

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL
FOR HYDRAULICS
"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU
PERIMETRE DU ZELFANA HASSI NORD 105HA A
PARTIR D'UN FORAGE (W.GHARDAIA)**

Présenté par :

AZOUZ Mohamed

Devant les membres du jury

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr.RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
Mme.AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Membre
Mme.SAIL Nadhira	M.A.A	Membre
Mr.KERID Rachid	M.C.A	Membre
Mme.SADOUNE SAMRA	M.C.A	Promotrice

Session Octobre 2023

Dédicace

À ma famille,

Pour leur amour, leur soutien indéfectible, et leurs sacrifices inestimables tout au long de mon parcours académique.

À tous mes camarades de classe,

Pour les moments partagés, les études de groupe, et les précieuses amitiés forgées au fil des années.

Ce mémoire est dédié à vous tous, car chacun d'entre vous a joué un rôle essentiel dans la réalisation de ce travail. Vos encouragements, votre soutien, et votre présence ont été la lumière qui a illuminé mon chemin vers la réussite.

AZOUZ Mohamed

Remerciement

"Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'études. Mes remerciements vont en premier lieu à Mme.SADOUNE Samra , pour son précieux encadrement, ses conseils éclairés et sa patience tout au long de ce processus.

Je souhaite également adresser mes remerciements à mesdames et mesieur les membres du jury pour leur expertise et leurs commentaires constructifs qui ont grandement enrichi ce travail.

Un grand merci à ma famille et à mes amis pour leur soutien inconditionnel et leur compréhension pendant cette période exigeante.

Ce mémoire représente une étape importante de ma vie universitaire, et je suis reconnaissant envers chacun d'entre vous pour votre contribution à son accomplissement."

AZOUZ MOHAMED

ملخص :

الغرض من أطروحتي هو في سياق السياسة الحالية لإدارة محيط الري في منطقة زلفانة، ولاية غردعة. الهدف الرئيسي هو تحقيق عوائد إنتاج عالية تبرر الاستثمارات التي يتم القيام بها. ويستند ذلك، من ناحية، إلى نظام ري أكثر كفاءة، ومن ناحية أخرى، إلى تحسين إدارة وحفظ الموارد المتاحة، أي المياه والتربة. ويتحقق ذلك من خلال اعتماد نظم ري حديثة أصبحت أكثر موثوقية مع تطور العلم والتكنولوجيا. ومن بين هذه النظم، يعد الري الموضعي وري الرشاشات الأكثر تطورا، مما يوفر العديد من المزايا، بما في ذلك استخدام المياه بشكل أكثر كفاءة.

Résumé :

Le but de mon mémoire de fin d'études s'inscrit dans le contexte de la politique actuelle de gestion des périmètres irrigués dans la région de Zelfana, wilaya de Ghardaïa. L'objectif principal est d'atteindre des rendements de production élevés qui justifient les investissements consentis. Cela repose d'une part sur une meilleure efficacité du système d'irrigation et d'autre part sur une gestion améliorée et la préservation des ressources disponibles, à savoir l'eau et le sol. Cette réalisation passe par l'adoption de systèmes d'irrigation modernes qui ont gagné en fiabilité au fil de l'évolution de la science et de la technologie. Parmi ces systèmes, l'irrigation localisée et l'irrigation par aspersion sont les plus développés, offrant de nombreux avantages, notamment une utilisation plus efficace de l'eau.

Abstract:

The purpose of my thesis is in the context of the current policy of management of irrigated perimeters in the region of Zelfana, wilaya of Ghardaïa. The main objective is to achieve high production yields that justify the investments made. This is based, on the one hand, on a more efficient irrigation system and, on the other hand, on improved management and preservation of available resources, namely water and soil. This is achieved through the adoption of modern irrigation systems that have become more reliable as science and technology evolve. Among these systems, localized irrigation and sprinkler irrigation are the most developed, offering many advantages, including a more efficient use of water.

Tables des matières

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des planches

Introduction générale1

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Introduction :2

I.1. Localisation de la zone d'étude :.....2

I.1.1. Commune de Zelfana :.....2

I.1.2. Choix de périmètre :.....3

I.2. Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude :3

I.2.1. Choix de la station de référence :4

I.3. Indices climatiques :.....10

I.3.1. Indice d'aridité de Martonne(1926) :.....10

I.3.2. Indice (quotient) pluviométrique d'EMBERGER :.....11

I.3.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :.....13

Conclusion:.....14

Chapitre II : Les ressources en sol et en eau

Introduction :.....15

II.1. Ressources en sol :.....15

II.1.1 Classification des sols :.....15

II.1.2. Etude morphologique des sols :.....17

II.1.3. Analyse physico-chimique des sols : profil n°1.....17

II.1.4. Interprétation des résultats :.....18

II.1.5. Analyse physico-chimique des sols : profil n°2.....20

II.1.6. Les aptitudes culturales :.....21

II.2. Ressources en eau :22

II.2.1. les nappes souterraines :.....22

II.2.2. les forages :.....	24
II.3. Qualité de l'eau d'irrigation :.....	26
II.3.1. La conductivité électrique :.....	27
II.3.2. Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :.....	27
II.3.3. La salinité :	28
II.3.4. Compositions chimiques de l'eau d'irrigation :.....	28
Conclusion :.....	30

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction :.....	31
III.1. Besoin en eau du périmètre :.....	31
III.1.1. Calcul des besoins en eau :.....	31
III.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET ₀) :.....	32
III.1.3. Calcul de la pluie efficace :.....	34
III.1.4. Calcul de l'évapotranspiration maximale de culture (ETM) :.....	35
III.2. Calcul de la réserve en eau du sol :.....	35
III.2.1. Choix des cultures :	35
III.2.2. Les cultures proposées :.....	36
III.2.3. Identification des principaux types d'assolement :	36
III.3. Estimation des coefficients culturaux (K _c) :.....	37
III.4. Estimation des besoins en eau des cultures :.....	38
III.5. Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :.....	43
III.6. Calcul du débit spécifique :.....	44
III.7. Evaluation du débit caractéristique :.....	45
III.8. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :.....	45
Conclusion :.....	46

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Introduction :.....	47
----------------------------	-----------

VI.1. Alimentation en eau du périmètre :.....	47
VI.2. Variantes d'aménagement hydro-agricole :.....	47
VI.3. Dimensionnement de réservoir :.....	48
VI.4. Organisation et structure du périmètre :.....	49
VI.5. Réseau de distribution :.....	49
VI.5.1. Ilots et bornes d'irrigation :.....	49
VI.5.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :.....	50
VI.5.3. Calcul hydraulique des bornes :.....	50
VI.5.4. Choix du diamètre de la borne :.....	50
VI.6. Choix du matériau des conduites :.....	55
VI.7. Dimensionnement hydraulique des canalisations :.....	56
VI.7.1. Calcul de diamètre des conduites :.....	56
VI.7.2. Calcul des pertes de charges :.....	56
VI.8. Interprétation des résultats :.....	62
VI.8.1. Les vitesses :.....	62
VI.8.2. Les pressions :.....	62

Chapitre V: Les techniques d'irrigation

Introduction :.....	63
V.1. Le choix de la technique d'irrigation:	63
V.1.1 Irrigation par aspersion :	63
V.1.2. Irrigation goutte-à-goutte :.....	67
Conclusion :.....	69

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

Introduction :.....	70
VI.1. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :.....	70
VI.1.1. Données générales :.....	70

VI.1.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :	70
VI.1.3. Calcul hydraulique :.....	73
VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'asperseur :.....	74
VI.2.1. Données générales :.....	74
VI.2.2 Dose nette pratique :.....	75
VI.2.3 Diamètre de l'ajutage :.....	75
VI.2.4 Calcul de la portée du jet (L) :.....	75
VI.2.5 Vérification de la pluviométrie (P<K) :.....	76
VI.2.6 Paramètres d'arrosage :.....	76
VI.2.7 Calculs hydrauliques :.....	77
VI.2.8 Calcul des pertes de charge :.....	79
Conclusion :.....	80

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction :.....	81
VII.1 Différents travaux à entreprendre :.....	81
VII.2 Calcul des volumes des travaux de distribution :.....	81
VII.2.1 Calcul du volume de terrassement :.....	81
VII.2.2 Calcul du volume de déblai :.....	82
VII.2.4 Calcul du volume de sable :.....	82
VII.3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution:.....	83
VII.4. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales :.....	83
VII.5. Estimation des équipements interne de la parcelle N° 21 :.....	84
Conclusion :.....	84
Conclusion générale.....	85
Références bibliographiques.....	86
Les abréviations.....	86

Annexes.....	87
--------------	----

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Situation de la zone d'étude (Zone de Zelfana).....	3
Figure I.2 : Variation des températures mensuelles.....	5
Figure I.3: Variation des précipitations mensuelles.....	6
Figure I.4 : Variation Humidités relatives moyennes mensuelles.....	7
Figure I.5 : Vitesse moyenne et Maximale des vents.....	8
Figure I.6 : L'évaporation moyenne mensuelle (mm).....	8
Figure I.7 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité.....	9
Figure I.8 : Variation Insolations moyennes mensuelle.....	10
Figure I.9 : Climagramme d'EMBERGER.....	12
Figure I.10 : Climagramme de Gaussen.....	13

Chapitre II : Les ressources en sol et en eau

Figure II.1 : La Carte pédologique de la zone d'étude.....	16
Figure II.2 : Carte piézométrique de la nappe phréatique (ANRH Ghardaïa).....	23
Figure II.3 : carte piézométrique de la nappe albienne (ANRH Ghardaïa).....	24
Figure II.4 : Exploitation dans la nappe albienne dans la vallée du m'zab par usage ACHOUR, M.(2014).....	25
Figure II.5 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	29

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

/

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Figure VI.1 : Un schéma explicatif pour le réseau d'adduction-distribution.....	48
---	----

Chapitre V: Les techniques d'irrigation

Figure V.1 : irrigation par aspersion.....	63
Figure V.2 : Arroseur fixe.....	64

Figure V.3 : la rampe d'aspersion (pivot).....	65
Figure V.4 : Le canon d'aspersion.....	65
Figure V.5 : Le micro-asperseur.....	66
Figure V.6 : irrigation localisée.....	67
Figure V.7 : Système élémentaire pour irrigation goutte à goutte.....	68
 Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte	
Figure VI.1: fiche technique d'un arroseur de type Perrot.....	76
 Chapitre VII : Calcul technico-économique	
Figure VII.1: Disposition de la conduite dans une tranchée.....	82

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : Les caractéristiques de la station sont données.....	4
Tableau I.2 : Températures mensuelles moyennes (°C).....	4
Tableau I.3 : Précipitations Moyennes Mensuelles (mm).....	5
Tableau I.4 : Vitesse moyenne et Maximale des vents (m/s).....	7
Tableau I.5 : L'évaporation moyenne mensuelle (mm).....	8
Tableau I.6 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité.....	9
Tableau I.7 : Insolations moyennes mensuelles.....	10
Tableau I.8 : Classification de climat selon MARTON.....	11
Tableau I.9 : Classification le type de climat selon Indice de Stewart.....	12
Tableau I.10 : Données de la pluie moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle.....	13

Chapitre II : Les ressources en sol et en eau

Tableau II.1 : L'analyse de profil n°1 au laboratoire de l'INSID Alger.....	17
Tableau II.2 : L'analyse de profil n°2 au laboratoire de l'INSID Alger.	19
Tableau II.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	27
Tableau II.4 : Classification des eaux en fonction du SAR.....	28
Tableau II.5 : les caractéristiques chimiques de l'eau.....	28

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau III.1 : Evapotranspiration de référence ET_0 calculée.....	33
Tableau III.2 : pluies efficaces calculées	34
Tableau III.3 : Occupation de sol en fonction des cultures.....	36
Tableau III.4 : Assolement proposé des cultures	37
Tableau III.5 : le cycle végétatif des cultures envisagées.....	37
Tableau III.6 : Coefficients culturaux des cultures.....	38

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau pour le Blé tendre.....	38
Tableau III.8 : Calcul des besoins en eau pour l'orge verte.....	39
Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.....	39
Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre.....	40
Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau pour la tomate.....	41
Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour l'Olivier.....	41
Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour les palmiers.....	42
Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau pour le Haricot.....	42
Tableau III.15 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.....	43
Tableau III.16 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2	44
Tableau III.17 : les volumes d'eau d'irrigation.....	45

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne.....	50
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.....	51
Tableau IV.3 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	57
Tableau IV.4 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	57

Chapitre V: Les techniques d'irrigation

/

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

Tableau VI.1 : Caractéristiques des rampes.....	74
Tableau VI.2 : Caractéristiques des portes rampes.....	74

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Tableau VII.1 Quantité des travaux de terrassement.....	83
Tableau VII.2 Coût des travaux de terrassement.....	83
Tableau VII.3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	83
Tableau VII.4 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.....	83
Tableau VII.5 Estimation des équipements interne de la parcelle.....	84

Liste des planches

Planche n°1 : Plan de masse ;

Planche n°2 : plan de l'occupation de sol ;

Planche n°3 : profil en long ;

Planche n°4 : Plan du réseau d'aspersion ;

Introduction générale

L'eau, présentée sous ses diverses formes telles que cours d'eau (fleuves et rivières), plans d'eau (lacs, étangs), zones humides, marais ainsi que nappes souterraines, totalise une quantité estimée à 1 400 millions de kilomètres cubes. Cependant, il convient de noter que 97,5% de ces réserves d'eau sont salées, étant principalement constituées par les océans et les mers.

Parmi les domaines d'utilisation de l'eau, l'irrigation occupe une position prédominante en termes de consommation. Ainsi, une utilisation rationnelle de l'eau en agriculture repose sur une appréhension précise des besoins hydriques des cultures. Cette compréhension implique une évaluation minutieuse des facteurs qui influent sur le milieu, en tenant compte des paramètres climatiques, édaphiques, culturels et autres, spécifiques à chaque parcelle.

L'expansion des surfaces dédiées à l'irrigation et la modernisation des pratiques agricoles sont des éléments clés dans le processus de développement économique et social d'une nation. Dans ce contexte, l'agriculture irriguée doit répondre à une demande croissante en nourriture tout en gérant de manière efficiente les ressources en eau, en énergie et en capitaux.

Le périmètre d'irrigation de Zelfana, localisé dans la wilaya de Ghardaïa, a connu une baisse significative de rendement ces dernières années. Cette situation découle de la rareté grandissante et du coût élevé de l'eau mise à disposition des agriculteurs.

C'est dans ce contexte que notre travail propose la conception d'un réseau d'irrigation visant à pallier le déficit en eau rencontré par les cultures existantes et projetées dans cette zone. Notre démarche est articulée en cinq chapitres distincts :

1. Le premier chapitre présente une description détaillée de la zone d'étude.
2. Dans le deuxième chapitre, nous examinons en détail les diverses ressources en sol et en eau à disposition.
3. Dans le deuxième chapitre, nous examinons en détail les diverses ressources en sol et en eau à disposition.
4. Le dernier volet concerne le choix et le dimensionnement du système d'irrigation qui convient le mieux.
5. Pour conclure, nous avons réalisé une estimation des coûts associés à ce projet

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du la zone d'étude**Introduction :**

Il est impératif de réaliser une étude approfondie du site afin de recueillir toutes les informations relatives à l'emplacement, notamment en ce qui concerne le périmètre irrigué et les facteurs qui ont un impact sur la conception du projet. Parmi ces facteurs, il est important de prendre en compte les données climatiques ainsi que les paramètres agronomiques de la zone étudiée. Ces informations sont essentielles pour prendre les mesures nécessaires lors de la mise en place du réseau d'irrigation.

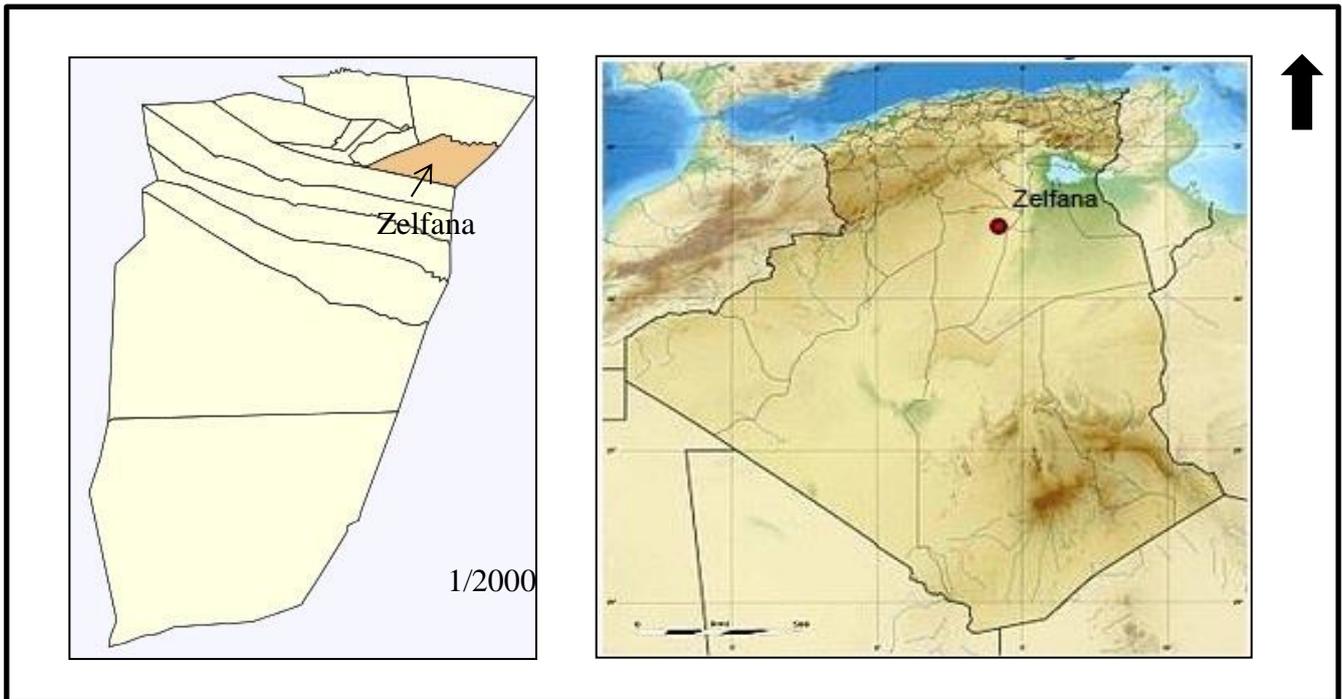
I.1. Localisation de la zone d'étude :**I.1.1. Commune de Zelfana :**

La commune de Zelfana est une localité située à 67 km à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa, dans la région du M'zab, en Algérie. Elle est caractérisée par une superficie totale de 2220 km², s'étendant entre les coordonnées géographiques 32° 23' 50" Nord et 4° 13' 34" Est.

La topographie de la commune est marquée par des reliefs montagneux, des plaines et des vallées, offrant un paysage diversifié et pittoresque. Les terres agricoles de la commune sont principalement constituées de palmeraies, qui s'étendent sur de vastes périmètres et constituent la principale source de revenus pour la population locale.

La commune de Zelfana est également connue pour son riche patrimoine culturel et historique, qui témoigne de l'héritage millénaire de la région du M'zab. On y trouve de nombreux monuments et sites archéologiques, tels que des ksour (villages fortifiés), des mosquées, des mausolées et des tombeaux.

La commune de Zelfana est une destination touristique prisée pour les amateurs de nature, de culture et d'histoire. Elle offre des paysages magnifiques, une richesse culturelle exceptionnelle et une hospitalité légendaire, faisant d'elle une destination incontournable pour les voyageurs en quête d'authenticité et de découverte.



La source (Onid Ghardaia)

Figure I.1 : Situation de la zone d'étude (Zone de Zelfana)

I.1.2. Choix de périmètre :

Le périmètre étudié dans ce mémoire correspond au périmètre Zelfana situé dans la commune de Zelfana Hassi Nord qui présente une surface totale de 105 ha.

I.2. Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude :

Le climat influence les caractéristiques du sol, les types de culture et les pratiques agricoles appropriées pour chaque région. De plus, les précipitations, la température et les vents peuvent avoir des effets significatifs sur la qualité des sols et la quantité de nutriments disponibles pour les plantes.

En outre, l'analyse des données climatiques permet également de déterminer les besoins en eau d'irrigation, qui sont souvent différents d'une région à l'autre. En connaissant les caractéristiques du climat, il est possible de développer des stratégies efficaces pour la gestion des ressources en eau, en utilisant des techniques telles que l'irrigation au goutte-à-goutte ou l'utilisation de variétés de cultures résistantes à la sécheresse.

Le climat saharien est caractérisé par une faible humidité et des températures extrêmement élevées pendant la journée, qui peuvent dépasser 50 degrés Celsius. Les nuits peuvent être très fraîches, avec des températures qui peuvent tomber en dessous de zéro dans les régions les

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

plus élevées. Les précipitations sont très rares et sont souvent sous forme de violentes averses torrentielles plutôt que de pluie régulière.

La présente caractérisation de climat de la région est faite à partir d'une synthèse climatique de 23 ans entre 1999 et 2021.

I.2.1. Choix de la station de référence :

Dans notre étude, nous sommes basés sur les stations climatologiques les plus proches du périmètre, pour avoir une bonne précision des paramètres climatiques afin de bien caractériser le climat de notre zone d'étude. Pour notre part, Nous avons exploité les données de la station météorologique d'Alger, gérée par l'Office National Météorologique

Tableau I.1: Les caractéristiques de la station sont données comme suit :

Nom de la station	Coordonnées en Lambert		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
	X(Km)	Y(Km)			
Ghardaïa	32.39	4.22	489	1999-2021	23

Source : (ONM Alger)

1) Température de l'Aire :

Effectivement, dans un climat saharien, la température est un paramètre météorologique très important qui influence directement d'autres paramètres comme l'évaporation et le taux d'humidité de l'atmosphère. En raison des températures extrêmement élevées, l'évaporation de l'eau de surface est très rapide, ce qui entraîne une diminution de l'humidité de l'air. En outre, les températures diurnes élevées et les nuits fraîches peuvent provoquer des écarts de température importants entre la surface du sol et l'air au-dessus, ce qui peut influencer les mouvements de l'air et les conditions météorologiques locales.

Tableau I.2 : Températures mensuelles moyennes (°C)

T°(c)	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
T°max	22.1	24.4	30.2	36.1	40.5	43.9	46.4	45.2	41.8	35.7	28.5	22.1	46.57
T°min	2.6	3.2	4.6	7.2	12.5	17.78	22.9	22.9	17.35	11.3	4.22	1.9	-0.59
T°moy	12.3	13.8	17.4	22.4	27.2	31.4	35.3	34.6	30	24	16.9	12.4	24.07

Source (Onid Ghardaïa)

Avec :

- T° min : Moyenne de tous les minima observés pour chaque mois.
- T° max : Moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois.
- T° moy : Moyenne mensuelle.

On représente les températures graphiquement comme suit:

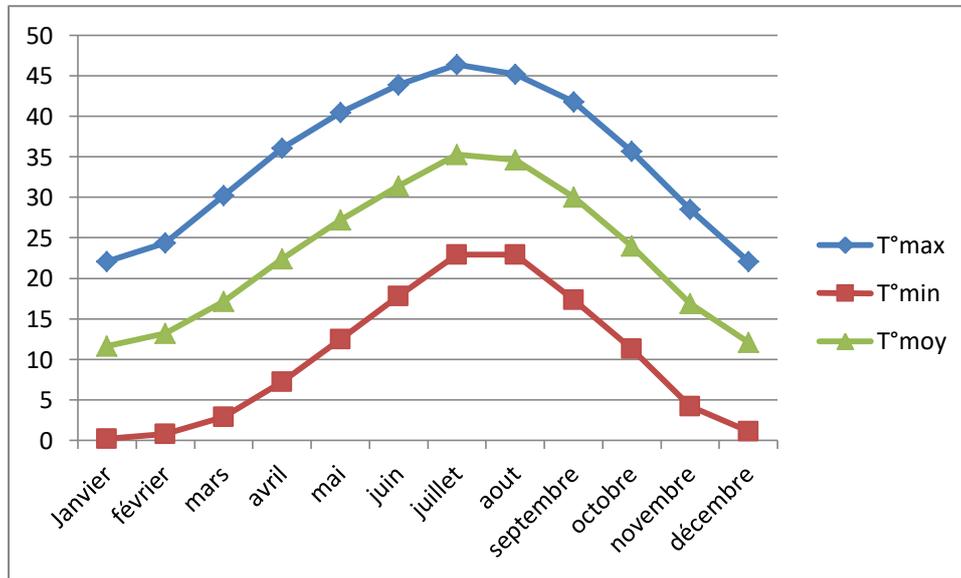


Figure I.2 : Variation des températures mensuelles.

2) Précipitation :

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse presque absolue de Mai jusqu'à Juillet, et par un maximum de 23,10 mm en Septembre. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 91,81mm. Les données climatiques représentatives du périmètre sont celles obtenues de la station météorologique de GHARDAÏA.

Tableau I.3 : Précipitations Moyennes Mensuelles (mm).

Stations	mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Ghardaïa	P(mm)	8.4	2.9	5.5	4.2	5.7	1.3	0.6	2.1	7.9	7.3	7.5	5.7	59.62

Source (Onid Ghardaïa)

Il semble que notre région d'étude est confrontée à des conditions climatiques très sèches, avec une moyenne annuelle de pluviométrie de seulement 59,62 mm. Cela peut entraîner des conséquences importantes, telles que la sécheresse, la pénurie d'eau, la baisse des rendements agricoles et des impacts sur l'environnement local.

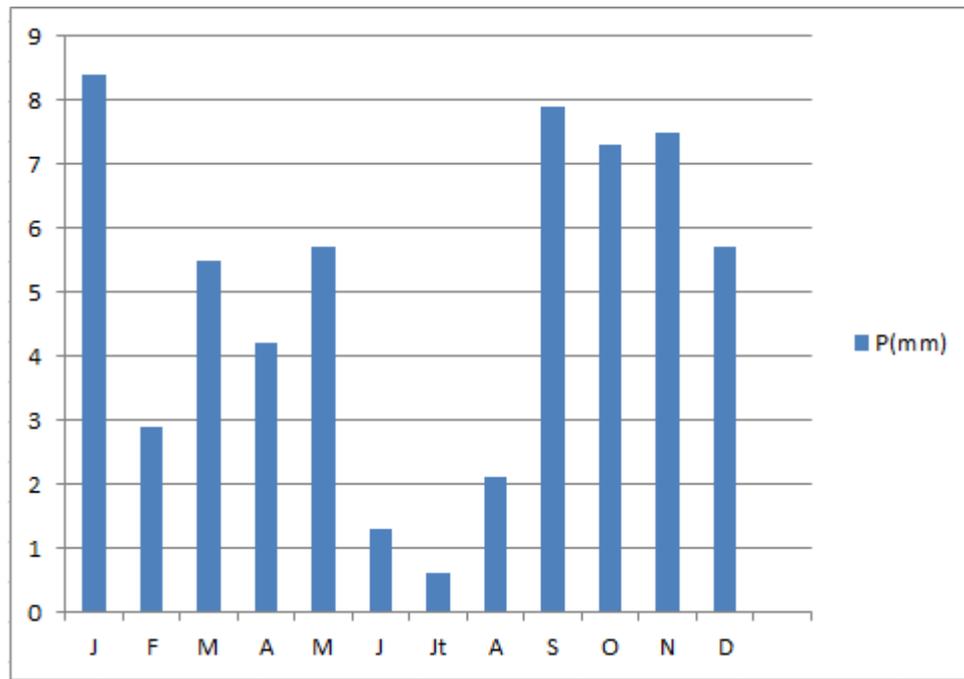


Figure I.3: Variation des précipitations mensuelles.

3) L'humidité :

L'humidité est un facteur important, car elle influence l'évaporation et peut avoir des conséquences sur l'environnement local, telles que la sécheresse et la pénurie d'eau. Selon le tableau donné, l'humidité moyenne mensuelle est plus élevée en hiver qu'en été, ce qui est probablement dû à l'effet de la température, qui est plus élevée en été et plus basse en hiver.

Cependant, il est important de noter que les taux d'humidité relative peuvent varier considérablement d'une région à l'autre et d'une saison à l'autre. Une humidité relative inférieure à 50 % durant neuf mois de l'année peut indiquer des conditions très sèches et des défis importants pour la gestion de l'eau et l'agriculture dans la région.

Tableau I.3 : Humidités relatives moyennes mensuelles.

Stations	mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Ghardaia	H %	57.7	49.7	41.3	34.5	29.1	23.2	18.4	21.7	31.8	39.9	50.2	60.7	38.2

Source (Onid Ghardaïa)

Les données indiquent que le mois de Décembre est le mois le plus humide dans cette région, avec un taux d'humidité élevé d'environ 60,7 %. À l'inverse, le mois de Juillet est le mois le plus sec avec un taux d'humidité bas d'environ 18,4 %.

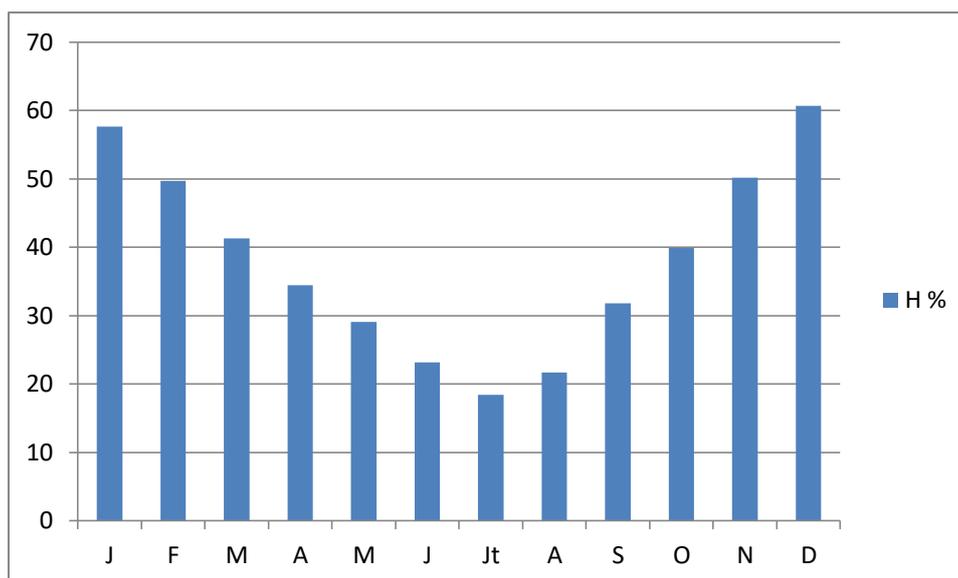


Figure I.4 : Variation Humidités relatives moyennes mensuelles.

4) Le vent :

Le vent est un élément clé dans la caractérisation du climat de la région de Ghardaïa en Algérie. Il peut avoir une influence directe sur les sols, la végétation et les autres facteurs climatiques tels que les précipitations et l'évapotranspiration. En outre, le choix du type d'irrigation peut également dépendre de la direction et de l'intensité des vents. Dans cette région, les vents de sable soufflent en automne, printemps et hiver de direction Nord-Ouest, tandis que les vents chauds, appelés Sirocco, dominent en été de direction Sud-Nord. Les Siroccos sont très secs et entraînent une forte évapotranspiration, ce qui peut avoir un impact sur l'agriculture et la disponibilité de l'eau. Il est donc important de comprendre l'influence des différents types de vents dans la région de Ghardaïa pour mieux comprendre et gérer son environnement.

Tableau I.4 : Vitesse moyenne et Maximale des vents (m/s).

Stations	Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Ghardaia	Moy	3.1	3.3	3.7	4.7	4.2	4.18	3.7	3.5	3.69	3.0	3.2	3.4
	Max	27	29	32	33	38	30	40	35	33	27	24	24

Source (Onid Ghardaïa)

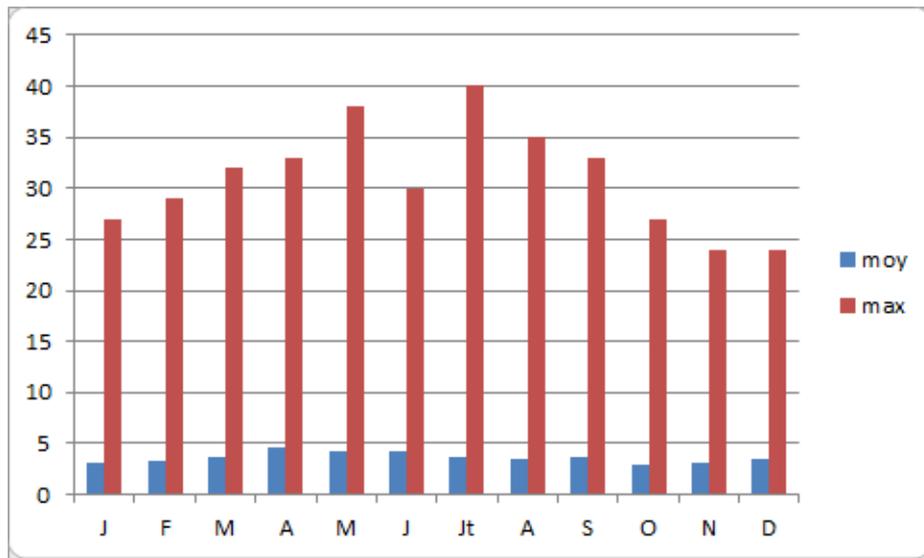


Figure I.5 : Vitesse moyenne et Maximale des vents.

5) L'évaporation :

Le cycle hydrologique est influencé par les phénomènes d'évaporation qui interviennent dès que les précipitations, sous forme liquide ou solide, atteignent la surface du sol. L'humidité du sol est également un facteur important pour l'évaporation, qu'elle provienne des pluies récentes infiltrées à faible profondeur ou qu'elle remonte par capillarité directement de la nappe phréatique ou par l'intermédiaire de la couverture végétale. Ainsi, pour mieux comprendre les processus d'évaporation, il est utile de considérer les moyennes mensuelles de ce phénomène, telles qu'indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.5: L'évaporation moyenne mensuelle (mm).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Som
Mm	98.9	102.3	150.5	230	260.4	302	420.2	359.8	289.1	201	120.6	130.2	2665

Source (Onid Ghardaïa)

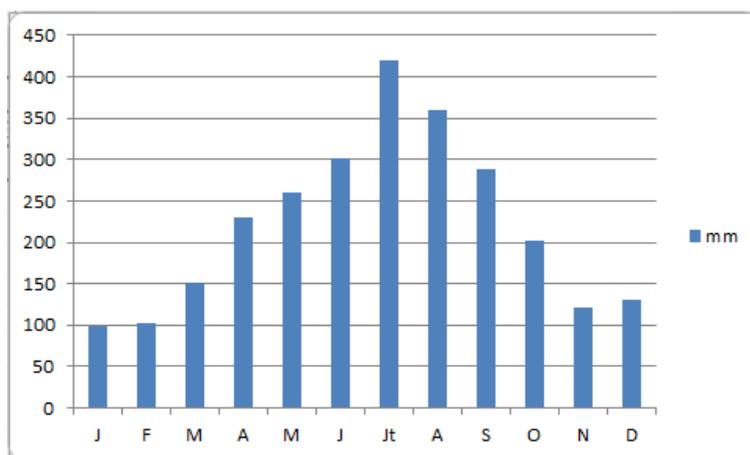


Figure I.6 : L'évaporation moyenne mensuelle (mm).

Selon les données présentées dans le tableau I.5, il est clair que l'évaporation dans la région en question est extrêmement élevée, surtout lorsqu'elle est soutenue par des vents chauds. En effet, l'évaporation moyenne dans cette région est d'environ 2665 mm par an.

Il est également important de noter que les taux d'évaporation varient considérablement tout au long de l'année. Le mois de Juillet enregistre le taux d'évaporation maximum avec une moyenne de 420,2 mm, tandis que le mois de Janvier a un taux d'évaporation minimum avec une moyenne de 98,9 mm. Ces données suggèrent que les mois d'été connaissent des niveaux d'évaporation plus élevés que les mois d'hiver.

6) Nébulosité :

La nébulosité est une mesure de la fraction du ciel couverte par les nuages ou la quantité de nuages qui empêche l'ensoleillement de la surface du sol. Elle est évaluée sur une échelle graduée de 0 à 10, où 0 représente un ciel tout à fait clair et 10 un ciel totalement couvert. Pour mieux comprendre l'influence de la nébulosité sur le climat, les valeurs moyennes mensuelles de cette mesure peuvent être consultées dans le tableau ci-dessous. Ces données sont utiles pour les études météorologiques et pour mieux comprendre l'impact des nuages sur les conditions atmosphériques.

Tableau I.6 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Nébulosité	3	1	1	3	1	0	0	1	2	3	2	3

Source (Onid Ghardaia)

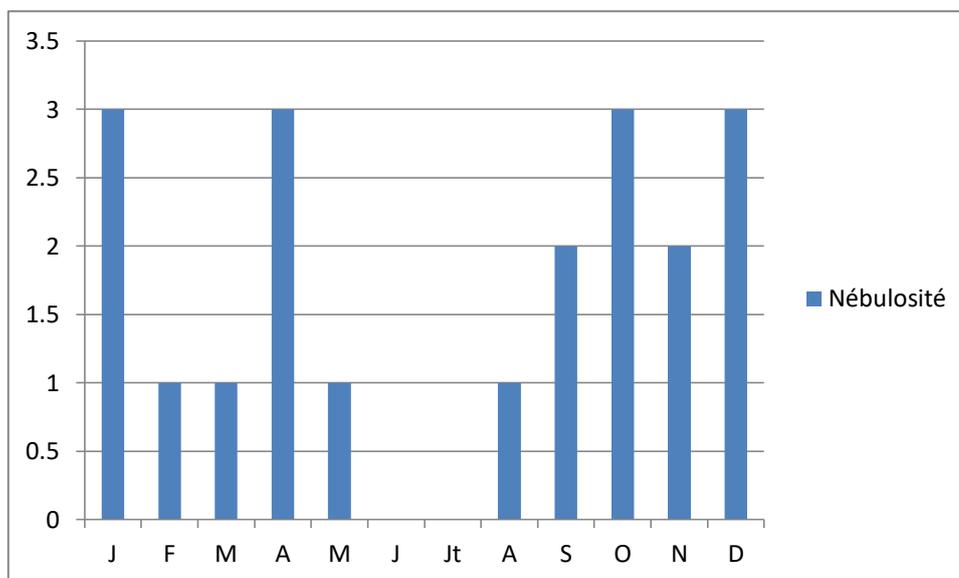


Figure I.7 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité.

7) Insolation :

L'insolation est un concept important dans la compréhension du climat et de l'environnement. Il représente la quantité d'énergie solaire reçue par un lieu donné et peut également être utilisé pour décrire la durée d'exposition au soleil, appelée ensoleillement. En effet, une plus grande quantité d'insolation peut conduire à une plus grande production d'énergie solaire, ce qui est important pour les régions qui cherchent à augmenter leur production d'énergie renouvelable. Les valeurs d'insolation peuvent également être utilisées pour planifier des activités en plein air ou pour l'agriculture, où l'ensoleillement est un facteur important pour la croissance des cultures. Il est important de noter que les valeurs d'insolation varient en fonction de la latitude, de l'heure de la journée, de la saison et de la couverture nuageuse. Les données présentées dans le tableau fournissent une indication de la quantité d'énergie solaire reçue et de la durée d'exposition au soleil pour chaque mois, ce qui peut aider à comprendre les conditions climatiques dans une région donnée.

Tableau I.7 : Insolations moyennes mensuelles.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
h/j	7.2	9	8.6	9.8	9.9	10.9	11	10.3	9.1	8.3	8.6	8.1

Source (Onid Ghardaïa)

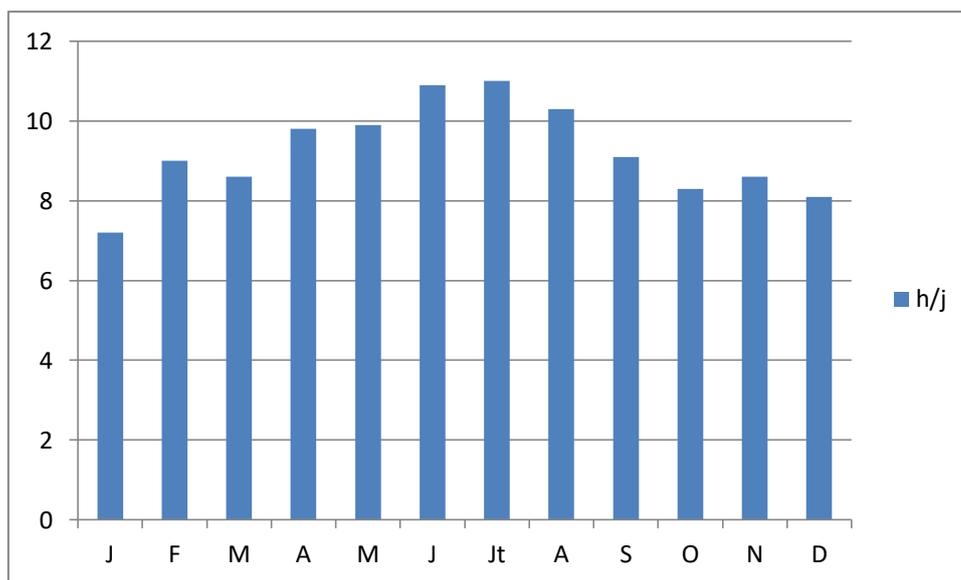


Figure I.8 : Variation Insolations moyennes mensuelle.

I.3. Indices climatiques :

I.3.1 Indice d'aridité de Martonne(1926) :

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Le géographe de MARTONE a proposé en 1923 un indice d'aridité sur le régime des précipitations et des températures, Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

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

Avec :

IA : indice climatique.

P: précipitation moyenne annuelle (mm/an) ;

T: température moyenne annuelle (°C)

Tableau I.8 : Classification de climat selon MARTON.

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

□ Application :

Pour la station de Gharadaïa : P= 59.62 mm/an , T= 24.07°C

Donc $I_A = 1.8$

□ Discussion du diagramme

Selon l'indice d'aridité calculé et d'après le tableau ci-dessus, on constate que la région est soumise à un type de climat désertique par conséquent, l'irrigation est indispensable.

I.3.2 Indice (quotient) pluviométrique d'EMBERGER :

Le Climagramme d'EMBERGER est un outil graphique utilisé en climatologie pour représenter les conditions climatiques d'une région donnée. Il est composé d'un graphique en deux axes : l'axe horizontal représente la moyenne des températures minimales du mois le plus froid, tandis que l'axe vertical représente le quotient pluviométrique Q_2 d'EMBERGER. Le Climagramme permet ainsi de visualiser les régions avec des hivers froids et secs, des hivers doux et humides, des étés chauds et humides, etc.

Il s'exprime par la formule suivante :

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

Avec :

Q : quotient pluviométrique d'EMBERGER

M : la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin

m : la moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin

P : pluviométrie annuelle en mm

□ **Application:**

$$M = 45.4 + 273 = 318.4 \text{ k}$$

$$m = 2.6 + 273 = 275.6 \text{ k}$$

$$Q = \frac{2000 * 59.62}{318.4^2 - 275.6^2} = 4.45$$

Tableau I.9 : Classification le type de climat selon Indice de Stewart.

Valeur (Q)	Type de climat
Q>100	Humide
100>Q>25	Tempéré
50>Q>25	Semi-aride
25>Q>10	Aride
10>Q	Désertique

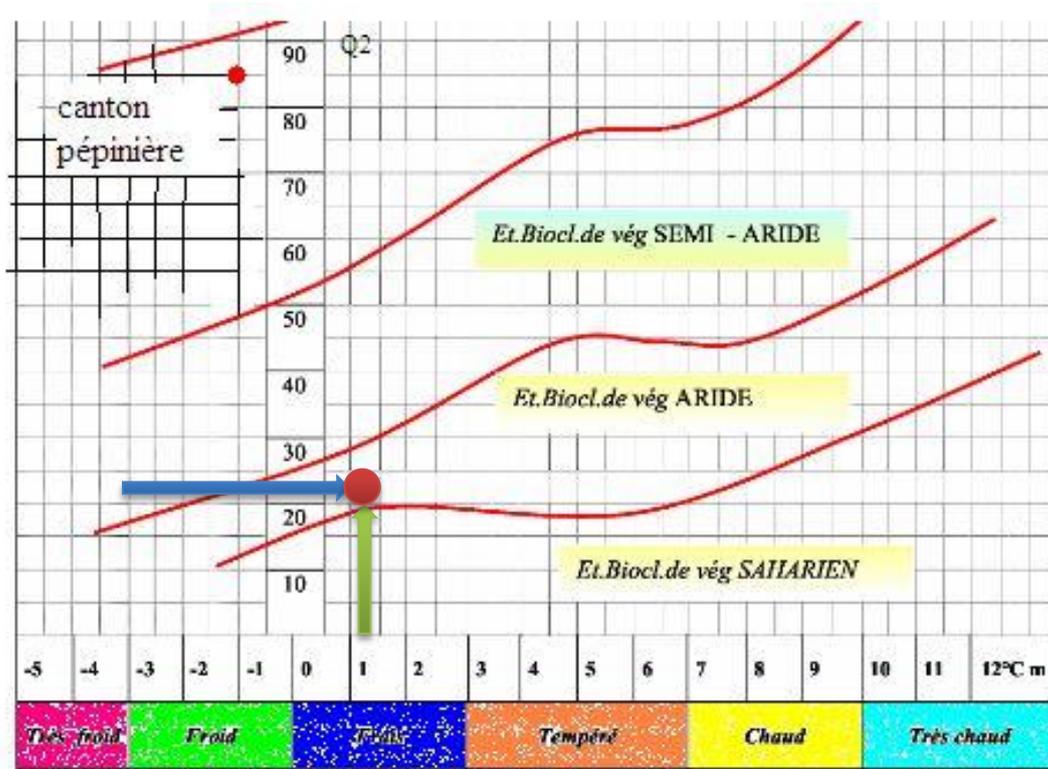


Figure I.9 : Climagramme d'EMBERGER.

□ Discussion du diagramme :

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (Figure I.8) Ci-dessus, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Aride.
- Sous étage : frais

I.3.3 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен :

Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN est un outil précieux pour évaluer la durée de la saison sèche dans une région donnée. Pour établir ce diagramme, il est nécessaire de prendre en compte deux variables clés : la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle. Ces variables sont ensuite représentées sur un graphique, où l'échelle de la température est deux fois plus grande que celle de la pluviosité.

Le diagramme résultant permet de visualiser facilement les variations saisonnières de la pluviosité et de la température dans la région. En particulier, il est possible de déterminer la durée de la saison sèche en examinant les mois où la pluviosité est faible et la température est élevée.

Tableau I.10 : Données de la pluie moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
P (mm)	8.4	2.9	5.5	4.2	5.7	1.3	0.6	2.1	7.9	7.3	7.5	5.7
T° moy	12.3	13.8	17.4	22.4	27.2	31.4	35.3	34.6	30	24	16.9	12.4

Source (Onid Ghardaïa)

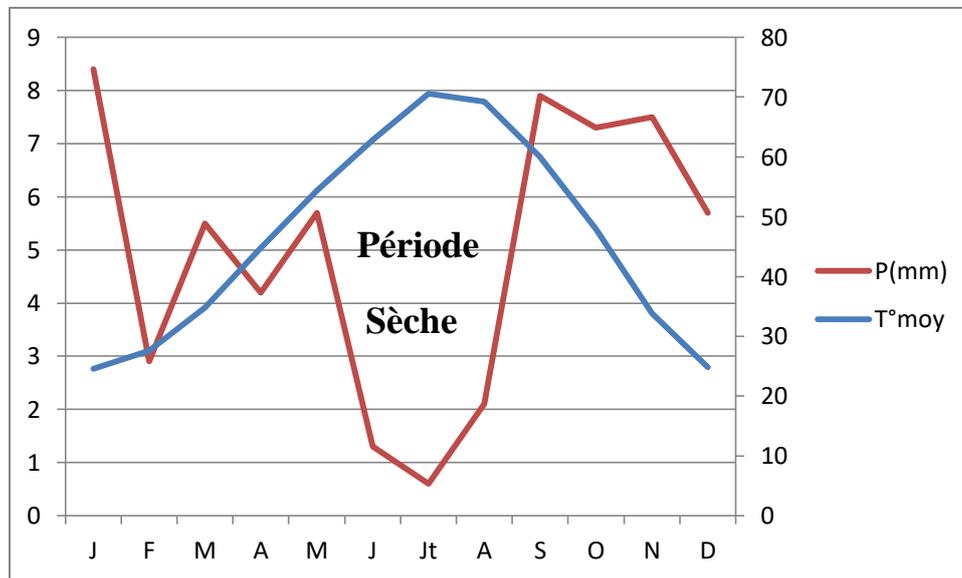


Figure I.10 : Climagramme de Gaussen.

❑ Discussion du diagramme :

Lorsque nous examinons les courbes représentées sur le diagramme Ombrothermique pour la région de Ghardaïa, nous pouvons observer que l'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche qui dure 5 mois allant de mois Avril jusqu'au mois de Aout .Cette période sèche est caractérisée par une faible quantité de précipitations et peut être évaluée en mesurant la distance entre les deux courbes sur le graphique.

Enfin on peut dire que le climat de notre région est situé dans un étage Hiver tempéré.

Conclusion:

D'après la synthèse des données climatiques :

- La région présente un climat de type saharien, caractérisé par une hyper aridité.
- La période sèche la période sèche qui dure 5 mois allant de mois Avril jusqu'au mois de Aout.
- En juin, la température atteint son maximum, avec une valeur de 45.4°C, favorisant ainsi une évaporation maximale de 420.2 mm. En revanche, le mois de janvier présente la température minimale de 2.6°C, accompagnée d'une évaporation minimale de 98.9 mm.

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du la zone d'étude

- Les précipitations varient également selon les mois, avec une quantité maximale de 8.4 mm enregistrée en janvier et une quantité minimale de 0.6 mm enregistrée en juillet.
- Le mois le plus humide est décembre, avec une forte humidité de 60.7%, tandis que le mois le plus sec est juillet, avec une humidité faible de l'ordre de 18.4%.

L'introduction de l'irrigation est donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans cette zone.

Chapitre II : Les ressources en sol et en eau

Introduction :

La pédologie est la science qui étudie les sols et leur relation avec les processus géologiques, biologiques et environnementaux. Elle contribue à notre compréhension de l'écosystème terrestre et à la gestion durable des ressources naturelles.

Dans ce chapitre, nous avons identifié les caractéristiques physiques du sol de la zone d'étude, évalué les ressources en eau disponibles et la qualité des eaux présentes. Ces facteurs sont essentiels pour calculer avec précision les besoins en eau et dimensionner efficacement le réseau de distribution. En considérant ces paramètres, nous pouvons optimiser la gestion des ressources en eau et garantir la conformité aux normes de qualité, assurant ainsi un approvisionnement en eau adéquat pour la zone d'étude.

II.1 Ressources en sol :

L'étude des ressources en sol permet de comprendre les caractéristiques, la classification, la fertilité et la dynamique des sols. Elle fournit une base de connaissances essentielle pour la gestion des terres, l'agriculture durable, la protection de l'environnement et la planification du développement.

Dans un projet de mise en valeur, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considération, notamment :

- La profondeur du sol qui régit l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui influe sur la rétention de l'eau.
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages.
- Les caractéristiques chimiques (PH, CE, SAR) qui influent sur les possibilités culturales de la zone à irriguer.

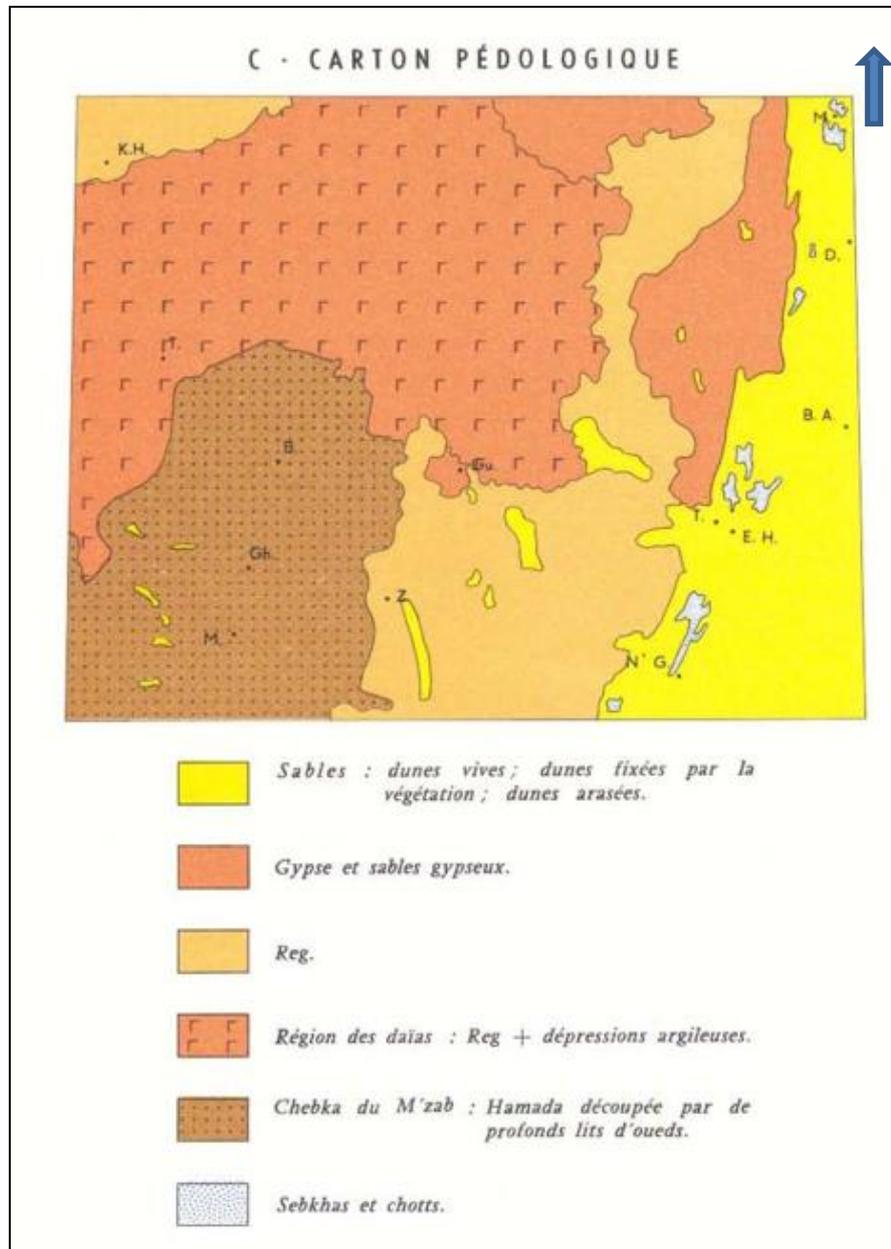
II.1.1 Classification des sols :

La wilaya de Ghardaïa, en Algérie, présente une diversité de sols en raison de sa géologie, de son climat et de son environnement.

1. **Sols désertiques :** Les sols désertiques, les sols sableux et les sols rocailleux, sont courants dans les régions désertiques comme Ghardaïa. Ces sols ont souvent une faible teneur en matière organique, une perméabilité élevée et une capacité de rétention d'eau limitée.
2. **Sols alluviaux :** Les sols alluviaux se trouvent le long des cours d'eau et des vallées. Ils sont généralement fertiles en raison de la présence de sédiments déposés par les

inondations passées. Ces sols peuvent être riches en matière organique et offrir de bonnes conditions pour l'agriculture.

3. **Sols calcaires** : Étant donné la géologie de la région, les sols calcaires peuvent être fréquents à Ghardaïa. Ces sols sont formés à partir de roches calcaires et peuvent varier en termes de texture et de fertilité.
4. **Sols salins** : Dans certaines parties de la région, il peut y avoir des sols salins en raison de la présence de sels dissous dans les eaux souterraines. Ces sols peuvent présenter des défis pour l'agriculture en raison de leur teneur élevée en sel, ce qui peut limiter la croissance des plantes.



Source (onid Ghardaïa, 2020)

Figure II.1 : La Carte pédologique de la zone d'étude.

II.1.2 Etude morphologique des sols :

Plusieurs profils ont été analysés, nous avons détaillé les caractéristiques le profil 1 et 2, résumées comme suit :

a) Caractéristiques morphologiques : profil n°1a.1) Description d'un profil type : Profil n° 1

- **Coordonnées :** X = 4° 17' 45'' ; Y = 32° 21' 49''
- **Pente :** moins de 3 %
- **Géomorphologie :** replat
- **Aspect de surface :** reg moyen composé d'environ 50% de galets siliceux de 1 à 5 m de diamètre.
- **Classification CPCS (1967) :**
 - Classe :** Sols minéraux bruts.
 - S/classe :** Sols minéraux bruts xériques.
 - Groupe :** xériques subdésertique.
 - S/groupe :** éolisés en reg.

a.2) Description morphologique du Profil n° 1 :

- **Profondeur du profil :** une profondeur faible à moyenne.
- **Humidité :** sec.
- **Couleur :** couleur 7,5YR6/4.
- **Structure :** structure particulière.

Présence d'environ 10% de cailloux, pas de racines, activité biologique nulle, matière organique non directement décelable, poreux, friable, légère effervescence à Hcl.

II.1.3 Analyse physico-chimique des sols : profil n°1

L'analyse physico-chimique des sols a été faite au laboratoire de l'INSID Alger, 2021. Cette dernière nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol. Les analyses physico-chimiques des sols sont résumées dans le tableau II.1 :

Tableau II.1 : L'analyse de profil n°1 au laboratoire de l'INSID Alger.

Horizons		H1
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35
Granulométrie	Argile %	4.50
	Limon fin %	7.60

	Limon grossier %	10.70
	Sable fin %	61.60
	Sable grossier %	15.60
Matière organique	Matière organique %	1,45
	Carbone C ‰	0.05
	Azote N ‰	0,74
	C/N	11,56
Réserve minérales	CaCO ₃ TOTAL %	12,04
	CaCO ₃ ACTIF %	2 393
	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	28,95
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17
	K ⁺ en méq /100 g	1,13
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52
Solution du sol	pH Eau	8.80
	C.E. mmhos/cm	0.13

Source : (l'INSID Alger, 2021)

II.1.4 Interprétation des résultats :

Ces sols, minéraux bruts organisés d'ablation qu'on appelle communément reg, à aspect de surface trop caillouteux, se caractérisent principalement par :

- **Profondeur limitée :** Ces sols ont une faible profondeur, généralement inférieure à 35 cm, limitée soit par la roche mère calcaire, soit par une accumulation de cailloux et de galets de calcaire fragmenté.

- **Texture dominée par le sable :** La texture de ces sols est principalement composée de sable fin et de sable grossier, qui représente environ 80% de la composition. Ils contiennent également de nombreux éléments grossiers, ce qui les rend très filtrants.

Cependant, cette granulométrie entraîne un faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants.

- **Faible teneur en calcaire actif :** Les regs présentent des teneurs en calcaire actif inférieures à 10% dans tous les profils analysés.
- **Fertilité chimique variable :** La fertilité chimique de ces sols est très aléatoire, avec une capacité d'échange cationique inférieure à 10 meq/100 g et des taux de matière organique inférieurs à 0,5% dans tous les profils.
- **Absence de salinité :** Ces sols ne présentent pas de salinité, avec des valeurs de conductivité électrique (CE) inférieures à 2 mmhos/cm et un pH oscillant entre 8 et 9.

Pour aménager ces sols, quelques mesures préalables sont nécessaires, notamment l'épierreage de la surface pour faciliter les opérations mécanisées, l'apport d'amendements organiques (fumier) et minéraux pour améliorer la fertilité chimique et la rétention d'eau, ainsi que l'installation de brise-vents pour protéger les cultures des vents secs et violents.

Après ces aménagements, ces sols peu profonds conviendront aux cultures maraîchères à enracinement superficiel, telles que les poivrons, piments, ail, concombres, tomates, artichauts, pastèques, carottes, etc., et dans une moindre mesure, aux cultures céréalières et fourragères.

b) Caractéristiques morphologiques : profil n°2b.1) Description d'un profil : Profil n°2

Ces sols ont un profil de type AC moyennement profond et contiennent plus que des traces de matière organique, ce qui est bénéfique pour leur fertilité. De plus, ils sont considérés comme étant les meilleurs sols pour l'irrigation car ils ne présentent pas de contraintes importantes pour leur mise en valeur, à part la fertilité chimique qui peut être facilement corrigée par l'utilisation d'amendements organiques et minéraux.

- **Coordonnées :** X = 04° 12' 45'' ; Y = 32° 25' 33''
- **Pente :** moins de 3 %
- **Géomorphologie :** replat
- **Aspect de surface:** masque quartzeux.
- **Classification CPCS (1967) :**

Classe : Sols peu évolués

S/classe : Sols peu évolués xériques

Groupe : xériques subdésertique

S/groupe : modaux.

b.2) Description morphologique du profil : Profil n°2

- **Profondeur du profil** : une profondeur faible à moyenne, une profondeur moyenne.
- **Humidité** : sec.
- **Couleur** : couleur 7,5YR6/4, couleur 7,5YR7/4.
- **Texture** : sableuse, sablo limoneuse.
- **Structure** : structure particulière.

Présence d'environ 3% de cailloux calcaires, quelques racines fines, activité biologique faible, matière organique non directement décelable, poreux, friable, très faible effervescence à Hcl, transition diffuse.

Présence d'environ 5% de cailloux calcaires, pas de racines, activité biologique nulle, matière organique non directement décelable, poreux, friable, faible effervescence à Hcl, transition nette.

II.1.5 Analyse physico-chimique des sols : profil n°2**Tableau II.2** : L'analyse de profil n°2 au laboratoire de l'INSID Alger.

Horizons		H1	H2
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35	35-80
Granulométrie	Argile %	2.60	4.50
	Limon fin %	6.00	7.60
	Limon grossier %	8.80	11.50
	Sable fin %	63.20	67.40
	Sable grossier %	19.40	9.00
Matière organique	Matière organique %	0,56	0,39
	Carbone C ‰	0.13	0.05
	Azote N ‰	0,63	0,67
	C/N	5,23	3,43
Réserve minérales	CaCO ₃ TOTAL %	22,8	21,5
	CaCO ₃ ACTIF %	2.184	2.315

	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	30,44	31,45
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	2,04	1,39
Solution du sol	pH Eau	8.65	8.30
	C.E. mmhos/cm	0.40	0.09

Source : (l'INSID Alger, 2021)

II.1.6 Les aptitudes culturales :

Les aptitudes culturales font référence aux caractéristiques et aux conditions du sol qui déterminent sa capacité à soutenir la croissance et le développement des cultures. Ces aptitudes sont essentielles pour l'agriculture et la pratique d'autres activités culturales. Elles englobent un certain nombre de facteurs, tels que :

- la texture du sol.
- la structure.
- la porosité.
- le niveau de fertilité.
- le pH.
- la capacité de rétention d'eau.
- le drainage.

Et d'autres propriétés physico-chimiques du sol.

Une bonne compréhension des aptitudes culturales du sol est cruciale pour la sélection appropriée des cultures et des variétés végétales, ainsi que pour la mise en œuvre de pratiques agricoles adaptées. Les sols ayant des aptitudes culturales favorables sont plus susceptibles de produire des rendements élevés et de soutenir des cultures saines, tandis que les sols ayant des aptitudes limitées peuvent nécessiter des mesures d'amélioration ou des pratiques spécifiques pour les rendre plus propices à l'agriculture.

II.2 Ressources en eau :

L'eau est un élément essentiel et primordial pour toutes les activités économiques à travers la wilaya de Ghardaïa, en particulier pour l'agriculture. Les ressources hydriques disponibles dans la région proviennent soit des sources en surface, comme les cours d'eau, soit des nappes souterraines. Ces sources d'eau sont cruciales pour assurer le développement et la prospérité des activités économiques de la région, en particulier dans le secteur agricole où l'irrigation joue un rôle vital pour la croissance des cultures et la productivité des exploitations. La gestion responsable et durable de ces ressources en eau est donc d'une importance capitale pour soutenir le développement économique et le bien-être de la population de Ghardaïa

II.2.1 les nappes souterraines :**a. Les nappes superficielles (phréatiques)**

Dans la région de Ghardaïa, on distingue trois types de nappes superficielles qui sont les suivantes :

1. La nappe d'eau contenue dans les calcaires du Sénonien carbonate.
2. La nappe d'eau contenue dans les calcaires fissurés du Turonien.
3. Les nappes alluvionnaires de l'Inféro-flux (Oueds).

En juin 2000, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a réalisé une campagne de mesure piézométrique sur 107 points d'eau (puits) le long de la vallée, débutant de la région de Bouchène, où l'oued Touzouz conflue avec l'oued M'Zab, jusqu'en aval de la vallée d'El-Atteuf (Aouleouele).

Les eaux souterraines de la nappe phréatique montrent un écoulement du nord-ouest de la vallée en amont, avec une isopièze (ligne reliant les points de même altitude piézométrique) de 490 mètres, vers le sud-est en aval (435 mètres), en suivant l'inclinaison générale du plateau du M'zab.

Le gradient hydraulique, qui représente la pente d'écoulement de l'eau souterraine, est de 0,25 en amont et augmente progressivement en aval pour atteindre 0,35. Cela indique que l'eau s'écoule à un rythme plus rapide en aval de la vallée par rapport à l'amont, en suivant la direction générale de la pente du plateau du M'zab

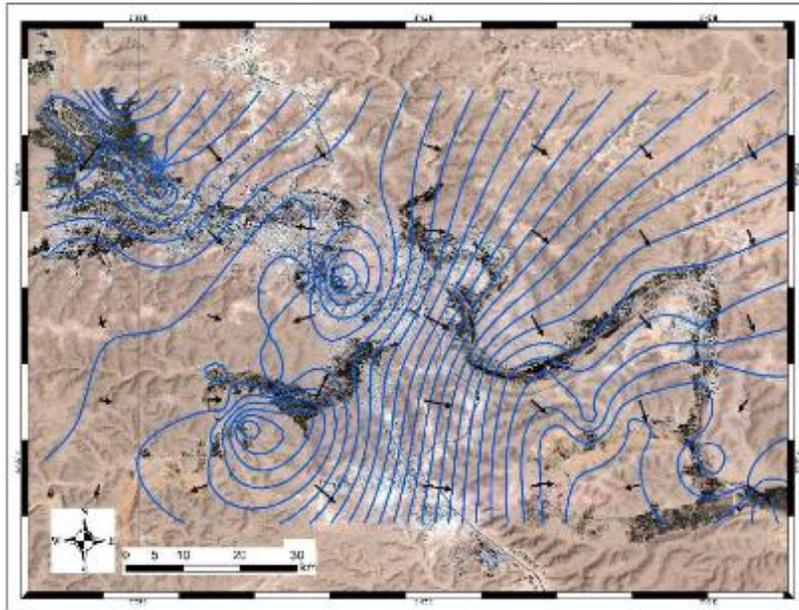


Figure II.2 : Carte piézométrique de la nappe phréatique (*ANRH Ghardaïa*).

b. Piézométrie de la nappe albienne (CI) :

La nappe du Continental Intercalaire (CI) est captive dans toute la région de Ghardaïa. Elle peut être exploitée à différentes profondeurs, variant de 0,5 à 140 mètres, dans les zones de Ghardaïa, Metlili, Berriane, Sebseb, Mansourah et certaines régions d'El-Ménia.

Selon les altitudes topographiques et les formations géologiques qui se sont formées après le CI, le niveau piézométrique de la nappe peut parfois se trouver au-dessus du niveau du sol, ce qui fait que la nappe devient jaillissante et permet d'obtenir des pressions élevées en tête des ouvrages de captage. Cela se produit notamment dans les zones de Zelfana, Guerrara, Hassi-El-Fahel et Hassi-El-Gara.

Ainsi, dans certaines parties de la région, l'exploitation de la nappe captive du Continental Intercalaire est possible à des profondeurs variables, et certaines zones bénéficient de l'émergence naturelle de la nappe, permettant une utilisation facilitée des ressources en eau souterraine.

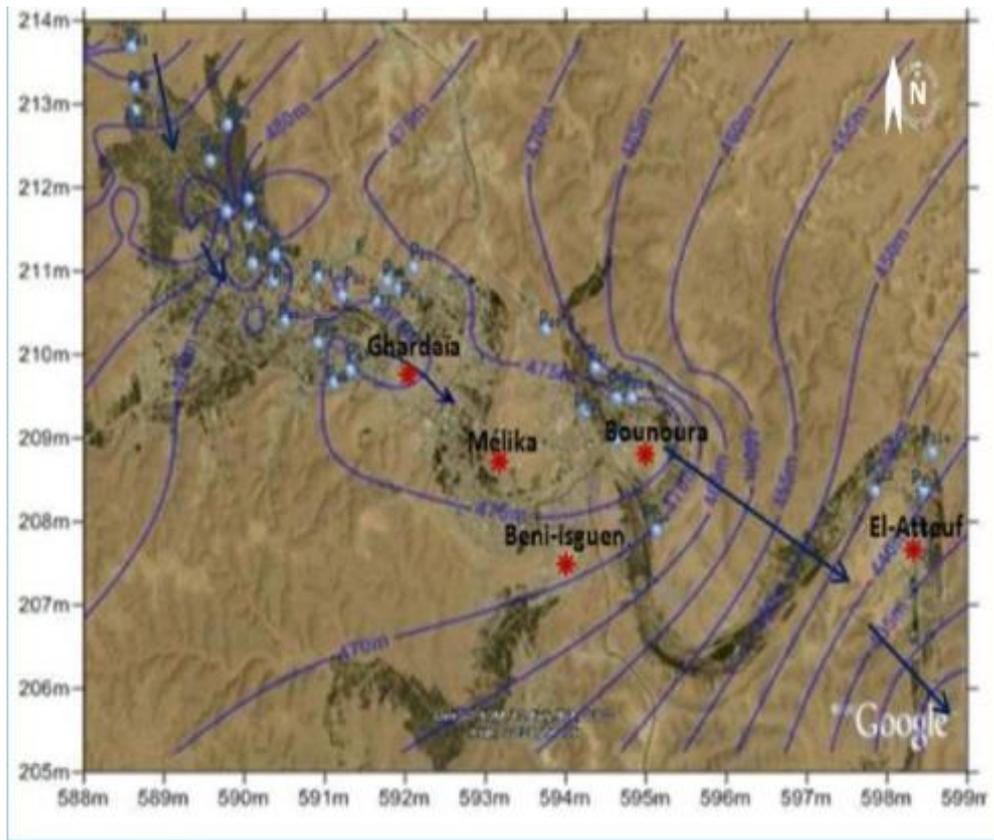


Figure II.3 : carte piézométrique de la nappe albienne (ANRH Ghardaïa).

Au niveau de la nappe albienne, on observe deux directions d'écoulement principales :

1. Une direction d'écoulement qui s'effectue du nord-ouest vers l'est, dans le nord de la région. Cela signifie que l'eau souterraine se déplace de l'ouest vers l'est dans cette partie de la nappe.
2. Une autre direction d'écoulement située dans le sud-ouest de la région, où l'eau souterraine se dirige du nord-ouest vers le sud. Cela indique que dans cette zone, l'écoulement se fait principalement du nord-ouest vers le sud.

Ces deux directions d'écoulement sont importantes à prendre en compte lors de la gestion et de l'exploitation des ressources en eau de la nappe albienne, afin de s'assurer d'une utilisation efficace et durable de cette précieuse ressource souterraine dans la région.

II.2.2 les forages :

a. Historique de recherche et d'exploitation à Ghardaïa : (1)

Les premiers sondages exploitant le CI datent entre 1890-1892, exécutés dans la vallée d'El Golea. Attirés par le jaillissement de ces ouvrages, Ville et Rolland Ingénieurs géologues supposèrent l'existence d'un grande nappe aquifère captive qui devait s'étendre sous le M'zab . C'est ainsi que fut exécuté le premier sondage dans la vallée du M'zab entre 1896 et 1899. Le forage avait 320 mètres de profondeur et le plan d'eau se stabilisa à une profondeur de 47 mètres. Le résultat à cette époque a été

considéré comme décevant, car ils attendirent un forage jaillissant identique à ceux d'El Golèa . J. Savornin , à partir du 1926 reprend les travaux de recherche hydraulique sur la région Ghardaïa El Golèa . Les sondages profonds réalisés entre 1927 et 1936 à Touggourt et Ouargla de 910 et 950 mètres de profondeur, étaient à mi - chemin du toit de la nappe albienne selon les considérations de J. Savornin . En 1938 un autre forage de 440 mètres de profondeur fut exécuté dans la vallée du M'zab , par pompage il donna un débit de 55 l/s avec un rabattement de 6,25 mètres. C'est ainsi que fut créée l'Ain de GéorgeLebeau . Par la suite , d'autres forages ont été réalisés dans la vallée, il s'agit de Melika , El Atteuf en 1938 , et Beni Isguen en 1949 .

En outre, deux autres sondages fut exécutés entre 1946 et 1951 à l'Est du M'zab, considérés comme les premiers grands forages jaillissants exploitant la nappe albienne dans le grand Sahara, il s'agit du sondage de - Zelfana(2) en 1948 de 1167 mètres de profondeur avec un débit jaillissant de 360 l/s et une pression en tête du puits de 7,25 bars. Guerrara(3) en 1951 de 1170 mètres avec un débit jaillissant de 238 l/s et une pression de 11 bars. C'est ainsi que la zone de l'Albien jaillissant a pu être tracée avec précision. Exploitation du CI dans la vallée du M'zab Le premier forage profond exécuté dans la vallée du M'zab date de 1938, et depuis le nombre de forages n'a cessé d'augmenter. Selon l'inventaire de ANRH (2011), on compte actuellement plus de 59 forages exploitant la nappe du CI dans la vallée du M'zab avec un débit total de 24,90 hm³/an, dont 88% est destiné pour l'alimentation en eau potable de la population de la vallée, soit un volume d'eau mobilisée de 21,90 millions de m³ par an par le biais de 39 forages. Le secteur agricole totalise un volume d'eau exploité de 3 millions de m³ par an, soit 12% du volume total extrait de la nappe du CI dans la vallée (Figure II.4).ACHOUR, M. (2014).

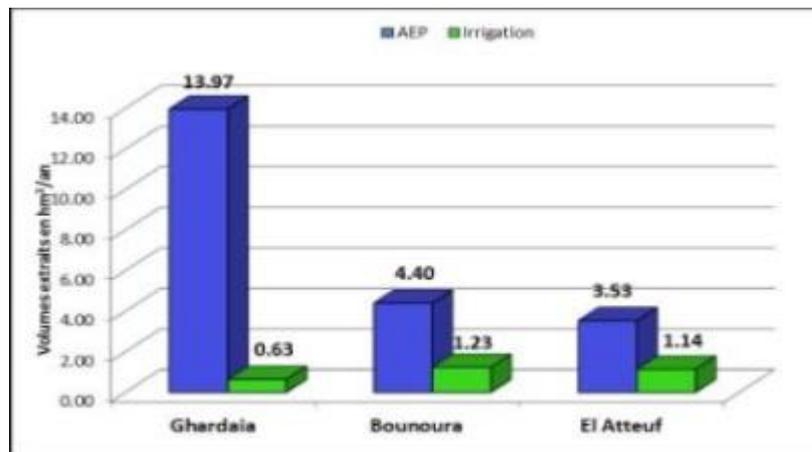


Figure II.4 : Exploitation dans la nappe albienne dans la vallée du m'zab par usage
ACHOUR, M. (2014).

Dans l'étude de notre projet, nous avons utilisé les puits de la vallée du M'Zab. Maitre d'ouvrage ayan concède de la Direction des ressources en eau. (2)

- **Dans la commune de Ghardaïa le forage plus long est TEM RTA N°2**
 - Code de l'ouvrage : 372
 - X : 03 40 25 ; Y : 32 28 46 ; Z : 575 m
 - capacité ou volume de production : 22.2 l/s
 - Année de réalisation 1996
 - Année de mise en service 1996

- **Dans la commune de Ghardaïa le forage plus court est BOUCHEMDJANE**
 - Code de l'ouvrage : 265
 - X : 03 39 12; Y : 32 30 05; Z : 494 m
 - capacité ou volume de production : 21.0 l/s
 - Année de réalisation 1979
 - Année de mise en service 1979
- **Dans la commune de BOUNOURA le forage plus long est GARAT ATTAM**
 - Code de l'ouvrage : 410
 - X : 03 42 00; Y : 32 26 46; Z : 576 m
 - capacité ou volume de production : 22.2 l/s
 - Année de réalisation 1988
 - Année de mise en service 1988
- **Dans la commune de BOUNOURA le forage plus court est BENI ISGUEN (BAB ELGHARBI)**
 - Code de l'ouvrage : 315
 - X : 03 41 37; Y : 32 28 22; Z : 412 m
 - capacité ou volume de production : 30.6 l/s
 - Année de réalisation 1958
 - Année de mise en service 1958
- **Dans la commune de EL-ATTEUF le forage plus long est ZONE D'ACTIVITE NAFTAL**
 - Code de l'ouvrage : 305
 - X : 03 43 33; Y : 32 25 28; Z : 557 m
 - capacité ou volume de production : 13.1 l/s
 - Année de réalisation 1989
 - Année de mise en service 1989
- **Dans la commune d'EL-ATTEUF le forage plus court est EL ATTEUF (AOULAOUNE)**
 - Code de l'ouvrage : 300
 - X : 03 44 25; Y : 32 26 35; Z : 450 m
 - capacité ou volume de production : 20.0 l/s

II.3. Qualité de l'eau d'irrigation :

La qualité de l'eau d'irrigation est un aspect crucial à prendre en compte pour assurer une bonne croissance et santé des cultures. Plusieurs paramètres sont évalués pour déterminer la qualité de l'eau d'irrigation, notamment :

1. Conductivité électrique (CE) : Comme mentionné précédemment, la CE mesure la capacité de l'eau à conduire l'électricité, ce qui est étroitement lié à sa teneur en sels dissous.
2. pH : Le pH indique l'acidité ou l'alcalinité de l'eau, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité des nutriments pour les plantes.

3. Teneur en sels : Une concentration élevée de sels peut être néfaste pour les cultures, affectant leur capacité à absorber l'eau et les nutriments.
4. Contaminants : La présence de contaminants tels que les métaux lourds, les pesticides ou les substances toxiques peut être dangereuse pour les plantes et les consommateurs.
5. Teneur en matières organiques : Un excès de matières organiques peut entraîner des problèmes de colmatage dans les systèmes d'irrigation.
6. Micro-organismes : La présence de bactéries, de virus ou de champignons pathogènes peut causer des maladies aux plantes

II.3.1 La conductivité électrique :

La conductivité électrique est une caractéristique liée à la mobilité des ions dans l'eau et est mesurée à 25°C, exprimée en (mmhos/cm). Selon la classification américaine, on distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de sa conductivité électrique.

Tableau II.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	CE ≤ 0,25	Eau de risque faible
C2	0,25 < CE ≤ 0,75	Eau de risque moyen
C3	0,75 < CE ≤ 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.

II.3.2 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

Si l'eau utilisée pour l'irrigation est riche en sodium (Na+), cela peut entraîner des problèmes liés à la salinité du sol. Le sodium peut se fixer sur les sites d'échange cationique du complexe du sol, remplaçant ainsi les cations calcium (Ca++) et magnésium (Mg++), qui sont essentiels pour la structure du sol et la croissance des plantes.

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

Avec : Na+, Ca++, et Mg++ en meq/l.

Tableau II.4 : Classification des eaux en fonction du SAR.

Classes	Coefficient d'adsorption du sodium	Danger d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

II.3.3 La salinité :

La salinité de l'eau d'irrigation est en effet un aspect crucial qui peut avoir un impact significatif sur les cultures. Lorsque les sels s'accumulent dans la zone racinaire des plantes, cela peut entraîner une concentration excessive de sels solubles dans le sol. Cette accumulation peut affecter la disponibilité de l'eau pour les plantes et provoquer des effets néfastes sur leur croissance et leur développement.

Une salinité élevée peut entraîner les problèmes comme : la réduction de l'absorption d'eau, Déshydratation des plantes, Toxicité des ions, Déséquilibre nutritionnel .

II.3.4. Compositions chimiques de l'eau d'irrigation :

L'analyse des caractéristiques chimiques de l'eau est essentielle pour déterminer les cultures adaptées et estimer la quantité d'irrigation nécessaire. Ainsi, des analyses sont réalisées sur la composition chimique de l'eau des forages présents dans la région. Ces analyses fournissent des informations cruciales pour prendre des décisions éclairées concernant le choix des cultures appropriées et l'optimisation de l'irrigation.

Tableau II.5: les caractéristiques chimiques de l'eau.

Forage	PH	CE mmhos/cm	RS	SAR	Ca ⁺⁺ (meq/l)	Mg ⁺⁺ (meq/l)	Na ⁺⁺ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	So ₄ ⁻ (meq/l)
1	7.3	0.5	2.1	0.89	0.34	0.12	0.43	1.7	0.31

D.S.A Ghardaïa

Selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation (**Voir Figure II.4**), il est clair que les caractéristiques analytiques de l'eau indiquent qu'elle peut être classée comme une eau moyennement salée (**C2-S1**).

Cette qualité d'eau est utilisable pour l'irrigation de notre périmètre en termes de salinité. Cependant, il est conseillé de procéder à un lessivage à long terme afin d'éliminer les sels accumulés au fil des années.

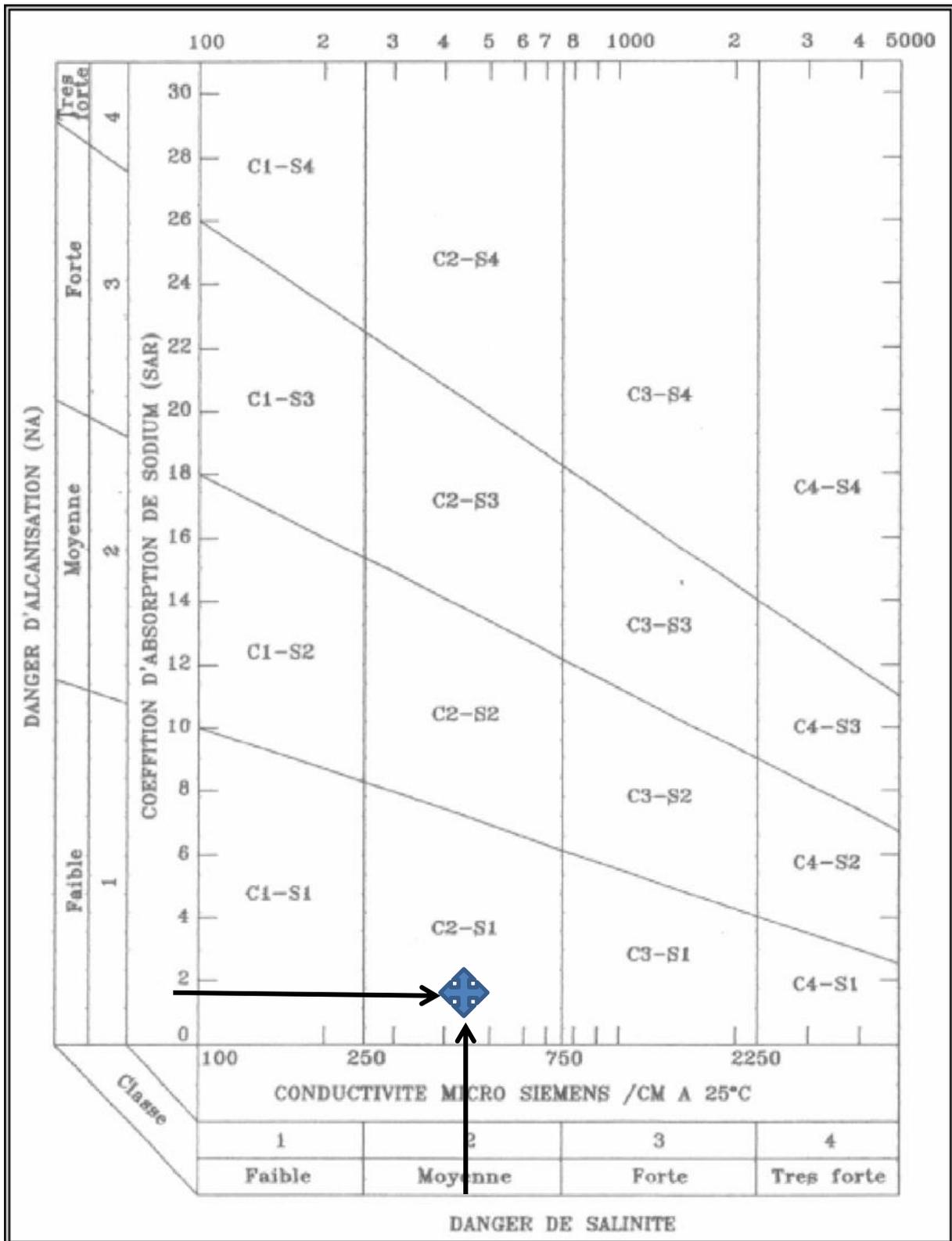


Figure II.5 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

Conclusion :

L'étude pédologique réalisée dans la zone a permis de classer les sols en fonction de leurs caractéristiques morphologiques et physico-chimiques, ainsi que de déterminer les aptitudes à l'irrigation des différents types de sols. Sur le plan de la formation des sols, les sols de cette zone présentent des similarités. Ils sont principalement composés de particules de texture grossière, avec une proportion d'environ 85% de sable fin et de sable grossier, et ils se développent dans un climat aride à hyperaride.

L'analyse de la qualité des sols montre que notre zone d'étude constituée de deux classes : sols minéraux brut et sols peu évolués.

D'après l'analyse de la ressource en eau provenant d'un forage, il a été déterminé qu'elle appartient à la classe **C2S1** avec une alcalinité faible et une salinité moyenne.

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures**Introduction :**

Dans ce contexte, il est essentiel de quantifier précisément les besoins en eau des cultures en se basant sur les informations préalablement définies, telles que les doses et les dates d'arrosage nécessaires tout au long de leur période de croissance. L'objectif principal de ce chapitre est de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol, de calculer les besoins en eau et déterminer le débit fictif continu qui est le débit de dimensionnement du réseau d'irrigation adapté aux cultures choisies.

III.1. Besoin en eau du périmètre :

Notre zone d'étude Zelfana Hassi Nord se situe dans la wilaya de Ghardaïa, au sud de l'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 105 ha. Le périmètre est doté par un forage jaillissant dont le débit est 75 l/s qui peut être chuté jusque 60 l/s au cours du fonctionnement avec une pression en tête de forage mesurée sur place 10m (1bar) ; cette superficie dédiée à l'activité agricole, plus précisément les cultures céréales (Mais, Blé, l'Orge), les palmiers dattiers, les cultures des fruits et légumes telles que les dattes, les figues, les agrumes (orange, citrons, mandarines), les olives, les tomates, les poivrons, les pommes de terre, les oignons.

III.1.1 Calcul des besoins en eau :

Il est essentiel de procéder à une évaluation précise des besoins en eau pour assurer une irrigation efficace et durable des cultures. Ce processus intègre divers facteurs, tels que la superficie des terres cultivées, le type de culture, le type du sol, les précipitations, les techniques d'irrigation utilisées.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période pour chaque stade végétatif le bilan hydrique suivant :

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

Avec :

- ETM : la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à : $ET_0 * Kc$
- Kc : le coefficient culturel de la culture considérée.
- Peff : est la pluie efficace.
- RU : La réserve utile.

III.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) :

L'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) est une mesure utilisée pour estimer la quantité d'eau perdue par évaporation du sol et par transpiration des plantes dans des conditions idéales. Elle est souvent utilisée comme indicateur pour déterminer les besoins en eau des cultures. L'ET₀ est calculée en prenant en compte des paramètres tels que la température, l'humidité, la radiation solaire et la vitesse du vent.

Pour le calcul de l'évapotranspiration de référence, il existe plusieurs méthodes, réparties en deux classes :

a) Les méthodes directes :

L'évapotranspiration en cuve lysimétrique est une méthode de mesure directe de l'évapotranspiration des plantes. Elle consiste à utiliser une cuve spéciale, appelée lysimètre, qui contient le sol et les plantes à étudier. La cuve est équipée de capteurs pour mesurer les précipitations, l'humidité du sol, la température et d'autres paramètres environnementaux. En mesurant régulièrement la quantité d'eau évaporée ou transpirée par les plantes dans la cuve, on peut estimer l'évapotranspiration réelle de la culture. Cette méthode permet d'obtenir des données précises sur les besoins en eau des plantes dans des conditions réelles.

b) Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent de calculer l'ET₀ à partir de formules basées sur des paramètres climatiques.

Il existe des formules de calcul dont les principales sont:

1-Formule de Hargreaves-Samani : Cette formule est basée sur la température moyenne quotidienne et permet une estimation de l'ET₀.

2-Formule de Thornthwaite : Cette formule utilise la température moyenne mensuelle pour estimer l'ET₀.

3-Formule de Penman-Monteith : C'est une méthode plus complexe qui prend en compte plusieurs paramètres climatiques tels que la température, l'humidité, la radiation solaire, la vitesse du vent, etc. Elle est considérée comme une méthode de référence pour estimer l'ET₀, c'est la plus utilisée sous tous les climats.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de de Penman_Monteith comme méthode privilégiée d'estimation de l'ET₀.

□ Formule Modifiée de Penman_Monteith

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,34 u_2)} \dots\dots\dots(III.2)$$

Avec :

ET₀ : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],

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

u₂ : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

e_a : pression de vapeur réelle [kPa],

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

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

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

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station climatologique de Ghardaïa :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 selon la formule de Penman&Monteith, modifiée sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau III.2: Evapotranspiration de référence ET₀ calculée.

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray. MJ/m ² /jour	ET ₀ mm/mois
Janvier	2.6	22.1	57	3.1	7.2	11.8	93.25
Février	3.2	24.4	50	3.3	9.0	16.0	113.62
Mars	4.6	30.2	41	3.7	8.6	18.6	187.79
Avril	7.2	36.1	34	4.5	9.8	22.9	265.49
Mai	12.5	40.5	29	4.0	9.9	24.4	306.57
Juin	17.8	43.9	23	3.8	10.9	26.3	327.94
Juillet	22.9	46.4	18	3.5	11.0	26.1	348.06
Août	22.9	45.2	22	3.4	10.3	24.0	323.13
Septembre	17.4	41.8	32	3.6	9.1	20.1	268.61
Octobre	11.3	35.7	40	3.0	8.3	16.0	192.03
Novembre	4.2	28.5	50	3.2	8.6	13.6	132.42
Décembre	1.9	22.1	61	3.4	8.1	11.8	92.34
Moyenne	10.7	34.7	38	3.5	9.2	19.3	2651.26

III.1.3. Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme (**Cropwat 8**), nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et évaporation.

$$P_{eff} = A \times P_{moy} \dots\dots\dots(III.3)$$

Avec :

$$P_{eff} = 0 \quad \text{si} \quad P_{moy} \leq 5mm$$

$$P_{eff} = A \times P_{moy} \quad \text{si} \quad P_{moy} > 5mm$$

A : coefficient estimé à 0,8. Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : pluies efficaces calculées

Station <input type="text" value="ghardaia"/>		Méthode Précipitations eff. <input type="text" value="Pourcentage fixé"/>	
	Rain	Eff rain	
	mm	mm	
January	8.4	6.7	
February	2.9	2.3	
March	5.5	4.4	
April	4.2	3.4	
May	5.7	4.6	
June	1.3	1.0	
July	0.6	0.5	
August	2.1	1.7	
September	7.9	6.3	
October	7.3	5.8	
November	7.5	6.0	
December	5.7	4.6	
Total	59.1	47.3	

Les pluies efficaces étant très limitées, elles sont négligées lors du calcul des besoins en eau. Par conséquent, les besoins en eau (B) sont estimés en utilisant uniquement l'évapotranspiration de référence (ET0) comme valeur de référence. Ainsi, la formule simplifiée pour le calcul des besoins en eau est **B = ET0**.

III.1.4. Calcul de l'évapotranspiration maximale de culture (ETM) :

L'évapotranspiration maximale de culture (ETM) est une mesure de la quantité d'eau perdue par évaporation du sol et transpiration des plantes cultivées dans des conditions optimales. L'ETM est généralement exprimée en millimètres par jour et varie en fonction du type de culture, des conditions climatiques et des stades de croissance des plantes, il est défini par la formule suivante :

$$ETM = ET_0 \times K_c \dots \dots \dots (III.4)$$

Tel que :

ETM: l'évapotranspiration maximale de culture en millimètres

ET₀ : l'évapotranspiration de référence en millimètres

K_c : le coefficient de culture

III.2. Calcul de la réserve en eau du sol :

La réserve utile en eau du sol fait référence à la quantité d'eau qui peut être retenue et utilisée par les plantes pour leur croissance. Elle représente la différence entre la capacité maximale de rétention d'eau du sol et le point de flétrissement permanent.

On nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la réserve utile :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Z \dots \dots \dots (III.5)$$

Avec :

- Y : degré de tarissement,
- Y = 2/3 pour les cultures en général.
- Y = 1/3 pour les cultures sensibles (Pastèque).
- Y = 1/2 pour les cultures céréalières.
- D_a : densité apparente.

On prend 1.4 car la texture du sol est sablo-limoneuse

- Z : profondeur d'enracinement mm ;
- H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend (12) ;
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas, on prend (5).

III.2.1. Choix des cultures :

Le choix des cultures dépend de plusieurs facteurs, notamment des conditions climatiques, du type de sol, des ressources disponibles et des objectifs du cultivateur.

Voici quelques éléments à prendre en compte lors du choix des cultures :

1. **Climat** : Les cultures doivent être adaptées aux conditions climatiques de la région.

- 2. Type de sol :** Différents types de sol peuvent être plus propices à certaines cultures. Certains sols sont riches en nutriments et retiennent bien l'eau, ce qui est idéal pour les cultures exigeantes en matière de nutrition.
- 3. Ressources en eau :** La disponibilité de l'eau est un facteur clé dans le choix des cultures. Certaines cultures nécessitent beaucoup d'eau pour se développer.
- 4. Demande du marché :** Il peut être judicieux de choisir des cultures en fonction de la demande du marché local ou régional. Si certaines cultures sont populaires et ont une demande élevée, cela peut être une opportunité commerciale intéressante. Il est important de faire des recherches sur les cultures rentables et demandées localement.
- 5. Rotation des cultures :** La rotation des cultures est une pratique agricole recommandée pour maintenir la santé des sols et réduire les problèmes liés aux ravageurs et aux maladies. Il est important de planifier une rotation des cultures appropriée pour éviter l'épuisement des nutriments du sol et minimiser les risques de maladies

III.2.2. Les cultures proposées :

L'objectif de ce projet est de développer la production céréalière, en premier lieu, pour cela, les cultures proposées sont indiquée dans le tableau III.4 :

Tableau III.3 : Occupation de sol en fonction des cultures.

Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en Ha
La céréaliculture : <ul style="list-style-type: none"> • Blé tendre • Orge verte 	29%	30ha
Le maraîchage : <ul style="list-style-type: none"> • Pomme de terre (15ha) • Oignon • Tomate • Haricot 	42%	45ha
L'arboriculture : <ul style="list-style-type: none"> • Oliviers • Palmiers 	29%	30ha
Total	100%	105ha

III.2.3. Identification des principaux types d'assolement :

L'Assolement est une pratique agricole consistant à alterner les cultures sur une même parcelle de terre au fil des saisons ou des années. Cette rotation permet de maintenir la fertilité du sol, de contrôler les maladies et les parasites, et d'optimiser les rendements agricoles de manière durable.

Tableau III.4 : Assolement proposé

Assolement 1	Assolement2
Blé tendre	Orge verte
Orge verte	Blé tendre
Pomme de terre	Tomate
Oignon	Oignon
Tomate	Haricot
Oliviers	Oliviers
Palmiers	Palmiers

a) Avantages de la rotation des cultures :

La rotation des cultures est une pratique agricole consistant à cultiver différents types de plantes successivement sur une même parcelle de terrain. Cette méthode offre divers avantages tels que l'amélioration de la fertilité du sol grâce à la variation des besoins en nutriments des différentes cultures, la réduction des maladies et des ravageurs en perturbant leurs cycles, la prévention de l'érosion grâce aux systèmes racinaires variés, la gestion efficace des mauvaises herbes et de l'eau, ainsi que la diversification des revenus pour les agriculteurs. De plus, elle favorise la biodiversité locale, maintient la santé du sol, réduit la pression sur les ressources et contribue globalement à une agriculture plus durable et équilibrée.

b) Le cycle végétatif :

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau III.6 :

Tableau III.5: le cycle végétatif des cultures envisagées.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé tendre			←————→									
Orge verte			←————→									
Oignon		←————→										
Pomme de terre		←————→										
Tomate							←————→					
Olivier	←————→											
Palmiers	←————→											
Haricot	←————→										←————→	

III.3. Estimation des coefficients culturaux (K_c) :

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties selon les valeurs établies par Doorenbos (FAO, 2003), en fonction du stade végétatif de la plante, et du climat considéré : ils sont représentés dans le tableau

Tableau III.6 : Coefficients culturaux des cultures.

	Blé tendre	Orge vert	Oignon	P terre	Tomate	Olivier	palmiers	Haricot
Mois	K_c	K_c	K_c	K_c	K_c	K_c	K_c	K_c
Septembre						0.85	0.8	0.9
Octobre			0.6	0.7		0.85	0.8	0.85
Novembre	0.25		0.8	1		0.75	0.8	
Décembre	0.25	0.3	1.1	0.75		0.65	0.8	
Janvier	0.3	0.3	0.5			0.65	0.8	
Février	0.3	0.5				0.65	0.8	
Mars	1	0.5			0.5	0.65	0.8	
Avril	1	0.9			0.6	0.65	0.8	
Mai	1	1			0.7	0.65	0.7	0.4
Juin	1					0.8	0.6	0.5
Juillet						0.85	0.6	0.65
Aout						0.85	0.5	1

III.4. Estimation des besoins en eau des cultures :

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau pour le Blé tendre.

Mois	P_{moy}	P_{eff}	ET_0	K_c	E_{tm}	$Z(mm)$	R_u	R_{fu} (mm)	B_{nettes}
S	8.4	6.7	93.25						
O	2.9	2.3	113.62						
N	5.5	4.4	187.79	0.25	46.9475	300	59.4	39.6	46.9475

D	4.2	3.4	265.49	0.25	66.3725	500	99	66	66.3725
J	5.7	4.6	306.57	0.3	91.971	600	118.8	79.2	91.971
F	1.3	1	327.94	0.3	98.382	600	118.8	79.2	98.382
Mars	0.6	0.5	348.06	1	348.06	600	118.8	79.2	348.06
A	2.1	1.7	323.13	1	323.13	600	118.8	79.2	323.13
Mai	7.9	6.3	268.61	1	268.61	600	118.8	79.2	268.61
J	7.3	5.8	192.03	1	192.03	600	118.8	79.2	192.03
J	7.5	6	132.42						
O	5.7	4.6	92.34						

Tableau III.8 : Calcul des besoins en eau pour l'orge verte.

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu (mm)	Bnettes
S	8.4	6.7	93.25						
O	2.9	2.3	113.62						
N	5.5	4.4	187.79						
D	4.2	3.4	265.49	0.3	79.647	300	59.4	39.6	79.647
J	5.7	4.6	306.57	0.3	91.971	500	99	66	91.971
F	1.3	1	327.94	0.5	163.97	500	99	66	163.97
mars	0.6	0.5	348.06	0.5	174.03	600	118.8	79.2	174.03
A	2.1	1.7	323.13	0.9	290.817	600	118.8	79.2	290.817
Mai	7.9	6.3	268.61	1	268.61	600	118.8	79.2	268.61
J	7.3	5.8	192.03						
J	7.5	6	132.42						
O	5.7	4.6	92.34						

Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu (mm)	Bnettes
S	8.4	6.7	93.25						
O	2.9	2.3	113.62	0.6	68.172	300	59.4	39.6	68.172
N	5.5	4.4	187.79	0.8	150.232	300	59.4	39.6	150.232
D	4.2	3.4	265.49	1.1	292.039	300	59.4	39.6	292.039
J	5.7	4.6	306.57	0.5	153.285	500	99	66	153.285
F	1.3	1	327.94						
mars	0.6	0.5	348.06						
A	2.1	1.7	323.13						
mai	7.9	6.3	268.61						
J	7.3	5.8	192.03						
J	7.5	6	132.42						
O	5.7	4.6	92.34						

Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre.

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu (mm)	Bnettes
S	8.4	6.7	93.25						
O	2.9	2.3	113.6	0.7	79.53	400	79.2	52.8	79.53
N	5.5	4.4	187.8	1	187.8	300	59.4	39.6	187.8
D	4.2	3.4	265.5	0.75	199.1	500	99	66	199.1
J	5.7	4.6	306.6						
F	1.3	1	327.9						
Mars	0.6	0.5	348.1						
A	2.1	1.7	323.1						
Mai	7.9	6.3	268.6						

J	7.3	5.8	192						
J	7.5	6	132.4						
O	5.7	4.6	92.34						

Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau pour la tomate.

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu (mm)	Bnettes
S	8.4	6.7	93.25						
O	2.9	2.3	113.6						
N	5.5	4.4	187.8						
D	4.2	3.4	265.5						
J	5.7	4.6	306.6						
F	1.3	1	327.9						
Mars	0.6	0.5	348.1	0.5	174	600	118.8	79.2	174
A	2.1	1.7	323.1	0.6	193.9	600	118.8	79.2	193.9
Mai	7.9	6.3	268.6	0.7	188	500	99	66	188
J	7.3	5.8	192						
J	7.5	6	132.4						
O	5.7	4.6	92.34						

Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour l'Olivier.

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu (mm)	Bnettes
S	8.4	6.7	93.25	0.85	79.26	150	29.7	19.8	79.26
O	2.9	2.3	113.6	0.85	96.58	150	29.7	19.8	96.58
N	5.5	4.4	187.8	0.75	140.8	150	29.7	19.8	140.8
D	4.2	3.4	265.5	0.65	172.6	150	29.7	19.8	172.6
J	5.7	4.6	306.6	0.65	199.3	150	29.7	19.8	199.3

F	1.3	1	327.9	0.65	213.2	150	29.7	19.8	213.2
Mars	0.6	0.5	348.1	0.65	226.2	150	29.7	19.8	226.2
A	2.1	1.7	323.1	0.65	210	150	29.7	19.8	210
Mai	7.9	6.3	268.6	0.65	174.6	150	29.7	19.8	174.6
J	7.3	5.8	192	0.8	153.6	150	29.7	19.8	153.6
J	7.5	6	132.4	0.85	112.6	150	29.7	19.8	112.6
O	5.7	4.6	92.34	0.85	78.49	150	29.7	19.8	78.49

Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour les palmiers.

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu (mm)	Bnettes
S	8.4	6.7	93.25	0.8	74.6	400	79.2	52.8	74.6
O	2.9	2.3	113.62	0.8	90.896	400	79.2	52.8	90.896
N	5.5	4.4	187.79	0.8	150.232	400	79.2	52.8	150.232
D	4.2	3.4	265.49	0.8	212.392	400	79.2	52.8	212.392
J	5.7	4.6	306.57	0.8	245.256	400	79.2	52.8	245.256
F	1.3	1	327.94	0.8	262.352	400	79.2	52.8	262.352
mars	0.6	0.5	348.06	0.8	278.448	400	79.2	52.8	278.448
A	2.1	1.7	323.13	0.8	258.504	400	79.2	52.8	258.504
Mai	7.9	6.3	268.61	0.7	188.027	400	79.2	52.8	188.027
J	7.3	5.8	192.03	0.6	115.218	400	79.2	52.8	115.218
J	7.5	6	132.42	0.6	79.452	400	79.2	52.8	79.452
O	5.7	4.6	92.34	0.5	46.17	400	79.2	52.8	46.17

☐ **Assolement 2 :****Tableau III.14 :** Calcul des besoins en eau pour le Haricot.

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu (mm)	Bnettes
S	8.4	6.7	93.25	0.9	83.93	700	138.6	92.4	83.93
O	2.9	2.3	113.6	0.85	96.58	700	138.6	92.4	96.58
N	5.5	4.4	187.8						
D	4.2	3.4	265.5						
J	5.7	4.6	306.6						
F	1.3	1	327.9						
mars	0.6	0.5	348.1						
A	2.1	1.7	323.1						
mai	7.9	6.3	268.6	0.4	107.4	400	79.2	52.8	107.4
J	7.3	5.8	192	0.5	96.02	500	99	66	96.02
J	7.5	6	132.4	0.65	86.07	500	99	66	86.07
O	5.7	4.6	92.34	1	92.34	700	138.6	92.4	92.34

III.5. Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :**Tableau III.15 :** Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois	Blé	Orge	oignon	p d t	tomate	Olivier	palmiers	B max	TOTAL
S						79.2625	74.6	79.2625	153.8625
O			154.422	180.159		96.577	90.896	180.159	522.054
N	46.9475		143.68	179.6		140.843	150.232	179.6	661.302
D	66.3725	79.647	133.573	91.0725		172.569	212.392	212.392	755.6255
J	91.971	91.971	64.295			199.271	245.256	245.256	692.7635
F	98.382	163.97				213.161	262.352	262.352	737.865
mars	313.254	174.03			174.03	226.239	278.448	313.254	1166.001
A	290.817	290.817			193.878	210.035	258.504	290.817	1244.051
mai	268.61	268.61			188.027	174.597	188.027	268.61	1087.871

J	192.03					153.624	115.218	192.03	460.872
J						112.557	79.452	112.557	192.009
O						78.489	46.17	78.489	124.659

Tableau III.16: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2

mois	Blé	Orge	Oignon	Haricot	tomate	olivier	palmiers	bmax	TOTAL
S				83.93		79.26	74.6	74.6	237.79
O			154.422	96.58		96.58	90.896	90.896	438.47
N	46.9475		143.68			140.8	150.232	150.232	481.7
D	66.3725	79.647	133.573			172.6	212.392	133.573	664.55
J	91.971	91.971	64.295			199.3	245.256	245.256	692.76
F	98.382	163.97				213.2	262.352	262.352	737.87
mars	313.254	174.03			174.03	226.2	278.448	278.448	1166
A	290.817	290.817			193.878	210	258.504	290.817	1244.1
Mai	268.61	268.61		107.4	188.027	174.6	188.027	188.027	1195.3
J	192.03			96.02		153.6	115.218	115.218	556.89
J				86.07		112.6	79.452	79.452	278.08
O				92.34		78.49	46.17	92.34	217

III.6. Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont déterminés en fonction des besoins en eau de chaque culture, qui ont été évalués préalablement en se basant sur la répartition des cultures. La quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation en période de pointe est exprimée sous forme d'un débit constant fourni en continu sur une période de 24 heures, garantissant ainsi la satisfaction des besoins mensuels en eau.

$$qs = \frac{Bnet \cdot 10 \cdot 1000}{Nj \cdot Ni \cdot 3600 \cdot Ei} \text{ l/s/ha} \dots \dots \dots \text{ (III.6)}$$

Avec :

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

Ni: nombre d'heures de fonctionnement par jour

N_j : nombre de jours de fonctionnement par mois

E_i : Efficience d'irrigation (75%)

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement II)

D'où les besoins de pointe correspondent au mois d'Aout.

$$B_{net} = 1244.1 \text{ mm/mois.}$$

Donc :

$$q_s = 6.19 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

$$B_{net} = 290.82 \text{ mm/mois.}$$

Donc :

$$q_s = 1.44 \text{ l/s/ha}$$

III.7. Evaluation du débit caractéristique :

La détermination du débit caractéristique consiste à établir le débit maximal requis par le système d'irrigation pour chaque parcelle. Ce débit est calculé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, la formule est donc :

$$Q_c = q_s \cdot S \dots\dots\dots (III.7)$$

Avec :

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

S : la superficie nette à irriguer = 105 ha

Alors;

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.44 \cdot 105 = 151.2 \text{ l/s}$$

III.8. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Tableau III.17: les volumes d'eau d'irrigation.

Cultures	Surface Ha	Besoins mm	Besoin bruts (m3/ha)	Besoins totaux (m3)
Blé	15	1368.38	18245.07	273676.00
Orge	15	354.346	4724.613	70869.20
Pdt	15	466.44	6219.2	93288.00
Oignon	10	663.70	8849.333	88493.33
Tomate	10	555.93	7412.4	74124.00
Haricot	10	562.3	7497.333	74973.33
Oliviers	15	1857.22	24762.93	371444.00
Palmiers	15	2001.57	26687.6	400314
Besoin total	105	7829.88	104398.5	1447181.87

Selon le tableau ci-dessus, il est évident que le volume total des besoins en eau pour les cultures de notre périmètre s'élève à 1447181.9 m³. La quantité d'eau extraite dans notre périmètre est plus que suffisante pour répondre à ces besoins.

Conclusion :

La région de Zelfana Hassi Nord révèle son potentiel exceptionnel grâce à ses ressources hydriques abondantes et à ses sols fertiles. Ces atouts créent un environnement propice à un développement agricole majeur. En évaluant les besoins en eau de nos cultures choisies, nous avons pu estimer avec précision le débit spécifique nécessaire pour soutenir la culture la plus exigeante en raison des contraintes agricoles et agronomiques. Forts de cette analyse, nous avons également calculé les besoins totaux en eau du périmètre.

La synergie entre les caractéristiques naturelles favorables et les avancées de notre plan d'irrigation confirme la faisabilité de notre projet. Les ressources en eau provenant des puits de forage locaux répondent largement à la demande estimée d'environ 1.5 million de mètres cubes d'eau pour les cultures envisagées. Cette perspective de réussite ouvre la porte à des opportunités économiques prometteuses pour la région. À présent, nous sommes impatients de mettre en œuvre des pratiques d'irrigation efficaces et durables afin de concrétiser le potentiel agricole de la région et d'inaugurer une ère de développement durable et prospère.

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Introduction :

L'irrigation vise à fournir de l'eau au sol afin de compenser le manque d'humidité et d'établir des conditions idéales pour favoriser la croissance des plantes. Peu importe l'origine de l'eau (cours d'eau naturels, nappes souterraines, réservoirs) et le moyen de la transporter (canaux, conduites sous pression), le défi principal réside dans une distribution efficace de cette eau sur le sol de manière à ce que les plantes puissent en bénéficier au maximum.

L'étude du système de distribution se concentre sur la planification du tracé du réseau et la localisation stratégique des bornes afin d'assurer une répartition optimale du débit vers les parcelles. Cela inclut également la sélection appropriée du diamètre des conduites, en prenant en compte la vérification des vitesses d'écoulement et des pressions exercées sur les bornes.

VI.1. Alimentation en eau du périmètre :

Le périmètre de Zelfana Hassi Nord (105ha) est doté par un forage jaillissant avec un débit de 75 l/s et qui peut être se diminuer jusqu'à 60 l/s au cours de fonctionnement avec une pression mesurée sur place en tête de forage de 10m (1bar).

VI.2. Variantes d'aménagement hydro-agricole :

L'approvisionnement en eau est assuré par un réservoir de stockage surélevé, alimenté par un forage spécifiquement réalisé pour notre secteur. Par la suite, l'eau est distribuée dans tout le périmètre grâce à un réseau d'irrigation ramifié. (Voir figure VI.1)

□ Le processus d'irrigation se déroulera comme suit :

Une fois que le réservoir est rempli, une tranche sera irriguée. Après l'irrigation de cette tranche, l'eau nécessaire sera pompée depuis le forage pour reconstituer le niveau du réservoir, en préparation de l'irrigation de la prochaine tranche. Ce cycle se répétera pour chaque tranche à irriguer.

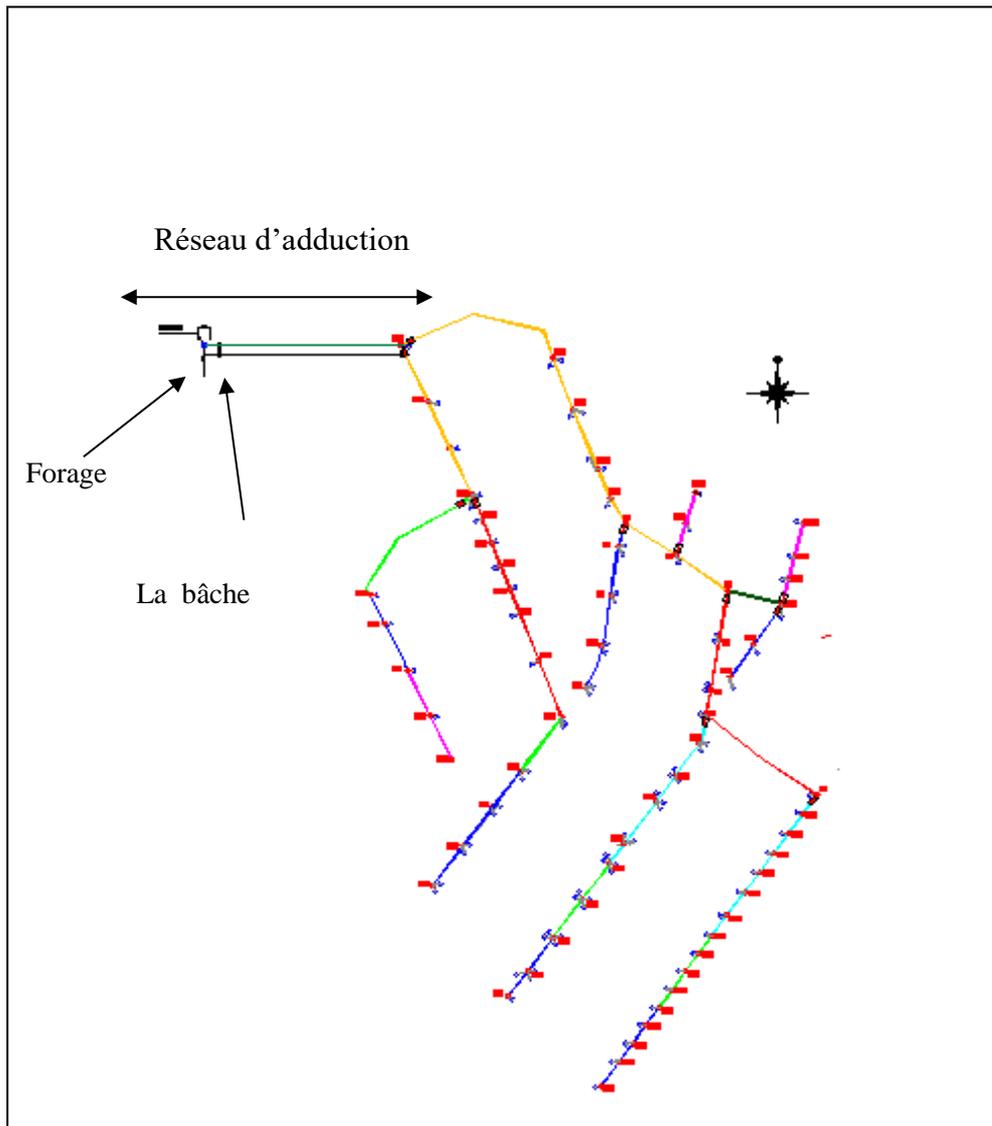


Figure VI.1 : Un schéma explicatif pour le réseau d'adduction-distribution

VI.3. Dimensionnement de réservoir :

Les conditions requises pour l'emplacement d'un réservoir sont les suivantes :

1. Le réservoir doit être positionné à un niveau supérieur à celui du périmètre du réseau de distribution afin de permettre une alimentation par gravité.
2. Lorsque plusieurs réservoirs sont nécessaires, il est préférable de les implanter soit en extrémité du réseau, soit à proximité du centre à alimenter.
3. La cote du radier (fond du réservoir) doit être située au-dessus de la plus haute cote piézométrique requise dans le réseau.
4. L'emplacement du réservoir doit être soigneusement choisi pour garantir la pression adéquate dans le réseau.

Le volume de réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante.

On sait que :

$$V=Q \times T \dots\dots\dots (IV.1)$$

Avec :

V : volume de la bêche.

Q : Débit caractéristique.

T : Temps de remplissage du réservoir : 2 H

Q caractéristique = $Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface totale= 105 ha

Q caractéristique = 151.2 l/s

Donc :

$$V = 151.2 \times 10^{-3} \times 2 \times 3600 = \mathbf{1088.64 \text{ m}^3}$$

On peut prendre $V = 1200 \text{ m}^3$

$$V = S \times H$$

H : La hauteur de réservoir : 5m

S : section de réservoir :

$$S = 1200 / 5 = 240 \text{ m}^2$$

On prend :

$$L = 24 \text{ m}$$

$$B = 10 \text{ m.}$$

VI.4. Organisation et structure du périmètre :

La structure d'un périmètre permet de mieux organiser le réseau d'adduction de distribution de l'irrigation au niveau des parcelles. Le périmètre de Zelfana (105ha.) est situé à l'aval de forage de Hassi Nord, il englobe 108 parcelles.

VI.5. Réseau de distribution :

VI.5.1. Ilots et bornes d'irrigation :

Un îlot d'irrigation est une unité hydro-agricole qui reçoit son approvisionnement en eau par le biais d'une seule prise d'irrigation, généralement appelée borne. Cette borne est conçue avec plusieurs sorties ou prises, en fonction du nombre d'arrosages nécessaires à réaliser simultanément. Ainsi, chaque prise permet d'irriguer une zone spécifique de manière

indépendante, offrant une flexibilité dans la gestion de l'irrigation pour répondre aux besoins particuliers de chaque zone ou parcelle.

VI.5.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

La borne d'irrigation est l'organe hydraulique destiné à assurer la livraison de l'eau sous pression à des irrigants. À partir d'un réseau collectif de distribution. La borne comporte une ou plusieurs sorties (prise) suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

VI.5.3. Calcul hydraulique des bornes :

La caractéristique hydraulique des bornes dépend de son débit à délivrer en tête des parcelles.

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots\dots (IV.2)$$

Avec :

Q_b = Débit de chaque ilot (l/s)

q_s = Débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie de l'ilot (ha)

VI.5.4. Choix du diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont détaillés comme suit :

Tableau IV.1: Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	D= 65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	D= 100mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 150mm

Source: Onid Ghardaia

- Le choix de type de borne dépend de la surface généralement on admet :
 - Pour les ilots qu'ont un nombre de parcelle entre [4 -8], et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à quatre prise (Borne de type A4).
 - Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
 - Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie dépasse 15ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
 - Pour les grands ilots on prévoit des bornes de type C.
- Le calcul des débits des prises et des bornes est présenté dans le tableau IV.2 :

Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.

Ilots	superficie (ha)	qs (l/s/ha)	Q _b (l/s)	Matériau	Diamètre (mm)	type Borne
1	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
2	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
3	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
4	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
5	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
6	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
7	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
8	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
9	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
10	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
11	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
12	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
13	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
14	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
15	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
16	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
17	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
18	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
19	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
20	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
21	0.9	1.44	1.30	fonte	65	A2
22	1.9	1.44	2.74	fonte	65	A2
23	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2

24	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
25	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
26	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
27	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
28	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
29	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
30	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
31	0.8	1.44	1.15	fonte	65	A2
32	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
33	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
34	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
35	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
36	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
37	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
38	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
39	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
40	1	1.44	1.44	fonte	65	A2
41	1.1	1.44	1.58	fonte	65	A2
42	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
43	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
44	1.2	1.44	1.73	fonte	65	A2
45	1.2	1.44	1.73	fonte	65	A2
46	0.67	1.44	0.96	fonte	65	A2
47	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
48	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
49	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2

50	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
51	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
52	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
53	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
54	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
55	1	1.44	1.44	fonte	65	A2
56	1	1.44	1.44	fonte	65	A2
57	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
58	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
59	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
60	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
61	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
62	0.7	1.44	1.01	fonte	65	A2
63	0.97	1.44	1.40	fonte	65	A2
64	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
65	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
66	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
67	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
68	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
69	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
70	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
71	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
72	0.73	1.44	1.05	fonte	65	A2
73	0.9	1.44	1.30	fonte	65	A2
74	1	1.44	1.44	fonte	65	A2
75	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2

76	0.75	1.44	1.08	fonte	65	A2
77	0.78	1.44	1.12	fonte	65	A2
78	0.78	1.44	1.12	fonte	65	A2
79	0.78	1.44	1.12	fonte	65	A2
80	0.78	1.44	1.12	fonte	65	A2
81	0.78	1.44	1.12	fonte	65	A2
82	2	1.44	2.88	fonte	65	A2
83	2	1.44	2.88	fonte	65	A2
84	2	1.44	2.88	fonte	65	A2
85	1.7	1.44	2.45	fonte	65	A2
86	1.7	1.44	2.45	fonte	65	A2
87	1.7	1.44	2.45	fonte	65	A2
88	1.7	1.44	2.45	fonte	65	A2
89	0.6	1.44	0.86	fonte	65	A2
90	2	1.44	2.88	fonte	65	A2
91	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
92	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
93	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
94	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
95	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
96	1.19	1.44	1.71	fonte	65	A2
97	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
98	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
99	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
100	1.6	1.44	2.30	fonte	65	A2
101	1.5	1.44	2.16	fonte	65	A2

102	1.1	1.44	1.58	fonte	65	A2
103	1.5	1.44	2.16	fonte	65	A2
104	1.5	1.44	2.16	fonte	65	A2
105	1.5	1.44	2.16	fonte	65	A2
106	1.7	1.44	2.45	fonte	65	A2
107	1.5	1.44	2.16	fonte	65	A2
108	1.5	1.44	2.16	fonte	65	A2
Total	105					

Conclusion : Le périmètre d'étude exige pour notre secteur 108 bornes pour permettre l'alimentation sur une surface de 105 ha.

VI.6. Choix du matériau des conduites :

Le matériau utilisé est sélectionné en fonction de plusieurs critères tels que la pression supportée, l'agressivité du sol et des considérations économiques. Parmi les matériaux couramment utilisés, on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC, le PEHD (Polyéthylène Haute Densité) et le béton précontraint. Chacun de ces matériaux offre des avantages spécifiques en fonction des besoins et contraintes du projet.

Des canalisations en PEHD :

- La flexibilité
- Résistance aux chocs
- Facilité d'installation
- Bonne résistance à la fatigue
- Respect de l'environnement

Des canalisations en Fonte :

- Résistance à la corrosion
- Isolation phonique
- Stabilité dimensionnelle
- Résistance au feu
- Faible rugosité interne
- Facilité d'entretien

Des canalisations en PVC :

- Légèreté
- Faible rugosité interne
- Isolation thermique et phonique
- Résistance aux produits chimiques
- Options de diamètres varies

❑ **Des canalisations en acier :**

- Résistance mécanique
- Résistance au feu
- Longue durée de vie
- Faible coefficient de dilatation thermique
- Grande capacité de transport

VI.7. Dimensionnement hydraulique des canalisations :

VI.7.1. Calcul de diamètre des conduites :

Le diamètre des conduites est calculé en fonction des débits transportés à travers le tronçon de la conduite, ainsi que des vitesses associées. La formule "LABYE" est utilisée pour estimer un diamètre économique, qui est ensuite normalisé :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}} \times 1000 \dots \dots \dots (\text{IV.3})$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D : diamètre exprimé en mm

V : vitesse d'écoulement dans les conduites.

❑ **Vitesse admissible :**

La vitesse admissible pour la conduite varie entre 0.5 m/s en tant que vitesse inférieure et 2.5 m/s en tant que vitesse maximale. Nous avons choisi une vitesse moyenne de 1.5 m/s dans la conduite pour nos calculs et analyses. Cette vitesse moyenne est utilisée pour déterminer le diamètre économique normalisé de la conduite, en prenant en compte à la fois les contraintes de vitesse admissible et en optimisant le débit de fluide transporté.

VI.7.2. Calcul des pertes de charges :

Relation débit- perte de charge : formule de Hazen-Williams

$$J = \left(\frac{3,592}{C_{HW}} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,852} \dots \dots \dots (\text{IV.4})$$

Avec :

J : perte de charge en m

Q : débit dans la conduite en (m³/s)

CHW : Coefficient de Hazen-Williams

D : Diamètre en m

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots \dots \dots \text{(IV.5)}$$

Avec :

hPu: Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q : Débit en m³/s

D : Diamètre de la conduite considérée. L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière :

$$J = L \times \frac{Q^M}{D^N} \dots \dots \dots \text{(IV.6)}$$

Tableau IV.3 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K (mm)	L	M	N
0.1	1.15	1.89	5.01
0.5	1.4	1.96	5.19
1	1.6	1.975	5.25

Source : (Onid Ghardaïa)

Pour une conduite en fonte ou en PEHD (Polyéthylène Haute Densité), nous considérons une rugosité K de 0,1 mm. Les paramètres hydrauliques correspondants sont les suivants :

L = 1.2, M = 1.89, N = 5.01.

Tableau IV.4 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q (l/s)	débit Q (m3/S)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (Bars)
F-ST	30.21	0.03021	105	151.2	0.151	358.3	400	1.20	0.11	102.20	120.0	17.8	1.78
ST-N52	414.68	0.41468	105	151.2	0.151	358.3	400	1.20	1.55	102.64	118.4	15.8	1.58
N1-N18	64.25	0.06425	18.22	26.2368	0.026	149.3	160	1.31	0.81	94.03	105.4	11.4	1.14
N1-N2	298.9	0.2989	18.22	26.2368	0.026	149.3	200	0.84	1.28	93.61	105.8	12.2	1.22
N2-N26	62.89	0.06289	21.42	30.8448	0.031	161.8	160	1.53	1.07	93.42	106.3	12.9	1.29
N2-N3	77.19	0.07719	40.4	58.1616	0.058	222.2	200	1.85	1.44	94.08	107.1	13.0	1.30
N3-N4	116.9	0.1169	41.89	60.3216	0.060	226.3	200	1.92	2.33	94.62	108.0	13.4	1.34
N4-N5	120.5	0.1205	43.39	62.4816	0.062	230.4	200	1.99	2.57	95.82	108.1	12.3	1.23
N5-N35	127.3	0.1273	8.9	12.816	0.013	104.3	90	2.02	7.05	97.60	108.2	10.6	1.06
N5-N6	146.7	0.1467	52.96	76.2624	0.076	254.5	250	1.55	1.53	97.04	106.1	9.0	0.90
N6-N40	72	0.072	2.4	3.456	0.003	54.2	63	1.11	2.00	98.30	106.2	7.9	0.79
N6-N7	148	0.148	55.36	79.7184	0.080	260.2	250	1.62	1.67	98.33	106.5	8.2	0.82
N7-N41	64.79	0.06479	55.36	79.7184	0.080	260.2	250	1.62	0.73	98.72	107.1	8.4	0.84
N8-N9	118.8	0.1188	2.6	3.744	0.004	56.4	90	0.59	0.67	97.39	107.4	10.0	1.00

Chapitre IV :**Etude du système d'adduction-distribution**

N9-N10	119.2	0.1192	3	4.32	0.004	60.6	90	0.68	0.88	96.22	106.5	10.3	1.03
N10-N11	107	0.107	4.5	6.48	0.006	74.2	90	1.02	1.68	95.19	105.6	10.4	1.04
N11-N12	90.5	0.0905	6	8.64	0.009	85.7	110	0.91	0.91	95.26	105.2	10.0	1.00
N12-N13	160.7	0.1607	7.72	11.1168	0.011	97.2	110	1.17	2.57	94.50	105.1	10.6	1.06
N12-N44	45.96	0.04596	15.37	22.1328	0.022	137.1	200	0.70	0.14	96.12	105.1	9.0	0.90
N13-N14	104.4	0.1044	5.67	8.1648	0.008	83.3	90	1.28	2.51	95.39	104.8	9.4	0.94
N14-N16	115	0.115	3.37	4.8528	0.005	64.2	90	0.76	1.05	95.86	104.5	8.7	0.87
N16-N17	116.7	0.1167	1.69	2.4336	0.002	45.5	90	0.38	0.30	96.41	104.4	8.0	0.80
N18-N19	114.2	0.1142	15.1	21.744	0.022	135.9	160	1.08	1.02	92.03	103.8	11.8	1.18
N19-N20	114	0.114	12	17.28	0.017	121.1	160	0.86	0.67	91.70	103.5	11.8	1.18
N20-N21	126.9	0.1269	8.8	12.672	0.013	103.7	160	0.63	0.42	91.90	103.1	11.2	1.12
N21-N22	105.3	0.1053	7.3	10.512	0.011	94.5	110	1.11	1.52	93.10	102.9	9.8	0.98
N22-N23	105.7	0.1057	5.8	8.352	0.008	84.2	110	0.88	1.00	94.30	102.6	8.3	0.83
N23-N24	103.5	0.1035	4.3	6.192	0.006	72.5	90	0.97	1.49	95.90	105.5	9.6	0.96
N24-N25	125.4	0.1254	2.8	4.032	0.004	58.5	90	0.63	0.82	98.00	105.0	7.0	0.70
N26-N27	94.03	0.09403	19.17	27.6048	0.028	153.1	160	1.37	1.31	92.94	104.7	11.8	1.18
N27-N28	73.39	0.07339	16.87	24.2928	0.024	143.6	160	1.21	0.81	93.30	104.5	11.2	1.12

Chapitre IV :**Etude du système d'adduction-distribution**

N28-N29	81.94	0.08194	14.27	20.5488	0.021	132.1	160	1.02	0.66	92.98	104.3	11.3	1.13
N29-N30	100.8	0.1008	12.47	17.9568	0.018	123.5	160	0.89	0.63	92.90	103.4	10.5	1.05
N30-N31	106.8	0.1068	9.47	13.6368	0.014	107.6	110	1.44	2.50	93.60	103.0	9.4	0.94
N31-N32	113	0.113	6.47	9.3168	0.009	89.0	110	0.98	1.30	95.45	102.6	7.2	0.72
N32-N33	96.2	0.0962	3.47	4.9968	0.005	65.1	90	0.79	0.93	97.33	102.6	5.3	0.53
N33-N34	76	0.076	3	4.32	0.004	60.6	90	0.68	0.56	99.30	108.0	8.7	0.87
N35-N38	62.4	0.0624	2.5	3.6	0.004	55.3	63	1.16	1.87	99.00	106.8	7.8	0.78
N35-N36	117.3	0.1173	6.4	9.216	0.009	88.5	90	1.45	3.53	95.58	106.5	10.9	1.09
N36-N37	94.61	0.09461	3.2	4.608	0.005	62.6	90	0.72	0.79	94.78	107.3	12.6	1.26
N38-N39	76.48	0.07648	11	15.84	0.016	116.0	110	1.67	2.36	100.00	107.1	7.1	0.71
N41-N42	228.8	0.2288	59.99	86.3856	0.086	270.9	250	1.76	3.00	99.08	107.4	8.3	0.83
N42-N43	133.4	0.1334	65.79	94.7376	0.095	283.6	250	1.93	2.07	100.26	108.3	8.0	0.80
N43-N52	345	0.345	67.59	97.3296	0.097	287.5	250	1.98	5.64	102.64	108.5	5.9	0.59
N44-N45	231.9	0.2319	18.13	26.1072	0.026	148.9	200	0.83	0.98	97.10	108.8	11.7	1.17
N45-N46	172	0.172	23.03	33.1632	0.033	167.8	200	1.06	1.13	98.21	107.5	9.3	0.93
N46-N47	119.7	0.1197	28.03	40.3632	0.040	185.1	200	1.29	1.14	98.72	107.8	9.1	0.91
N47-N48	244.9	0.2449	37.09	53.4096	0.053	213.0	250	1.09	1.32	101.00	108.2	7.2	0.72

Chapitre IV :**Etude du système d'adduction-distribution**

N47-N51	353	0.353	7.36	10.5984	0.011	94.9	110	1.12	5.17	98.70	108.6	9.9	0.99
N49-N50	236.7	0.2367	1.5	2.16	0.002	42.8	63	0.69	2.75	97.03	109.1	12.0	1.20
N50-N51	200.5	0.2005	4.7	6.768	0.007	75.8	90	1.06	3.40	98.70	105.6	6.8	0.68
N52-N48	147	0.147	40.94	58.9536	0.059	223.8	250	1.20	0.95	101.00	109.4	8.4	0.84

VI.8 Interprétation des résultats :**VI .8.1. Les vitesses :**

Les vitesses dans les conduites sont restreintes, avec une limite inférieure fixée à 0,5 m/s et une limite supérieure à 2.5 m/s. Les vitesses enregistrées dans les canalisations du réseau se situent entre deux seuils, à savoir 0,503 et 2.26 m/s. Ces niveaux de vitesse sont jugés comme étant acceptables, ce qui signifie qu'ils ne contribuent ni au dépôt de particules en suspension, ni à l'érosion des parois des canalisations.

VI .8.2. Les pressions :

Les pressions en amont des points d'alimentation sont les suivantes :

- Dans le cas d'une irrigation par aspersion, la pression doit se situer entre 2 et 4 bars.
- Pour une irrigation localisée (goutte-à-goutte), une pression de 1 bar est requise.

Les niveaux de pression aux points d'alimentation varient de 0,54 bars à 1,78 bars, ce qui les rend compatibles avec tous les systèmes d'irrigation. Cependant, une pression de 0,54 bars est relativement basse, il est donc recommandé de la maintenir à un minimum de 1 bar et aussi pour la pression 1.78bars il faut limite à 2bars.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous nous sommes penchés sur les différentes approches possibles pour structurer le système de distribution. De plus, nous avons minutieusement exploré les composantes et les éléments déterminants qui influencent la conception et la gestion d'un système de distribution. Nous avons également traité des calculs inhérents à l'établissement des bornes d'irrigation.

En ce qui concerne la mise en œuvre du projet, la zone en question a été subdivisée en 108 parcelles distinctes pour l'irrigation, formant ensemble une superficie totale de 105 hectares.

Le périmètre est découpé en 108 parcelles d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation.

Dans la phase suivante, nous avons amorcé l'analyse hydraulique détaillée des canalisations constituant le réseau de distribution dans la zone d'étude.

Les pressions sont généralement satisfaisantes, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

Les vitesses sont jugés comme étant acceptables, ce qui signifie qu'ils ne contribuent ni au dépôt de particules en suspension, ni à l'érosion des parois des canalisations.

Chapitre V: Les techniques d'irrigation

Introduction :

La pratique de l'irrigation agricole consiste à utiliser des méthodes artificielles sur des terres cultivées afin d'accroître leur productivité, surtout en cas de manque ou d'insuffisance de précipitations naturelles. De plus, il convient de souligner que l'agriculture irriguée représente environ 70% de la consommation mondiale d'eau. Ce chapitre se penche sur l'étude des différentes techniques d'irrigation visant à accroître le rendement tout en minimisant la consommation d'eau. On va voir dans ce chapitre la technique qui correspond le mieux aux caractéristiques de notre périmètre.

V.1. Le choix de la technique d'irrigation:

Le choix de la technique d'irrigation appropriée repose sur plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques du périmètre agricole, les ressources en eau disponibles, les types de cultures et les contraintes environnementales. Il existe différentes techniques d'irrigation parmi lesquelles on peut choisir en fonction de ces éléments. Voici quelques-unes des techniques couramment utilisées :

V.1.1 Irrigation par aspersion :

Cette technique consiste à pulvériser de l'eau sur les cultures à l'aide de buses ou des systèmes d'aspersion. Elle peut être adaptée à une variété de cultures et permet une application précise de l'eau, réduisant ainsi les pertes par évaporation.



Figure V.1 : irrigation par aspersion

1) Les différents types d'installations par aspersion :

Les installations par aspersion sont des systèmes d'irrigation qui permettent de distribuer de l'eau de manière uniforme sur une zone donnée. Voici les différents types d'installations par aspersion :

a. Les arroseurs fixes :

Ce sont des arroseurs qui sont installés de manière permanente à des emplacements spécifiques dans le champ. Ils sont souvent montés sur des poteaux ou des tuyaux et peuvent avoir différents motifs de pulvérisation, tels que circulaire, rectangulaire ou en forme de demi-cercle. Les arroseurs fixes sont adaptés pour irriguer des zones régulières et définies.



Figure V.2 : Arroseur fixe

b. Les rampes d'aspersion (Pivot) :

Il s'agit de systèmes d'irrigation qui utilisent des rampes d'aspersion pour distribuer l'eau. Les rampes sont des tuyaux perforés ou des tubes munis de buses qui pulvérisent l'eau sur la culture. Les rampes peuvent être fixées sur des supports suspendus ou être soutenues par des poteaux. Les rampes d'aspersion sont couramment utilisées dans les cultures en rangées, telles que les cultures maraîchères.



Figure V.3 : la rampe d'aspersion (pivot)

c. Les canons d'aspersion :

Les canons d'aspersion sont de grands arroseurs qui peuvent projeter de l'eau sur de longues distances. Ils sont généralement utilisés pour irriguer de vastes zones, telles que les terrains de sport, les parcs ou les cultures en plein champ. Les canons d'aspersion sont souvent montés sur des supports pivotants pour couvrir une plus grande surface.



Figure V.4 : Le canon d'aspersion

d. Les micro-aspersions :

Les systèmes de micro-aspersion utilisent des buses spéciales pour pulvériser de petites gouttelettes d'eau sur la culture. Ces systèmes permettent une irrigation précise et économique, car ils réduisent les pertes d'eau par évaporation. Les systèmes de micro-aspersion sont souvent utilisés dans les serres, les vergers et les jardins.



Figure V.5 : Le micro-asperseur

2) Les avantages et les inconvénients de l'aspersion**❑ Les avantages :**

- Distribution uniforme de l'eau.
- Flexibilité et adaptabilité aux différentes cultures.
- Contrôle précis de l'irrigation.
- Possibilité d'automatisation.

❑ Les inconvénients :

- Perte d'eau par évaporation.
- Pertes d'eau par ruissellement.
- Sensibilité au vent.
- Sensibilité aux conditions climatiques.
- Coûts énergétiques.

V.1.2. Irrigation goutte-à-goutte :

Cette méthode fournit de l'eau directement à la racine des plantes par des goutteurs ou des tuyaux perforés. Elle est très efficace en termes d'utilisation de l'eau, car elle minimise les pertes dues à l'évaporation et à la percolation.



Figure V.6 : irrigation localisée

1) Composition d'une installation goutte à goutte :

a. Source d'eau :

Il s'agit de la principale source d'eau qui alimente le système d'irrigation goutte-à-goutte. Cela peut être un réservoir d'eau, un puits, une canalisation d'eau municipale, ou toute autre source d'eau appropriée.

b. Filtre :

Un filtre est généralement utilisé pour éliminer les particules et les impuretés de l'eau avant qu'elle ne soit acheminée vers les goutteurs. Cela aide à prévenir les obstructions et à maintenir le bon fonctionnement du système.

c. Régulateur de pression :

Un régulateur de pression est utilisé pour contrôler et réguler la pression de l'eau qui circule dans le système d'irrigation. Cela garantit une pression uniforme et appropriée pour une distribution régulière de l'eau à travers les goutteurs.

d. Tuyaux principaux :

Les tuyaux principaux acheminent l'eau de la source d'eau vers les différentes zones ou lignes d'irrigation. Ils sont généralement de plus gros diamètre et sont résistants à la pression.

e. Lignes d'irrigation :

Les lignes d'irrigation, également appelées tuyaux d'irrigation latéraux, sont les conduites qui distribuent l'eau le long des rangées de plantes. Ils sont généralement en polyéthylène et sont perforés pour permettre la sortie de l'eau aux goutteurs.

f. Goutteurs :

Les goutteurs sont les dispositifs qui délivrent l'eau directement aux racines des plantes, goutte à goutte. Ils sont généralement attachés aux lignes d'irrigation et sont espacés selon les besoins des plantes. Les goutteurs peuvent être réglables pour ajuster le débit d'eau.

g. Accessoires de fixation :

Des accessoires tels que des coudes, des raccords en T, des bouchons et des clapets anti-retour sont utilisés pour connecter les différents éléments du système d'irrigation et assurer une installation solide et étanche.

h. Programmeurs ou minuteriers :

Les programmeurs ou minuteriers sont utilisés pour automatiser le fonctionnement du système d'irrigation. Ils permettent de définir des horaires d'arrosage spécifiques, la durée de l'irrigation et d'autres paramètres en fonction des besoins des plantes

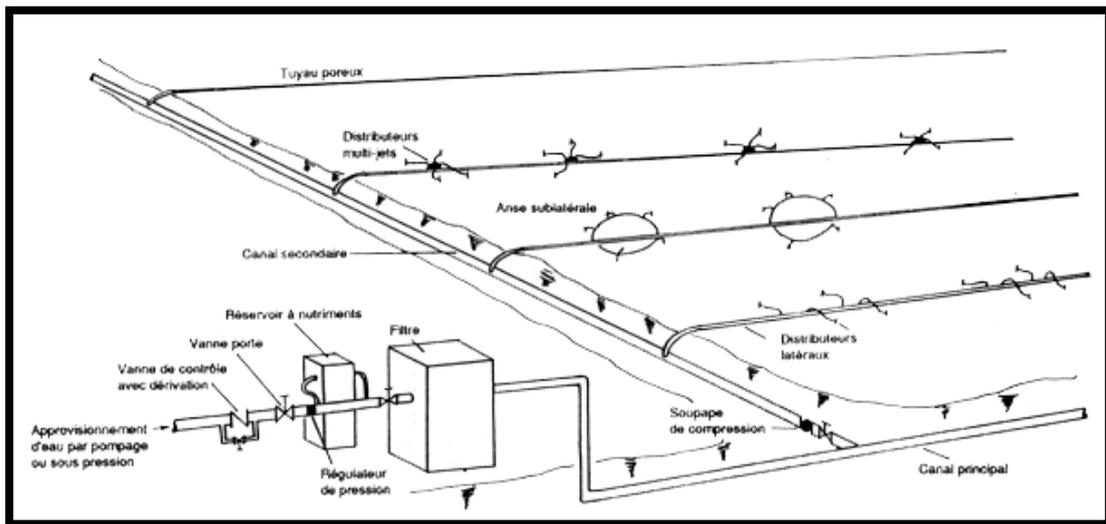


Figure V.7 : Système élémentaire pour irrigation goutte à goutte.

2) Les avantages et les inconvénients de goutte à goutte

❑ **Les avantages :**

- Utilisation efficace de l'eau.
- Économie d'eau.
- Fertilisation ciblée.
- Contrôle précis de l'humidité du sol.
- Réduction des mauvaises herbes.
- Préservation du sol.

❑ **Les inconvénients :**

- Risque de mauvaise installation.
- Entretien nécessaire.
- Coût initial élevé.
- Sensibilité aux variations de pression.

- Nécessité d'une source d'eau fiable.
- Limitations pour certaines cultures.

Conclusion :

L'irrigation représente une demande significative en eau, car elle est indispensable pour compenser les pertes subies par les plantes et le sol. Afin de prévenir une utilisation excessive de cette ressource, il est primordial d'estimer avec précision les quantités d'eau nécessaires aux cultures .Il est donc essentiel de procéder à une évaluation minutieuse pour déterminer les quantités adéquates .Après avoir minutieusement évalué les avantages et les inconvénients de chaque méthode d'irrigation, nous avons pu choisir la technique qui convient le mieux aux conditions locales de notre zone d'étude. Par conséquent, nous avons opté pour une combinaison de deux systèmes d'irrigation :

- l'irrigation localisée (goutte à goutte).
- l'irrigation par aspersion.

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

Introduction :

L'irrigation à la parcelle concerne l'utilisation pratique de l'eau d'irrigation prélevée à partir du conduit principal.

L'objectif de ce chapitre est de dimensionner un système d'irrigation goutte à goutte et aspersion afin d'obtenir des rendements optimaux tout en économisant de l'eau.

VI.1. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

VI.1.1. Données générales :

Nous avons choisi la parcelle N°93 de surface égale à **2.15 ha** qui sera alimenté par la borne **B52**.

- Longueur : **146.63 m**
- Largeur : **144.4 m**
- Culture : **Olivier**
- Espacement entre arbres Ea : **4 m**
- Espacements entre rangs Er : **4 m**
- Besoins de pointe : **226.2 mm**

• Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal qg: **4 l/h**
- Pression nominale : **10 m.c.e**
- Espacement des goutteurs : **2 m**
- Le nombre de goutteurs par arbre : **2**

VI.1.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

VI.1.2.1 Influence du taux de couverture du sol :

Principalement employé pour l'irrigation des cultures spécifiques à la région, ce système n'occupe que la surface dédiée aux plantes. Par conséquent, les estimations des besoins en eau obtenues à partir des méthodes qui prennent en compte l'ensemble de la surface à irriguer doivent être ajustées en multipliant par un coefficient de réduction (K_r), qui varie en fonction du taux de couverture ($C_s=60$) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

- La formule de Keller et Karmeli (1974) :

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

$$Kr = \frac{Cs}{0.85} \dots\dots\dots (VI.1)$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs) \dots\dots\dots (VI.2)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$Kr = 0.1 + Cs \dots\dots\dots (VI.3)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60 % (pour les arbres adultes)

- $Kr = 0.71$ selon Keller et Karmeli (1974).
- $Kr = 0.80$ selon Freeman et Garzoli.
- $Kr = 0.70$ selon Decroix (CTGREF).

On prend le coefficient : **$Kr = 0.80$** .

Donc :
$$Bj = \frac{b \text{ mois}}{30} = \frac{226.3}{30} = 7.54 \text{ mm/j}$$

$B_{nette} = Bj \times Kr = 7.54 \times 0.8 = 6.03 \text{ mm/j}$

VI.1.2.2 Dose nette pratique :

La dose nette évolue pour refléter la quantité d'eau nécessaire à rétablir la réserve utilisable pour l'irrigation localisée. Cette quantité doit ensuite être ajustée en fonction de la proportion de sol qui réclame une hydratation adéquate.

$$D_{nette} = RFU \times P = \left(\frac{H_{cc} - H_{pf}}{100} \right) \times Y \times Z \times Da \times \frac{P}{100} \dots\dots\dots (VI.4)$$

Tel que :

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ (27%)
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement (16%)
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)
- P : Pourcentage du sol humidifié.
- Da : la densité apparente (1.37).

$$RFU = \frac{((27 - 16) \times 2 \times 1500 \times 1.37)}{3 \times 100} = 150.7 \text{ mm}$$

Et

$$P = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr} \dots\dots\dots (VI.5)$$

- P : Volume du sol humidifié
- N : Nombre de point de distribution par arbre (2 goutteurs).
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m).
- Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après le catalogue elle est de (1m).
- Sr : Ecartement entre rangs d'arbre (4m)
- Sa : espacement des arbres sur les rangs (4m)

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

$$P = \frac{2 \times 2 \times 1}{4 \times 4} = 25\%$$

Donc ;

$$D_{nette} = RFU \times P = 150.7 \times 0.25 = 37.67 \text{ mm}$$

VI.1.2.3 Dose Brute :

$$D_{brute} = \frac{B_{nette}}{C_u \times \text{eff}} = \frac{37.67}{0.9 \times 0.9} = 46.5 \text{ mm/mois}$$

- C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 90\%$
- Eff : efficacité du réseau d'irrigation $\text{Eff} = 90\%$

VI.1.2.4 Fréquence des arrosages :

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_j} = \frac{37.67}{7.54} = 4.99 \text{ jours}$$

On prend : $Fr = 5$ jours.

VI.1.2.5 Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_{brute} \times S_r \times S_d}{n \times q_g} \dots \dots \dots \text{(VI.5)}$$

- S_r : l'espacement entre rang
- S_d : l'espacement entre distributeurs
- q_g : Débit nominal 4 l/h
- n : nombre goutteur (2 goutteurs).

$$\theta = \frac{46.5 \times 4 \times 2}{2 \times 4} = 46.5 \text{ heures/mois}$$

On prend **47 heures**.

VI.1.2.6 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{47}{5} = 9 \text{ heures/jour}$$

VI.1.2.7 Nombre d'arbre par hectare :

$$N \text{ d'arbre} = \frac{1 \text{ ha}}{s} = \frac{1 \text{ ha}}{E_a \times E_r} = \frac{10000}{4 \times 4} = 625 \text{ arbres}$$

VI.1.2.8 Nombre d'arbre par rampe :

$$N_{\text{a rampe}} = \frac{L_r}{E_a} = \frac{144.4}{4} = 36 \text{ arbres}$$

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

VI.1.2.9 Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = \frac{L_r}{E_a} \times 2 = \frac{144.4}{4} \times 2 = 72 \text{ goutteuses}$$

VI.1.2.10 Débit d'une rampe :

$$Q_r = N_g \times q_g = 72 \times 4 = 288 \text{ l/h}$$

VI.1.2.11 Nombre de rampes :

$$N_{rampe} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{146.63}{4} = 37 \text{ rampes}$$

VI.1.2.12 Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{rampe} \times N_{rampe} = 288 \times 37 = 10656 \text{ l/h}$$

VI.1.3. Calcul hydraulique :

VI.1.3.1 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes :

a. Diamètre de la rampe :

Le diamètre d'une rampe est calculé comme suit :

$$D = \left[\frac{P \cdot d \cdot c^r \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} = \left[\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 288^{1.75} \times 144.4} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} = 15.27 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé : **DN = 16 mm.**

b. Diamètre de porte rampe :

$$D = \left[\frac{P \cdot d \cdot c^r \times 2.75}{0.478 \times Q_{pr}^{1.75} \times L_{pr}} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} = \left[\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 10656^{1.75} \times 146.63} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} = 67.04 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé : **DN = 75 mm.**

- Vérification des pertes de charges :

On recalcule les pertes de charges pour un **D = 16 mm.**

$$\Delta H_{rampe} = \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 144.4 \times 16^{-4.75} \times 288^{1.75}}{2.75} = 0.96 \text{ m}$$

$\Delta H_{rampe} = 0.96 \text{ m} < 1.2 \text{ m} .$

On recalcule les pertes de charges pour un **D = 75 mm.**

$$\Delta H_{Porte rampe} = \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 146.63 \times 75^{-4.75} \times 10656^{1.75}}{2.75} = 0.35 \text{ m}$$

$\Delta H_{porte rampe} = 0.35 \text{ m} < 0.6 \text{ m} .$

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

TableauVI.1 : Caractéristiques des rampes.

Culture	Surface (m ²)	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	pdc(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Pdc' calc (m)
Olivier	21500	144.5	72	288.8	1.2	15.29	16	0.96

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à **1.2 m**.

Tableau.VI.2 : Caractéristiques des portes rampes.

Culture	Surface (m ²)	Lr(m)	Nr	Qr (l/h)	ΔH (m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	ΔH'calc (m)
Olivier	21500	146.63	37	10656	0.6	67.41	75	0.35

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à **0.6 m**.

VI.1.3.2 La pression d'eau à la borne de distribution :

C'est la somme de la pression nominale de 10 mce et des pertes de charge accumulées sur le parcours de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur présentant le déficit le plus important.

$$P(m)=0.96+0.35+10=11.31m \Rightarrow P=1.13 \text{ bar}$$

P = 1.13bar est la pression d'eau nécessaire ce qui est largement suffisante qu'il faut fournir pour irriguer l'îlot choisi.

VI.2. Dimensionnement d'un réseau d'asperseur :

VI.2.1. Données générales :

Nous avons choisi la parcelle **N 22** de surface égale à **1.88 ha** qui sera alimenté par la

Borne **B25**.

- Longueur : **138.64 m**
- Largeur : **134.14 m**
- Culture : **blé**
- Besoins de pointe : **348.06 mm**
- Choix du mode de couverture : **couverture totale.**
- Temps de travail : **18 heures par jour, et 25 jours par mois**
- Perméabilité du sol : le sol est de type sable fin et sable grossier estimée de : **K= 7 mm/h.**

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

VI.2.2 Dose nette pratique :

$$D_{nette} = RFU = \left(\frac{H_{cc} - H_{pf}}{100} \right) \times Y \times Z \times Da = 75.35 \text{ mm.}$$

VI.2.3 Diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $k = 7 \text{ mm/h}$. pluviométrie admissible.

On pose : $p \leq k$; tel que

p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul, par la relation :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04} \dots\dots\dots (VI.6)$$

Donc ;

$$d = \frac{p \times 1.04}{1.5} \Rightarrow d = \frac{7 \times 1.04}{1.5} = 4.85 \text{ mm.}$$

Le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de **5 mm**.

VI.2.4 Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots\dots\dots (VI.7)$$

Où :

- d : diamètre de la buse (mm)
- h : pression à la buse (m), dans notre cas **P=3 bars, h=30 m**.

$$L = 3 \times 5^{0.5} \times 30^{0.25} = 15.69 \text{ m}$$

D'après le catalogue (voir **FigureVI.1**), pour le diamètre de la buse de **5 mm** à une

Pression minimale de **3 bars** la portée sera de **15.8 m**.

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

Diamètres des buses mm	P (bar)					P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar) 4,5	
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5										
	Portée en m					Distance entre arroseurs PR 24									
3,5	13,8	14,2	14,7	15,1	15,4	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12
4,2	14,3	14,9	15,5	15,9	16,3	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12
4,5	14,6	15,2	15,8	16,3	16,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,8	14,8	15,5	16,0	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,0	15,1	15,8	16,4	16,9	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,2	15,3	16,0	16,6	17,1	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6,0**	15,9	16,4	17,2	17,5	17,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7,0**	16,3	16,8	17,6	18,3	18,7	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
Consommation d'eau du PR 24 W															
	(m ³ /h)														
3,5	0,77	0,84	0,91	0,97	1,03										
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33										
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53										
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74										
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89										
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04										
Consommation d'eau du PR 24															
	(m ³ /h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)				
3,5x2,4	1,09	1,20	1,29	1,38	1,47	5,2	7,0	5,7	7,7	6,2	8,3	6,6	8,9	7,0	9,4
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	6,8	9,2	7,4	10,0	8,0	10,8	8,5	11,5	9,1	12,3
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0	5,3	4,3	5,7	4,5	6,0
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4	5,9	4,7	6,3	5,0	6,7
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7	6,3	5,1	6,8	5,4	7,2
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0	6,7	5,4	7,2	5,7	7,6
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4	8,6	6,9	9,2	7,3	9,7
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,5	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7

Figure VI.1: fiche technique d'un arroseur de type Perrot.

L'écartement entre les rampes et arroseurs : $E_r=18$ m, $E_a=18$ m.

VI.2.5 Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :

VI.2.5.1 Débit de l'asperseur :

Il se calcule comme suivant :

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} = 0.95 \times \frac{\pi \times (3.5 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 30} = 0.000452 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.63 \text{ m}^3/\text{h}$$

VI.2.5.2 Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$P = \frac{Q}{E_r \times E_r} = \frac{1.63 \times 1000}{18 \times 18} = 5.03 \text{ mm}$$

Donc le diamètre de la buse choisi va assurer une pluviométrie $P \leq K = 7.0$ mm/h.

VI.2.6 Paramètres d'arrosage :

VI.2.6.1 Calcul du tour d'eau :

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{dose } p \times N_j}{B_{bp}} \dots \dots \dots \text{ (VI.8)}$$

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

Tel que :

- Dose nette pratique = **75.35mm**
- $N_j = 25$ jours
- Besoin de pointe = **348.06mm**

Donc :

$$T_{\text{eau}} = \frac{75.35 \times 25}{348.06} = 5.41 \text{ jours}$$

VI.2.6.2 Nombre d'irrigation par mois :

$$N_i = 30/5 = 6 \text{ fois par mois}$$

Donc on irrigue **6 fois** par mois.

VI.2.6.3 Calcul de la dose réelle :

$$\text{Dose réelle} = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière} = 5 \times \frac{348.06}{30} = 58.01 \text{ mm}$$

VI.2.6.4 Calcul de la dose brute :

L'efficience (μ) = **0.75**

$$\text{Dose brute} = \frac{D_r}{\mu} = 77.34 \text{ mm}$$

VI.2.6.5 Temps d'arrosage :

$$T = \frac{\text{dose-brute}}{4.63} = \frac{77.34}{4.63} = 17 \text{ heures}$$

VI.2.6.6 Calcul du débit d'équipement :

$$Q = \frac{S \times B \times 10}{T_a \times N_j \times n \times \mu} = \frac{1.88 \times 348.06 \times 10}{17 \times 25 \times 6 \times 0.75} = 3.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

VI.2.6.7 Nombre d'asperseurs (à acheter) :

$$N_{\text{asp}} = (\text{surface à arroser (m}^2\text{)}) / (\text{implantation}).$$

$$N_{\text{asp}} = \frac{S_u \times 10000}{18 \times 18} = \frac{1.88 \times 10000}{18 \times 18} = 58 \text{ asperseurs}$$

VI.2.7 Calculs hydrauliques :

VI.2.7.1 Dimensionnement hydraulique des rampes :

- La longueur du terrain est de 138.64 m.
- La largeur du terrain est de 134.14 m.

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

1) Nombre d'asperseurs par rampe :

$$N_{asp/r} = \frac{Lr}{Ea} = \frac{134.14}{18} = 7.45 = 8 \text{ asperseurs}$$

2) Nombre de rampe :

$$N_{rampes} = \frac{Lr - \frac{Er}{2}}{Er} = \frac{138.64}{18} = 8 \text{ rampes}$$

3) Débit de la rampe :

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times N_{asp} \dots \dots \dots (VI.9)$$

$$Q_{rampe} = 1.63 \times 8 = 13.04 \text{ m}^3/h = 3.62 \times 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

4) Calcul du Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \dots \dots \dots (VI.10)$$

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe, $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.5 : 2.5]$ m/s

On suppose que $v = 1.5$ m/s

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 3.62 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.0554 \text{ m} = 55.4 \text{ mm}$$

Les conduites en **PEHD** disponibles sur le marché ont les diamètres suivants :

50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200 mm.

Donc le diamètre de la rampe normalisé **63 mm** ce qui permet de calculer la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 3.62 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.063^2} = 1.16 \text{ m/s} \leq V_{adm}$$

VI.2.7.2 Dimensionnement de la porte rampe :

1) Longueur de la porte Rampe :

$$L_{pr} = L - \frac{Er}{2} = 138.64 - \frac{18}{2} = 129.64 \text{ m}$$

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

2) Débit de porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times N_{asp/rampe} \times N_{rampe} \dots\dots\dots (VI.11)$$

Pour le but d'économiser le coût de projet on prend le nombre des rampes 2 au lieu de 8 et on fait l'irrigation par rotation (« c à d ») on déplace chaque rampe 4 positions pendant un mois)

Donc ;
$$Q_{pr} = 1.63 \times 8 \times 2 = 26.08 \text{ m}^3/\text{h}.$$

3) Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \dots\dots\dots (VI.12)$$

Avec:

V : vitesse de l'écoulement à travers la porte rampe ou $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0; 2.5]$ m/s.

On suppose que $v = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_{pr} .

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00724}{\pi \times 1.5}} = 0.078 \text{ m} = 78 \text{ mm}.$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr} = 90 \text{ mm}$).

Donc :

$$V = \frac{4 \times 0.00724}{\pi \times 0.09^2} = 1.13 \text{ m/s} \leq V_{adm}.$$

VI.2.8 Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charges seront calculées selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{Ch}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \dots\dots\dots (VI.12)$$

Avec :

- J = Perte de charges linéaire en m ;
- CH : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

VI.2.8.1 Pertes de charge de la rampe :

On a : $L_{rampe} = 125.34 \text{ m}$, $D_r = 0.0554 \text{ m}$, $Q_r = 3.62 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{125.34}{0.0554^{4.87}} \times 0.00362^{1.852} = 4.62 \text{ m}$$

Chapitre VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur et goutte à goutte

La perte de charge est importante donc on prend un diamètre de la rampe égale à **63 mm**.

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{125.34}{0.063^{4.87}} \times 0.00362^{1.852} = 2.47 \text{ m}$$

VI.2.8.2 Pertes de charge de la porte rampe :

On a: $L_{pr} = 129.64\text{m}$, $D_{pr} = 0.09 \text{ m}$, $Q_{pr} = 0.00724 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{129.64}{0.09^{4.87}} \times 0.00724^{1.852} = 1.97 \text{ m}$$

VI.2.8.3 Calcul de la pression en tête du réseau :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \dots \dots \dots \text{ (VI.13)}$$

Avec :

- H : pression à la tête de la parcelle.
- H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5bar).
- H2 : perte de charge totale.
- H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H = 25 + 2.47 + 1.97 + 0 = 29.44 \text{ m}$$

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné le processus de conception d'un système d'irrigation goutte à goutte pour la culture des oliviers et un système d'aspersion pour la culture du blé. L'objectif de l'adoption de ces systèmes est double : la conservation de l'eau d'irrigation ainsi que l'amélioration des rendements agricoles.

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction :

L'analyse du devis estimatif nous permet d'appréhender la viabilité financière et le coût de mise en œuvre de notre projet. Cette évaluation implique la détermination des quantités nécessaires pour toutes les activités sur le terrain, en multipliant le volume des travaux par le prix unitaire correspondant. Par conséquent, dans cette section, une étude économique détaillée est nécessaire pour appréhender la dimension financière (profit et pertes) du projet en fonction des diverses dépenses impliquées, notamment les dépenses d'investissement et d'exploitation.

Pour réaliser cela, il est primordial de quantifier l'ensemble des travaux à entreprendre, notamment :

- La mise en place du réseau de distribution.
- La réalisation des travaux variés.

VII.1. Différents travaux à entreprendre :

L'agencement d'un site de construction implique l'identification et la synchronisation des ressources requises afin d'accomplir les tâches de réalisation dans des circonstances optimales et avec une célérité maximale.

Les activités constituant les opérations nécessaires pour établir le réseau de distribution comprennent :

- Exécution des tranchées
- Pose du lit de sable
- Pose des conduites
- Epreuve de joint et de la canalisation
- Remblayage des tranchées
- Nivellement et compactage

VII.2. Calcul des volumes des travaux de distribution :

VII.2.1 Calcul du volume de terrassement :

a. Largeur du fond de la tranchée :

Il est obtenu par la formule :

$$B = d + 0.6 \dots \dots \dots \text{ (VII.1)}$$

Avec :

- B : largeur de la tranchée (m)
- d : diamètre de la conduite (m)

b. Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la canalisation soit déterminée de manière à assurer une mise en œuvre adéquate des raccordements spécifiques, tout en évitant toute forme d'intercommunication avec les autres conduites.

$$H = e + d + h \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(VII.2)}$$

Avec :

- H : profondeur de la tranchée. (m)
- e : hauteur du lit de pose. (m)
- d : diamètre de la conduite. (m)
- h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite. Comprise entre 0.1 et 0.2 m.

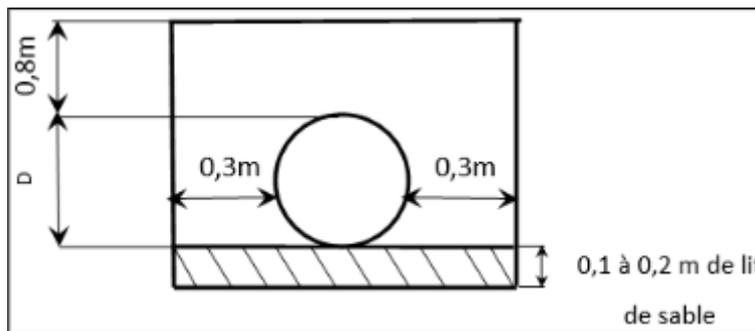


Figure VII.1: Disposition de la conduite dans une tranchée

VII.2.2 Calcul du volume de déblai :

Le volume de déblai sera égale à :

$$V_{deb} = L \times H \times b \text{ (m}^3\text{)} \dots\dots\dots \text{(VII.3)}$$

- L : Longueur de la tranchée en (m) ;
- H : profondeur de la tranchée (m).
- b : largeur de la tranchée (m).

VII.2.3 Calcul du volume de remblais :

$$V_{remb} = V_{deb} - V_{cond} \dots\dots\dots \text{(VII.4)}$$

$$V_{cond} = \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \cdot L \dots\dots\dots \text{(VII.5)}$$

$$V_{remb} = V_{deb} - \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \cdot L \dots\dots\dots \text{(VII.6)}$$

VII.2.4 Calcul du volume de sable :

Il est calculé comme suivant :

$$V_{sable} = h_{sable} \times L \times b \dots\dots\dots \text{(VII.7)}$$

□ Calcul des différents volumes :

Tableau VII.1 Quantité des travaux de terrassement.

conduites	l (m)	h(m)	L(m)	Vdeb	Vcond	Vsab	Vremb	Vexcedentaire
Ø 500	1.1	1.4	444.89	685.1306	87.30966	97.8758	597.8209	87.30966
Ø 250	1	1.2	1458.59	1750.308	71.56207	291.718	1678.746	71.56207
Ø 200	1	1.1	1183.05	1301.355	37.14777	236.61	1264.207	37.14777
Ø 160	0.8	1.1	832.4	732.512	16.72791	133.184	715.7841	16.72791
Ø 110	0.8	1	1035	828	9.830948	165.6	818.1691	9.830948
Ø 90	0.7	1	1698.39	1188.873	10.79921	237.774	1178.074	10.79921
Ø 63	0.7	1	371.1	259.77	1.156223	51.954	258.6138	1.156223
				6745.949	--	1214.716	6511.415	234.5338

Tableau VII.2 Coût des travaux de terrassement.

Conduites	Unités de mesures	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	M3	6745.949	1000	6745949
Pose du lit sable	M3	1214.716	1100	1336188
Remblai de la tranchée	M3	6511.415	600	3906849
Evacuation de terres excédentaires à la charge	M3	234.5338	500	117266.9
TOTAL (DA)				12106252

VII.3. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :

Les tarifs pour les conduites sont comme suivants :

Tableau VII.3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unité de mesure	Quantité (m)	prix unitaire (DA/m)	Montant (Da)
Ø500	Fonte	MI	444.89	7800	3470142
Ø250	PEHD	MI	1458.59	5400	7876386
Ø200	PEHD	MI	1183.05	3600	4258980
Ø160	PEHD	MI	832.4	2250	1872900
Ø110	PEHD	MI	1035	1100	1138500
Ø90	PEHD	MI	1698.39	800	1358712
Ø63	PEHD	MI	371.1	700	259770
Total (HT)					20235390
TVA (19%)					3844724.1
Total (TTC)					24080114.1

VII.4. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales :

Tableau VII.4 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.

Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix Total (DA)
borne type A2	U	108	18500	1998000
Forage	U	1	66667	66667
abris de forage	U	1	1200000	1200000

équipement de forage	U	1	6000000	6000000
Total				9264667

VII.5. Estimation des équipements interne de la parcelle N° 21 :

Tableau VII.5 Estimation des équipements interne de la parcelle :

Equipement	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Rampes Ø63 PEHD	ml	864	700	604800
Porte rampes Ø90 PEHD	ml	108	2500	270000
Asperseur	U	58	1200	69600
Té à clapet pour installation l'asperseur	U	58	432	25056
Canne d'asperseur	U	58	5	290
Semelle stabilisatrice	U	58	159	9222
TOTAL (HT)				978968
TVA (19%)				186003.92
Montant TTC				1164971.92

Le coût global du projet, en tenant compte de l'ensemble des transactions financières, se situe approximativement à :

$$CT = 12106252 + 24080114.1 + 9264667 + 1164971.92 = 46616005.44 \text{ DA}$$

Et pour un hectare on a : $46616005.44 / 105 = 443961.95 \text{ DA/ha}$

Le cout globale est de : **46.616.006 DA**, et écrit en lettre : **quarante-six millions six cent seize mille six dinars algériens.**

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons effectué une évaluation détaillée des coûts et de la quantité pour notre projet d'irrigation dans la zone de Zelfana Hassi Nord. Le coût total estimé s'élève à environ **46.616.006 DA (quarante-six millions six cent seize mille six dinars algériens)**

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif principal de l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude est de dimensionner un réseau d'irrigation pour le périmètre de Zelfana-Hassi Nord, situé dans la wilaya de Ghardaïa, d'une superficie de 105 hectares, en utilisant un forage comme source d'eau. Pour atteindre cet objectif, nous avons entrepris plusieurs étapes.

Tout d'abord, nous avons réalisé une étude approfondie de la région sous différents aspects, ce qui nous a permis de classer son climat comme étant aride, caractérisé par une période sèche de cinq mois, allant d'avril à août. Ensuite, nous avons mené une étude agropédologique pour identifier les ressources en sol et en eau disponibles dans la région, afin de les exploiter de manière optimale dans le cadre de notre projet.

Ensuite, nous avons estimé et calculé les besoins en eau des cultures envisagées afin de garantir leur alimentation en eau adéquate. Enfin, nous avons procédé au dimensionnement du réseau d'irrigation à l'échelle de la parcelle, en tenant compte des techniques d'irrigation les plus appropriées pour notre cas, à savoir l'irrigation localisée (goutte à goutte) et l'aspersion.

À la lumière des résultats obtenus, nous avons conçu un réseau d'irrigation comprenant 108 bornes, 2 pompes, une bêche et des brise-vents. Après avoir estimé le coût total du projet, nous avons déterminé qu'il s'élève à 46 616 006 dinars algériens, (quarante-six millions six cent seize mille six dinars algériens) soit 443 961 dinars algériens par hectare (quatre cent quarante-trois mille neuf cent soixante et un), qu'il est un chiffre un peu cher mais il reste acceptable.

En conclusion, nos analyses et calculs démontrent que notre projet est rentable. En espérant que ce travail servira de base lors de la mise en œuvre du projet.

☐ REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Doorenbos et puill, (1976)**. Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures.
2. Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.
3. **Gobat et al ,1998**. Gobat, J.M., & Matthey, W.1998.Le sol vivant. Bases de pédologie,Biologie des sols.
4. **Tiercelin, 1998**. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
5. **Touibia, B, (2004)**. Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
6. **Historique de recherche et d'exploitation à Ghardaïa. (1) et (2)**, Thèse sur les ressources en eau, L'historique des forages, Ghardaïa. <https://cutt.ly/FwllUn6z> .
7. **M. MESSAHEL (1988)** : Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation) Edition O.P.U.Alger p102.
8. **GERARD. G, (1999)**. Climatologie de l'environnement, édition DUNOD, Paris, pp:130-317.

Les abréviations

ANRH Alger. Agence Nationale des ressources Hydraulique.

ONM Alger. Office Nationale de la Météorologie.

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

D.S.A Alger. Direction des Services Agricoles de la Wilaya d'Alger.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1

Coefficient culturel Kc (FAO N°24)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Bananiier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
Bananiier subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Maïs grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
Oignon vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poisson, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrée	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Canne à sucre	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Tourneacol	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tubac	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Lucerne	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sacrifiés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4 -0.6

ANNEXES

Annexe 2

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen		Ovalisation (faux-rond maximal)
	d_{min} (mm)	d_{max} (mm)	
16	16,0	16,3	1,2
20	20,0	20,3	1,2
25	25,0	25,3	1,2
32	32,0	32,3	1,3
40	40,0	40,4	1,4
50	50,0	50,4	1,4
63	63,0	63,4	1,5
75	75,0	75,5	1,6
90	90,0	90,6	1,8
110	110,0	110,7	2,2
125	125,0	125,8	2,5
140	140,0	140,9	2,8
160	160,0	161,0	3,2
180	180,0	181,1	3,6
200	200,0	201,2	4,0
225	225,0	226,4	4,5
250	250,0	251,5	5,0
280	280,0	281,7	9,8
315	315,0	316,9	11,1
355	355,0	357,2	12,5
400	400,0	402,4	14,0
450	450,0	452,7	15,6
500	500,0	503,0	17,5
560	560,0	563,4	19,6
630	630,0	633,8	22,1
710	710,0	716,4	-
800	800,0	807,2	-
900	900,0	908,1	-
1000	1000,0	1009,0	-
1200	1200,0	1210,8	-
1400	1400,0	1412,6	-
1600	1600,0	1614,4	-

Annexe 3

Perte de charge Lechapt_Calmom

A/ NOTATIONS - EXPLOITATION DE LA TABLE

Formule utilisée

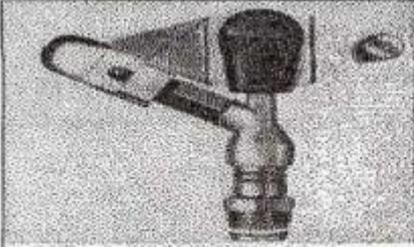
$$J = L Q^M / D^N$$

où Q est en m³/s ; D en mètre ; J en mm/m
valable pour une eau à 10° centigrades.

1 - K = 2	L = 1,863	M = 2	N = 5,33
2 - K = 1	L = 1,601	M = 1,975	N = 5,25
3 - K = 0,5	L = 1,40	M = 1,96	N = 5,19
4 - K = 0,25	L = 1,160	M = 1,93	N = 5,11
5 - K = 0,1	L = 1,100	M = 1,89	N = 5,01
6 - K = 0,05	L = 1,049	M = 1,86	N = 4,93
7 - K = 0,025	L = 1,01	M = 1,84	N = 4,88
8 - K = 0			

Annexe 4

Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

Ø de la buse Ø mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,96	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	19,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	19,5	3,48	24/24	24/24	576	576	8,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	8,5	6,7