 5
Légumes bruns rougeâtres	10 – 6.5

Source : Laboratoire des travaux publics Sud LTPS

II.3.3. Caractéristiques morphologiques et analyse des sols :

A. Les sols peu évolués

Les sols peu évolués ont un profil de type AC et caractérisés par une faible altération du milieu minéral et une faible teneur en matière organique. On les rencontre sur plusieurs types de roches : alluvions récentes, alluvions anciennes, encroutement calcaire et dalle calcaire.

Il s'agit de sols formés aux dépens d'un matériau transporté par l'eau, la matière organique, le plus souvent à évolution rapide s'incorpore profondément, Ils sont calcaires dès la surface et a texture fine a très fine.

Profil n°1 :**o Situation :**

- Localisation : a 15 m d'un forage
- Site : zone numéro 1
- Topographie : plane
- Géomorphologie : terrasse alluviale
- Charge de surface : 10-15% de cailloux et graviers calcaires
- Drainage externe : nul
- Erosion : nulle
- Microrelief : plat
- Aptitude : bonne
- Roche mère : alluvions récentes
- Classification : sols peu évolués- non climatique- d'apport alluvial- modal- sur alluvions récentes- profond- texture argileuse.

o Description des horizons :

0-30 cm : état frais, couleur 10YR 5/3.5 (brun), humide, texture argileuse, structure massive a sous structure polyédrique moyenne, collant (trempé), plastique (état humide), cohérent, compact, non poreux, activité biologique faible a nulle, Hcl+++ , transition nette.

30-115 cm : état frais, couleur 10 YR 5/3.5 (brun), humide, texture argileuse, structure massive a sous structure polyédrique prismatique, fiable, collant (trempé), plastique (état humide), peu cohérent, peu poreux (micropores), activité biologique faible (restes des coquilles d'escargots, gastéropodes et quelques radicelles), réaction à l'HCL relativement importante.

Tableau II. 1: Résultat analytique du profil 1.

Profondeur (cm)	0-30	30-115
<u>Granulométrie :</u>		
Argile %	57	56
Limons fins%	28	28
Limons grossiers%	8	8
Sables fins%	3	3
Sables grossiers%	1	0
<u>Matière organique :</u>		
Matière organique%	2.41	1.93
C%	14	11.2
N%	1.42	1.19
C/N	10	9
<u>Reserve minérales :</u>		
CaCo3 total	27	27.4
CaCo3 actif	14.74	15.37
P205 total a P%	4.83	4.22
P205 assimilable (ppm)	210	95
K2o%	3.14	3.59
K2o assimilable mg/100g	40	24
<u>Complexe absorbant :</u>		
Ca++ en meq/100g	34	35
Mg++ en meq/100g	3.79	3.20
K+ en meq/100g	0.87	1.63
Na+ en meq/100g	-	-
T en meq/100g	31	35
<u>Solution du sol :</u>		
pH	7.90	7.80
CE mmhos/cm	1.69	1.57
<u>Caractéristiques physiques :</u>		
pF 4.2	25	24.4
pF3	30.8	29
K Henin	4.1	12.4
Is	3.8	1.8

B. Les sols Calc magnésiques :

Les sols calcaires sont des sols dont l'évolution est marquée par la présence en excès d'ions alcalino-terreux. Il y a deux raisons principales à cette présence de calcaire :

Les roches sont fréquemment calcaires puis le régime pluviométrique est peu favorable à un entrainement profond des solutions et en conséquence, a un lessivage du calcaire hors des sols. Ils sont généralement caractérisés par la présence de trois horizons principaux.

Dans la partie moyenne du sol, un horizon d'accumulation de calcaire : horizon Bca qui peut être plus ou moins développer ils sont très réponsus dans la zone d'étude.

Profil n°2 :**o Situation :**

- Localisation : zone numéro 2
- Site : bord de la parcelle
- Topographie : plane
- Géomorphologie : plaine
- Charge de surface : 20-25% de cailloux et graviers calcaires
- Drainage externe : nul
- Erosion : nulle
- Microrelief : plat
- Aptitude : bonne
- Roche mère : alluvions anciennes
- Classification : sols Calc magnésique, carbonatés, brun calcaire peu différencié, modal, sur alluvions anciennes, profond, texture limono –argileuse

o Description des horizons :

0-25cm : état sec, couleur 10YR 4/6 (brun jaunâtre foncé), humide, texture limono-argileuse, 5-8% de cailloux et graviers calcaires, structure polyédrique fine a particulière, collant (trempé), plastique (etat humide), meuble, poreux, activité biologique moyenne, Hcl+++ , transition nette.

25-50cm : état sec, couleur 10YR 5/4 (jaune brunâtre), humide, texture argileuse, 10-15% de cailloux et graviers calcaires, structure massive a sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (état humide), cohérent, assez compact, non poreux, activité biologique moyenne, Hcl+++ , transition nette.

50-110cm : état sec, couleur 10 YR 6/6 (jaune brunâtre), humide, texture argileuse, 15-20% de cailloux et graviers calcaires, structure massive a sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (état humide), cohérent, compact, peu poreux, activité biologique nulle.

Tableau II. 2: Résultat analytique du profil 2.

Profondeur	0-25	25-50	50-110>
<u>Granulométrie :</u>			
Argile %	34	51	50
Limons fins%	29	32	31
Limons grossiers%	16	5	6
Sables fins%	11	5	6
Sables grossiers%	6	4	3
<u>Matière organique :</u>			
Matière organique%	1.38	0.98	0.69
C%	8.01	5.7	4
N%	1.01	0.65	0.54
C/N	8	9	7
<u>Reserve minérales :</u>			
CaCo3 total	25	44.8	46.4
CaCo3 actif	15.12	18.10	17.73
P205 total a P%	1.94	2.85	2.50
P205 assimilable (ppm)	52	20	30
K2o%	1.88	1.39	1.45
K2o assimilable (mg/100g)	24	11.5	12.5
<u>Complexe absorbant :</u>			
Ca++ en meq/100g	24	18	17
Mg++ en meq/100g	3.10	4.50	6.40
K+ en meq/100g	0.71	0.26	0.32
Na+ en meq/100g	0.36	0.43	0.50
T en meq/100g	26	25	24
<u>Solution du sol :</u>			
pH	8.80	7.70	8.10
CE mmhos/cm	0.85	0.81	0.85
<u>Caractéristiques</u>			
<u>physiques :</u>			
pF 4.2	18.6	21.7	-
pF3	23	25.7	-
K Henin	10.2	5.8	-
Is	-	-	3.7

II.3.3. La densité apparente :

La densité apparente est le rapport entre le poids des grains et le volume du sol tel qu'il se trouve dans son emplacement.

$$D_a = \frac{\text{poid de terre}}{\text{Volume de terre en place}} \dots (5)$$

La densité apparente d'un sol est déterminée en enfonçant un cylindre de volume connu dans le sol et en calculant ensuite le poids sec de cet échantillon. Dans notre situation, la densité apparente est égale à 1,42.

II.3.4. La densité réelle :

La densité réelle, également appelée poids spécifique, d'un sol correspond au poids sec des particules solides par unité de volume, sans tenir compte des espaces vides.

$$D_r = \frac{\text{Poids de terre}}{\text{Volume des grains}} \dots (6)$$

La densité réelle est évaluée en déterminant le poids sec et le poids du volume d'eau déplacée par les particules solides, correspondant au volume de ces particules solides. Dans notre cas, la densité réelle est de 2,5.

II.3.5. La porosité totale :

Dans un sol en place, il est important de noter que la matière solide occupe seulement une partie du volume total, tandis que les espaces restants sont remplis d'eau ou de gaz. La porosité se réfère à la fraction de l'unité de volume du sol en place qui n'est pas occupée par la matière solide. En d'autres termes, elle représente la proportion du volume total du sol qui est réservée aux gaz et à l'eau. Si l'on souhaite exprimer la porosité totale en pourcentage du volume de terre en place, l'expression :

$$P = \frac{D_r - D_a}{D_r} \times 100 \dots (7)$$

Dans notre cas $P = 43.2 \%$

II.3.6. La perméabilité du sol :

La perméabilité, également appelée vitesse d'infiltration, est caractérisée par la rapidité avec laquelle l'eau traverse un sol saturé sous une pente motrice égale à l'unité. Ce paramètre est représenté par le coefficient K dans la loi de Darcy. Sa valeur est influencée principalement par la porosité du sol, mais surtout par la structure des pores et la cohésion des agrégats dans le sol.

Après le processus de filtration d'un échantillon de sol de champ (zone de stagnation), à l'aide d'un filtre à sable. La vitesse moyenne de lixiviation était :

$$K = 1,27 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

II.3.7. Détermination de la salinité du sol :

Pour déterminer la salinité du sol, nous faisons bouillir un échantillon de l'eau de la zone de stagnation, et le laissons être (1 l de l'eau de l'une des fosses du champ) jusqu'au degré d'évaporation, puis nous pesons la quantité de sels déposés, j'ai répété l'expérience plusieurs fois, de sorte que nous obtenons la salinité moyenne du sol de 1,40 g / l.

II.3.8. Le ESP :

Il y 'a plusieurs formules empiriques reliant le SAR avec le ESP comme la formule de 'Tunisie' et la formule 'USSL', et avec l'une de ces derniers on déterminera le ESP.

Dans notre cas, on choisit la formule de Tunisie :

$$Esp = \frac{0.988SAR - 0.61}{100} \dots (8)$$

Si le SAR=4.16 le ESP du sol sera ESP= 3.5% et on peut déduire que le sol est salin non-alcalin selon le tableau suivant :

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

II.4. Conclusion :

La région souffre d'une pénurie de sources d'eau de surface en raison de l'assèchement de ses cours d'eau, ce qui rend la région totalement dépendante de l'exploitation des sources d'eau souterraine.

Les conditions du sol nécessitent un processus de lessivage pour éliminer les sels accumulés en raison de l'irrigation intensive avec de l'eau salée.

En ce qui concerne le sol du champ, il présente une homogénéité relative sur toute la zone, et généralement, il est composé d'un sol sableux limoneux jusqu'à une profondeur de 1 mètre. Cela implique que le coefficient de perméabilité reste relativement constant jusqu'à une profondeur de 2 mètres.

Dans l'ensemble, il est possible de conclure que l'eau de la région présente une salinité considérablement élevée, associée à un niveau de risque d'alcalinité modéré (C4, S2).

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.1. Introduction :

Comme pour tous les organismes vivants, l'eau joue un rôle essentiel pour les plantes, et toute culture a besoin d'un approvisionnement en eau. Pour répondre à ces besoins, il est nécessaire de fournir régulièrement de l'eau aux plantes, en particulier lors des périodes d'évapotranspiration intense.

L'irrigation est la seule manière de satisfaire ces besoins en eau, mais il est important de noter que la totalité de l'eau fournie à la culture n'est pas entièrement absorbée par les plantes elles-mêmes. Une partie s'évapore, tandis que l'autre s'infiltré dans le sol, et cette dernière doit être évacuée à travers un système de drainage.

L'objectif de l'évaluation des besoins en eau des cultures est de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour dimensionner le système de drainage.

III.2. Paramètres d'un réseau de drainage :

Avant de concevoir un système de drainage agricole, il est nécessaire de disposer de certains paramètres et de suivre une procédure de calcul spécifique.

III.3. Régime de drainage : permanent – variable :

Les méthodes de calcul d'un réseau de drainage diffèrent suivants le climat et le sol.

- Dans les régions, où les hivers et les printemps en particulier, les pluies sont longues, fréquentes et ne laissent entre elles que des intervalles trop courts pour permettre un ressuyage du sol, on adoptera un régime permanent d'évacuation de l'eau qui maintiendra la nappe en dessous d'un niveau max à ne pas dépasser ☐ régime permanent.
- Dans les régions, où au contraire, les pluies sont courtes avec une très forte intensité et laissent entre elles des intervalles de temps suffisamment long, on essayera d'obtenir avec le réseau de drainage un rebattement jusqu'au niveau voulu en un délai bien déterminé après la fin de la pluie ☐ régime variable.
- Parfois il est difficile de faire le choix entre les deux régimes.
- Le régime permanent s'applique sur des sols lourds et imperméables qui ne permettent pas de stockage temporaire et qui ont une faible infiltration.
- Régime variable sur sols plus perméables qui permettent une remontée temporaire de la nappe, ainsi qu'une vidange assez rapide.
- En Algérie, on considère que régime pluvial le plus dominant au sahel est le régime permanent. Par contre dans les hauts plateaux sahariens le régime variable domine la région.

III.3.1. Le débit caractéristique q_c :

La **pluie critique** est la quantité de pluie maximale qui tombe en un délai fixe avec un temps de récurrence déterminé. Le réseau de drainage doit être capable d'évacuer une pluie critique. Elle est déterminée par sa **durée**, son **intensité** durant cette durée, et sa **fréquence** (temps de récurrence).

Le **débit caractéristique** d'un réseau de drainage est le débit par unité de surface à véhiculer par le réseau pour évacuer la pluie critique.

Le calcul de q_c se fait différemment pour les deux régimes de drainage et en tenant compte ou non de la possibilité de stockage

III.3.2. Modèle de drainage :

Il existe deux principaux modèles de drainage selon le régime d'écoulement

- Régime permanent
- Régime variable

Le régime permanent est appliqué lorsque le débit de drainage étant en équilibre avec la réalimentation de la nappe (filtration). On distingue deux cas : avec stockage et sans stockage. Le stockage est dû principalement à la combinaison de forte intensité des pluies et une faible perméabilité.

Le régime variable est appliqué en phase de tarissement. Les modèles applicables en régime variable vont abaisser la nappe d'une certaine hauteur dans un délai de temps plus ou moins long. La fluctuation du niveau de l'eau dans la nappe est en fonction de son alimentation par les précipitations. Le régime variable décrit le rabattement de la nappe après l'arrêt d'une précipitation.

III.4. Bilan hydrique :

Le bilan hydrique implique l'évaluation de la quantité d'eau présente dans le système (sol, plantes, atmosphère) à deux moments distincts. Cette quantité d'eau est stockée dans le sol, les plantes, ainsi que dans les flux entrants et sortants de ce stock.

Le calcul du bilan hydrique pour le bassin Sakib ou une zone particulière vise à déterminer les apports et les pertes d'eau, et cela repose sur les données de base en hydrologie. Établir ou estimer ce bilan hydrique nécessite le calcul de chaque composant à l'intérieur et à l'extérieur du système.

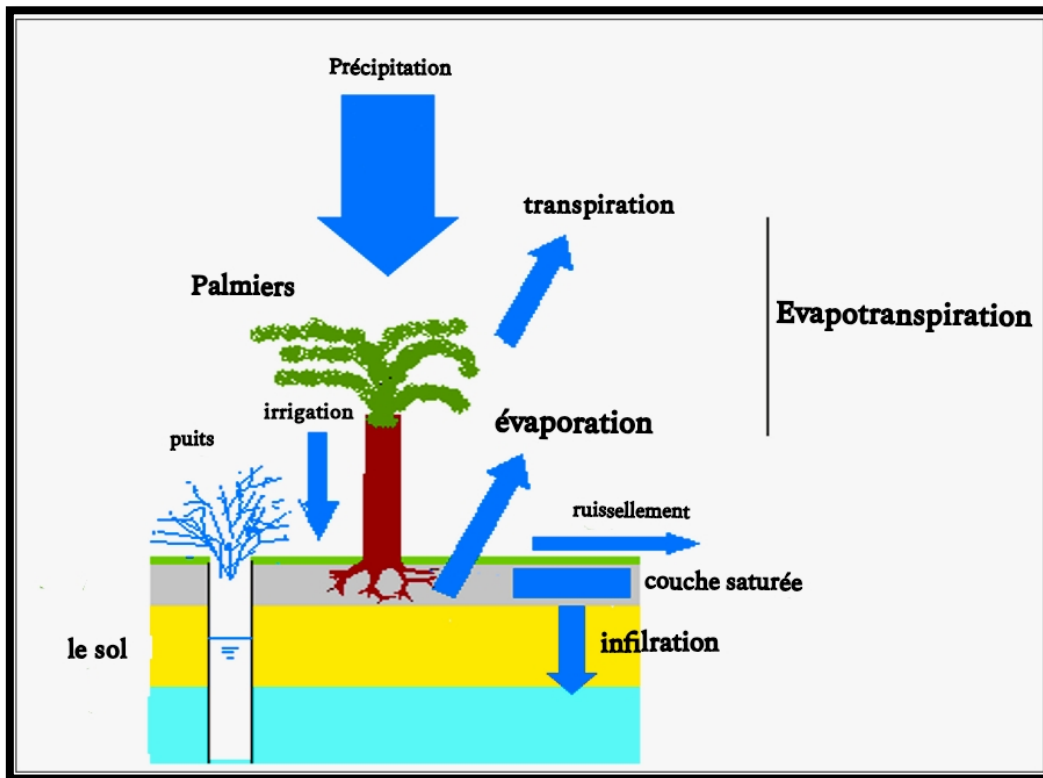


Figure III.1 : Les éléments fondamentaux de l'équilibre hydrique et les divers changements de l'atmosphère et du sol.

Et L'étude a révélé que la principale cause de la montée du niveau de la nappe phréatique est l'utilisation de l'eau des puits pour l'irrigation.

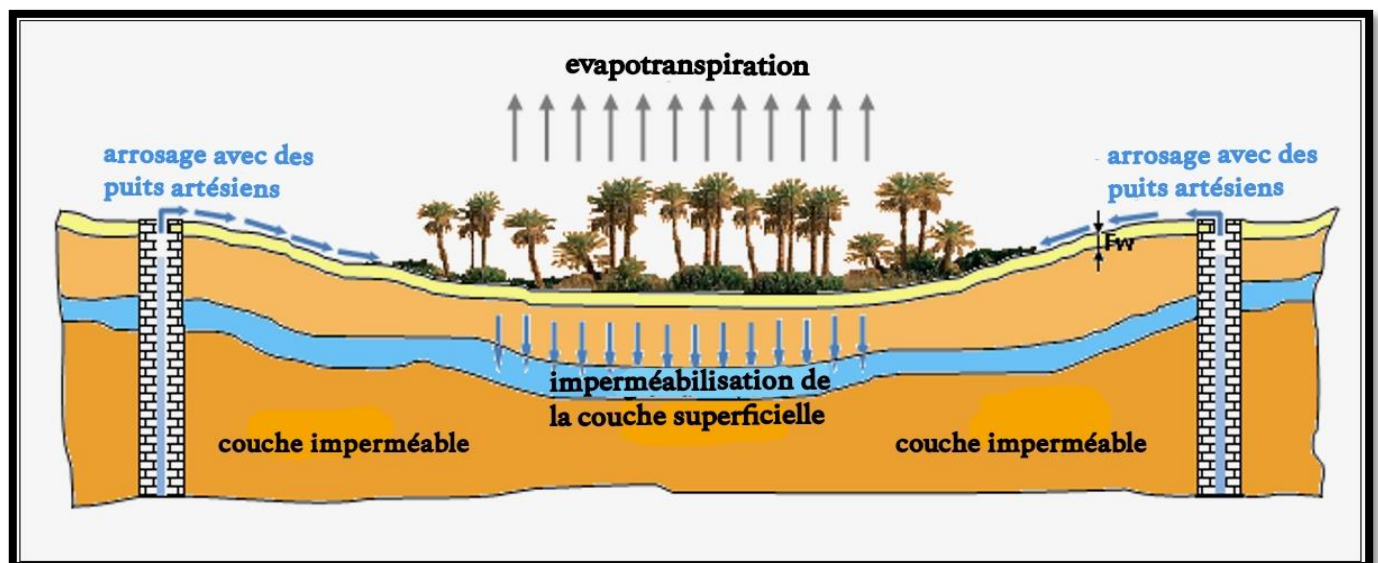


Figure III.2 : La première étape est l'irrigation avec des puits artésiens pour les oasis de palmiers dans la région

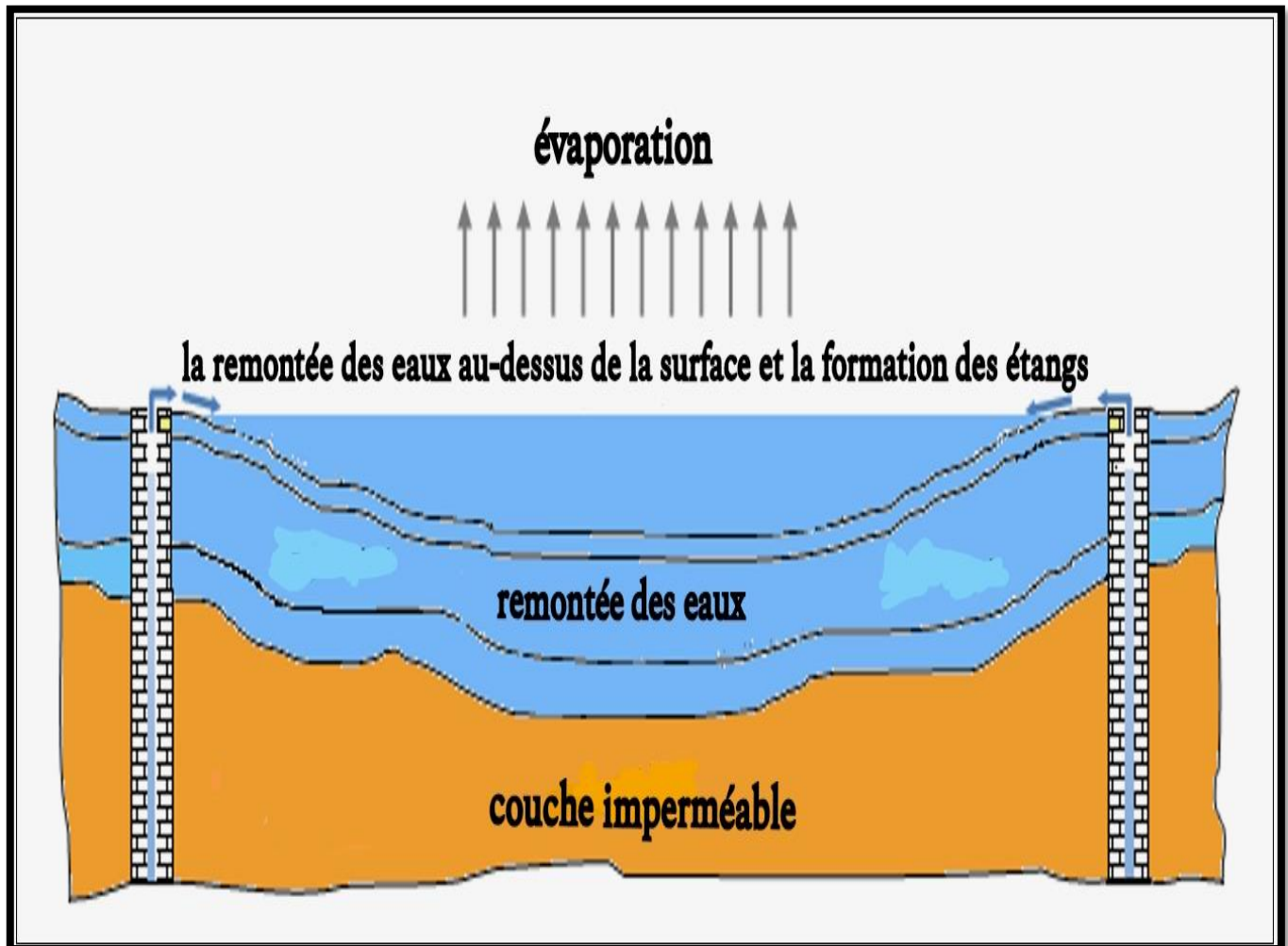


Figure III.3 : La dernière étape de la disparition des oasis de palmiers dans la région à la suite de la remontée d'eau et augmentation de la salinité des sols

III.4.1. Bilan hydrique dans un bassin ou une localité :

Pendant un cycle hydrique donné, la quantité totale d'eau entrant dans le bassin (par précipitation) est égale à la quantité totale d'eau sortant (évaporation, transpiration, écoulement...), ainsi que les changements dans les réserves d'eau du sol (humidité du sol, eaux souterraines).

$$P = ET + \text{Ruissellement} + \Delta\text{Stock}$$

Où :

- P : Précipitation (mm).
- ET : Évapotranspiration (mm).
- Ruissellement : Écoulement des eaux de surface.
- ΔStock : Changement des réserves d'eau dans le sol.

Ces paramètres sont exprimés en millimètres d'eau équivalente.

III.4.2. Équation du bilan hydrique :

L'équation de bilan hydrique repose sur le principe de continuité et peut être formulée de la manière suivante pour un cycle ou un espace donné :

$$P + I = Dr + \text{Ruissellement} + \Delta\text{Stock}$$

Où :

- P : Représente la précipitation (en millimètres).
- I : Correspond aux sources d'eau utilisées pour l'irrigation, comme les eaux souterraines, etc.
- Ruissellement : Fait référence au ruissellement des eaux de surface.
- ΔStock : Indique les changements dans les réserves d'eau dans le sol.
- Dr : Représente le drainage agricole.

Cette équation exprime le principe fondamental du bilan hydrique, où l'ensemble de l'eau entrant dans un cycle ou un espace donné est égal à l'ensemble de l'eau sortant, plus tout changement dans les réserves d'eau du sol.

III.4.3. Calcul du bilan hydrique :

Le calcul du bilan hydrique a pour objectif principal de déterminer le cycle de l'eau à un emplacement spécifique, que ce soit à une échelle quotidienne, hebdomadaire, bimensuelle, mensuelle ou annuelle.

Ce bilan hydrique est étroitement lié au stock d'eau présent dans le sol, aux paramètres climatiques, ainsi qu'à l'état initial où la quantité d'eau dans le sol est connue. De plus, il prend en compte les apports et les pertes à ce stade, tout en prenant en considération les périodes de ruissellement et les périodes sèches, ainsi que le calcul des besoins en eau pour l'irrigation.

III.4.3.1. Transferts du bilan hydrique :

Tous les éléments de régulation de l'eau sont exprimés en termes de hauteur d'eau (en millimètres), ce qui équivaut à une colonne d'eau par unité de surface :

$$1\text{mm d'eau} = 10\text{m}^3/\text{ha}$$

III.4.3.2. Précipitation :

Les précipitations sont généralement évaluées en mesurant la hauteur de l'eau qui tombe par unité de surface horizontale en millimètres.

Un instrument couramment utilisé pour mesurer les précipitations, qui enregistre la quantité totale de pluie tombée sur une période donnée entre les deux prises de mesures.

La quantité de pluie pour la zone d'étude mentionnée dans le tableau des précipitations est de 19,46 mm. Par conséquent, la quantité totale de pluie tombée sur la superficie de l'étude est négligeable.

III.4.3.3. L'irrigation :

a) Evapotranspiration :

Le concept de "besoins en eau" (B), parfois appelé "déficit hydrique", se définit comme la disparité entre l'évapotranspiration réelle (ETR) d'une culture donnée et les précipitations effectives. L'évaluation des besoins en eau pour une zone repose sur l'identification des exigences particulières de chaque culture inscrite dans le calendrier agronomique.

Différentes méthodes de calcul ETP basées sur les données climatiques :

Il existe des approches indirectes formulées sous la forme d'équations, chacune adaptée à un climat particulier.

Si $H_r < 50\%$, la formule est :

Formule de l'ANRH :

$$ETP = 0.40 * (ig + 50) * \left(1 + \frac{50 - H_r}{70}\right) * \left(\frac{T}{T + 15}\right) \dots (9)$$

Où :

- H_r : L ; humidité de l'air en %.
- T : Température moyenne mensuelle (°C).
- ig : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

$$\text{Et : } ig = Iga * (0.18 * 0.62)^{\frac{h}{H}} \dots (10)$$

- Iga : radiation maximale théorique
- H : durée astronomique du jour en heure (heure/mois)
- h : durée d'insolation de la station considérée (heure/mois)
- h/H : Insolation relative en heure.

Formule de Turc :

Cet outil est exclusivement destiné aux régions présentant un taux d'humidité élevé (Hr>50%).

$$ETP = 0.40*(ig+50) * \frac{T}{T+15} \dots(11)$$

Formule de Blaney et criddle :

$$ETP = K*(0.46t+8.13) * P \dots(12)$$

- ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.
- T : température moyenne (en degré Celsius)
- P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.
- K = kt*kc
- Kt : coefficient climatique rattaché à la température moyenne de l'air t (en degrés Celsius) :

$$Kt : 0.031t + 0.24$$

Formule de PENMAN et MONTEITH modifiée :

$$ET0= C*[W*Rn+(1-w) *F(u)*(ea - ed)] \dots(13)$$

- ET0 : représente l'évapotranspiration de référence. Exprimées en mm /mois.
- W : facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement a différente température et altitude.
- Rn : rayonnement net en évaporation équivalente. Exprimés-en mm/jour.
- F(u) : fonction liée au vent.
- ea : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air. En millibars.
- ed : tension de vapeur réelle moyenne de l'air. Exprimée en millibars.
- (ea-ed) : facteur de correction .

Le calcul se fait par le logiciel CROPWAT :

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ET0 mm/month
January	0.5	21.0	58	2.5	7.6	15.3	96.77
February	1.4	25.0	49	2.8	7.9	17.6	119.41
March	3.8	31.0	40	3.1	8.6	20.7	187.70
April	8.7	37.5	33	3.3	9.4	23.5	240.22
May	13.9	41.7	28	3.4	9.3	23.9	285.36
June	18.9	45.3	22	3.5	10.2	25.3	312.28
July	23.6	47.5	21	3.0	11.0	26.4	318.24
August	23.5	46.2	21	3.0	10.5	25.2	309.52
September	18.6	43.0	30	3.0	8.5	21.0	257.92
October	12.3	36.8	38	2.7	8.2	18.5	203.75
November	5.3	28.7	49	2.5	7.9	16.0	135.60
December	1.3	22.0	60	2.5	6.9	13.8	96.90
Average	11.0	35.5	37	2.9	8.8	20.6	2563.66

Figure III.6 : Calcul de l'évapotranspiration avec logiciel (CROPWAT 8.0)

b) Calcul de la pluie efficace :

Pour considérer les pertes, l'outil Cropwat nous permet d'effectuer le calcul des précipitations effectives. Ces précipitations effectives sont définies comme la portion des précipitations qui réellement contribuent à satisfaire les besoins en évapotranspiration de la culture, une fois que les pertes telles que le ruissellement en surface et la percolation en profondeur ont été soustraites. L'estimation des précipitations effectives peut être complexe en l'absence de données de longue durée provenant de divers endroits.

Dans de telles situations, des méthodes expérimentales sont couramment utilisées. Une méthode fréquemment employée est celle du pourcentage fixé, dans notre contexte, où un pourcentage de 70% est retenu (ce qui suppose que 30% des précipitations sont perdues en raison de l'évaporation et de la percolation en profondeur).

L'estimation des précipitations effectives peut être réalisée en utilisant diverses approches, notamment :

- À partir d'un pourcentage fixe :

$$Pe_{eff} = A * P_{moy} \dots (14)$$

$$0.7 < A < 0.9$$

- Par rapport à la zone (aride et semi-aride) :

$$Pe_{eff} = 0.6 * P_{moy} - 10 \quad \text{si } P_{moy} \leq 70 \text{ mm}$$

$$Pe_{eff} = 0.8 * P_{moy} - 25 \quad \text{si } P_{moy} > 70 \text{ mm}$$

- Peff USDA :

$$Pe_{eff} = P_{moy} * (1 - 0.2 * P_{moy} / 125) \quad \text{si } P_{moy} \leq 250 \text{ mm}$$

$$Pe_{eff} = P_{moy} * 0.1 + 125 \quad \text{si } P_{moy} > 250 \text{ mm}$$

Les valeurs mensuelles Peff :

La quantification de cette réserve est influencée par les propriétés du sol et la type de végétation présent.

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	2.8	2.3
February	1.1	0.9
March	2.1	1.7
April	1.6	1.3
May	3.0	2.4
June	1.5	1.2
July	0.2	0.2
August	0.3	0.2
September	2.9	2.3
October	1.8	1.4
November	1.2	0.9
December	0.8	0.7
Total	19.3	15.4

Figure III.7 : Calcul de la pluie efficace avec logiciel (CROPWAT 8.0)

c) La réserve facile à utiliser (RFU) :

La mesure de cette réserve est impactée par les caractéristiques du sol et la nature de la végétation en place.

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Z \cdot d_a \cdot Y \dots (15)$$

- H_{cc} : Humidité à la capacité au champ.
- H_{pf} : humidité du sol au point de flétrissement.
- Z : Profondeur d'enracinement (m).
- d_a : Densité apparente.
- Y= 1/3 sable et 2/3 argile.

Tableau III.9 : texture

Texture	H _{cc} (%)	H _{pf} (%)	D _a
Sableux	8	3	1.35
Sableux limoneux	12	5	1.4
Limoneux sableux	19	9	1.42
Limoneux Argileux	27	13	1.4
Argileux Limoneux	32	17	1.4
Argileux	37	21	1.45

d) Evapotranspiration réelle ETR : Selon la formule suivante :

$$ETR = ETP \cdot K_C \dots (16)$$

e) Structure d'Assolement et choix des culture :

Lors de la décision concernant la culture à cultiver, il est essentiel de prendre en compte les éléments suivants :

- Les conditions climatiques spécifiques de la région en question.
- La disponibilité et la qualité de l'eau pour l'irrigation.
- L'adéquation du sol pour la culture, évaluée à travers une étude pédologique.

En prenant en considération les particularités locales, les compétences traditionnelles, les normes spécifiques à la région, ainsi que les caractéristiques du sol et sa capacité à supporter la culture, il a été suggéré d'introduire une sélection de culture de palmiers.

- **Culture Palmiers Dattier :**

La culture du palmier dattier prospère parfaitement dans les conditions exigeantes de son environnement, principalement en raison de son adaptation au climat local. Toutefois, il convient de noter que l'eau demeure l'élément naturel le plus déterminant pour sa croissance.

En ce qui concerne le climat local, il offre un cadre favorable à la culture des palmiers dattiers, avec des températures idéales pour leur cycle végétatif, une humidité modérément basse, des précipitations peu fréquentes et une durée d'ensoleillement adéquate.

En ce qui concerne l'emplacement choisi, la plantation de palmiers couvrira environ 50% de la circonférence totale des puits, s'étendant sur une superficie de 59 hectares.

En ce qui concerne les sols, la zone en question possède des sols qui sont parfaitement adaptés à la croissance des palmiers dattiers, offrant une perméabilité adéquate, ce qui constitue un facteur essentiel pour le succès de la plantation de palmiers.

Ainsi, la culture du palmier dattier apparaît comme une option particulièrement appropriée pour cet environnement spécifique, en tenant compte des facteurs climatiques, géographiques et hydriques, ainsi que des caractéristiques du sol.

f) Détermination des besoins d'irrigation de culture :

Le besoin en eau d'irrigation pour la culture se réfère à la quantité d'eau requise pour s'assurer que la culture reçoit soit la totalité, soit une portion prédéfinie de son approvisionnement en eau. Lorsque l'irrigation représente la seule source d'eau, le besoin en eau d'irrigation est au minimum équivalent aux besoins hydriques de la culture, et il tend généralement à être plus élevé en raison des pertes sur la parcelle, comme le lessivage, la percolation en profondeur et les variations dans la distribution de l'eau.

Le choix de culture dépend de plusieurs facteurs, notamment le type de sol, la disponibilité de la source d'eau et la capacité de la culture à tolérer les niveaux de salinité.

Tableau III.10 : la superficie de culture.

Culture	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Palmier	110	100

La formule pour le calcul des besoins en eaux :

$$B = ETR - (Pe_{ff} + RFU) \dots (17)$$

Besoin d'irrigation du palmier :



Figure III.8 : culture des palmiers

Tableau III.11 : Besoins en eaux d'irrigation du palmier

Mois	Pe _{ff}	ETP	K _c	RFU	ETR	B _{net}
Janvier	2.3	96.77	0.7		67.739	62.439
Février	0.9	119.41	0.8	27	95.528	94.628
Mars	1.7	187.7	0.8	38	150.16	148.46
Avril	1.3	240.22	0.8	46	192.176	190.876
Mai	2.4	285.36	0.8	52	228.288	225.888
Juin	1.2	312.28	0.9	55	281.052	279.852
Juillet	0.2	318.24	0.9	55	286.416	286.216
Aout	0.2	309.52	0.9	55	278.568	278.368
Septembre	2.3	257.92	0.9	55	232.128	229.828
Octobre	1.4	203.75	0.7	55	142.499	141.099
Novembre	0.9	135.6	0.7		94.92	94.02
Décembre	0.7	96.9	0.7		67.83	67.13
Totale	15.4	2563.66			2050.928	2030.41872

g) Débit fictif continu moyen pour l'ensemble du périmètre :

Les débits spécifiques sont déterminés en accord avec les besoins en eau de culture, en prenant en considération leur répartition. La quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation pendant les périodes de forte demande est fournie de manière ininterrompue pendant 22 heures sur 24, afin de satisfaire les besoins mensuels en eau. Les débits spécifiques sont calculés en utilisant la formule suivante :

$$q = \frac{Bm \cdot 10000}{T \cdot t \cdot 3600 \cdot K} \text{ (l/s/ha).....(18)}$$

Avec :

- B m : Besoin mensuel maximum net, exprimé en mm/mois égale 286.216.
- T : Temps d'irrigation par jour, pris égale à 22 h/jour.
- t : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour égale 30 jour .
- K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0,75.

Le mois le plus exigeant en termes de besoins en eau, qui correspond au mois de juillet pour cette culture particulière, nécessite un total de 172.69 mm d'eau par mois.

$$q = \frac{172.69 \cdot 10000}{22 \cdot 30 \cdot 0.75 \cdot 3600} \text{ (l/s/ha)}$$

$$q = 1.12 \text{ l/s/ha}$$

1-Le principal facteur qui cause la remonté d'eaux :

L'irrigation dans la région d'étude est principalement effectuée en utilisant la méthode d'immersion des palmiers et des cultures vivrières dans les cours d'eau et les canaux d'approvisionnement permanents, surtout pendant la saison chaude et sèche. Il y a une tendance à négliger les installations et l'équipement pour les systèmes d'irrigation en raison de l'abondance d'eau naturelle provenant des puits artésiens, sans nécessité d'utiliser de l'énergie électrique. Cette disponibilité d'eau encourage les agriculteurs à maintenir une utilisation continue de l'eau.

La quantité d'eau attribuée à l'irrigation à partir des puits agricoles actuellement en service est estimée à environ 125 litres par seconde, répartis sur les oasis de la zone d'étude, qui couvre une superficie estimée de 110 hectares. Par conséquent, la dose d'irrigation, ou la concentration d'eau allouée à l'irrigation, est estimée comme suit :

$D_i = 2,11$ litres par seconde par hectare (L/s/ha).

Ainsi, la concentration d'irrigation dans la région d'étude est d'environ 2,11 litres par seconde par hectare.

Ce que nous remarquons est très grand pour la dose nécessaire que nous avons calculée, si nous concluons que l'irrigation aléatoire avec les puits artésiens est la raison de la montée de l'eau, nous recommandons donc de respecter la dose calculée pour l'arrosage.

2- L'évaluation des besoins bruts :

Pour garantir les besoins nets, il est essentiel de tenir compte de l'efficacité globale du système d'irrigation. Étant donné que la luzerne présente la demande la plus élevée avec une exigence nette maximale de 170 mm, on peut conclure que :

$$B_{\text{brut}} = B_{\text{net}} / E = 286.216 / 0.75 = 381.62 \text{ mm}$$

Avec :

- Bbrut : Les besoins bruts
- Bnet : les besoins nets
- E : Efficacité globale. = 0.75

3- La fréquence d'irrigation :

La fréquence d'irrigation correspond au nombre mensuel d'arrosages et est calculée de la manière suivante :

$$N = B_{\text{brut}} / \text{RFU} \dots (19)$$

Avec :

- Bbrut : Les besoins bruts
- RFU : La réserve facilement utile de la luzerne
- N : la fréquence d'arrosage

A.N :

$$N = 381.62 / 50 = 7.6$$

On considère que la fréquence d'arrosage N = 5 arrosages / mois

4- Calcul de débit à drainer :

Nous avons les pertes d'irrigation sont 45% où :

- 35% pour percolation
- 10% évaporation

Donc le débit à drainer est :

$$q_c = \frac{B_{\text{net}} * 0.35}{N} = \frac{286.216 * 0.35}{5} = 20.03 \text{ mm/j}$$

n = nbr jr pour palmier = 5jrs

h) La dose de lessivage :

En agriculture irriguée, l'objectif du lessivage du sol est de retirer les sels qui se sont accumulés sous l'influence de l'évapotranspiration dans la portion du sol où les racines des plantes se développent. Pour réussir cette opération de lessivage. Il est essentiel de déterminer la quantité d'eau excédentaire nécessaire pour réduire la salinité à un niveau acceptable. De plus, il est indispensable que les conditions de drainage interne soient adéquates pour permettre l'élimination des sels en excès de la zone racinaire, ou du moins pour les maintenir à une profondeur où ils n'auront pas d'effets négatifs sur la croissance des cultures.

$$I_w = \frac{B_{net}}{1-LR} \dots (20)$$

Avec :

- **I_w** : besoin végétation + lessivage
- **B_{net}** : besoin en cultures avant lessivage

$$LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{es} - C_{eiw}}$$

Avec :

- **LR** : Leaching Requirement ou fraction lessivant.
- **C_{eiw}** : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation : l'eau des forages = 2,38 ds/cm.
- **C_{es}** : Conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol = 2,2 ds/cm.

1- Périodes et méthodes de lessivage des sols :

Dans les régions arides ou semi-arides, il est nécessaire d'appliquer des doses de lessivage en parallèle avec les doses d'irrigation. Les besoins en eau pour le lessivage devraient représenter environ 20 % des besoins bruts en eau pour l'irrigation. Le lessivage devrait être envisagé dans les situations suivantes :

- L'eau d'irrigation présente une salinité élevée ($C_{eiw} > 1,5$ ds/cm).
- Le sol montre une tendance à la salinité ($C_{es} > 4$ ds/cm).

Il existe deux approches distinctes pour le lessivage :

Le lessivage initial : qui implique l'apport d'une grande quantité d'eau pour éliminer les sels du sol.

Le lessivage continu (ou entretien) : où la dose de lessivage est apportée en fractions simultanément aux doses d'irrigation, de manière à prévenir l'accumulation progressive des sels dans le sol en les éliminant progressivement.

2-Calcul de la dose de lessivage :

· Calcul de la fraction lessivant LR :

$$LR = \frac{Ce_{iw}}{5Ces - Ce_{iw}} = \frac{2.38}{5 \cdot 2.2 - 2.38} = 0.27$$

· Calcul de la dose de lessivage :

Nous aurons la dose de lessivage :

$$V = \frac{Lr \times Etm}{1 - Lr} \dots (21)$$

Tableau.III.12 : Dose de lessivage de culture par mm

Mois \ Culture	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Palmier	25.05	35.33	55.54	71.08	84.43	103.95	105.94	103.032	85.85	52.71	35.11	25.09

3- Calcul de débit à drainer :

$$qc = \frac{\text{dose de lessivage}}{N} = \frac{105.94}{2} = 52.97 \text{ mm/j}$$

Donc qc= 42.95 mm/j

III.4.3.4. Ruissellement :

Dans la zone d'étude, les eaux de ruissellement sont négligeables en raison de l'absence de vallées et de plans d'eau, ce qui signifie que le ruissellement est pratiquement nul.

Le terme de ruissellement est donc évalué à 0.

$$\text{Ruis} = 0$$

III.4.3.5. Les changements dans les réserves d'eau dans le sol :

Il s'agit généralement de la quantité d'eau qui a été préalablement retenue dans le sol en raison de modifications souterraines, et cette quantité est généralement négligeable par rapport à l'eau provenant de l'irrigation. De plus, cette eau est généralement située à de grandes profondeurs dans le sol.

$$\Delta \text{Stock} = 0$$

III.4.3.6. Débit de drainage agricole et surface :

Il s'agit de la quantité d'eau qui doit être évacuée en raison de l'excès d'eau retenue dans le sol à une certaine profondeur, ce qui constitue le sujet de notre étude. Cette eau est généralement exprimée en termes de q_c c'est-à-dire le débit caractéristique du drainage de surface agricole.

En réalisant le bilan hydrique de la zone délimitée, nous avons constaté qu'une quantité significative d'eau est emprisonnée dans le sol. Dans certains endroits, cette saturation dépasse même les capacités du sol, ce qui indique que le processus de drainage de cette eau est devenu une nécessité urgente. Cela découle de l'application de l'équation générale du bilan hydrique :

$$P+I = D_r + R_{uis} + \Delta Stock$$

$$D_r = P+I$$

$$D_r = q_c$$

$$q_c = 52.97 \text{ mm/j}$$

III.5. Conclusion :

En recueillant des données et en étudiant les rapports sur l'état du réseau d'eau dans la zone d'étude, plus précisément à Zawiya Sidi Moussa, et en effectuant des calculs liés aux facteurs du bilan hydrique tels que la quantité de précipitations, la transpiration par évaporation et le coefficient de débit, nous avons examiné les causes du phénomène observé.

Nous avons identifié que la zone d'étude est affectée par la montée des eaux souterraines, Cela nous amène à la deuxième étape de notre travail, où nous effectuons des calculs hydrauliques pour concevoir ce réseau de drainage.

Le système de drainage est conçu pour éliminer les eaux excédentaires résultant de la pluie, du lessivage ou du système d'irrigation.

D'après les calculs, il est recommandé d'utiliser le débit maximal, qui correspond au lessivage avec une épaisseur d'eau de 52.97 mm par jour.

Chapitre IV : Projection et dimensionnement du réseau de drainage

IV.1. Introduction :

Lorsqu'il s'agit de concevoir un réseau de drainage efficace, le dimensionnement joue un rôle crucial. Le dimensionnement du réseau de drainage implique la détermination de plusieurs paramètres clés, tels que la distance entre les drains, le diamètre des drains, le débit à gérer, la profondeur des drains, et bien d'autres. L'objectif fondamental est d'assurer une gestion optimale de la nappe phréatique et de contrôler la salinité du sol dans la zone racinaire des cultures.

Le dimensionnement du réseau de drainage est un processus complexe qui repose sur une combinaison d'approches empiriques et de données de terrain. Il prend en compte divers facteurs, notamment la topographie, les caractéristiques du sol, le régime de précipitations, et les besoins spécifiques des cultures cultivées.

Dans cette série d'articles, nous explorerons en détail les aspects essentiels du dimensionnement du réseau de drainage. Nous examinerons les formules et les méthodes couramment utilisées pour calculer les paramètres du réseau de drainage en fonction des conditions locales. De plus, nous aborderons les considérations pratiques liées à la sélection des diamètres de drains, à la distance optimale entre les drains, à la pente nécessaire, et aux autres aspects clés du dimensionnement.

Le dimensionnement du réseau de drainage est essentiel pour garantir une agriculture productive et durable, en évitant les problèmes liés à une nappe phréatique trop élevée ou à une concentration excessive de sels dans le sol. En comprenant les principes du dimensionnement du drainage, les agriculteurs et les ingénieurs peuvent contribuer à maximiser le rendement des cultures tout en préservant l'environnement.

IV.2. Ecartement entre les drains :

Dans le contexte du drainage souterrain, il est essentiel de déterminer avec précision l'espacement optimal entre les drains parallèles afin de maintenir efficacement la salinité du sol dans la zone racinaire et de contrôler adéquatement le niveau piézométrique de la nappe. Le calcul de cet espacement se fonde sur des formules empiriques telles que :

- L'équation de HOOGHOUDT, qui s'applique aux régions où le régime de précipitations est stable (permanent).
- L'équation de GLOVER-DUMM, qui convient aux régions présentant des variations dans leur régime de précipitations (régime variable).

IV.2.1. L'équation de GLOVER-DUMM :

Cette formule décrit la chute de la nappe phréatique après qu'elle s'est élevée presque instantanément jusqu'au près de la surface du sol. En imposant des exigences sur le taux de baisse de la nappe phréatique, sa vitesse de rabattement au départ des conditions initiales donnée et après cessation des précipitations ou irrigation, l'espacement requis peut être calculé.

$$E^2 = \frac{10 \times k \times d \times t}{\mu} \left[\ln \left(1.16 \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1} \dots(22)$$

Avec :

t= temps en jours

h₀ = niveau initial de la nappe au tps t=t₀ (m)

h_t = niveau de la nappe au tps t = t₁

μ =porosité de drainage m³/m³

E = écartement entre les drains

d = hauteur équivalente du substratum imperméable

K = conductivité

α= facteur de réaction de la nappe

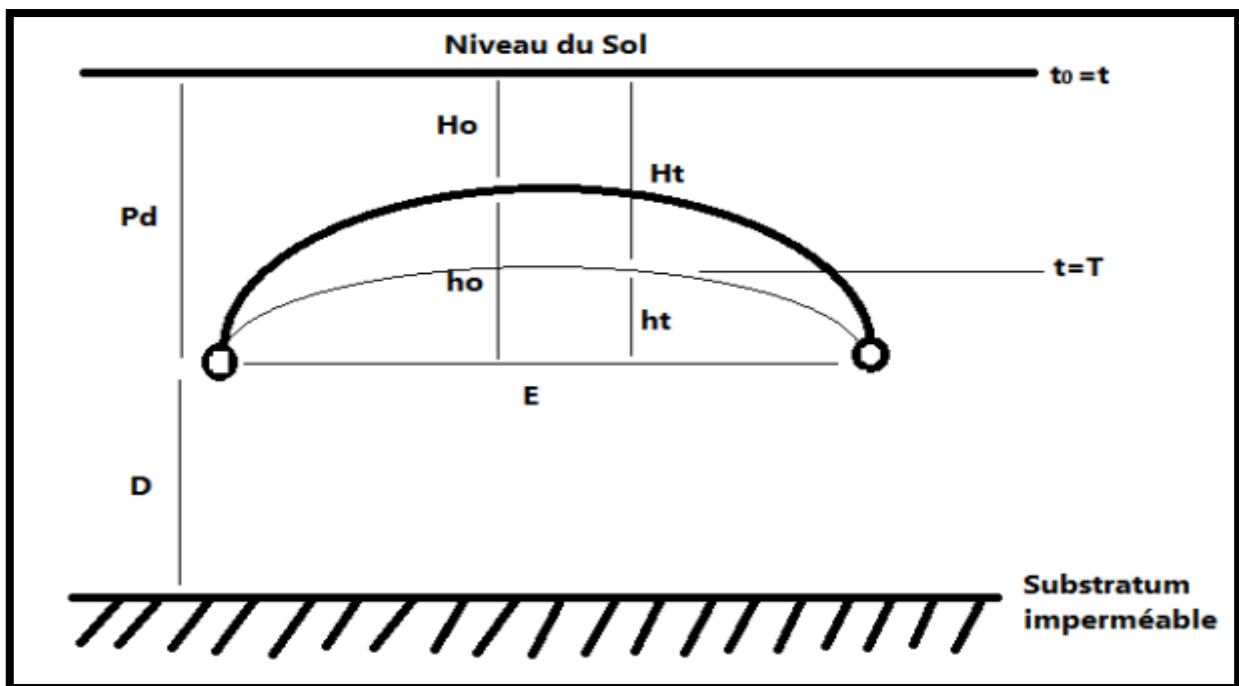


Figure IV.1 : Schéma représente les différents paramètres de la formule de Glover Dumm

IV.2.2. L'équation de HOOGHOUTD :

Cette équation, établie par HOOGHOUTD en 1936, est également familière sous le nom de l'équation de Donnan (Donnan, 1946). L'équation de HOOGHOUTD est plus appropriée pour les zones où le régime de précipitations est continu.

$$E^2 = \frac{8 K_b d (D_d - D_w)}{q_c} + \frac{4 K_a (D_d - D_w)^2}{q_c} \dots\dots(23)$$

Avec :

- q_c = taux de décharge du drainage à l'état d'équilibre (m / jour)
- K_a = conductivité hydraulique du sol au-dessus du niveau du drain (m / jour)
- K_b = conductivité hydraulique du sol en dessous du niveau du drain (m / jour)
- D_i = profondeur de la couche imperméable sous le niveau du drain (m)
- D_d = profondeur des drains (m)
- D_w = profondeur à l'état d'équilibre de la nappe phréatique à mi-chemin entre les drains (m)
- E = espacement entre les drains (m)
- d = profondeur équivalente, fonction de L , $(D_i - D_d)$ et r

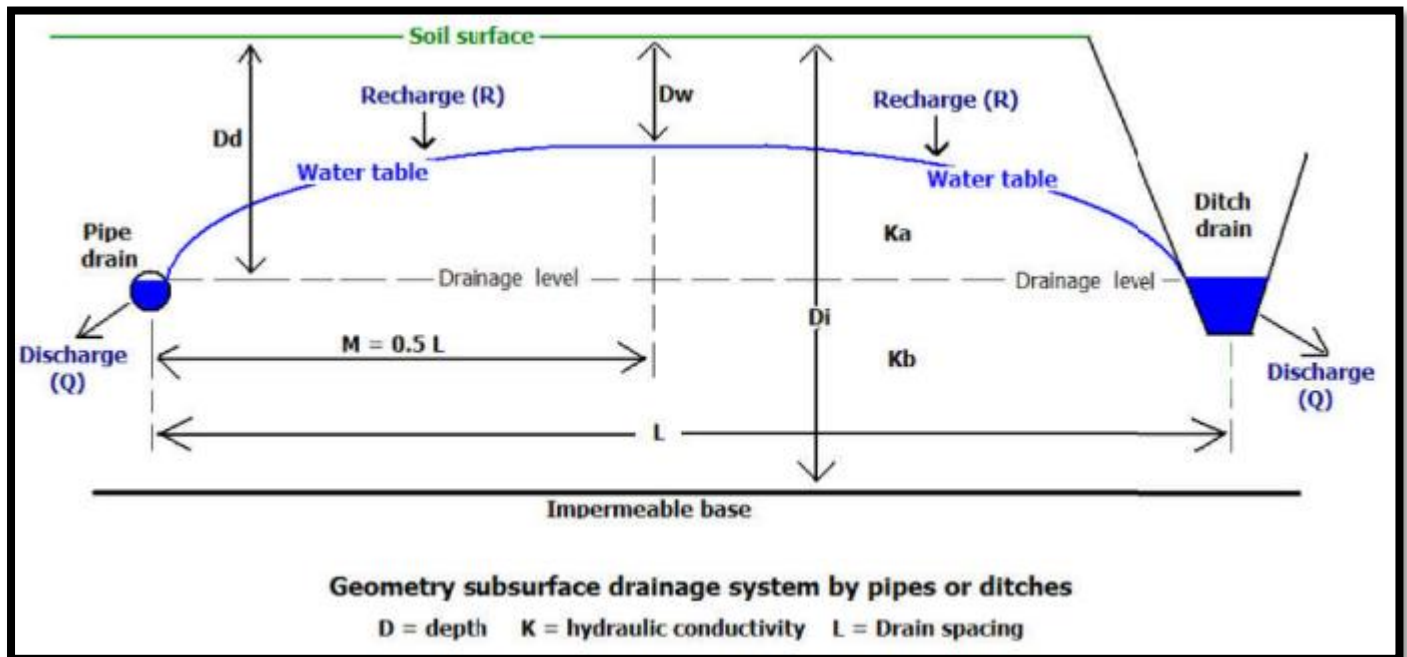


Figure IV.2 : Paramètres dans l'équation de drainage de Hooghoudt

Application numérique :

$E = 22\text{m}$

$K = 1.38 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

$q_c = 52.97 \text{ mm/j}$

IV.3. Sélection du type de drains et de leur installation :

Le drainage agricole souterrain dans les sols sableux comporte des avantages en termes de gestion de l'eau, mais il présente également certains risques potentiels. Voici une liste des risques courants associés au drainage agricole souterrain dans les sols sableux :

- Perte de nutriments : Le drainage souterrain peut entraîner la perte de nutriments tels que l'azote, le phosphore et le potassium, car l'eau qui s'écoule dans les drains peut emporter ces éléments nutritifs avec elle. Cela peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau et la pollution des cours d'eau avoisinants.
- Salinisation : Dans certaines régions, le drainage souterrain peut contribuer à la salinisation des sols, car il peut faire remonter l'eau souterraine riche en sels vers la surface. Cela peut nuire à la productivité des cultures et à la qualité des sols.
- Baisse du niveau de la nappe phréatique : Un drainage excessif peut abaisser le niveau de la nappe phréatique, ce qui peut entraîner des problèmes pour les puits d'eau potable, les écosystèmes aquatiques et les habitats humides.
- Érosion : Le drainage souterrain peut augmenter la vitesse d'écoulement de l'eau dans les canaux de drainage, ce qui peut entraîner une érosion accrue des sols, en particulier dans les régions sableuses où les sols sont plus sensibles à l'érosion.
- Subsidence des sols : Le drainage excessif peut provoquer la subsidence des sols, c'est-à-dire l'affaissement progressif du sol. Cela peut endommager les infrastructures agricoles, les bâtiments et les routes.
- Perte de biodiversité : Le drainage agricole peut avoir des effets négatifs sur les habitats naturels, en particulier les zones humides, ce qui peut entraîner la perte de biodiversité et la fragmentation des écosystèmes.
- Problèmes de gestion : La conception et la gestion inadéquates du drainage souterrain peuvent entraîner des problèmes, notamment le colmatage des drains, le besoin de réparations fréquentes et des coûts élevés d'entretien.

Donc c'est mieux et important de faire un drainage de surface (à ciel ouvert).

IV.3.1. Drainage par fosses à Ciel Ouvert :

Cette méthode implique périodiquement l'excavation de tranchées dans le sol, atteignant une profondeur de 2 mètres ou plus. Les fonctions des fosses sont les suivantes :

- Capturer le ruissellement de surface et éliminer ainsi un excès d'eau de la surface.
- Établir un gradient hydraulique afin de permettre un écoulement naturel de l'eau depuis le sol vers le canal de drainage.

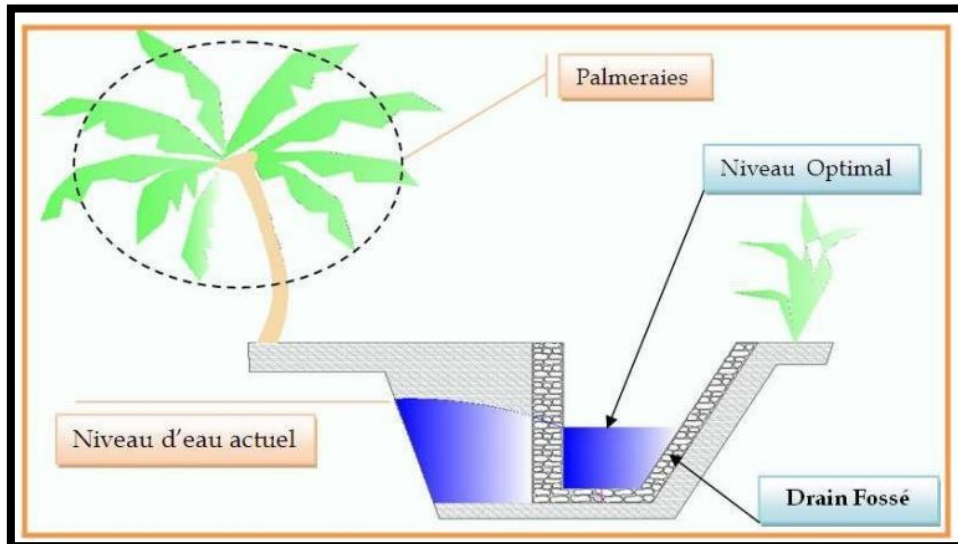


Figure IV.3 : Schéma représentant le principe du drainage par fossé.



Figure IV.4 : drainage par fossé

IV.3.2. La Profondeur des drains :

La détermination de la profondeur des fossés ou des drains dépend principalement de deux facteurs essentiels : la profondeur des racines des cultures en question et la topographie du terrain. Dans notre situation particulière, nous avons choisi une profondeur de 2 mètres pour les fossés, car les racines des palmiers ont tendance à s'étendre jusqu'à environ 1,5 mètre dans le sol. Cependant, il est important de noter que diverses considérations techniques et économiques influencent nos décisions concernant la profondeur des fossés, ce qui nous impose certaines contraintes.

IV.3.3. Débit à évacuer :

Le débit le long du drain dépend de la superficie drainée, et il est calculé à l'aide de la formule ci-dessous :

$$Q = qc \times L \times E.....(24)$$

Avec :

- qc : débit caractéristique .
- E : Ecartement entre les drains en mètres.
- L : longueur du drain en mètre.

A.N: $Q = 42.95 \times 150 \times 22 / 1000$

$$Q = 144.288 \text{ m}^3/\text{j} = 1.97 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

IV.3.4. Niveau de rabattement de la nappe :

En prenant en compte que la nappe phréatique se trouve généralement à une profondeur d'environ 0,5 mètre sous la surface du sol dans des conditions défavorables, notre objectif en termes de rabattement est de la réduire à une profondeur de 1,55 mètre sous la surface du sol en utilisant un système de drainage. Par conséquent, il est nécessaire que la nappe phréatique descende de (0,5 mètre - 1,55 mètre), ce qui équivaut à une baisse de 1,05 mètre, afin d'atteindre notre objectif de rabattement.

0.5m —————> le niveau actuel

1.55m —————> le niveau à atteindre

Donc le pourcentage de rabattement $((1.55-0.5) / (2-0.5)) * 100 = 70\%$

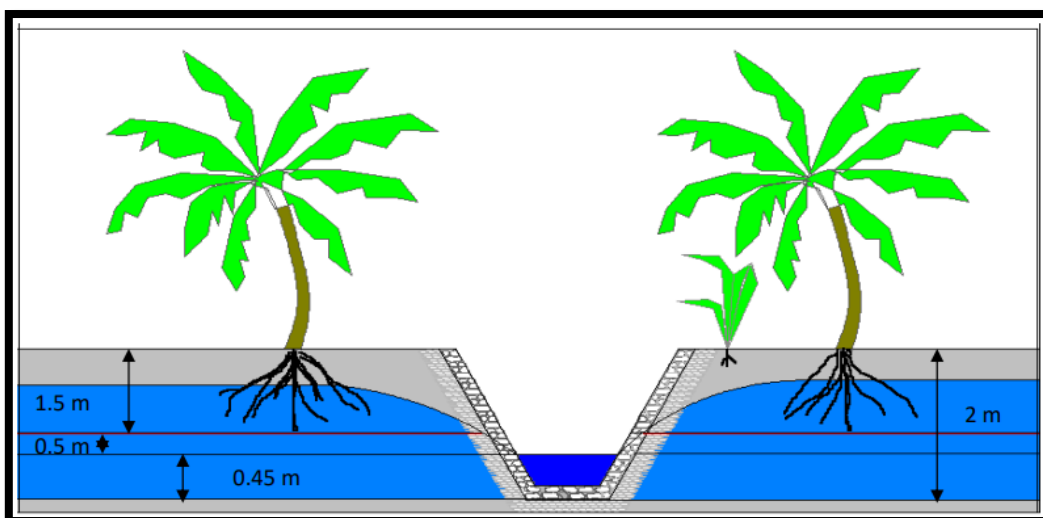


Figure IV.5 : Schéma explicatif de système de drainage à concevoir

IV.3.5. Niveau d'eau :

Pour élaborer un système de drainage efficace, la première étape cruciale consiste à déterminer la profondeur à laquelle la nappe phréatique (h) doit être abaissée. Dans notre zone de projet, où les palmiers dattiers prédominent, il est impératif de maintenir la nappe phréatique à une profondeur comprise entre 1,50 mètres et 2,00 mètres. Par conséquent, l'objectif initial est de réduire la nappe à environ 1,55 mètres. Il est important de noter que cette valeur constitue une référence de départ et pourra être ajustée en fonction des caractéristiques spécifiques du terrain.

IV.3.6. Pente des talus :

En ce qui concerne la pente des talus (m) des drains proposés dans le cadre de ce projet, il est couramment recommandé de sélectionner des valeurs qui assureront la stabilité. Pour les sols sableux, les pentes de talus recommandées sont de 1,5 à 2,0 pour les drains collecteurs et de 1,5 à 1,75 pour les autres drains.

IV.3.7. Pente des fossés :

La pente de drainage est généralement comprise dans une fourchette de 0,3 à 3 %, sauf dans certains cas particuliers déterminés par la topographie.

IV.3.8. Dimensionnement des collecteurs :

Zone basse n1 :

Tableau IV.2 : Calcul des débits dans les collecteurs

Débit de section Qt(l/h)	Débit caractéristique qc (m³/j)	Longueur du tronçon L (m)	Ecartement des drains E (m)	Collecteur
0,16	144.288	40	22	d1-f1
0,18	144.288	45	22	d9-f2
0,19	144.288	47	22	d8-f3
0,18	144.288	45	22	d8-f4
0,21	144.288	53	22	d7-f5
0,18	144.288	45	22	d7-f6
0,23	144.288	59	22	d6-f7
0,18	144.288	45	22	d6-f8
0,18	144.288	45	22	d5-f9
0,29	144.288	82	22	d5-f10

0,29	144.288	82	22	d4-f11
0,29	144.288	82	22	d3-f12
3,38	144.288	252	22	D6-d9
4,57	144.288	326	22	D3-Pf1

Tableau IV.3 : Calcul des vitesses des collecteurs

La pente du collecteur i(%)	Vitesse d'écoulement V(m/s)	Débit de section Qt(l/h)	Collecteur
03	0.29	0,16	d1-f1
03	0.31	0,18	d9-f2
03	0.31	0,19	d8-f3
03	0.31	0,18	d8-f4
03	0.32	0,21	d7-f5
03	0.3	0,18	d7-f6
03	0.31	0,23	d6-f7
03	0.3	0,18	d6-f8
03	0.3	0,18	d5-f9
03	0.33	0,29	d5-f10
03	0.33	0,29	d4-f11
03	0.33	0,29	d3-f12
03	0.4	3,38	D6-d9
03	0.37	4,57	D3-Pf1

Zone basse n2 :

Tableau IV.4 : Calcul des débits dans les collecteurs

Débit de section Qt(l/h)	Débit caractéristique qc (m³/j)	Longueur du tronçon L (m)	Ecartement des drains E (m)	Collecteur
0.29	144.288	50	22	d11-f14
0.31	144.288	165	22	d17-f19
0.31	144.288	50	22	d15-f18
0.31	144.288	245	22	d11-f23
0.32	144.288	245	22	d10-f22
0.3	144.288	245	22	d12-f24
0.31	144.288	50	22	d14-f17
0.3	144.288	245	22	d13-f25
0.3	144.288	245	22	d14-f26
0.33	144.288	50	22	d13-f16
0.33	144.288	145	22	d17-f20
0.33	144.288	50	22	d12-f15
0.4	144.288	50	22	d10-f13
0.37	144.288	120	22	d15-d17
2.7	144.288	10	22	SDP-d15
5.4	144.288	136	22	SDP-d14
8,42				La station
10.64	144.288	617	22	D3-D22

Tableau IV.5 : Calcul des vitesses des collecteurs

La pente du collecteur i(%)	Vitesse d'écoulement V(m/s)	Débit de section Qt(l/h)	Collecteur
03	0,29	0,18	d11-f14
03	0.30	0,59	d17-f19
03	0,29	0,18	d15-f18
03	0,32	0,88	d11-f23
03	0,32	0,88	d10-f22
03	0,32	0,88	d12-f24
03	0,29	0,18	d14-f17
03	0,32	0,88	d13-f25
03	0,32	0,88	d14-f26
03	0,29	0,18	d13-f16
03	0,30	0,52	d17-f20
03	0,29	0,18	d12-f15
03	0,29	0,18	d10-f13
03	0.36	1,54	d15-d17
03	0.36	2,63	SDP-d15
03	0.70	5,79	SDP-d14
03	0.53	10.64	D3-D22

Pr-D3 : Collecteur principale

Débit totale : $Qt = Q1 + Q2 + qcxSi$

= 4.50 + 10.64 + 0.449

= **15.59 l/h**

Tableau IV.6 : Calcul de vitesse de collecteur

La pente du collecteur i(%)	Vitesse d'écoulement V(m/s)	Débit de section Qt(l/h)	Collecteur
03	0.50	15.59	Pr-D3

IV.3.9. Largeur du fond du fossé :

La méthode prédominante pour le calcul de l'écoulement permanent uniforme est couramment référencée par la formule de Manning.

$$Q = (1/n) R^{2/3} \times i^{1/2} \times \omega \quad \dots(25)$$

Q : Débit véhiculé par le drain en (m³/s)

R : Rayon hydraulique en (m)

ω : Section mouillée en (m²)

I : Pente en (m/m)

n: Coefficient de rugosité =0.025 Pour les drains dans moyennes conditions.

Avec :

$$R = \omega / \chi$$

R : Rayon Hydraulique en (m)

ω: Section mouillée en (m²)

χ : Périmètre mouillé en (m)

Pour une section trapézoïdale on :

$$\omega = (b + m \times h) \times h$$

$$\chi = b + 2 \times h \sqrt{1 + m^2}$$

Nous avons h =2m et le débit le plus grand Q=15.59 l/h donc on calcule la largeur b(m) par la formule de Manning.

A.N :

$$b = 0.6 \text{ m}$$

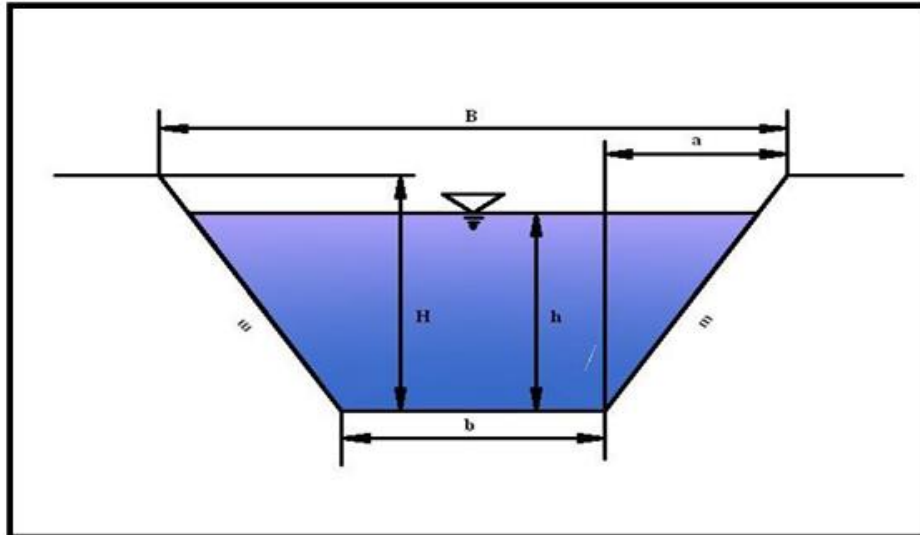


Figure IV.6 : Section transversale trapézoïdale du drain

IV.4. Programmation de la station de pompage :

En raison de la présence de la zone numéro 02 dans une dépression significative, il est nécessaire de proposer une station de pompage des eaux dirigée vers le collecteur principal au point D22 par un canal de pompage de 296 m de longueur et d'une pente de 15 ‰.

Détermination du diamètre du canal de pompage :

Nous avons :

$$Q_{st} = 8,42 \text{ l/s}$$

En appliquant la formule de Manning pour déterminer le diamètre économique :

$$\varnothing = 1,5 \times \sqrt{Q_{st}}$$

$$\varnothing = 0,137 \text{ m}$$

Nous prenons le diamètre économique du canal de pompage D160 mm PVC PMS 10 bars.

IV.4.1. Détermination des dimensions du bassin de la station de pompage :

En supposant un temps de séjour dans le bassin $T_s = 1,50 \text{ h}$, le volume d'eau entrant dans le bassin est :

$$V_t = Q_{st} \times T_s = 69,00 \text{ m}^3$$

La profondeur suffisante du bassin est de 3,50 m, donc la superficie du bassin est :

$$S = V_t / h = 69,00 / 3,5 = 19,73 \text{ m}^2$$

Les dimensions de la station sont les suivantes :

$$4,50 \times 4,00 \times 3,50 \text{ mètres}$$

IV.4.2. Détermination des caractéristiques de la pompe choisie :

La pompe utilisée pour le pompage est du type adapté aux eaux de drainage de surface.

Débit calculé $Q_c = 8,42$ l/s

Détermination de la hauteur manométrique :

$$H_{mt} = H_g + \sum PDC \dots (26)$$

Où :

Hauteur manométrique : H_{mt} (m)

Hauteur géométrique : H_g (m)

Pertes de charge dans les canaux et les éléments spécifiques : $\sum PDC$ (m)

1- Calcul de la hauteur géométrique :

$$H_g = CTND22 - CCP \dots (27)$$

CTND22 : cote naturelle du point de déversement au collecteur D22

$$CTND22 = 362,80 \text{ m}$$

CCP : cote du seuil de la pompe (filtre)

$$CCp = CTNp - hp$$

Où :

CTNp : cote naturelle du bassin de la station proposée SDP

$$CTNp = 358,85 \text{ m}$$

hp : profondeur du bassin de la station de pompage $hp = 30,50$ m

$$CCp = 358,85 - 3,50 = 355,30 \text{ m}$$

$$H_g = 362,80 - 355,30 = 7,50 \text{ m}$$

$$H_g = 7,50 \text{ m}$$

2- Calcul des pertes de charge PDC :

$$PDC = j * L * 1,2 \dots (28)$$

j : perte de charge unitaire en m/m correspondant au diamètre et au débit.

L : longueur du canal de pompage en m.

D'après le tableau de Colebrook, nous avons :

$$j = 9,79 * 10^{-4} \text{ correspondant au débit } Q = 8,42 \text{ l/s}$$

L : longueur du canal de pompage 296,00 m.

$$PDC = 9,79 * 10^{-4} * 296 * 1,20 = 0,35 \text{ m}$$

Donc, la hauteur manométrique Hmt est :

$$\begin{aligned} Hmt &= Hg + PDC \\ &= 7,50 + 0,35 = 7,85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Hmt = 7,85 \text{ m}$$

La pompe choisie doit avoir les caractéristiques suivantes :

$$\text{Débit } (8 \div 10) \text{ l/s}$$

$$\text{Hauteur manométrique } (8 \div 10) \text{ m}$$

La pompe choisie doit être adaptée aux eaux de surface ou agricoles, par exemple :

$$\text{-DRENO POMP ITALI } Q = 600 \div 420 \text{ L/MIN } H = 8 \div 10 \text{ m}$$

$$P = (1 \div 3) \text{ KW } V = 380 \text{ VOLT}$$

$$\text{-SAER ITALI } Q = 28,80 \div 36 \text{ m}^3/\text{h } H = 8 \div 10 \text{ m } V = 380 \text{ VOLT}$$

IV.4.3. Capacité de la station de pompage existante :

La station de pompage existante a les caractéristiques suivantes :

Son rôle est de transférer les eaux usées du réseau d'assainissement vers le point de ventilation actuellement non exploité par le biais d'un canal de refoulement de 1400 m de long et de 250 mm de diamètre en PVC de 10 bars de pression.

Quant aux dimensions de la station, elles sont les suivantes :

- Bâti : 60,00 x 30,00 x 2,20 mètres.
- Bassin d'accumulation : carré de 3,00 x 3,00 mètres avec une profondeur de 6,00 mètres.
- Chambre des vannes : longueur de 3,00 mètres, largeur de 3,00 mètres, profondeur de 3,00 mètres.

La station est équipée d'une pompe automatique. Quant à la salle de contrôle, ses dimensions sont de 4,9 x 4,50 mètres.

IV.4.4. Informations sur l'émissaire (le rejet) :

Les eaux usées provenant du point de ventilation mentionné précédemment sont déversées dans l'émissaire du collecteur de l'angle de Sidi Moussa par le biais d'un canal gravitaire de 1400 mètres de long et de 250 millimètres de diamètre en ciment amianté de classe 20.

IV.4.5. Sélection de la pompe pour le drainage des eaux usées domestiques et des eaux de surface :

Détermination du débit d'eau à usage domestique à court terme :

$Q_p(l/s)$	$Q_{maxr}(l/s)$	$Q_{mr}(l/s)$	K_r	$Q_m(l/s)$	Terme
5.25	2.11	1.75	0.80	2.19	2023court

Le débit cible maximal à courte portée est $Q_{max} = 1,62 l/s$

Moyen et long terme :

$Q_p(l/s)$	$Q_{maxr}(l/s)$	$Q_{mr}(l/s)$	K_r	$Q_m(l/s)$	Terme
8.52	3.41	2.84	0.80	3.55	2043long

La pompe sélectionnée doit être capable de pomper un débit de :

$$\begin{aligned} Q_t &= Q_{ass} + Q_{drai} \\ &= 3,41 + 15,59 \\ Q_t &= 19,00 l/s \end{aligned}$$

La hauteur géométrique de la pompe est :

$$\begin{aligned} H_g &= CTNb - (CTNp - hp) \\ &= 367,46 - (361,56 - 6) \\ H_g &= 11,90 m \end{aligned}$$

Détermination des pertes de charge :

Le diamètre existant est de 250 mm, ce qui correspond à une perte de charge de

$j = 0,54 * 10^{-3}$ par mètre.

La perte de charge totale est donc : $J_t = 0,54 * 10^{-3} * 1400 * 1,20$

$J_t = 0,90 m/m$

La hauteur manométrique est alors : $H_{mt} = 11,90 + 0,90 = 12,80 m$


$H_{mt} = 12,80 m$

La pompe choisie doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Débit $Q_p = (19 \div 22)$ l/s
- Hauteur manométrique $H_{mt} = (12,80 \div 14)$ m

Elle doit être adaptée aux eaux de surface et domestiques.

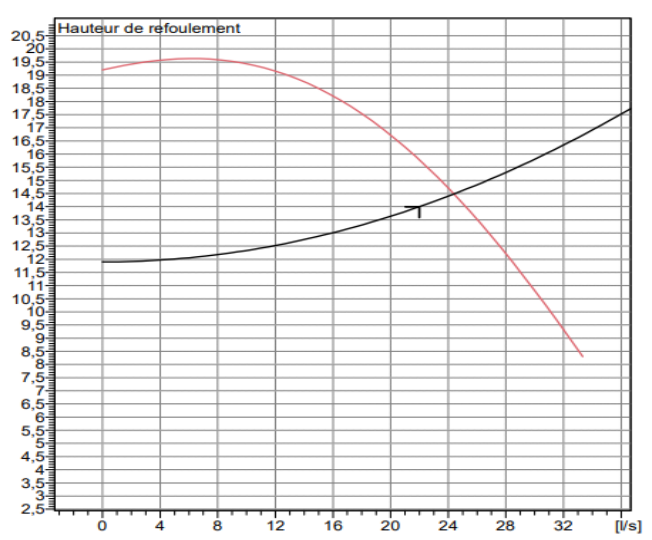
En ce qui concerne le bassin de la station, il se trouve à une cote inférieure (361,56 m) par rapport au collecteur D22 à une cote de (262,80 m), ce qui signifie qu'en cas d'arrêt de la pompe, il se trouve à l'intérieur de la station existante uniquement. Par conséquent, un groupe électrogène doit être inclus pour pomper l'eau accumulée.



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

MEC-A 1/80D	
Caractéristiques requises	
Débit	22 l/s
Hauteur de refoulement	14 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	24,4 l/s
Hauteur de refoulement	14,5 m
Puissance absorbée	4,9 kW
Rendement	69,4%
Hauteur manométrique H(Q=0)	19,2 m
Orif. de refoulement	80 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	5,5 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	15
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	95 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Arbre	Acier traité
Douille arbre	Acier cromé
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Caractéristiques de fonctionnement				
UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

- A = 962
- B = 125
- C = 677
- D = 185
- DNa = 100
- DNm = 80
- E = 100
- F = 477
- G = 285
- H = 380
- I = 340
- L = 16
- M = 38
- N = 65
- O = 197
- P = 422
- Q = 391

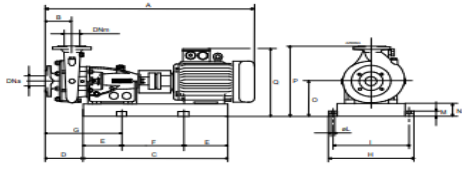


Figure IV.7 :la Pompe choisie par caprari

Remarque :

Toutes les mesures de protection nécessaires pour les collecteurs, y compris des couvertures et des clôtures en fer, doivent être fournies.

IV.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail le dimensionnement du réseau de drainage agricole ainsi que sa station de pompage. Le drainage agricole est un élément essentiel de la gestion de l'eau dans l'agriculture, car il permet d'éliminer l'excès d'eau du sol, ce qui est crucial pour la croissance des cultures et la prévention des inondations. La station de pompage joue un rôle clé dans ce processus, en assurant le transfert efficace de l'eau du réseau de drainage vers les cours d'eau ou les réservoirs.

Nous avons commencé par discuter des facteurs à prendre en compte lors du dimensionnement du réseau de drainage agricole, notamment la topographie du terrain, la capacité de drainage requise, et les types de sols. Il est important de concevoir un réseau de drainage qui puisse gérer les fluctuations saisonnières des niveaux d'eau, tout en minimisant les pertes d'eau par infiltration.

En ce qui concerne la station de pompage, nous avons exploré les différents types de pompes disponibles et les critères de sélection, tels que la capacité de pompage, la hauteur de refoulement, et l'efficacité énergétique. Le choix de la pompe appropriée est crucial pour assurer un fonctionnement efficace et économique de la station de pompage.

Chapitre V : Étude Technico-économique

V.1. Introduction :

Le drainage agricole est une composante cruciale de l'agriculture moderne, visant à gérer les excès d'eau dans les terres agricoles pour optimiser les rendements des cultures. Cependant, la mise en place d'un système de drainage agricole efficace nécessite une analyse technico-économique approfondie pour évaluer sa faisabilité et sa rentabilité. Ce chapitre se penche sur les aspects clés de l'étude technico-économique pour le drainage agricole.

V.2. Devis estimatif et quantitatif :**Tableau V.1 : Achèvement du complexe principal et du réseau de la zone n° 01**

Num	Les travaux	Unité	Quantité	Prix de l'unité DA	Prix DA
Partie de forage					
01	Creuser la tranchée dans un sol de terrain normal, y compris toutes les exigences de service à l'aide de machinerie mécanique pour préparer la pose des canaux, y compris le nivellement du fond de la tranchée et toutes les conséquences d'une bonne exécution	M ³	2052	800,00	1264 896,0
02	Creuser la tranchée dans un sol dur ou rocailleux, incluant l'utilisation de toutes machines performantes (balayeuse + marteau perçant) selon la ligne de projet et toute protection incluant le nivellement du fond de tranchée et toutes les conséquences d'une bonne mise en œuvre	M ³	Tiquet	800,00	800.00
03	Pompage de l'eau qui fuit vers et depuis la tranchée, quelle que soit son exportation, hors de la zone peuplée (collecteur de drainage), y compris l'utilisation de la pompe appropriée et toutes les conséquences d'une bonne mise en œuvre	Heure	Tiquet	560,00	560.00
04	Fournir et placer un lit de sable dunaire sous les canaux d'une épaisseur de 10 cm avec toutes les exigences et conséquences d'une bonne mise en œuvre	M ³	137	590,00	395 300,00
05	Fourniture et mise en place d'une couche de gravier arrondi des deux côtés et au-dessus du canal d'une épaisseur de 35 cm de type gravier « 8 Cela inclut l'installation et toutes les conséquences d'une bonne mise en œuvre	M ³	527	800,00	1264 896,0

06	Remblayage de la tranchée avec de la terre de champ complètement exempte de pierres et d'éléments tranchants sous forme de couches tandem avec un bon compactage du sol de remblai jusqu'au niveau de la surface du sol du champ avec toutes les exigences et les conséquences d'une bonne mise en œuvre	M ³	1362	800,00	536 000,00
07	Transfert de la terre excédentaire et de toutes les pierres extraites en dehors du site des travaux et de la bonne installation avec toutes les exigences et conséquences d'une bonne mise en œuvre	M ³	691	560,00	493 203,20
Partie de la génie civil					
09	Achèvement au niveau de l'atelier Collecteurs en béton armé Dimensions intérieures 1.00 × 1.00 m × h Profondeur intérieure avec ciment résistant aux sulfates (CRS) calibre 400 kg / m ³ Cela comprend la peinture des murs avec un matériau de flant-coat à l'intérieur et à l'extérieur, le tout avec deux couches croisées, ainsi qu'une taille inférieure pour la sédimentation avec une profondeur de 20 cm, avec l'achèvement d'une couverture en béton comme dans le plan, y compris toutes les exigences pour la mise en œuvre de moules en fer, la formation de fer et l'utilisation de vibrateurs pendant le processus de coulage du béton. H* Plus grand que 2m double renfort T10 avec une épaisseur de 20 cm H* moins de 2m mono-renforcement T10 d'une épaisseur de 15 cm	Unité	02		180000.0
		Unité	16	10000	
10	Achèvement d'une structure pour la découpe de la route en béton armé avec T12 pour les fondations, les colonnes et le toit avec une concentration de ciment résistant au sel CRS de 400 kg / m ³ , y compris la fourniture et la mise en place de sol Tuf monolithique d'épaisseur de 40 cm, ainsi que l'asphaltage de la partie coupée de la route et toutes les conséquences d'une bonne mise en œuvre	Unité	01	20000	20000
Partie de différents travaux					

11	Fourniture et mise en place d'une membrane poreuse (maille filtrante) aux extrémités des canaux, y compris la connexion au canal, l'alimentation et la mise en place d'une couche de gravier arrondi et toutes les exigences et conséquences d'une bonne mise en œuvre	Unité	13	5000	65000.00
12	Raccordement du nouveau réseau au bassin de la station de pompage existante Cela inclut toutes les exigences et les conséquences d'une bonne mise en œuvre	Unité	01	10000.00	10000.00
Le prix total sans frais DA					11 532 655
TVA 19% DA					2 191 204,45
Le prix total avec frais DA					13 723 859,45

Tableau V.2 : Achèvement du complexe principal et du réseau de la zone n° 02

Num	Les travaux	Unité	Quantité	Prix de l'unité DA	Prix DA
Partie de forage					
01	Excavation de la tranchée dans un sol de terrain normal, comprenant tous les éléments nécessaires du service, en utilisant une machine mécanique pour préparer le processus de pose des canaux, y compris le nivellement du fond de la tranchée et toutes les conséquences d'une exécution correcte. Volume : 4375 m ³	M ³	4375	500,00	2 187 500.00
02	L'excavation de la tranchée dans un sol dur ou rocheux comprend l'utilisation de toutes les machines appropriées (décapeuse de roches + marteau perforateur) conformément au tracé du projet, ainsi que toutes les mesures de protection, y compris le nivellement du fond de la tranchée et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	Tiquet	30000.00	30000.00
03	Pompage de l'eau qui s'infiltré dans et hors de la tranchée, quelle que soit son origine, vers l'extérieur de la zone habitée (conduite de drainage). Cela comprend l'utilisation de la pompe appropriée et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	Heure	Tiquet		10000.00
04	Fourniture et pose d'un lit de sable dunaire sous les canaux d'une épaisseur de 10 cm, avec tous les éléments nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	292	300,00	87600.00

05	Fourniture et pose d'une couche de gravier arrondi de chaque côté du canal, avec une épaisseur de 35 cm, composée de gravier de type 8", comprenant la fixation et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	1123	2 500,00	2807500.00
06	Remblayage complet de la tranchée avec un sol de terrain totalement exempt de pierres et d'éléments tranchants sous forme de couches superposées, avec un compactage approprié du sol de remblayage jusqu'au niveau de la surface du terrain, comprenant tous les éléments nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	2961	200,00	592200.00
07	Transport du sol excédentaire et de toutes les pierres extraites en dehors du site de travail, avec un nivellement adéquat, comprenant tous les éléments nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	1415	300,00	424500.00
Partie de la génie civil					
09	<p>La réalisation au niveau de l'atelier de trappes en béton armé, avec des dimensions intérieures de 1,00 × 1,00 m × h (profondeur intérieure), en utilisant du ciment résistant aux sulfates (CRS) de calibre 400 kg/m³. Cela comprend la peinture des murs intérieurs et extérieurs avec une substance de type 'Flant Coat' en deux couches croisées, ainsi qu'une base inférieure pour la sédimentation d'une profondeur de 20 cm. Cela inclut également la réalisation d'un couvercle en béton conformément au plan, y compris tous les équipements nécessaires tels que les moules en acier, la mise en forme de l'acier et l'utilisation d'un vibreur pendant le processus de coulage du béton.</p> <p>H* Pour une hauteur supérieure à 2 mètres, un renforcement double en T10 d'une épaisseur de 20 cm est utilisé.</p> <p>H* Pour une hauteur inférieure à 2 mètres, un renforcement simple en T10 d'une épaisseur de 15 cm est utilisé.</p>	Unité Unité	09 20	40 000,0	1160 000,0
10	Construction d'une structure en béton armé de classe T12 pour les fondations, les colonnes et la toiture, avec du ciment résistant aux sels (CRS) d'une concentration de 400 kg/m ³ , y compris la fourniture et la pose d'une couche de sol en tuf d'une épaisseur de 40 centimètres, ainsi que la réalisation de l'asphaltage de la section de la route coupée et de toutes les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	01	60000.00	60000.00

Partie de déferents travaux					
11	Fourniture et installation d'une membrane poreuse (réseau de filtration) aux extrémités des canaux, y compris la connexion au canal, ainsi que la fourniture et la pose d'une couche de gravier arrondi, avec tous les équipements nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	14	30000.00	420000.00
Le prix total sans frais DA					15 265 800
TVA 19% DA					2 900 502
Le prix total avec frais DA					18 166 302

Tableau V.3 : Achèvement du canal de pompage de la zone n° 02

Num	Les travaux	Unité	Quantité	Prix de l'unité DA	Prix DA
Partie de forage					
01	L'excavation de la tranchée dans un sol ordinaire comprend l'utilisation de toutes les machines nécessaires pour préparer le processus de pose des canaux, y compris le nivellement du fond de la tranchée, ainsi que toutes les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	426	600.00	255 600.00
02	L'excavation de la tranchée dans un sol solide ou rocheux comprend l'utilisation de toutes les machines appropriées (décapeuse de roches + marteau perforateur) conformément au tracé du projet, ainsi que toutes les mesures de protection, y compris le nivellement du fond de la tranchée et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	Tiquet	600.00	240000.00
03	Pompage des eaux infiltrées provenant et se dirigeant vers la tranchée, quel que soit leur origine, vers l'extérieur de la zone habitée (collecteur de drainage). Cela comprend l'utilisation de la pompe appropriée et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	Heure	Tiquet	400.00	1200.00
04	Fourniture et pose d'un lit de sable de dunes sous les canaux d'une épaisseur de 10 cm et autour des canaux d'une épaisseur de 30 cm, avec tous les équipements nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	118	600.00	70800.00
05	Remblayage complet du fossé avec du sol de terrain totalement exempt de pierres et d'éléments tranchants en couches parallèles, avec un compactage adéquat du sol de remblayage jusqu'au niveau du sol du terrain, y compris tous les équipements nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	303	300.00	90900.00

06	Transport du sol excédentaire et de toutes les pierres extraites hors du site de travail, avec un nivellement approprié, y compris tous les équipements nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	123	450.00	55350.00
Partie des pièces spéciales					
08	Fourniture et installation de coudes 4/1 en plastique (PVC Pms10 BARS), y compris la connexion entre eux. En cas de non-connexion, cela inclut l'utilisation d'une colle de qualité appropriée, ainsi que toutes les conséquences d'une exécution correcte. Diamètre de 160 mm.	Unité	04	500.00	2000.00
09	Fourniture et installation d'une vanne à bille métallique en fonte ductile PN 10, y compris la mise en place de l'ensemble du robinet et du siège, ainsi que toutes les conséquences d'une exécution correcte. Diamètre DN60 mm.	Unité	01	3500.00	3500.00
10	Fourniture et installation d'une vanne à tournant sphérique de type Sonakom en fonte ductile PN 10, sous forme de vanne-vanne, en utilisant tout l'équipement nécessaire et en prenant en compte toutes les conséquences d'une exécution correcte. Diamètre 150 mm.	Unité	01	4000.00	4000.00
11	Fourniture et installation d'un clapet anti-retour de type Sonakom en fonte ductile PN 10, avec toutes les conséquences d'une exécution correcte. Diamètre 150 mm.	Unité	01	3000.00	3000.00
12	Fourniture de pièces en plastique (PVC Pms10 BARS), y compris leur connexion entre elles. En cas de non-connexion, cela inclut l'utilisation d'une colle de qualité appropriée, ainsi que toutes les conséquences d'une exécution correcte. Diamètre 160 mm.	Unité	04	1500.00	6000.00
Partie de la génie civil					
13	Réalisation au niveau de l'atelier de coffrages en béton armé ayant des dimensions intérieures de 1,00 × 1,00 m × h ≤ 1,5 (profondeur intérieure), avec du ciment résistant aux sulfates (CRS) de calibre 400 kg/m ³ . Cela comprend également la peinture des murs intérieurs et extérieurs avec une substance de type 'Flant Coat' en deux couches croisées, ainsi que la construction d'un couvercle en béton conforme au plan, y compris tous les équipements nécessaires tels que les moules en acier, la mise en forme de l'acier et	Unité	01	50000.00	50000.00

	l'utilisation d'un vibreur pendant le processus de coulage du béton.				
14	Construction d'une structure pour les sections routières en béton armé de classe T12 pour les fondations, les colonnes et le plafond, en utilisant du ciment résistant aux sels (CRS) d'une concentration de 400 kg/m ³ , y compris la fourniture et la pose d'une couche de sol en tuf d'une épaisseur de 40 centimètres, ainsi que l'asphaltage de la section de la route coupée, avec tous les équipements nécessaires et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	01	50000.00	
15	Construction d'un pare-chocs en béton en utilisant du ciment résistant aux sels (CRS) avec une concentration de 400 kg/m ³ , ayant des dimensions de 0,50 × 0,50 × 0,50 mètres, y compris la réalisation du coffrage et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	04	10000.00	40000.00
Partie de délégués travaux					
16	Raccordement du nouveau réseau au réservoir de la nouvelle station de pompage et au collecteur principal, y compris tous les équipements nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	02	5000.00	10000.00
Le prix total sans frais DA					1 572 350
TVA 19% DA					298 746,5
Le prix total avec frais DA					1 871 096,5

Tableau V.4 : Equipement de la station de pompage de pompes et d'équipements électriques et hydrauliques pour la zone n° 02

Num	Les travaux	Unité	Quantité	Prix de l'unité DA	Prix DA
01	<p>Fourniture et installation d'une pompe submersible avec un moteur électrique spécialement conçue pour le drainage de surface (Dreno Pompe) de type Alpha 3T d'origine italienne, avec les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Débit (8 ÷ 10) litres par seconde. • Hauteur manométrique (10 ÷ 12) mètres. • Tension triphasée de 380 volts. • Puissance de 0,75 kilowatts. <p>Équipée d'un moteur électrique triphasé à courant alternatif et alimentée par un circuit court-circuit de 380 volts, y compris la connexion (pompe + moteur) avec une liaison en caoutchouc et toutes les fournitures nécessaires, ainsi que les conséquences d'une exécution correcte.</p>	Unité	02	30000.00	60000.00
02	<p>Fourniture et installation des accessoires hydrauliques pour l'installation de deux pompes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Robinet à tournant sphérique en fonte PN 10, diamètre 80 mm. • Clapet anti-retour en fonte PN 10, diamètre 80 mm. • Cône de réduction en fonte PN 10, diamètre 80/150 mm. • Raccord en forme de Y en fonte PN 10, diamètre 150/150/150 mm. 	Unité	02	1600.00	10400.00
		Unité	02	1500.00	
		Unité	02	1400.00	
		Unité	02	1400.00	
			01		
03	Raccordement du canal de la pompe au canal de refoulement, y compris la soudure et les pièces spéciales nécessaires, ainsi que toutes les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	01	20000.00	20000.00
04	Fourniture d'un système d'alimentation en courant électrique à haute tension pour les pompes, comprenant la connexion, ainsi que tous les câbles, les connecteurs nécessaires et toutes les fournitures et conséquences d'une exécution correcte.	Tiquet	Tiquet	70000.00	70000.00
Le prix total sans frais DA					160400
TVA 19% DA					30 476
Le prix total avec frais DA					190 876

Tableau V.5 : Achèvement du bassin de la station de pompage pour la zone n° 02

Num	Les travaux	Unité	Quantité	Prix de l'unité DA	Prix DA
Partie de l'excavation et du remblayage.					
01	L'excavation de la tranchée sur le terrain du site, de n'importe quel type, jusqu'à atteindre la profondeur requise, comprend toutes les fournitures nécessaires au service, qu'il s'agisse de l'utilisation de machines mécaniques ou d'une exécution manuelle pour préparer le processus de pose des moules externes, y compris le nivellement du fond de la tranchée et toutes les implications d'une exécution correcte	M ³	156,00	600,00	93 600,00
02	Le pompage des eaux infiltrées depuis et vers la tranchée, quelle que soit leur source, vers le collecteur du réseau d'assainissement domestique pendant les travaux, implique l'utilisation de la pompe appropriée et toutes les conséquences d'une exécution correcte.	hour	Tiquet	250,00	250.00
03	Remblayer la tranchée avec du sable dunaire sous forme de couches superposées avec un compactage adéquat jusqu'au niveau de la surface du sol du site, y compris toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	93,00	300,00	27 900,00
04	Transporter le sol excavé vers la décharge publique, avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	156,00	450,00	70 200,00
Partie de la génie civil					
05	Réaliser une structure en béton massif avec du ciment résistant aux sels, de concentration à 350 kg/m ³ , avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	5,400	18 000,0	97 200,00
06	Réaliser un béton de propreté avec du ciment résistant aux sels, de concentration à 150 kg/m ³ , avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	1,800	13 000,0	23 400,00
07	Réaliser du béton armé avec du ciment résistant aux sels, de concentration à 400 kg/m ³ , pour la fondation et les murs conformément aux plans d'exécution. Cela comprend l'armature, les moules métalliques, le coulage avec l'utilisation d'un vibreur, ainsi que le décoffrage, avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	46,75	25 000,0	1168 750,0
08	Réaliser une structure en béton armé avec du ciment résistant aux sels, de concentration à 400 kg/m ³ , pour le plafond conformément aux plans d'exécution. Cela comprend l'armature, les moules	M ³	3,06	25 000,0	76 500,00

	métalliques, le coulage avec l'utilisation d'un vibreur, ainsi que le décoffrage, avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.				
09	Fourniture et réalisation d'un revêtement intérieur en deux couches séparées par un jour, avec du ciment résistant aux sels, de concentration à 600 kg/m ³ , d'une épaisseur de 1 cm chacune, avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	1,26	20 000,0	25 200,00
10	Fourniture et installation de préfabriqués en béton armé conformément aux plans d'exécution, comprenant les cadres métalliques revêtus d'une couche de peinture antirouille, ainsi que toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte	Unité	3,00	3 000,00	9 000,00
11	Réalisation de supports en béton avec du ciment résistant aux sels, de concentration à 350 kg/m ³ , pour la pompe ayant des dimensions de 0,50 m x 0,50 m x h ≤ 0,15 m, avec fourniture et installation d'une chaîne pour la fixation de la pompe, ainsi que toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ³	0,15	7 000,00	1 050,00
Partie de la menuiserie métallique					
12	Fourniture et installation de treillis métalliques en fer résistant conformément aux plans d'exécution, comprenant les cadres métalliques revêtus de peinture antirouille, ainsi que toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	1,00	5 500,00	5 500,00
13	Fourniture et installation de supports métalliques servant de fixations pour les canalisations, ainsi que toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	Unité	2,00	1 000,00	2 000,00
Partie de différents travaux					
14	Fourniture et installation de parois de soutènement métalliques pendant les opérations d'excavation et de coulage de béton, servant de protection contre les effondrements de sol et les infiltrations d'eau à l'intérieur de la tranchée, avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ²	100,00	5 000,0	500 000,00
15	Peindre les murs intérieurs et extérieurs du réservoir de la station avec de la peinture Fluoropolymère en deux couches croisées, avec toutes les fournitures nécessaires et les conséquences d'une exécution correcte.	M ²	274,00	50,00	13 700,00
Le prix total sans frais DA					2114000,00
TVA 19% DA					359380,00
Le prix total avec frais DA					2473 380,00

Le cout total du projet : 26 425 513,95 DA.

V.3. Conclusion :

Une étude technico-économique solide est essentielle pour guider la planification et la mise en place réussie d'un système de drainage agricole. Elle permet de s'assurer que les investissements sont justifiés du point de vue technique et financier, tout en maximisant les avantages pour les agriculteurs et la durabilité environnementale.

Chapitre VI : Impact sur l'environnement

VI.1. Introduction :

Le drainage agricole est une pratique importante dans l'agriculture qui consiste à éliminer l'excès d'eau des sols cultivés. Cette technique vise à contrôler le niveau de la nappe phréatique et à évacuer l'eau de pluie ou d'irrigation qui pourrait saturer les racines des plantes si elle restait stagnante dans le sol.

En résumé, le drainage agricole joue un rôle crucial dans l'optimisation de la productivité agricole, la préservation des sols, la gestion de l'eau et la réduction des risques liés aux conditions météorologiques. Il contribue ainsi de manière significative à la sécurité alimentaire et à la durabilité environnementale de l'agriculture. Cependant, il est important de le mettre en œuvre de manière réfléchie pour minimiser les effets négatifs sur l'environnement, tels que la perte de zones humides ou la perturbation des écosystèmes aquatiques.

Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie des problèmes liés à la remontée d'eaux souterraines dans le contexte du drainage agricole, tout en mettant en lumière les solutions et les pratiques qui peuvent contribuer à la préservation de l'environnement et de la biodiversité.

VI.2. Altération des Écosystèmes Aquatiques :

VI.2.1. Effets sur les zones humides :

Le drainage agricole peut avoir un impact significatif sur les écosystèmes de zones humides, et ses impacts sont souvent négatifs. Voici comment le drainage agricole affecte les zones humides :

- Dégradation de l'habitat
- Perte de biodiversité
- Modification de la qualité de l'eau
- Altération des cycles hydrologiques
- Érosion des sols
- Perte de services écosystémiques
- Répercussions sur la pêche et la chasse

VI.2.2. Dégradation des habitats aquatiques :

La dégradation des habitats aquatiques due au drainage agricole peut avoir des conséquences significatives pour les poissons, les oiseaux et autres espèces aquatiques. Voici comment ces groupes d'espèces sont affectés :

Poissons : Les poissons sont particulièrement sensibles aux modifications de leur habitat aquatique.

Oiseaux : Les zones humides sont des habitats vitaux pour de nombreuses espèces d'oiseaux, en particulier pour la nidification, l'alimentation et la migration.

Autres espèces aquatiques : Outre les poissons et les oiseaux, de nombreuses autres espèces aquatiques, telles que les amphibiens, les crustacés, les insectes aquatiques et les plantes aquatiques, dépendent des zones humides pour leur survie. La dégradation de ces habitats peut avoir un impact généralisé sur la biodiversité aquatique.

VI.2.3. Pollution de l'eau :

Le drainage agricole peut contribuer de manière significative à la pollution de l'eau en transportant des produits chimiques agricoles tels que les pesticides, les herbicides et les engrais depuis les champs vers les cours d'eau. Voici comment cela se produit et quelles sont les conséquences de cette pollution de l'eau :

- Ruissellement des produits chimiques
- Transport dans les systèmes de drainage
- Conséquences pour la qualité de l'eau
- Réglementation et prévention
- Techniques de gestion durable

En résumé, le drainage agricole peut jouer un rôle important dans la contamination des cours d'eau par des produits chimiques agricoles. La gestion et la prévention de cette pollution sont essentielles pour protéger la qualité de l'eau, la biodiversité aquatique et la santé humaine. Cela nécessite une approche coordonnée entre les agriculteurs, les autorités réglementaires et les organismes de conservation.

VI.3. Érosion des Sols :

VI.3.1. Mécanismes de l'érosion :

Le drainage agricole peut augmenter l'érosion des sols en modifiant les conditions hydrologiques et en exposant les terres agricoles à un ruissellement accru. Voici comment le drainage agricole peut contribuer à l'érosion des sols :

- Réduction de la capacité de rétention d'eau
- Augmentation de la saturation
- Ruissellement accru
- Déplacement de sédiments
- Effets sur les bassins versants
- Effets à long terme

VI.3.2. Perte de fertilité :

L'érosion accrue due au drainage agricole peut avoir des conséquences significatives sur la qualité et la fertilité des sols. Voici les principales conséquences de l'érosion accrue sur les sols :

- Perte de couche arable
- Dégradation de la structure du sol
- Diminution de la rétention d'eau
- Perte de nutriments
- Pollution des cours d'eau
- Réduction de la productivité agricole
- Coûts de restauration

VI.3.3. Gestion des sédiments :

La gestion des sédiments est essentielle pour atténuer les effets néfastes de l'érosion liée au drainage agricole. Voici quelques stratégies et pratiques visant à réduire l'impact de l'érosion des sols et à prévenir la perte de sédiments :

- Pratiques de conservation des sols
- Aménagement du paysage agricole
- Gestion des systèmes de drainage
- Techniques de réduction de l'impact
- Formation et sensibilisation
- Surveillance et évaluation
- Conformité réglementaire

En combinant ces stratégies et pratiques, il est possible de réduire de manière significative l'impact de l'érosion liée au drainage agricole et de protéger la fertilité des sols tout en préservant la qualité de l'eau et les écosystèmes aquatiques. Une approche intégrée de la gestion des sols et de l'eau est essentielle pour atteindre ces objectifs.

VI.4. Perte de Biodiversité :

VI.4.1. Destruction d'habitats :

Le drainage agricole peut entraîner la destruction des habitats naturels de plusieurs manières, en altérant les caractéristiques des zones humides et des écosystèmes aquatiques. Voici comment le drainage agricole peut conduire à la destruction d'habitats naturels :

- Assèchement des zones humides
- Dégradation de la végétation
- Perte d'habitats de reproduction
- Impact sur les espèces migratrices
- Altération de la qualité de l'eau
- Effets sur les écosystèmes aquatiques
- Perte de services écosystémiques

Pour atténuer la destruction d'habitats naturels due au drainage agricole, des pratiques de gestion plus durables peuvent être mises en place. Cela peut inclure la conservation de zones humides critiques, la mise en œuvre de systèmes de drainage plus respectueux de l'environnement, la création de zones tampons végétalisées le long des cours d'eau et la planification du paysage agricole pour minimiser l'impact sur les écosystèmes naturels. Une approche équilibrée qui prend en compte à la fois les besoins agricoles et la conservation de la biodiversité est essentielle pour préserver les habitats naturels.

VI.4.2. Fragmentation du paysage :

La fragmentation du paysage agricole, qui résulte de la division des terres en parcelles plus petites ou de l'interruption des corridors naturels, a des conséquences importantes sur la faune et la flore. Voici les principales conséquences de la fragmentation du paysage sur la biodiversité :

- Isolation des populations
- Barrières à la dispersion
- Perte d'habitats
- Vulnérabilité accrue
- Effets sur la reproduction et la survie
- Modification de l'écosystème
- Effets sur les services écosystémiques

En résumé, la fragmentation du paysage agricole a des répercussions importantes sur la faune et la flore, mais des mesures de conservation et de gestion appropriées peuvent aider à minimiser ces effets et à préserver la biodiversité.

VI.4.3. Espèces menacées :

Le drainage agricole peut avoir des effets néfastes sur diverses espèces, mais certaines sont particulièrement vulnérables en raison de leurs dépendances spécifiques à des habitats aquatiques ou humides. Les espèces suivantes sont souvent considérées comme particulièrement vulnérables aux effets du drainage agricole :

- Amphibiens
- Oiseaux aquatiques
- Oiseaux migrateurs
- Poissons d'eau douce
- Plantes aquatiques
- Invertébrés aquatiques
- Reptiles
- Mammifères

Il est important de noter que la vulnérabilité des espèces aux effets du drainage agricole dépendra également de facteurs tels que la fréquence et l'intensité du drainage, la taille des habitats restants, et la capacité des espèces à s'adapter à de nouvelles conditions. La conservation de la biodiversité dans les zones agricoles doit prendre en compte ces facteurs pour protéger les espèces vulnérables.

VI.5. Salinisation des Sols et Remontée d'Eaux Souterraines :

VI.5.1. Causes de la salinisation :

La salinisation des sols, c'est-à-dire l'accumulation excessive de sels solubles dans le sol, est un problème courant dans les zones agricoles et peut être aggravée par le drainage agricole. Voici comment le drainage peut contribuer à la salinisation des sols et à la remontée d'eaux souterraines salées :

- Origine des sels
- Effets du drainage agricole
- Évaporation et concentration
- Salinisation secondaire
- Dégradation de la qualité de l'eau

Pour minimiser la salinisation des sols et la remontée d'eaux souterraines salées due au drainage agricole, il est important d'adopter des pratiques de gestion appropriées, notamment :

- Le contrôle de la profondeur de drainage
- L'irrigation goutte à goutte
- La gestion des apports d'eau
- La réutilisation des eaux usées traitées

En résumé, le drainage agricole peut contribuer à la salinisation des sols et à la remontée d'eaux souterraines salées en abaissant la nappe phréatique et en favorisant l'accumulation de sels dans la zone racinaire des plantes. Une gestion appropriée de l'eau et des sols est essentielle pour prévenir ces problèmes et maintenir la productivité agricole.

VI.5.2. Dégradation de la qualité du sol :

La salinisation des sols a des conséquences significatives tant pour l'agriculture que pour l'environnement. Voici comment la salinisation peut affecter ces deux domaines :

Impacts sur l'agriculture :

- Réduction de la productivité agricole
- Dommages aux cultures
- Limitation des options de culture
- Augmentation des coûts de production

Impacts sur l'environnement :

- Dommages aux écosystèmes
- Pollution de l'eau
- Détérioration des sols
- Réduction de la fertilité à long terme
- Risque d'incendie accru

VI.5.3. Pratiques de gestion pour prévenir la salinisation et la remontée d'eaux souterraines :

La prévention de la salinisation des sols et de la remontée d'eaux souterraines salées est essentielle pour maintenir la productivité agricole et protéger l'environnement. Voici quelques pratiques de gestion qui peuvent aider à prévenir ces problèmes :

- Utilisez des systèmes d'irrigation efficaces, tels que l'irrigation goutte à goutte ou l'irrigation au goutte-à-goutte, qui délivrent l'eau directement aux racines des plantes, réduisant ainsi le ruissellement de surface.
- Évitez la sur-irrigation en surveillant régulièrement les besoins en eau des cultures et en ajustant les quantités d'eau appliquées en conséquence.
- Utilisez des capteurs d'humidité du sol pour déterminer le moment optimal pour l'irrigation, en évitant d'appliquer de l'eau lorsque le sol est déjà suffisamment humide.
- Assurez-vous que l'eau d'irrigation est de bonne qualité et contient des niveaux de sel acceptables. Si nécessaire, utilisez des techniques de dessalement pour réduire la salinité de l'eau.
- Utilisez des cultures tolérantes à la salinité lorsque cela est possible. De nombreuses variétés de plantes résistantes à la salinité sont disponibles pour différentes cultures.
- Appliquez des amendements organiques au sol pour améliorer sa structure et sa capacité à retenir l'eau.
- Évitez la surutilisation d'engrais salés qui peuvent contribuer à l'accumulation de sels dans le sol.
- Concevez des systèmes de drainage appropriés qui permettent d'évacuer l'excès d'eau tout en évitant la remontée d'eaux souterraines salées.
- Utilisez des barrières de drainage souterraines, telles que des écrans imperméables, pour empêcher la remontée des eaux souterraines salées dans la zone racinaire des cultures.
- Pratiquez la rotation des cultures pour diversifier les types de plantes cultivées. Certaines cultures peuvent aider à réduire la concentration de sels dans le sol.
- Planifiez le paysage agricole de manière à minimiser les risques de salinisation. Évitez de drainer les zones sensibles à la salinité ou aux eaux souterraines salées.
- Surveillez régulièrement la salinité des sols et de l'eau d'irrigation pour détecter les signes précoces de problèmes.
- Évaluez l'efficacité des mesures de gestion mises en place et apportez des ajustements si nécessaire.
- Éduquez les agriculteurs sur les meilleures pratiques de gestion de la salinité et des eaux souterraines salées pour les aider à prendre des décisions éclairées.

La gestion intégrée de la salinité des sols et de la qualité de l'eau est cruciale pour éviter la salinisation et la remontée d'eaux souterraines salées. Il est important d'adapter ces pratiques aux conditions locales et de mettre en place une approche durable de la gestion de l'eau et des sols pour maintenir la productivité agricole tout en préservant l'environnement.

VI.6. Solutions et Pratiques Durables :

VI.6.1. Pratiques de drainage durable :

Les pratiques de drainage agricole durable visent à réduire les impacts négatifs sur l'environnement tout en minimisant la remontée d'eaux souterraines. Voici quelques approches et pratiques qui peuvent être mises en place pour un drainage agricole plus respectueux de l'environnement :

- Gestion de la profondeur du drainage
- Systèmes de drainage subsurfacique
- Utilisation de drains tampons végétalisés
- Agriculture de conservation
- Utilisation de structures de drainage à débit contrôlé
- Zonage agricole adapté aux sols
- Réutilisation des eaux usées traitées
- Surveillance et gestion adaptative
- Formation et sensibilisation
- Conformité réglementaire

En mettant en œuvre ces pratiques de drainage durable, il est possible de réduire les impacts négatifs sur l'environnement, de prévenir la salinisation des sols et de minimiser la remontée d'eaux souterraines. Une approche équilibrée qui prend en compte à la fois les besoins agricoles et la préservation de l'environnement est essentielle pour atteindre ces objectifs.

VI.6.2. Réglementation et politiques :

Les gouvernements jouent un rôle crucial dans la promotion d'un drainage agricole responsable en mettant en place des réglementations et des politiques appropriées. Voici quelques mesures que les gouvernements peuvent prendre pour encourager un drainage agricole responsable :

- Élaboration de réglementations spécifiques
- Permis et autorisations
- Formation et sensibilisation
- Incitations financières
- Surveillance et application des lois
- Planification du paysage
- Recherche et développement
- Collaboration intergouvernementale
- Participation des parties prenantes
- Évaluation des politiques

En résumé, les gouvernements ont un rôle crucial à jouer dans la promotion d'un drainage agricole responsable en mettant en place des réglementations appropriées, en soutenant la formation et la sensibilisation, en offrant des incitations financières et en assurant une surveillance adéquate. Une approche équilibrée qui prend en compte à la fois les besoins agricoles et la préservation de l'environnement est essentielle pour un drainage agricole durable.

VI.7. Conclusion :

Le drainage agricole peut avoir plusieurs impacts significatifs sur l'environnement et la remontée d'eaux souterraines. Voici une synthèse des principaux impacts :

Impacts sur l'environnement :

- Dégradation des zones humides
- Destruction d'habitats
- Fragmentation du paysage
- Érosion des sols
- Salinisation des sols
- Pollution de l'eau

Impacts sur la remontée d'eaux souterraines :

- Salinisation des eaux souterraines
- Dégradation de la qualité de l'eau
- Réduction de la disponibilité d'eau douce

En résumé, le drainage agricole, bien qu'essentiel pour éviter l'engorgement des cultures, comporte des impacts environnementaux significatifs, notamment la dégradation des zones humides, la fragmentation du paysage, la salinisation des sols et la pollution de l'eau. De plus, il peut avoir des conséquences sur la qualité et la disponibilité des eaux souterraines. Une gestion responsable du drainage agricole, axée sur des pratiques durables et des réglementations appropriées, est essentielle pour minimiser ces impacts et maintenir un équilibre entre les besoins agricoles et la préservation de l'environnement.

Il est impératif que les agriculteurs, les gestionnaires de terres et les gouvernements collaborent pour mettre en œuvre des pratiques de drainage agricole responsables. Cela peut inclure la planification minutieuse des systèmes de drainage, la gestion de la profondeur de la nappe phréatique, l'utilisation de techniques de drainage contrôlé, la restauration des zones humides dégradées et la surveillance régulière de la qualité de l'eau.

En adoptant des pratiques de drainage agricole plus durables, nous pouvons maintenir la productivité agricole tout en préservant notre environnement et nos ressources en eau. C'est un investissement dans un avenir plus durable pour l'agriculture et la planète.

Ce chapitre détaillé permettra une analyse approfondie des effets du drainage agricole sur l'environnement, en mettant en lumière les problématiques liées à la remontée d'eaux souterraines et en proposant des solutions pour une gestion plus responsable de cette pratique agricole.

Conclusion générale

Au terme de notre étude, nous avons pu mettre en évidence les points suivants :

- La région se caractérise par un climat aride, ce qui rend nécessaire l'irrigation pendant la période sèche, ainsi qu'une opération de lessivage pour éliminer le sel présent dans le sol.
- Les eaux provenant des forages qui alimentent notre périmètre sont suffisantes, à condition de respecter les normes en termes de débit extrait.
- Le réseau de drainage a été dimensionné en tenant compte de la variabilité du régime, avec un débit évalué à 52.97 mm/jour.
- Les longueurs et largeurs des drains sont de 2m et 0.6 m, permettant ainsi l'évacuation d'un débit total de 15.59 litres par heure.
- La station d'épuisement est équipée d'une pompe CAPRARI de type MEC-A 1/80D, capable de refouler l'eau à un débit de 22 litres par seconde avec une hauteur manométrique totale de 14 mètres.

Il est également à noter que le drainage agricole a un impact significatif sur l'activité agronomique, non seulement il permet de préserver des champs cultivables, mais il contribue également à remédier aux problèmes de sols salins et à revitaliser des terres autrefois abandonnées.

En conclusion, nous espérons que notre travail contribuera à l'amélioration et au développement du périmètre agricole de Ezzaouia Sidi Moussa, augmentant ainsi sa rentabilité et favorisant une agriculture qui a un impact positif sur l'économie du pays.

Références bibliographiques

- A Cornet- (1952) -livre-Données sur l'hydrologie les eaux du créacé inférieur, le continental dans le Sahara Algérien -123 pages.
- FAO (1975) -livre-Food alimentation organisation les besoins en eau des cultures- Bull FAO n° 24-80 pages.
- FAO (1997)-livre-Small-scale irrigation for arid zones, principles and options, rom, food and agriculture organization of the United Nations-80 pages.
- J Dubief (1963) -livre-le climat du Sahara, tome II fascicule I Alger -80 pages.
- J Embourger (1963) -livre-Géologie Saharienne France -246pages.
- Mr khadraoui Ahmed (2016) -MFE- Etude Hydrogéologique de la région d'illizi-UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA- 69 pages.
- Poirée et Ollier (1981) –livre- Drainage et assainissement agricole-590 pages.
- Sabri (2010 – 2009) -thèse-نظام الري والصرف-56 pages.

Annexes

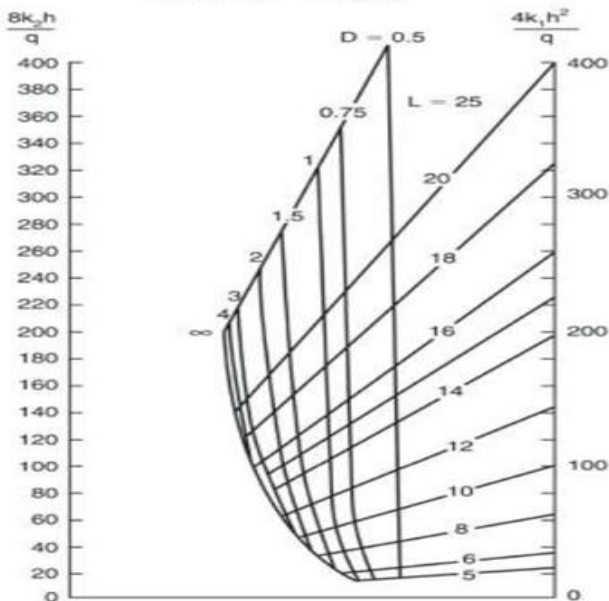
Annexe 01

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

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

Roughly
d = constant for D > 1/2 L

Graph A (L = 5 - 25 m)



Graph B (L = 10 - 100 m)

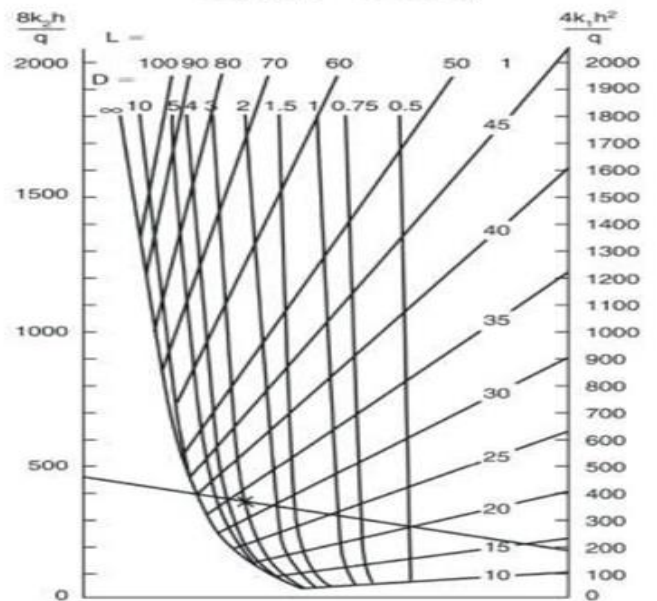


Tableau E=f(d)

Annexe 02

ERE	ETAGES	SOUS-ETAGES	UNITES LITHOLOGIQUES	LITHOLOGIE	DESCRIPTION	DISCORDANCES
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN			Alternance de calcaire compact, gypse massif et argile, dolomie microcristalline au sommet	AUTROISIENNE
		TURONIEN	CALCAIRE MARNE		Calcaire argileux et marnes	
		CENOMANIEN	ARGILE A GYPSE		Argile et gypse blanc massif	
			IN AKAMIL		Argile indurée et calcaire avec gypse	
		ALBIEN	TACOURATINE SUPERIEUR		Alternance d'argiles et de grès. Traces de gypse	
		APTIEN	TACOURATINE MOYEN		Dolomie argileuse	
	JURASSIQUE	BARREMIEN	TACOURATINE INFERIEUR	Intercalation de grès, d'argiles, de siltstones et de sable avec des traces de pyrite et de lignite		
				NEOCOMIEN	Alternance d'argile, de sable grossier et grès. Traces de gypse	
				MALM	Alternance d'argile, de sable grossier et grès. Présence de carbonates	
	TRIAS	DOGGER	ZARZAITINE SUP.	Argile localement sableuse et grès fin à moyen		
		LIAS	ZARZAITINE MOY.	Grès argilo-carbonaté et argile		
		KEUPER	ZARZAITINE INF.	Argile pateuse et alternance de grès avec bancs d'anhydrite et de dolomie		
	PALEOZOIQUE	SUPIER	RESERVOIR "B"	B (1,2)	Argile et grès avec passées d'anhydrite et de sel	
A				Argile avec intercalation de grès		
M2				Alternance de grès et d'argiles		
M1				Argile et grès		
INFERIEUR		WENLOCK	ARGILES A GRAPTOLITES	Argiles et fines passées de grès. Présence de calcaire		
		LLANDOVERY		* Roches éruptives au top par endroits		
		ASHGILL	UNITE IV	Grès siliceux durs parfois quartzitiques et fines passées d'argile		
ORDOVICIEN	CARADOC	UNITE III-3	Argiles avec fins bancs de grès	TACONIQUE		
	LLANVRIN	UNITE III-2	* Roches éruptives locales			
	ARENIG	UNITE III-1	Grès siliceux durs et nodules d'argiles			
	TREMADOC	UNITE III-1	Argiles et passées de grès			
CAMBRIEN	UNITE II	Grès siliceux dur et raes passées d'argiles conglomérat de base	DE BASE			
PRECAMBRIEN	SOCLE CRISTALLIN	Roches éruptives et métamorphiques				

Colonne lithologique du bassin d'Ezzaouia Sidi Moussa (Sonatrach /exploration)2010.

Annexe 03

AGE	ETAGES	LITHOLOGIE	DESCRIPTION	PROF	Formation hydrogéologique	
C R E T A C E	Turonien		Calcaire Masse	500	Cinquième nappe	
	Cénomannien		Argile Avec passées de calcaire et de grès		Quatrième nappe	
	Albien		Grès, sable, argile			
	Aptien					
	Barrémien		Sable avec passées d'argile et de calcaire			
	J U R A S S I Q U E	Neocomien + Malm		Intercalation de sable et d'argile Traces de lignite	1000	Troisième nappe
		Dogger		Sable, silt, grès, argile Présence de lignite		
		Lias		Alternance de sable et de grès Présence de dolomie		
		CARB	Viséen+Tourin		Argile, grès	
	D E V O N I E N	Moyen et supérieur		Argile, grès Argile avec présence de silt	1500	Deuxième nappe
Inférieur			Grès, argile			
G O T H L A N D I E N			Grès, argile et silt	2000	Première nappe	
			Grès, silt			
			Argile, grès			
			Grès, argile			
			Argile avec passées de grès au sommet			
O L B			Grès hétérométrique Argilo-gréseux			

Coupe représentative de superposition des nappes du bassin d'Ezzaouia Sidi Moussa
Sonatrach 2010.