

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE –ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du Périmètre ben Taïba(120 ha)à partir d'un forage wilaya de Djelfa

Présenté par :

Mr : Saoula Mokhtar

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr Kahlerras Djilali	M.C.A	Président
Mr Ben Kaci Ali Tarek	M.C.A	Examineur
Mr Bouziane Omar	M.A.A	Examineur
M ^{me} Aziez Ouahiba	M.C.B	Promotrice

Session juillet 2025

Remerciement

DEDECASE Il arrive, dans la vie, des moments où l'on s'arrête un instant, non pas pour se reposer, mais pour regarder d'où l'on vient, mesurer le chemin parcouru et rendre hommage à ceux qui ont été là, silencieusement ou intensément, dans l'ombre ou dans la lumière. À travers ces quelques lignes, je tiens à exprimer, avec fierté et une immense gratitude, toute la reconnaissance que je porte à celles et ceux qui ont jalonné mon parcours de leur présence bienveillante, leur soutien indéfectible, et parfois même de leur simple regard plein d'encouragement. Je commence par la personne la plus précieuse à mes yeux : ma mère. Par sa tendresse, ses sacrifices silencieux et son amour inépuisable, elle a été mon refuge et ma force. Je lui dois plus que des mots ne pourraient jamais dire. À mon père, pilier de ma vie, dont la rigueur, la générosité et les conseils m'ont guidé pas à pas, je rends un hommage sincère et profondément respectueux. À ma future femme ikram cherifi et mes frères et sœur : dalila, hassen, fatiha et haouas, vous avez été mes soutiens constants, mes alliés dans les tempêtes comme dans les moments de joie. À vous mes frères de cœur, habbal mohamed, faycel kebli et sabirou hadjeba. chaouli ahmed. mansouri hamza Mes pensées vont également à mes amis chers zirek hamza, aymen taibi, kazoula ayache, khalil, . Merci pour votre camaraderie sincère et votre humour qui a souvent allégé le poids des jours. Je n'oublie pas mes compagnons de IESSAT : ben zienb Mohamed el amin, bourahla abdallnoure À vous tous, qui avez cru en moi, qui avez partagé mes doutes et mes espoirs

— cette réussite est aussi la vôtre.

Merci du fond du cœur.

REMERCI

Avant toute chose, je rends grâce à Dieu Tout-Puissant, source de force, d'inspiration et de persévérance. C'est par Sa volonté que j'ai trouvé l'ambition, la patience et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail, que j'ai réalisé avec sincérité, passion et humilité. Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à madame ouahiba azieze., mon encadrante, pour sa disponibilité, ses orientations précieuses, et ses remarques constructives qui ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Son accompagnement m'a permis d'évoluer, de mieux comprendre les enjeux du sujet traité, et de garder le cap tout au long de cette aventure académique. Ma gratitude va également aux membres du jury, pour le temps qu'ils consacreront à l'étude de ce travail, et pour leurs remarques qui ne manqueront pas d'enrichir ma réflexion. Je n'oublie pas l'ensemble des enseignants de l'ENSH, qui, par leur savoir, leur engagement et leur soutien, ont su éveiller en moi la rigueur scientifique et l'envie d'apprendre. Leur impact sur ma formation est immense, et je leur en suis profondément reconnaissant. Enfin, j'adresse un remerciement sincère à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire : famille, amis, collègues, ou simples connaissances croisées sur mon chemin. Votre aide, votre écoute ou parfois même votre simple présence ont eu, chacun à leur façon, une importance précieuse dans l'accomplissement de ce projet. Que Dieu vous bénisse et vous récompense pour votre bienveillance.

Merci infiniment.

Résumé

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'aménagement hydro-agricole du périmètre de CHAREF , situé dans la wilaya de Djelfa . Ce dernier couvre une superficie de 120 hectares et est alimenté en eau par des forages. Le projet consiste à réaliser une étude détaillée de la zone, incluant l'analyse du climat, de l'écologie ainsi que des ressources en eau et en sol. Ces éléments permettent d'estimer précisément les besoins en eau des différentes cultures, et ainsi concevoir un réseau d'irrigation adapté aux conditions locales.

Deux techniques d'irrigation ont été adoptées : le goutte-à-goutte et l'aspersion , choisies pour leur efficacité hydraulique et agronomique. L'application de ces systèmes a permis de contribuer à une meilleure gestion des ressources en eau et à une amélioration significative du rendement agricole .

Mots-clés : Aménagement hydro-agricole, irrigation, goutte-à-goutte, aspersion, gestion de l'eau, périmètre irrigué.

Abstract

This thesis aims to study the hydro-agricultural development of the Charef area, located in the wilaya of Djelfa . The area covers a total surface of 120 hectares and is supplied with water from deep boreholes. The project includes a detailed study of the site, encompassing the analysis of climate, ecology, as well as soil and water resources. This assessment allows for estimating the water requirements of different crops, thus enabling the design of an irrigation network adapted to local conditions.

Two irrigation techniques were adopted: drip irrigation and sprinkler irrigation , chosen for their high hydraulic and agronomic efficiency. The implementation of these systems has contributed to better water resource management and a significant improvement in agricultural productivity.

Keywords : Hydro-agricultural development, irrigation, drip irrigation, sprinkler irrigation, water management, irrigated area.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة مشروع تهيئة زراعية مائية لمنطقة الشارف الواقعة في ولاية الجلفة. حيث تبلغ المساحة الإجمالية لهذه المنطقة 120 هكتاراً، وتتم تغذية المشروع عبر آبار عميقة.

يتضمن المشروع إجراء دراسة مفصلة للمنطقة تشمل دراسة المناخ والبيئة الطبيعية، بالإضافة إلى تقييم الموارد المائية والتربة المتاحة، بهدف تحديد احتياجات المحاصيل المختلفة من المياه، ومن ثم تصميم شبكة سقي مناسبة للظروف المحلية. لقد تم اعتماد نظامي السقي بالتنقيط والرش نظراً لكفاءتهما الهيدروليكية والزراعية العالية وقد ساهم استخدام هذه الأنظمة في تحسين إدارة تسيير الموارد المائية وزيادة الإنتاج.

الكلمات المفتاحية: تهيئة زراعية مائية، سقي، ري بالتنقيط، رش بالتناثر، إدارة المياه، منطقة مروية.

Tables des matières

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des planches	
Introduction générale	1

Chapitre I : Présentation la zone d'étude

I.1.Introduction	2
I.2. Situation géographique de la wilaya de djelfa	2
I.2.2. Présentation du périmètre d'étude	4
I.2.3.Relief	4
I.3. Caractéristiques climatologique	5
I.3.1.Pluies mensuelles	5
I.3.2.Les températures	6
I.3.3.L'évaporation	7
I.3.4. L'humidité relative	7
I.3.5 Le vent	8
I.3.6. Durée d'insolation	8
I.3.7.orages	8
I.3.8 Bilan hydrique	9
I.3.9Calcul des indices Agro-météorologiques	9
I.3.9.1.L'indice d'aridité de Martonne	9
I.3.9.2.Quotient Ombrothermique d'Emberger	10
I.3.9.3.Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen	11
I.4 Etude Topographie et Géomorphologie	12
I.4.1. Topographie	13
I.4.2. Géomorphologie	13
I.4.3. Etude géologique	13
I.5. Etude Socio-économique	14

I.5.1.Contexte agricole régionale (wilaya):.....	14
I.5.2. Répartitions générales des terres :	14
I I.5.3. Utilisation de la SAU:	15
I.6.Conclusion :	16

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

II.1. Introduction :	19
II.2. Ressources en sol :	19
II.2.1. Etude de sols :	20
II.2.1.1.Etude morphologiques(Profils n° ; 12)	20
II.2.1.2.Description du Profil type : n° 12	20
II.2.1.3. Description morphologique du profil :	20
II.2.1.4 Classification (C.P.C.S)	21
II.2.1.5. Interprétation des résultats et valeur agronomique:.....	22
II.2.2.1 Sols peu évolués d'apports alluviales calcaire. (Profils : n° :13)	23
II.2.2.2.Etudemorphologiques	23
II.2.2.3Description du Profil typen°13).....	23
II.2.2.4. Description morphologique du profil	23
II 2.2.5 Classification (C.P.C.S).....	24
II.2.2.7. Interprétation des résultats et valeur agronomique	25
II.2.3.. Aptitude culturale en irrigué et évaluation des terres.....	27
II.2.3.1. Critères de détermination des aptitudes.....	27
II.2.3.2. Résultats des aptitudes culturales en irrigué du périmètre.....	27
II.3. Ressources en eau :	29
II.3.1. Géologie:.....	29
II.3.1.1. Le Crétacé	29
II.3.1.2. Le Cénomanién.....	29
II.3.1.3. Le turonien.....	30
II.3.1.4 LE Senomen.....	30
II.3.1.6. Le Quaternaire.....	30
II.3.2.Hydrogéologie.....	31

II.3.2.1. Les eaux superficielles :	31
II.3.2.2. Les eaux souterraines.....	32
II.3.2.2.1. Les nappes superficielles.....	32
II.3.2.2.2. Les nappes profondes.....	32
II.3.3. Résultats d'analyse de l'eau.....	33
II.4.Calcul de la pluie de projet :	36
II.4.1.Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	36
II.4.1.1.Ajustement statistique des pluies	37
II.4.1.2.Ajustement à la loi Normale	37
II.4.1.3.Ajustement à la loi log-Normale	38
II.4.1.4.Test de validité d'un ajustement :	39
II.4.2.Détermination de l'année de calcul :	40
II.5.Conclusion :	40

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.1. Introduction	42
III.2. Besoins en eau des cultures :	42
III.2.1) Besoin en eau du périmètre:.....	42
III.2.2) Calcul des besoins en eau.....	42
III.2.3) l'évapotranspiration référence:(ET0 ou ETP).....	42
III.2.3.1) Les méthodes directes	42
III.2.3.2) Les méthodes indirectes:	42
III.3. Besoins en eau d'irrigation :	45
III.3.1. Détermination de la pluie efficace :.....	45
III.3.2 : Calcul de la réserve en eau du sol RS_i-1	45
III.4. Choix des cultures.	46
III.4.1. Cultures proposées :.....	46
III.4.2. Assolement des cultures.....	47
III.5. Estimation des besoins en eau des cultures	49
III.5.1) Calcul des besoins en eau des assolements.....	53
III.5.2 Calcul du débit spécifique	55
III.5.3 Calcul du débit caractéristique.....	56
III.5.4 Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	46

III.5. Conclusion.....	57
-------------------------------	-----------

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1. Introduction :.....	44
IV.2 Variantes d'aménagement hydro-agricole.....	49
IV.2.1 Réalisation et équipement des forages.....	49
IV.2.2. Équipement des forages.....	49
IV.2.3.b Débit d'exploitation (forage 01) :.....	49
IV.3. Etude des pompage :.....	49
IV.3.2-Type de pompes :.....	49
IV.3 .3 Nombre de pompes principales:.....	50
IV.3 .4 Détermination du débit d'une pompe (forage 01).....	50
IV .3.5 Calcul de la Hauteur Manométrique Totale (HMT).....	50
IV.3.5.1. Calcul des pertes de charge linéaires.....	51
IV.3.5.2 Pertes de charge singulières.....	51
IV.3.6.Calcul du diamètre de refoulement.....	52
IV.4 Découpage des îlots d'irrigation.....	54
IV.4.1 Taille des îlots d'irrigation :.....	54
IV.4.2 Calcul du débit aux bornes et le diamètre:	54
IV .5 calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale)	55
IV .5.1 Vérification par logiciel EPANET	60
IV.7. Conclusion :.....	62

Chapitre V : TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

V.1.Introduction :.....	64
V.2. L'irrigation de surface:.....	64
V.2.1 Irrigation par ruissellement (ou par planches):.....	64
V.2.2 Irrigation par submersion :....	65
V.2.3 L'arrosage à la raie:.....	65
V.2.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire :.....	66
V.3.1.4.Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :.....	66
V.3 : L'irrigation par conduites sous pression:.....	66

V.3.2. Composants principaux du réseau.....	66
V.3.3. Équipements à la parcelle.....	66
V3.4. Types d'irrigation sous pression.....	71
V.3.4.1.L'irrigation localisée (Goutte à Goutte) :.....	71
V.3.4.2. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :.....	71
V.4.Conclusion :.....	71

Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte et par aspersion

VI.1. Introduction :.....	73
VI.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :.....	73
VI.2.1.Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :.....	73
VI.2.1.1.Influence du taux de couverture du sol :.....	73
VI.2.1.2.Dose nette pratique :.....	74
VI.2.1.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):.....	75
VI.2.1.4. Calcul de la dose (brute) :.....	75
VI.2.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :.....	75
VI.2.2.Dimensionnement des canalisations du réseau :.....	77
VI.2.2.1. Nombre d'arbre par rampe.....	77
VI.2.2.2 Nombre des goutteurs par rampe.....	77
VI.2.2.3 Débit d'une rampe:.....	77
VI.2.2.4 Nombre de rampes.....	77
VI.2.2.5 Débit de la porte rampe.....	77
VI.3 . Calculs hydrauliques	77
VI.3.1 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes.....	78
VI.3.2 Calcul de la pression requise.....	79
VI.4.Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :.....	79
VI.4.1 : Données générales:.....	79
VI.4.1.1 : Choix de parcelle:.....	79
VI.4.1.2 : Choix de la culture:.....	80
VI.4.2.Calcul de la Dose pratique :.....	80
VI.4.3.Dimensionnement de l'asperseur:.....	80
VI.4.4 Vérification de la pluviométrie ($P < k$):.....	81
VI.4.5 Paramètres d'arrosage:.....	82
VI.4.5.2 Temps d'arrosage:.....	82

VI.4.5.3 Calcul du débit d'équipement:.....	91
VI.4.6 Calcul hydraulique:.....	92
VI.4.6.1 Dimensionnement hydraulique des rampes.....	92
VI.4.6.2. Dimensionnement de la porte rampe.....	93
VI.4.6.3 Calcul des pertes de charge.....	93
VI.4.7 Calcul de la pression en tête du réseau.....	94
IV.5.Conclusion:	94

Chapitre VII : Etude technico-économique

VII.1 . Introduction :	87
VII.2.Travaux concernant les forages et les conduites de refoulement :	87
VII.3 Volumes des travaux.	87
VII.3.1 – Travaux de terrassement.	87
VII.3.1.1 – Calcul du volume de terrassement.	87
VII.4. Conclusion :	93

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1: Situation géographique de la wilaya de djelfa.....	3
Figure I.2: Carte de situation du périmètre d'étude	4
Figure I.3: Régime saisonnier moyen des précipitations.....	5
Figure I.4: Répartition saisonnière des précipitations.....	6
Figure I.5: Variation mensuelle des températures.....	6
Figure I.6.: Répartition du taux d'humidité par mois.....	7
7Figure. I.7: Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	11
Figure I.8: climogramme de Gaussen.....	12
Figure I.9 Diagramme Ombro-thermique.....	12
Figure I.10: Répartition de la surface agricole totale (SAT).....	15
Figure I.11 : Répartition de la SAU de la commune de Charef.....	15

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Figure II.1 : Carte d'implantations des profils pédologiques	19
Figure II.2 : Coupe morphologique du profil 12.....	21
Figure II.3 : Coupe morphologique du profil 13.....	24
Figure II.4 géologique du la commune du Charef	31
Figure II.5 : légende des formation litho stratigraphiques.....	31
Figure III. 6 : Ajustement a la loi normal.....	37
Figure III. 7 : Ajustement a la loi Log normale.....	38

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

Figure IV.1 : Courbe caractéristique de la pompe.....	63
Figure IV.2 : les vitesse en chaque conduit avec EPANET	67
Figure IV.3 : les vitesse en chaque conduit avec EPANE T	68
Figure IV.4 : Courbe caractéristique de la pompe.....	70
Figure IV.5 : caractéristiques de la pompe choisie.....	71

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

Figure V.1 : Irrigation par planches.....	73
Figure V.2 : Irrigation par submersion.....	74
Figure V.3 : Les différentes types des filtre.....	79
Figure V.4 : Les différentes types des injecteurs d'engrais.....	80

Chapitre VII : Organisation de chantier et estimation du cout du projet

Figure VII.1 : Schéma d'une tranchée.....	98
--	----

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : les pluies moyennes mensuelles	5
Tableau I.2 : Répartition des températures.	6
Tableau I.3 : L'évaporation moyenne mensuelle.....	7
Tableau I.4 : Moyenne mensuelle d'humidité relative de l'air.....	7
Tableau I.5 : Moyenne mensuelle de vitesse de vent (m/s).....	8
Tableau I.6 : Nombre moyen d'heures d'insolation.....	8
Tableau I.7 : Pluie efficace et déficit pluviométrique.....	9

Tableau I.8 : Classification du climat selon de Martonne.....	10
Tableau I.9 : Répartition générale des terres dans la wilaya de Djelfa.....	14
Tableau I.10 : Répartitions générales des terres de la commune de Charef.....	14
Tableau I.11: Répartition de la SAU de la commune de Charef.....	15

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Tableau II.1: Résultats des analyses physico-chimiques de Sol	22
Tableau II.2: Résultats des analyses physico-chimiques de Sol.....	25
Tableau II.3 : Les aptitudes culturales.....	28
Tableau II.4: Caractéristiques des forages.....	33
Tableau II.5 : Résultats d'analyse de l'échantillon.....	33
Tableau II.6: Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	34
Tableau II.7: Caractéristiques de la série pluviométrique.....	36
Tableau II.8 –Résultats du test de Mood.....	36
Tableau II .9: Test de validité des deux ajustements.....	39
Tableau II.10: Résultat de l'ajustement.....	39
Tableau II.11: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche.....	40

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III.1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence par logiciel CROPWAT 8.0.....	44
Tableau III.2: Pluie efficace.....	45
Tableau III.3: les cultures proposées à la zone de ben Taïba.....	47
Tableau III.4: Les assolements proposés.....	47
Tableau III.5 : Calendrier cultural selon l'assolement choisi.....	47
Tableau III.6 : Besoins en eau de blé.....	49
Tableau III.7 : Besoins en eau d'avoine.....	49
Tableau III.8 : Besoins en eau de L'orge.....	50
Tableau III. 9: Besoins en eau de l'oignon sec.....	50
Tableau III.10 : Besoins en eau de tomate.....	51
Tableau III.11 : Besoins en eau de pomme de terre AS.....	51
Tableau III.12 : Besoins en eau de carotte.....	52
Tableau III.13 : Besoins en eau d'Ail	52
Tableau III. 14: Besoins en eau de figuier.....	53
Tableau III.15 : Besoins en eau olivier.....	53

Tableau III.16: Besoin en eau de l'assolement 1.....	54
Tableau III.17: Besoin en eau de l'assolement 2.....	54
Tableau III.18 : calcul Besoins totaux.....	57

Chapitre IV : Etude du système d'adduction et de distribution

Tableau IV.1. : pertes de charges de la colonne de refoulement (forage 01).....	62
Tableau IV.2.: Caractéristiques des pompes disponibles.....	63
Tableau IV.3 : Les différentes Parcelles du périmètre.....	64
Tableau IV.4 : choix les diamètre des bornes.....	65
Tableau IV.5 : Les résultats pour chaque îlot.....	65
Tableau IV .6 : Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale).....	66
Le Tableau IV.7: Calculs hydrauliques des pression.....	69

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI.1: Diamètre de la rampe.....	86
Tableau VI.2: Diamètre de la porte rampe.....	86
Tableau VII.3: Résultat du calcul pratique d'aspersion.....	87

Chapitre VII : Organisation de chantier et estimation du cout du projet

Tableau VII. 1: Calcul de terrassement.....	92
Tableau VII 2.: évaluation du cout des forages.....	92
Tableau VII.3 : longueurs total des canalisations.....	92

Liste des planches.

Planche n°1 : Plan de situation

Planche n°2 : Plan du réseau distribution

Planche n°3 : profil en long

Planche n°4 : plan du système d'irrigation goutte à goutte ;

Planche n°5 : plan de système d'aspersion.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau constitue l'une des ressources naturelles les plus précieuses pour la vie sur Terre. Elle est essentielle à de nombreux secteurs d'activité tels que l'agriculture, l'industrie, l'énergie, ainsi que pour la consommation domestique. Près des trois quarts de la surface terrestre sont recouverts d'eau, tandis que celle-ci représente environ 60 % du corps des animaux et 80 % de celui des végétaux, soulignant son rôle fondamental dans les processus biologiques.

Cependant, malgré cette abondance apparente, l'eau douce accessible reste limitée et confrontée à une demande croissante. Les périodes de sécheresse observées ces dernières décennies ont exacerbé les tensions autour de cette ressource, en montrant à quel point sa rareté peut affecter gravement les écosystèmes, l'agriculture et les populations humaines.

Dans ce contexte, la nécessité d'une gestion rationnelle de l'eau, notamment dans le domaine agricole, s'impose comme une priorité incontournable. L'agriculture, qui représente la plus grande part de la consommation mondiale d'eau, doit donc adopter des pratiques plus efficaces, capables de garantir à la fois la sécurité alimentaire, la pérennité des sols et une utilisation optimale de la ressource hydrique.

Les besoins en eau varient selon les cultures, les stades de développement (croissance, floraison, fructification), ainsi que les conditions climatiques saisonnières. C'est pourquoi il est indispensable de planifier et de dimensionner des systèmes d'irrigation efficaces, économiques et adaptés aux réalités locales.

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre Charef, situé dans la wilaya de Djelfa, région semi-aride où la disponibilité en eau constitue une contrainte majeure pour le développement agricole durable.

L'objectif principal est de valoriser chaque mètre cube d'eau utilisé tout en optimisant la productivité par hectare cultivé. Il s'agit donc de concevoir un système d'adduction et de distribution d'eau d'irrigation adapté au contexte agro climatique, pédologique et socio-économique de la zone étudiée.

Pour atteindre cet objectif, une étude technique et économique a été menée, structurée en sept chapitres principaux :

- Présentation de la zone d'étude
- Ressources en sol et en eau.
- Calcul des besoins en eau des cultures
- Étude du système d'adduction.
- Étude théorique des techniques d'irrigation
- Dimensionnement de la parcelle irriguée
- Analyse technico-économique

Chapitre I

Présentation la zone d'étude

Chapitre I : Présentation la zone d'étude

I.1.Introduction :

Dans le présent chapitre, nous procéderons à la présentation de la zone d'étude. Cette présentation inclut une description de la situation géographique, des caractéristiques climatiques ainsi que des données socio-économiques. L'objectif est de bien cerner les spécificités du périmètre étudié et de mettre en évidence ses potentialités. La zone d'étude se situe au niveau du périmètre Ben Taïba , dans la commune de Charef , appartenant à la wilaya de Djelfa .

I.2.. Situation géographique de la wilaya de Djelfa :

I.2.1.Situation géographique

La wilaya de Djelfa est située dans la région des Hauts-plateaux, à environ 300 km au sud d'Alger, au sein de la région naturelle des Aurès. Elle s'étend entre les longitudes 4° et 7° Est et les latitudes nord 35° et 36°. Avec une superficie totale de 32 256,35 km² , elle est bordée par plusieurs wilayas :

Au nord : la wilaya de Médéa et Tissemsilt

À l'est : la wilaya de M'Sila et Biskra

Au sud : la wilaya de Ghardaïa et Ouargla

À l'ouest : la wilaya de Tiaret et Laghouat

Sur le plan administratif, la wilaya de Djelfa est divisée en 12 daïras et 36 communes.



Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Djelfa.

I.2.2. Présentation du périmètre d'étude :

Le périmètre d'étude s'étend sur une superficie totale de 120 hectares. Il est situé au nord de la commune de Charef, à environ 12,2 km de son chef-lieu, au sein de la daïra de Charef. Plus précisément, ce périmètre se trouve dans la localité d'Oued Fadel, dont les limites sont les suivantes :

Au nord : la commune d'El Guédid.

À l'est : le périmètre de HCDS Feid El Gfoul.

À l'ouest : l'oued Ben Taïba.

Au sud : l'oued Ben Taïba .

Avec ses 120 hectares, ce périmètre présente des caractéristiques géographiques et topographiques propices à l'aménagement projeté.



Figure I.2: Carte de situation du périmètre d'étude.

I.2.3. Relief

La commune de DJELFA se caractérise par ses pentes et par un territoire constitué de plaines. Généralement les pentes se situent entre 3 et 10% et une déclivité de 0%, enregistrée au niveau du bassin versant du Zahrez Ouest qui forme une zone d'accumulation à l'échelle régional. On y trouve également des dépressions qui forment des petits chotts, et des Dhayates. Les pentes qui atteignent + 10%, se situent dans la partie Nord-Ouest de la commune.

1.3. Caractéristiques climatologiques :

La

région est caractérisée par un climat semi-aride, les étés sont très chauds et dégagé dans l'ensemble; les hivers sont très froids, venteux et partiellement nuageux. (Station de Djelfa).

1.3.1. Pluies mensuelles :

La connaissance des pluies mensuelles permet de connaître le régime pluviométrique saisonnier et leurs fluctuations ce qui est indispensable en irrigation.

Les pluies mensuelles sont présentées dans le tableau I.

Tableau I.1 : les pluies moyennes mensuelles

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P _{moy}	32.2	29.8	20.5	24.2	32.8	26.7	28.9	30.9	32.8	16.3	8	20.47	303.89
P _{moy} saison	82.63			83.84			92.68			44.74			303.89
%	27.19			27.59			30.5			14.72			100

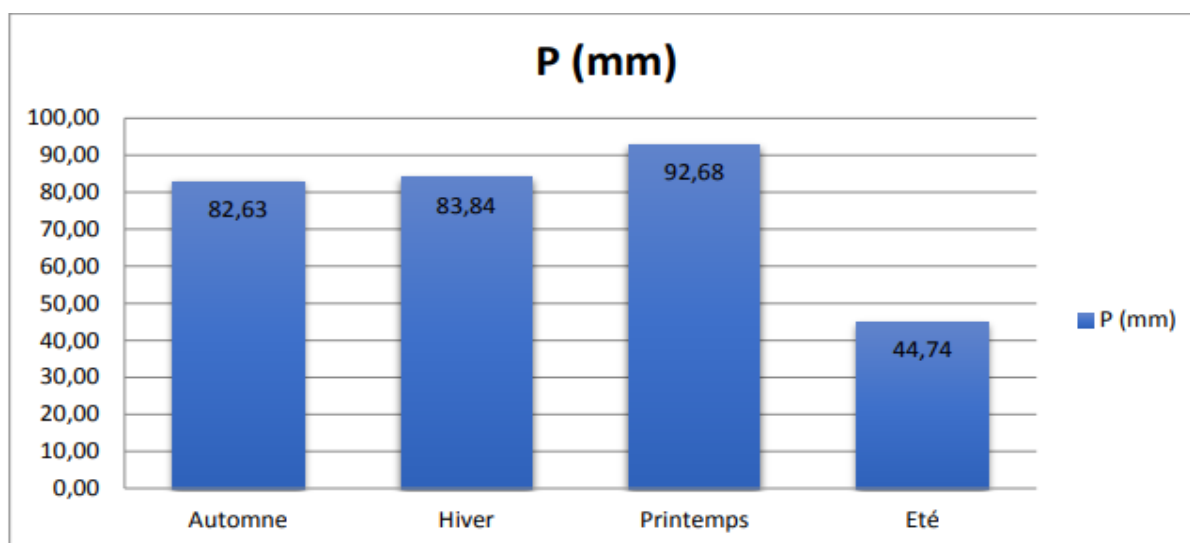
Source : ONM Djelfa (1990-2018)

La moyenne annuelle des précipitations relevées pendant 29 ans (1990/2018) est de 303.89 mm

Avec une moyenne mensuelle de 25,32 mm

La pluviométrie dans cette région est irrégulière, et on a les résultats suivants :

- Le mois le plus pluvieux est janvier, avec une moyenne de 32,86 mm.
- Le mois le plus sec est juin, où les précipitations atteignent seulement 8,00 mm

**Figure I.3: Régime saisonnier moyen des précipitations**

période la plus pluvieuse débute et enregistrée en printemps avec 92.68mm représentant 30.50%, l'hiver avec 83.84mm représentant 27,59% et l'automne avec 82.63 mm représentant 27,19%. La période estivale est marquée par 44.74 mm représentant ainsi 14.72% de la pluie annuelle.

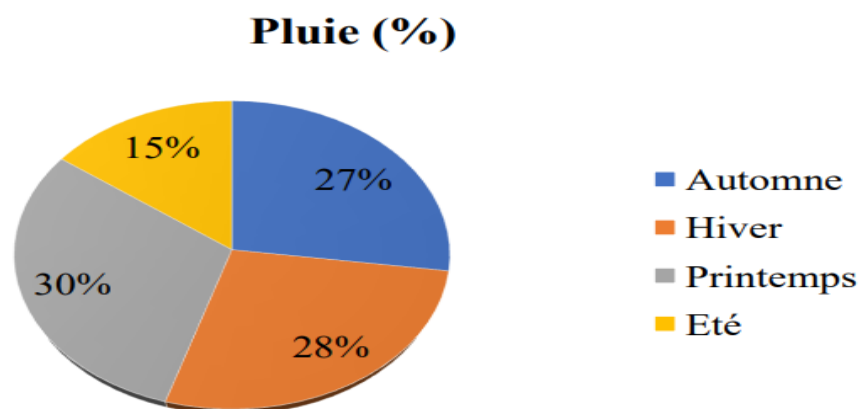


Figure I.4 : Répartition saisonnière des précipitations en (%)

I.3.2. Les températures :

tableau I.2: Répartition des températures minimales, maximales et Moyennes par moi

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
Tmin°C	0.57	1.04	3.6	6.72	10.7	15.4	26.1	26.1	14.4	9.97	4.66	1.49	8.84
Tmax°C	9.9	11.4	15.1	18.3	23.9	30	39.4	40.1	27.3	21.6	14.5	10.5	20.87
Tmoy°C	4.85	5.93	9.26	12.5	17.5	23	32.5	33.2	20.8	15.7	9.29	5.69	14.79

Source : ONM Djelfa (1990-2018)

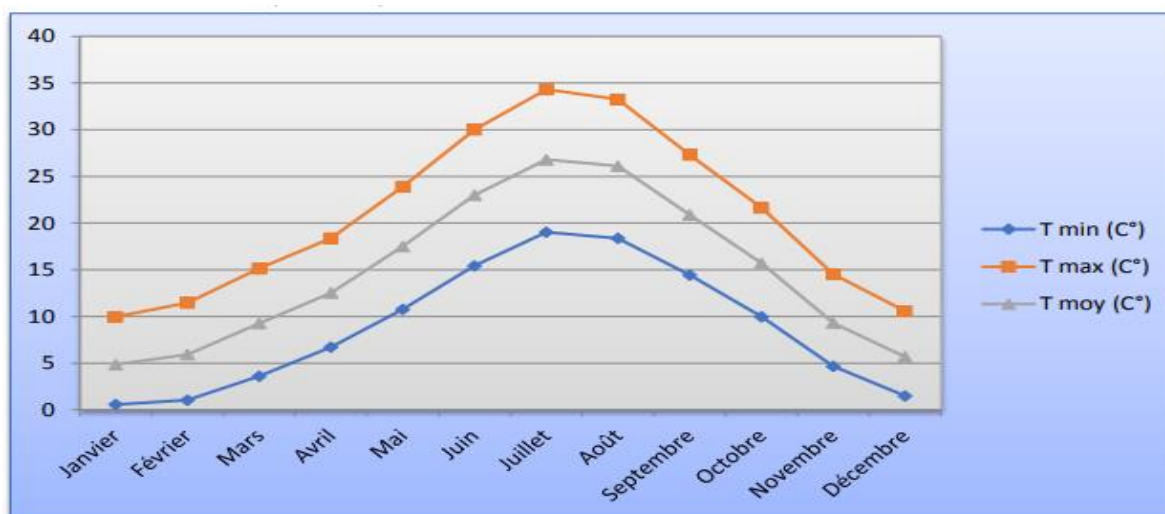


Figure I.5 : Variation mensuelle des températures minimales, maximales et moyennes

I.3.3. L'évaporation :

L'évaporation est le processus par lequel l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux sous l'effet de la chaleur et de l'humidité de l'air.

Tableau I.3: L'évaporation moyenne mensuelle

Mois	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Aout	Sep	oct.	nov.	Déc	Total
ETP Mensuelle Mm/mois	31	47	88	122	162	186	205	182	129	84	42	25	1303

Source : ONM DJELFA (1990-2018)

L'évapotranspiration dans la région est très importante, son apogée atteint une moyenne de 205 mm au mois de juillet. Cependant, son minimal fut observé une moyenne de 25 mm au mois de décembre

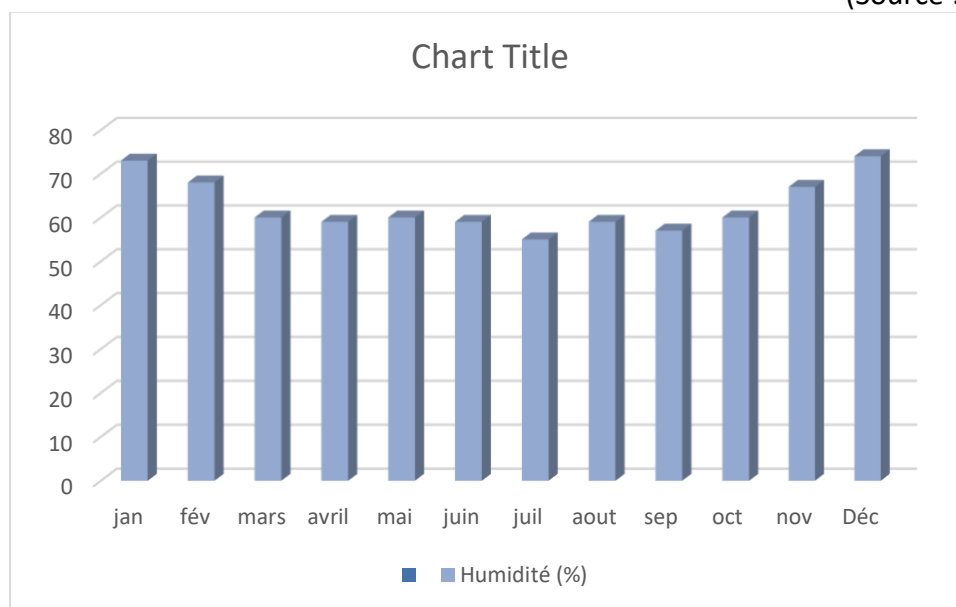
I.3.4. L'humidité relative :

C'est le rapport en pourcentage entre la tension de vapeur d'eau effectivement mesurée dans un air à une température T°C et la quantité saturante à la même température.

Tableau I.4 : Moyenne mensuelle d'humidité relative de l'air.

Mois	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Aout	Sep	oct.	nov	Déc
Humidité (%)	73	68	60	59	60	59	55	59	57	60	67	74

(Source : ONM Alger).

**Figure I.6.:** Répartition du taux d'humidité par mois

I.3.5 Le vent :

Le vent est un paramètre climatique majeur dans la région semi-aride de Djelfa. Bien qu'il contribue positivement à la pollinisation des cultures, il peut également provoquer un stress hydrique chez les plantes, entraînant leur flétrissement. La topographie de la wilaya expose la région aux vents dominants du nord-ouest, se dirigeant vers le sud-est, ce qui influence les Conditions climatiques locales et les pratiques agricoles.

Tableau I.5: Moyenne mensuelle de vitesse de vent (m/s).

Mois	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juill.	Aout	Sep	oct.	nov.	Déc	moy
Vent (m/s)	3.84	3.98	4.14	4.2	4.06	3.35	3.28	2.92	2.99	3.14	3.42	3.69	3.58

Source : ONM (1990-2018)

La lecture de tableau ci-dessus, montre que durant toute l'année la vitesse des vents est supérieure ou égale à 3.85 m/s (Station Djelfa), et par conséquent notre région est exposée à ces vents et l'ensablement engendrés par la force des vents.

I.3.6. Durée d'insolation :

C'est la durée pendant laquelle le soleil brille sur le sol, elle conditionne l'activité Photosynthétique (Eliard, 1979).

Tableau I.6 : Nombre moyen d'heures d'insolation.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juill.	Aout	Sep	oct.	nov.	Déc	Moye
L'insolation (h/jour)	5.91	6.61	7.65	9.23	9.05	9.95	9.67	9.41	8.67	7.26	6.53	6.06	8

Source : ONM Djelfa (1990-2018) ---

La durée d'insolation dans la zone d'étude varie selon les saisons : elle est maximale en été (9,67 h/j en juillet) et minimale en hiver (5,93 h/j en janvier). La moyenne annuelle s'élève à 8 heures par jour. Cet ensoleillement élevé influence directement le climat local ainsi que les conditions agricoles du périmètre étudié.

1.3.8. Bilan hydrique :**Tableau I.7 :** Pluie efficace et déficit pluviométrique (unité : mm/mois)

Mois	Sep	oct.	nov.	Déc	Jan	Fév.	Ma	Av	M	Ju	jt	A	Cumul
Pr	32.23	29.8	20.5	24.2	32.8	26.74	28.9	30.9	32.8	16.2	8	20.4	303.79
ETO	129	84	42	25	31	47	88	122	162	186	205	182	1303

Source : ONM Djelfa

La pluie efficace est définie comme étant la pluie réellement utile disponible pour la végétation.

- ✓ $P_{m\text{ eff}} = \alpha \cdot Pr$
- ✓ α : Coefficient de valorisation égale à 0,8 en raison du relief plat du périmètre d'étude.
- ✓ Pr : Précipitation réelle (moyenne).

Le déficit pluviométrique représente la différence entre l'évapotranspiration et la pluie utile qui nous donne la quantité d'eau à apporter sous forme des apports d'eau (d'irrigation) et la période des irrigations.

Il ressort des calculs obtenus dans le tableau ci-dessus, un déficit annuel estimé à 1059.96mm. Il correspond aux besoins en eau des cultures et il est enregistré durant tous les mois de l'année et il atteint son maximum au mois de Juillet avec 198 mm

I.3.9 classification du climat :**I.3.9. Calcul des indices Agro-météorologiques :**

Les indices agrométéorologiques tels que celui de De Martonne et le quotient ombrothermique d'Emberger sont utilisés pour analyser l'interaction entre pluviométrie et température. Ces indicateurs permettent de caractériser le type de climat et d'évaluer son influence sur les conditions de croissance des plantes dans la zone d'étude.

I.3.9.1. L'indice d'aridité de Martonne :

L'indice d'aridité de Martonne est un outil largement utilisé pour la classification climatique, basé sur le rapport entre les précipitations annuelles et les températures moyennes. Cet indice permet d'évaluer le degré d'aridité d'un milieu et donne des indications importantes concernant la faisabilité et la nécessité d'une irrigation agricole dans ledit environnement.

Il est exprimé par la formule mathématique suivante :

$$I_A = \frac{P}{T+10}$$

Avec :

I_A : Indice d'aridité de Martonne

P : Précipitation moyenne annuelle (en mm)

T : Température moyenne annuelle (en °C)

Tableau I.8: Classification du climat selon de Martonne

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

Dans notre cas, nous avons

$P=303.8\text{mm}$ et $T=20.31^\circ\text{C}$, on trouve donc :

$$I_A = \frac{303.89}{20.3+10} = 10.01$$

La zone d'étude est classée comme étant de climat semi-aride selon l'indice d'aridité de De Martonne. Ce type de climat est caractérisé par un déficit hydrique modéré, nécessitant souvent l'usage de l'irrigation pour assurer une bonne productivité agricole

I.3.9.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger :

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique :

$$Q = \frac{1000.P}{(M+m)(M-m)/2} = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} ;$$

Avec :

Q : Coefficient ombrothermique d'Emberger

P : Précipitation moyenne annuelle (en mm)

M : Température maximale moyenne annuelle (en Kelvin)

m : Température minimale moyenne annuelle (en Kelvin)

Pour : $P=303.89\text{mm}$; $M=26.8^\circ\text{C}$ et $m=0.57^\circ\text{C}$

$$Q = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} = \frac{2.1000.30.89}{(26.8+273.15)^2 - (0.57+273.15)^2} = 40.39$$

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (0.57°C), on peut confirmer que notre région se situe dans :

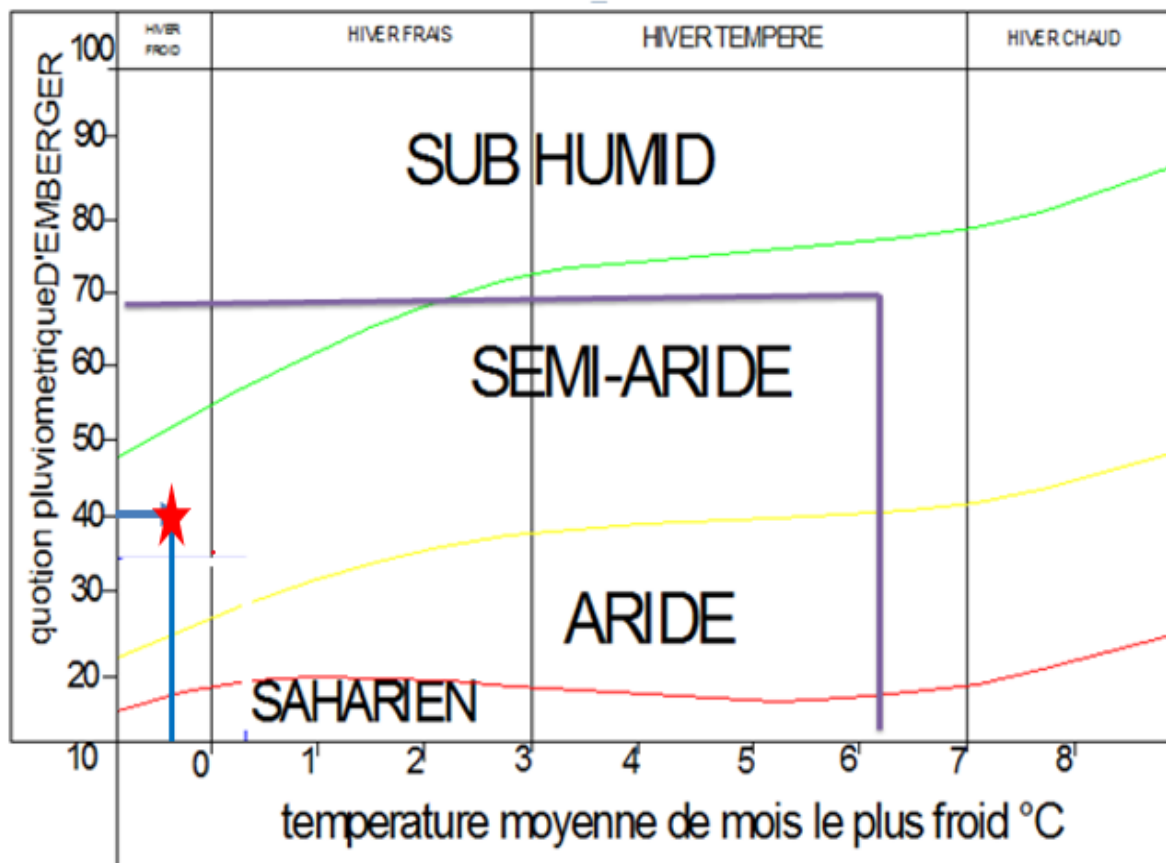


Figure. I.7 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

-l'étage bioclimatique : Semi-aride a Hiver froid

I.3.9.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :

La méthode de Bagnouls et Gaussen permet d'identifier la période sèche en comparant les précipitations et les températures mensuelles. Un mois est considéré comme sec si $P \leq 2T$. La saison sèche correspond à l'intervalle entre les deux points d'intersection des courbes des précipitations et des températures sur le diagramme ombrothermique. Cet outil est essentiel pour analyser le régime climatique et planifier les activités agricoles dans les régions semi-arides comme celle de Djelfa.

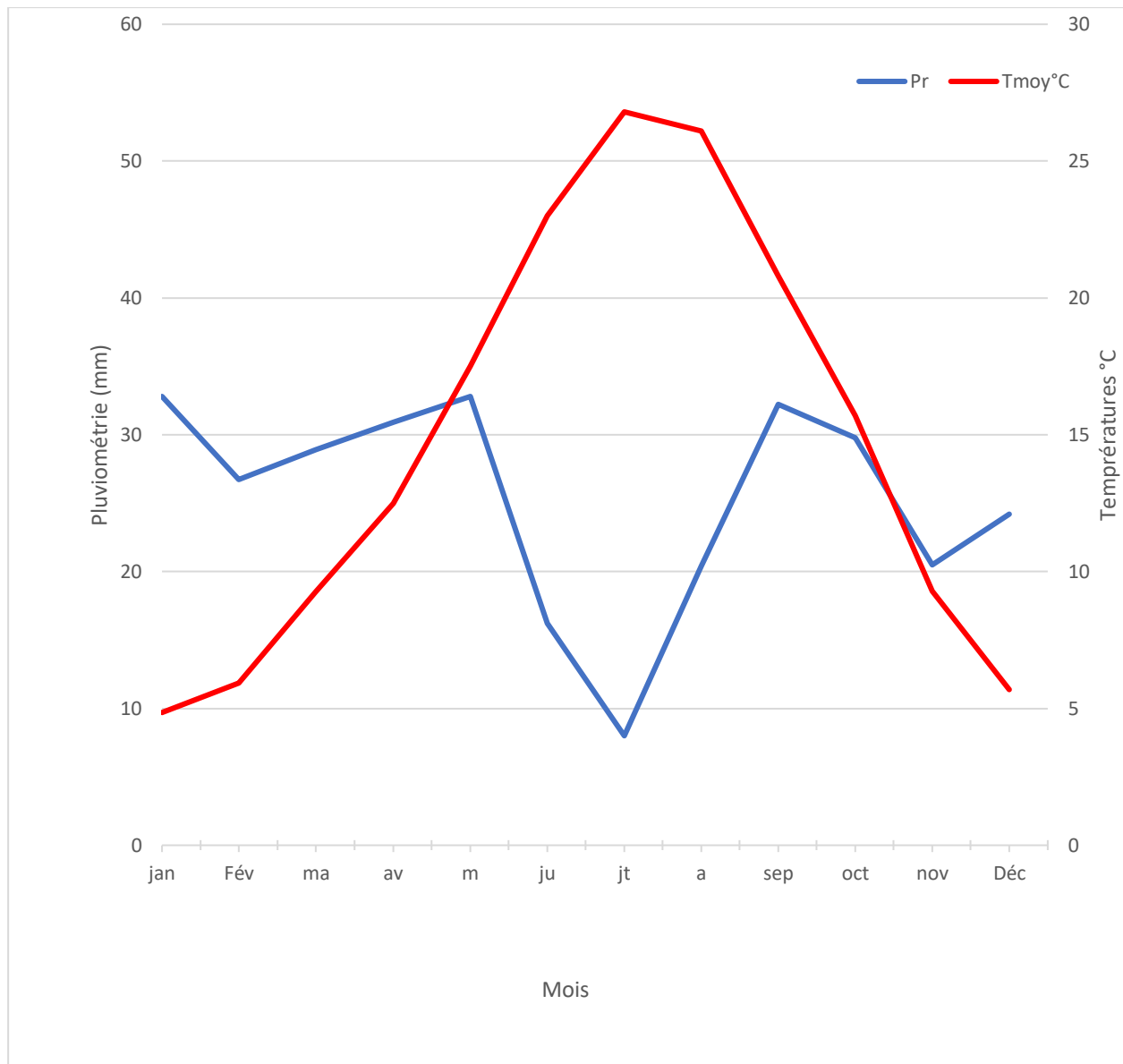


Figure I.8 : climogramme de Gaussen

Description du graphe :

Pour la station de Djelfa, le diagramme ainsi élaboré montre que la période sèche s'étale sur 4 mois (Mai - septembre).

La saison humide occupe le reste de l'année, ce qui se traduit par une demande en eau durant Ce cycle.

Description du graphe :

Pour la station de Djelfa, le diagramme ainsi élaboré montre que la période sèche s'étale sur 4 mois (Mai - septembre).

La saison humide occupe le reste de l'année, ce qui se traduit par une demande en eau durant Ce cycle.

I.4 Etude Topographie et Géomorphologie**I.4.1. Topographie :**

La wilaya de Djelfa présente un relief majoritairement composé de plaines et de plateaux, avec des altitudes variantes entre 700 m et 1 600 m. La chaîne des Oulad Nail, orientée sud-ouest–nord-est, domine la partie nord de la région avec des sommets tels que les djebels Sen alba, Azreg et Zerga. Ce relief influence directement les conditions climatiques et hydrologiques du périmètre d'étude.

I.4.2. Géomorphologie :

Le périmètre de Ben Taïba présente un relief plat à faible pente (inférieure à 3 %), avec des altitudes comprises entre 1 100 m et 1 135 m. Il se compose principalement de terrasses alluviales anciennes et récentes, marquant une emprise historique des oueds. Cette configuration géomorphologique offre des conditions favorables à l'agriculture irriguée.

. I.4.3. Etude géologique :

La géologie est une donnée fondamentale car elle permet de caractériser le substratum du site de l'assiette de la future station d'épuration. La région de DJELFA est une vaste plaine orientée Sud-Ouest/Nord-Est. Dans cette zone sont répondues les formations du crétacé et du plioquaternaire. Au Nord de DJELFA, le crétacé inférieur comprend les grès Barrémien, calcaire et marne de l'Aptien ; grès, marnes et calcaires de l'Albien. Il faut noter que dans cette zone, il y a un affleurement de l'Albien. De DJELFA le crétacé est représenté par le cénomanien et le turonien. Au Sud de DJELFA, il y a une couverture du plioquaternaire sur le crétacé.

I.5. Etude Socio-économique :**I.5.1. Contexte agricole régionale (wilaya) :**

La wilaya de Djelfa dispose d'une grande Superficie Agricole Totale (2,5 millions d'hectares), dominée par les pâturages naturels (plus de 84 %). La Superficie Agricole Utile est modeste (15,14 %), avec une faible proportion de terres irriguées (11,55 %). Cela reflète une économie agricole largement tournée vers l'élevage, en raison des contraintes climatiques et hydriques.

Tableau I.9 : Répartition générale des terres dans la wilaya de Djelfa

Répartition Générale des terres (Ha)	SAT	SAU	SAU en Irrigué	Parcours	ALFA	Exploitations Agricoles
Total wilaya	2 501 093	378 665	43 765	2 122 428	350 798	9 170

Source : DSA Djelfa

Les productions végétales comportent les grandes cultures (céréales et fourrages sur une superficie de 17800 ha), les cultures maraichères sur 9047 ha et l'arboriculture sur 55554 ha. Les cultures céréalières sont cultivées en majeure partie sur des terres d'épandages des eaux de crue, les dayat ou dans des dépressions fermées.

I.5.2. Répartitions générales des terres :

La commune de Charef dispose d'une S.A.T (surface agricole totale) égale à 35 744 ha représentant 60.52 % de la superficie totale communale qui est de l'ordre de 59055 ha. Cette S.A.T est répartie en S.A.U (surface agricole utile) 8 441 ha, dont 786 ha seulement sont en irrigués. Les terrains de l'Alfa n'occupent que 6200 ha, et les Parcours steppiques 20074 ha. C'est une commune pastorale par excellence

Tableau I.10 : Répartitions générales des terres de la commune de Charef

Superficie totale de la commune (ha)	Répartition Superficie agricole totale (Ha)					
	Total	SAU	SAU en irrigue	Parcours	ALFA	Exploitation Agricoles
59055	35744	8441	786	200074	6200	243
%de la SAT	100	23,6151522	2,19897046	56,1604745	17,3455685	0.67983438

Source : DSA Djelfa

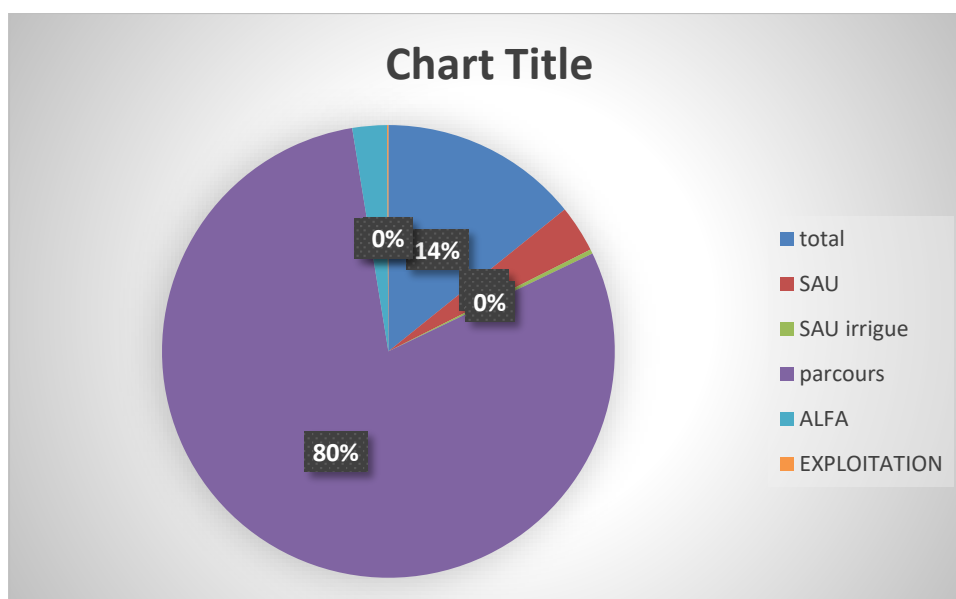


Figure I.10 : Répartition de la surface agricole totale (SAT)

I.5.3. Utilisation de la SAU :

La SAU est dominée par le mode d'exploitation basé sur les céréales/Jachère qui occupe 94.87% de la superficie arable. Hormis l'arboriculture fruitière avec 474ha et 3.25% de la SAU, les autres cultures représentent des proportions insignifiantes

Tableau I.11: Répartition de la SAU de la commune de Charef.

Groupes de cultures	SAU	Céréales	Fourrages	Maraîchage	Arboriculture fruitière	Jachère
Ha	8 441	1720	55	157	274	6 235
%	100	20,38	0,65	1,86	3,25	73,87

Source : DSA Djelfa

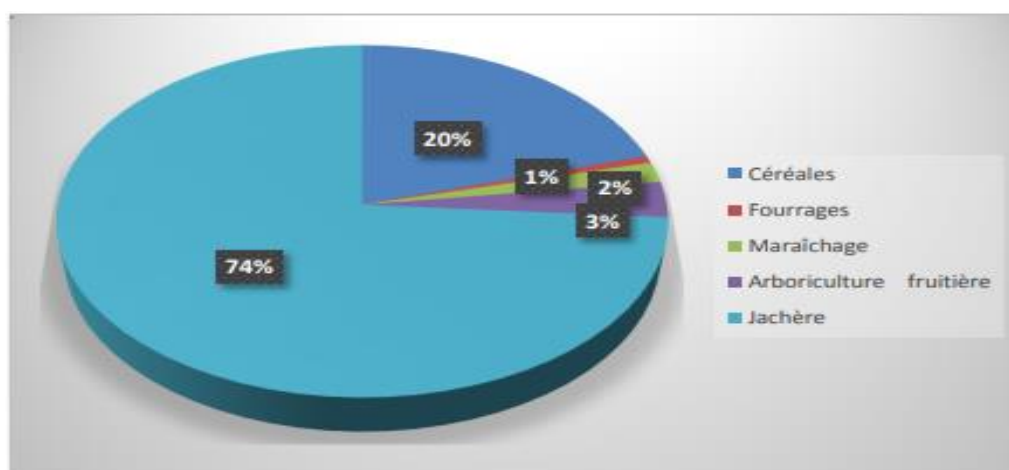


Figure I.11 : Répartition de la SAU de la commune de Charef

I.6.Conclusion :

D'après les données climatologiques mesurées à partir de la station ONM de DJELFA, le calcul de l'indice d'aridité et à la suite de l'interprétation ci-dessus nous avons constatés ce qui suit :

- Le climat de la zone d'étude est de type SEMI ARIDE
- L'écart entre les températures des mois de Juillet
- Août et celles du mois de Janvier atteint les 22°C avec une moyenne annuelle de 14,79°C.
- On distingue deux saisons :
 - ✓ Une saison caractérisée par des températures supérieures à 20°C (de Juin à Août) ;
 - Une saison où les températures ne dépassent pas les 20°C et ne descendent que rarement au-dessous de 5°C. Le pic est atteint au mois de juillet où la température moyenne arrive à 26,04°C.

La vitesse du vent dans la région montre une stabilité tout au long de l'année. En effet, le maximum est atteint au mois de Mai tandis que le minimum est atteint aux mois d'Août et Septembre. La moyenne annuelle étant de 3.58 m/s. Les vents dominants viennent du Nord-ouest et Sud-Ouest. En résumé, la région se caractérise par le vent Sud-Est (Sahli) qui est très chaud et dure, il est suivi par la hausse de la température et favorise le phénomène de l'évaporation.

Caractérisée par un climat semi-aride, la région reçoit en moyenne des pluies faibles. Il fait très chaud en été et très froid en hiver.

Chapitre II

II.1 Introduction

La pédologie est la science qui analyse la formation, l'évolution et les propriétés des sols sous l'influence des conditions climatiques, biologiques et géologiques. Elle joue un rôle clé dans l'évaluation des potentialités et des contraintes des sols pour l'agriculture. Son étude permet de mieux comprendre la variabilité des sols et d'orienter les pratiques culturales vers une utilisation durable des ressources foncières

II.2 Ressources en sol

Méthodologie :

Pour s'assurer de la faisabilité pédologique, l'étude des ressources en sols du présent périmètre, s'est fondée essentiellement sur des résultats d'une prospection pédologique plus fine, afin de dégager leurs répartitions spatiales, ressortir les potentialités et contraintes, ainsi le degré d'aptitude culturale des sols rencontrés sur un support cartographique au 1/20.000ème. De ce fait, l'approche adoptée a consisté à caractériser les sols au moyen de profils implantés selon une maille prédéfinie en vue de donner la réalité sur les sols et les formations superficielles avec l'appui des critères de la classification française des sols (C.P.C.Si , édition 1970) adoptée en Algérie par ANRH. Cette technique de prospection qualifiée systématique nous a conduit au creusement de quatorze (14) profils, soit une densité pédologique d'observation de 01 profil/50 ha. Ces profils ont été échantillonnés et destinés aux analyses au laboratoire du BNEDER. Sur le plan méthodologique, tous les profils décrits et échantillonnés ont été étudiés du point de vue morphologique

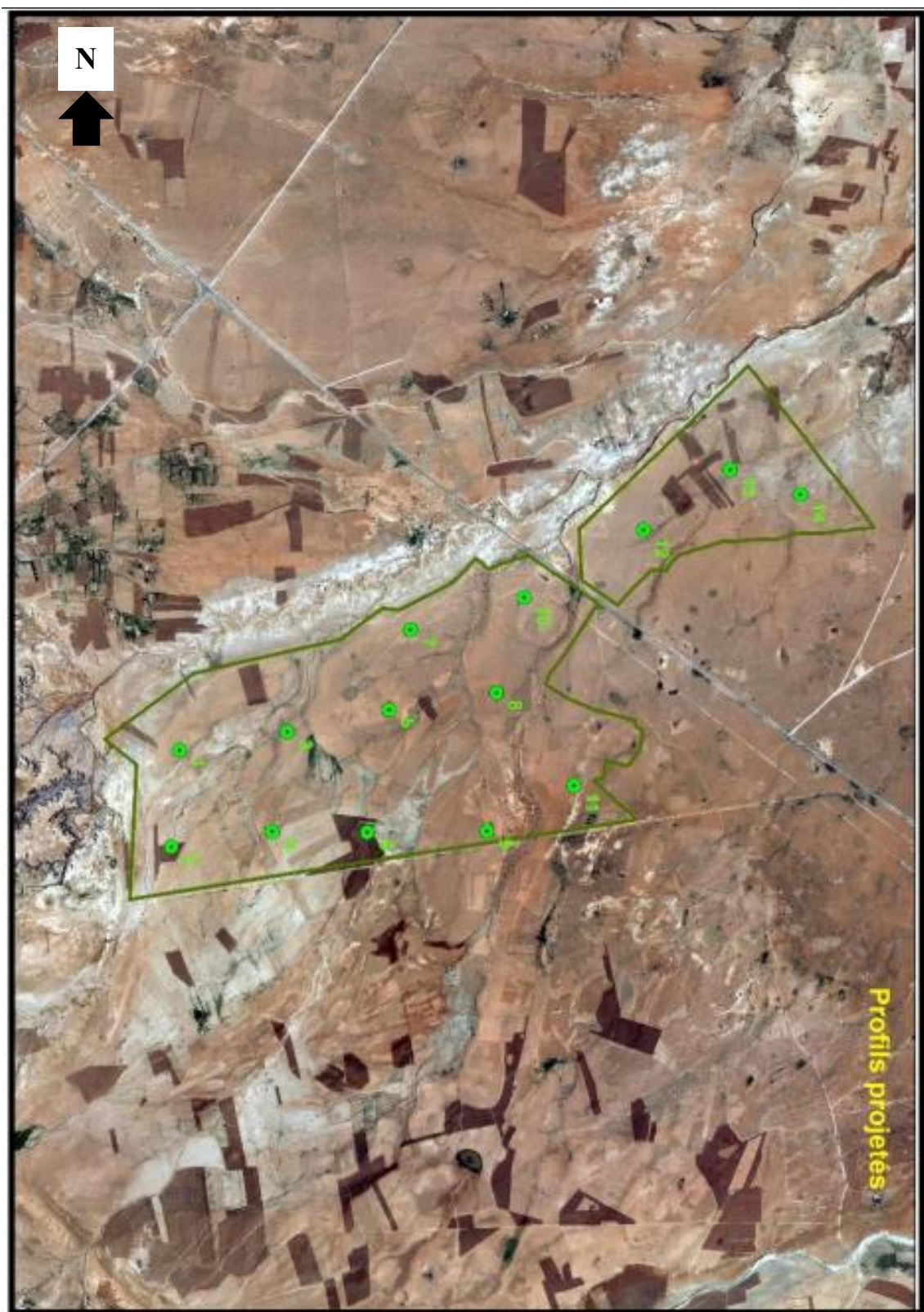


Figure II.1 : Carte d'implantations des profils pédologiques

II 2.1. Etude de sols :**II.2.2.1 Sols peu évolués d'apports alluviales calcaire. (Profils : n° :13)****II.2.2.2. Etude morphologiques**

Sols moyennement profonds, développés sur une lithologie calcaire en pente faible à nulle (0-3%), de profil pédologique de type AC sans jamais d'horizon B. D'aspect de surface caillouteux d'origine alluviale de 1 à 2cm de diamètre. Les profils décrits de cette unité pédologique sont légèrement carbonatés dès la surface faisant une faible effervescence à l'acide chlorhydrique, caractérisés schématiquement du haut vers le bas par :

- Présence d'horizon (horizon A), de 10 à 20 cm d'épaisseur soit une moyenne de 16 cm et de composition granulométrie grossière (limono sableuse) à très rarement limoneuse et moins humifère.
- En dessous de cet horizon, il y a apparition d'horizons composée de dépôts alluviales très peu développés (absence d'altération physique ou chimique) puis une transition nette à un substrat carrément composé de calcaire dur (roche-mère).

II.2.2.3 Description du Profil. type n°13**B.1. Données générales:**

- Géomorphologie : Terrasse alluviale
- Pente : 0-3%
- Occupation du sol : parcours/céréales
- Aspect de la surface : Cailloux d'alluvions d'environ 15%
- Coordonnées WGS 84 E : 02° 44' 23.201" N : 34° 42' 14.986"

II.2.2.4. Description morphologique du profil :

20 – 40 cm : Sec, texture limono sableuse, structure polyédrique moyenne, pas de charge caillouteuse, présence de racines fines, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, poreux, friable, forte effervescence à L'HCl, transition nette.

40 – 70 cm : Sec, texture limono sableuse à sablo limoneuse, structure polyédrique moyenne, pas de charge caillouteuse, présence de quelques racines fines, faible activité biologique, matière organique non décelable, poreux, peu compact, forte effervescence à L'HCl, transition nette.

>70 cm et plus : Calcaire dur.

II.2.2.6 Etude analytiques :

A. Résultats analytiques : Les résultats des analyses physico – chimiques sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.2: Résultats des analyses physico-chimiques de Sol

Commune : Charef		Périmètre : Ben Taïba		
Numéro du profil		P13		
Coordonnées		E : 02° 44' 23.201" N : 34° 42' 14.986"		
Code laboratoire numéro		35	36	37
Horizons		H1	H2	H3
Profondeur en cm		0-20	22-40	40-70
Granulométrie (en %)	A	9.13	3.90	3.67
	LF	11.40	4.10	2.90
	LG	8.70	7.53	5.50
	SF	40.30	40.15	42.18
	SG	30.45	44.32	45.13
Caco3 Total (en %)		11.88	13.63	16
Caco3 Actif (en %)		6.67	7.04	6.13
CEC (en méq /100 g)		5.02	2.05	1.81
PH (au 1/5)		8.26	8.28	8.44
C.Emmhos/cm. (1/5)		0.14	0.24	0.17
C %		0.47	0.17	0.12
MO %		0.81	0.29	0.21

II.2.2.7. Interprétation des résultats et valeur agronomique :

L'interprétation des résultats analytiques à donner lieu au constat suivant :

- Texture :

La texture du profil type de ces sols est limono-sableuse à sablo limoneuse, et cette composition granulométrique à l'avantage de donner une bonne perméabilité, un bon drainage interne, d'une part, un faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants,

d'autre part, l'irrigation est donc obligatoire avec des quantités d'eau plus importantes, après l'amélioration des propriétés physiques de ces sols.

- La conductivité électrique :

Ce paramètre qui permet d'estimer la teneur globale des sels dissous indique que le sol est non salin et ne présente aucun risque pour les plantations agricoles

- La fertilité chimique :

Se caractérise par une très faible capacité d'échange cationique faible ($CEC < 10 \text{ meq/100g}$ de sol) dans tous les horizons, et des teneurs en matière organique non satisfaisante inférieures à 3 % ce qui indique que le sol est non organique.

- Solution du sol :

Dans le profil analysé, les pH sont inférieurs à 8.5 ce qui indique que le sol est très modérément alcalin.

- Le calcaire total : Ces sols sont légèrement calcaires dans tous les horizons et présente ainsi aucun risque pour toutes les cultures.

- Le calcaire actif : Dans tous les profils analysés, ce paramètre se présente en des teneurs faible (inférieure à 7%), ce qui ne présente aucune contraignantes ou risque de chlorose pour les plantations arboricoles.

Potentialités :

La pente faible non contraignant pour l'irrigation et la mécanisation ;

Des pH modérément alcalins, non contraignants ;

Un accès facile au périmètre.

Contraintes :

- Une faible à moyenne profondeur limitée par la croute et/ou l'encroutement calcaire ;

- Une granulométrie dominée par la fraction limoneuse qui confère à ces sols une sensibilité à l'érosion hydrique ;

- Des teneurs en calcaire total et actif contraignantes pour la plupart des espèces arboricoles

-Présence de salinité pour l'unité III ;

- La fertilité chimique est faible.

Les actions à entreprendre pour l'amélioration des conditions physico chimiques du sol :

L'emploi de certaines techniques appropriées on note surtout :

- Défoncement profond de l'encroutement afin d'améliorer la profondeur

-
- L'apport d'engrais (NPK) est impératif, sous forme de fumure de fond nécessaire pour chaque culture
 - L'utilisation rationnelle des engrais acidifiants pour rabaisser le Ph
 - Envisager des espèces résistantes à l'excès des Seles pour l'unité III
 - L'apport de la fumure organique pour améliorer les conditions physiques et chimiques du Sol
 - La pratique des irrigations modernes, à la fois pour, économiser les eaux d'irrigation et diminuer les pertes en engrais et matière organique par lessivage

II.2. 3. Aptitude culturale en irrigué et évaluation des terres :

II.2.3.1. Critères de détermination des aptitudes :

Après avoir caractérisé la couverture pédologique du le périmètre d'étude et les contraintes pouvant entraver sa mise en valeur, il a été procédé à la synthèse de toutes les données exploitées afin d'identifier avec exactitude l'aptitude culturale de chaque type de sols du périmètre. Les cultures dégagées ne peuvent être projetées qu'après les aménagements préalables au niveau du périmètre comme indiqué dans les chapitres qui suivront.

II.2.3.2. Résultats des aptitudes culturales en irrigué du périmètre :

Les aptitudes culturales du sol, conjuguées aux conditions climatiques et aux contraintes hydriques, ont abouti au choix de 2 espèces fruitières rustiques indifférentes aux conditions de sol, résistantes aux rigueurs du climat et adaptées à la situation géographique du périmètre (altitude, latitude). Ces deux espèces les plus recommandées sont l'olivier et le pistachier.

Type de sols	Propriétés physico-chimiques	Culture	Aptitudes culturales		
Sols bruns calcaires à croute et/ou encroûtement calcaire 91.2 ha	– Géomorphologie : Plaines steppiques – Pente : 0-3% – Aspect de surface : Caillouteux – Profondeur : 0-35 – Structure : Polyédrique – Texture : limoneuse à limono sableuse – PH : Modérément alcalin – Calcaire total et actif : Considérable – Salure : Non salé – MO : Non satisfaisante – CEC : Faible	Plantations fruitières	Bonne	Moyenne	A exclure
			Olivier, Grenadier, Amandier Figuier, Pistachier, Abricotier	/	Reste des arbres fruitiers
		Cultures maraîchères	Oignons, Carotte, Laitue, Choux- fleur, poivron, Melon, Pastèque Concombre, pois, Aubergine, épinard, Tomate, Artichaut.	Pomme de terre, carotte, navet	/
		Cultures fourragères, céréalières,	Maïs, blé dur, blé tendre, Orge, Bersim, Sorgo, Arachide	Luzerne	/
Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial calcaire 28.8 ha	– Géomorphologie : Plaine alluviale – Pente : 3-5% – Aspect de surface : Très peu caillouteux – Profondeur : 0-80 – Structure : Polyédrique – Texture : Limono-sableuse – PH : Modérément alcalin – Calcaire total et actif : Considérable – Salure : Non salé – MO : Non satisfaisante – CEC : Faible	Plantations fruitières	Olivier, Grenadier, Amandier Figuier, Pistachier, Abricotier	/	Reste des arbres fruitiers
		Cultures maraîchères	Oignons, Carotte, Laitue, Choux- fleur, poivron, Melon, Pastèque. Concombre, pois, Aubergine, épinard, Tomate, Artichaut.	/	/
		Cultures fourragères, céréalières, et Industrielles	Maïs, blé dur, blé tendre, Orge, Bersim, Sorgo, Arachide	Luzerne	/

II.3. Ressources en eaux :

II.3.1. Hydrogéologie :

Dans la région de Charef les aquifères potentiels sont représentés par :

- Les calcaires, les grès et grès argileux du Barremo - Albo- Aptien d'où émergent des sources aux environs de Charef.
- Les calcaires massifs fracturés à perméabilité en grand du Turonien qui ont fourni des débits assez. Intéressants.
- Les conglomérats, graviers et grès du Mio-plio-quaternaire à porosité d'interstices captés essentiellement par des puits de faible profondeur

II.3.2.1. Les eaux superficielles :

L'aridité du climat et la faiblesse du taux d'humidité, se répercutent sur l'hydrographie de la zone. Il n'existe en effet pas de cours d'eau permanents. L'écoulement des oueds est temporaire ; il est dû essentiellement aux orages et aux très fortes averses.

Le périmètre Ben Taïba est situé dans une zone caractérisée par l'aridité du climat et l'insuffisance des précipitations et des écoulements ce qui signifie que les ressources en eau superficielle sont faibles, et que l'on doit recourir à l'exploitation des eaux souterraines pour satisfaire les besoins en eau du périmètre.

II.3.2.2. Les eaux souterraines :

II.3.2.2.1. Les nappes profondes :

Les ressources en eau des nappes superficielles dépendent des précipitations pour leurs recharges. Le périmètre d'étude est situé dans une zone pauvre en ressource météorique, avec faiblesse et irrégularité des précipitations, ce qui incite à recourir aux nappes profondes pour un développement agricole durable.

II.3.2.2.2. Les nappes profondes :

Dans la zone d'étude, le réservoir aquifère existant le plus exploité est celui des nappes de Mio-pliocène et Turonien. L'ANRH recommande l'exploitation de cette nappe dont les débits des forages varient entre 15 et 30 l/s.

Tableau II.4: Caractéristiques des forages

commune	Le lieu-dit du forage	coordonnées		Debit	Ns	Nd	Profondeur	La nappe Captée
		X	Y	l/s	m	m	M	
Charef	CHAREF-F1	507800	149100		///	///	250	Turonion
Charef	CHAREF- F2	509450	146550	21	31.3	31.96	150	Turonion
Charef	CHAREF-F3(hadjia)	510150	146450	34	40.35	53.53	170	Turonion
Charef	Charef- F4	509750	146800	20	26.1	26.32	144	Turonion
Charef	Hamam-charef- F1	514200	151900	25	8.32	12.25	200	Turonion
Charef	Hamam-charef- F2	514200	151200	20	5.8	17.26	200	Turonion
Charef	Touazi -F2	15674	141872	10	40.67	45.2	250	Moi-pliocene

Source : DRE W. Djelfa 2019

II.3.3. Résultats d'analyse de l'eau :

L'interprétation des résultats d'eau prélevée à partir d'un forage Le plus proche au périmètre Ben Taïba a été faite sur la base de leur comparaison avec les normes

Tableau II.5 : Résultats d'analyse de l'échantillon

	pH	Conductivité Mmhos/cm	Ca++ meq/l.	Mg++ meq/l.	Na+ meq/l.	HCO3- meq/l..	Cl- meq/l..	Résidu sec g/l
Forage HCDS 656312.72 m E 3671379.7 m N	7.52	1.95	11.3	10.52	12.91	3.15	8.08	2.11

Source : Laboratoire d'analyse des sols et eaux (BNEDER)

La Conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau II.6: Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0.25$	Eau de risque faible (salinité)
C2	$0.25 < CE \leq 0.75$	Eau de risque moyen
C3	$0.75 < CE \leq 2.25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2.25$	Eau de risque très élevé

Le calcul du S.A.R donne le résultat suivant :

$$S.A.R = \frac{12.91}{\sqrt{\frac{11.3+10.52}{2}}} = 3 \text{ meq/l..}$$

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

. D'après les le tableau ci-dessus :

CE= 1950 microhos/cm

SAR = 3. meq/l..

Classe : C3-S1

Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre barrage on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

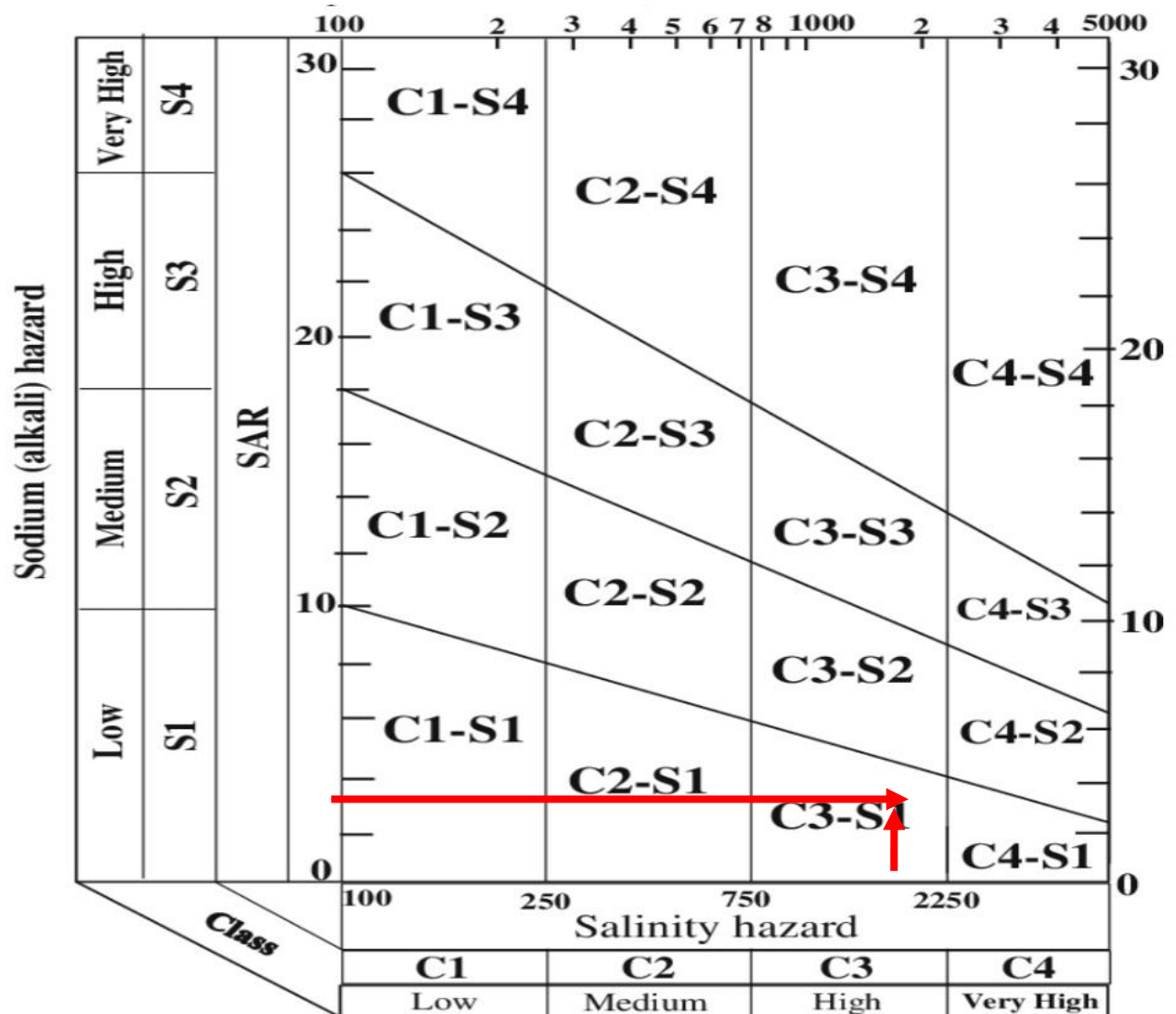


Figure III. 6 : Diagramme de la classification des eaux d'irrigation de l'USSL (1954)

D'après les analyses, il ressort que l'eau prélevée a un pH neutre qui est de 7,55. Il ne constitue aucun risque d'alcalinité pour le sol. L'eau prélevée présente une conductivité de 1.95 Mmhos/cm. Le risque de la salinité est fort. Les résidus secs sont de l'ordre de 3.67 g/l. L'eau de l'échantillon est sévèrement chargée. D'après les résultats obtenus, il nous est permis de dire que cette eau présente de fortes restrictions vis-à-vis de son utilisation pour l'irrigation. Cette eau peut être utilisée pour irrigation dans les conditions suivantes :

- Sol perméable,
- Pratiquer des cultures tolérantes,
- Prévoir une dose de lessivage.

II.4.Calcul de la pluie de projet :**Caractéristiques de la série pluviométrique :****Tableau II.7:**Caractéristiques de la série pluviométrique

Moyen	349.01
Médiane	352.86
Cv	0.347
Ecart-type	86.34
Max	583.47
Min	133.32

II.4.1.Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique**. Tableau II.8**—Résultats du test de Mood

range	Année	Séried'origine	Ns/Ts
1	1981	372.5	+
2	1982	504.69	+
3	1983	133.33	-
4	1984	267.91	-
5	1985	327	-
6	1986	377.57	+
7	1987	349.6	+
8	1988	401.07	+
9	1989	335.73	-
10	1990	409.12	+
11	1991	434.09	+
12	1992	449.15	+
13	1993	288.3	-
14	1994	304.74	-

15	1995	322.11	-
16	1996	433.19	+
17	1997	380.37	+
18	1998	209.19	-
19	1999	371.89	+
20	2000	166.88	-
21	2001	282.95	-
22	2002	248.31	-
23	2003	402.6	+
24	2004	538.46	+
25	2005	382.25	+
26	2006	390.23	+
27	2007	352.84	+
28	2008	355.73	+
29	2009	420.27	+

30	2010	340.78	-
31	2011	472.92	+
32	2012	347.29	-
33	2013	340.94	-
34	2014	346.02	-
35	2015	353.76	+
36	2016	277.66	-
37	2017	222.28	-

D'après les calculs, nous avons :

- M=352.86
- Ts=5
- Ns=17
- n=37

Vérifions les conditions précédentes :

$12.3 < N_s$

$T_s < 5.04$

La condition de Mood est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles est homogène.

II .4.1.1. Ajustement statique des pluies

Pour analyser les données pluviométriques, on utilise des lois statistiques telles que la loi normale et la loi log-normale . Ces méthodes permettent de modéliser les précipitations et de prédire leur comportement dans le temps. Le choix de la loi la plus adaptée dépend du degré d'ajustement aux données observées, influençant ainsi la fiabilité des prévisions hydriques et agricoles.

II.4.1.2. Ajustement à la loi Normale

Les pluies moyennes annuelles ont été analysées à l'aide de lois statistiques d'ajustement, notamment la loi normale. En effet, cette dernière est souvent utilisée pour modéliser des séries climatiques présentant une distribution symétrique autour de la moyenne. Sa fonction de répartition est exprimée par l'équation suivante :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2 \times \pi}} \times \int_{\infty}^u EXP \frac{-1}{2xu^2}$$

Les résultats de cet ajustement sont illustrés dans la figure III.6

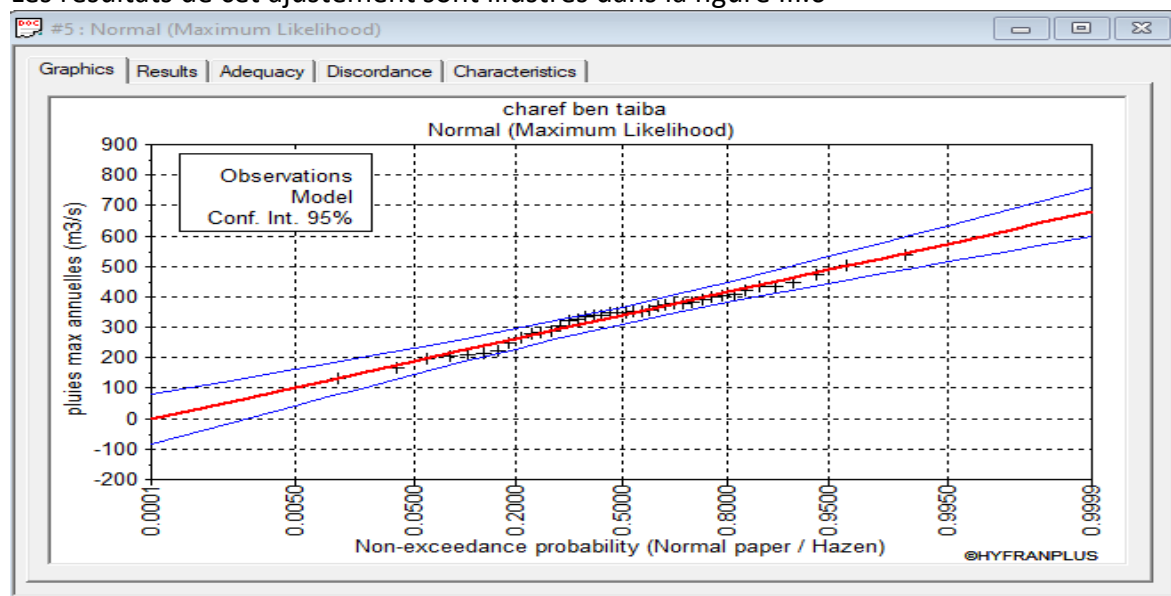


Figure III. 6: Ajustement a la loi normal

II .4.1.3. Ajustement à la loi Log normal :

L'ajustement par la loi log-normal se fait comme suit :

- Les données statistiques des pluies sont rapportées à l'échelle log-normale.

L'équation de la droite de Galton s'écrit comme suit :

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

$X_p\%$: Précipitation probable a P%.

$\overline{\ln(X)}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\delta \ln$: La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta \ln = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(X_i) - \overline{\ln(X)})^2} \quad \text{si } n < 30$$

$$\delta \ln = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(X_i) - \overline{\ln(X)})^2} \quad \text{si } n \geq 30$$

$U_p\%$: variable réduite de Gauss

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de notre station sont dans la figure

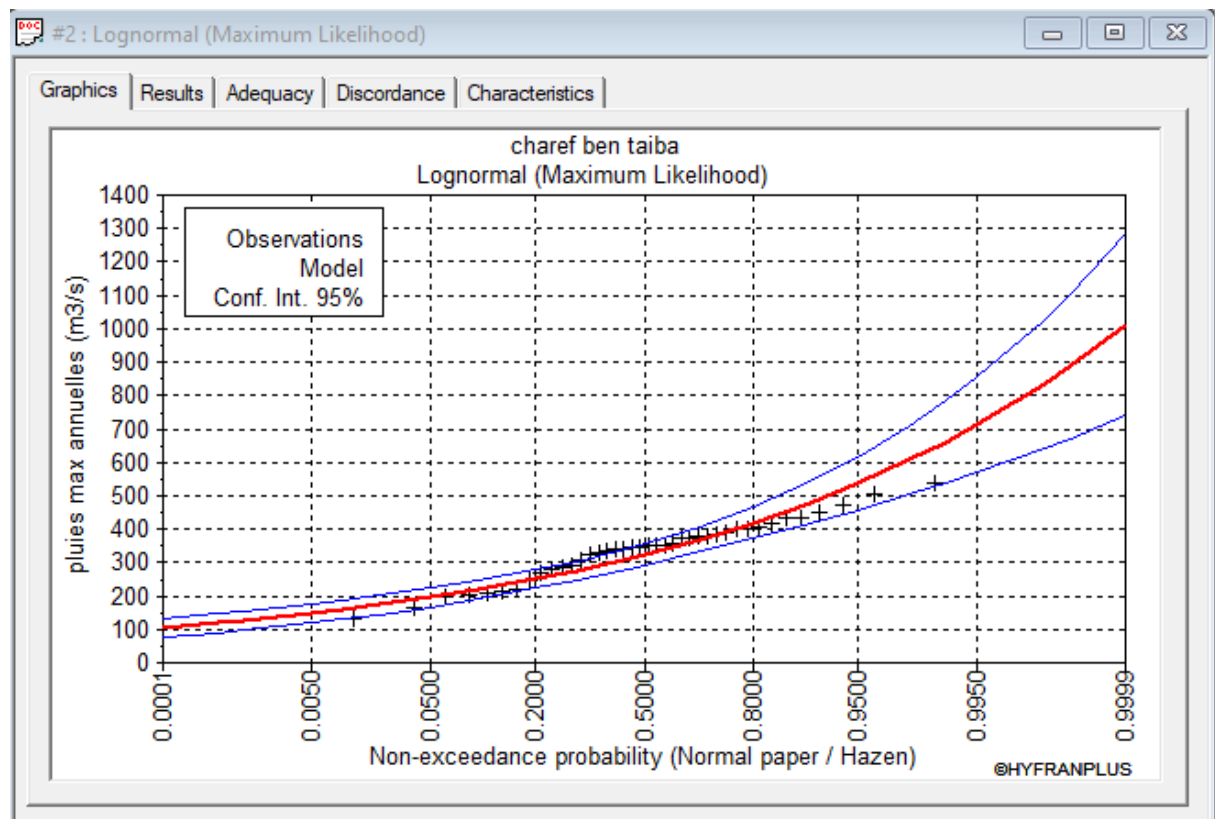


Figure III. 7: Ajustement a la loi Log normale.

II .4.1.4 Test de validité d'un ajustement

Le test du Khi-deux a été utilisé pour comparer la qualité d'ajustement des lois normale et log-normale aux données pluviométriques annuelles. Selon ce test, une loi est jugée adéquate si la valeur du χ^2 calculé est inférieure à celle du χ^2 théorique, pour un seuil de confiance de 5 %. L'analyse a été réalisée sous le logiciel HYFRAN..

Tableau II .9: Test de validité des deux ajustements

Loi Normal	Loi Log-normal
Degrés de liberté = 5	Degrés de liberté = 5
χ^2 calculé = 5.16	χ^2 Calculé = 7.76
χ^2 théorique = 11.07	χ^2 théorique = 11.07

II.4.2Détermination de l'année de calcul

Étant donné que la loi normale s'est révélée être la plus adaptée à la modélisation des données pluviométriques, nous l'avons retenue pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région d'étude.

Le tableau II .9:

présente les estimations des quantiles obtenus à partir de cette loi, permettant ainsi d'identifier les valeurs caractéristiques associées aux différents niveaux de probabilité requis pour la détermination de l'année de calcul.

Tableau II.10: Résultat de l'ajustement

T	q	Xt	Intervalle de confiance
2	0.5	422	389-470
1.25	0.2	326	321-377

La probabilité pour laquelle nous assurons l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80%

$$P_{\text{moy}80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique}20\% \text{ annuel}}}{P_{\text{théorique} 50\% \text{ annuel}}}$$

– P théorique (50%) annuelle = 416

– P théorique (20%) annuelle = 326

$$P_{\text{moy}80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times 0.77$$

Les pluies mensuelles sont calculées dans le tableau II.11

Tableau II.11: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq = 80%)

Mois	sep	oct	nov	Déc	jan	Fév	ma	av	m	ju	jt	a
P moy	32.23	29.8	20.5	24.2	32.8	26.74	28.9	30.9	32.8	16.2	8	20.4
Pmoy 80%	25.784	23.84	16.4	19.68	19.68	21.39	23.1	27.7	26	12.9	6.4	16.32

II.4 Conclusion :

Ce chapitre a permis d'évaluer les caractéristiques des sols et de l'eau d'irrigation dans la zone d'étude (périmètre de Charef). Les sols sont majoritairement sablo-limoneux, avec des propriétés hydriques favorables à une irrigation bien gérée. L'eau du forage analysée appartient à la classe C3-S1, indiquant une salinité acceptable mais nécessitant une gestion adéquate pour prévenir tout risque de détérioration des sols.

Chapitre III

besoin en eau des cultures

III.1) Introduction :

L'aménagement hydro-agricole vise à renforcer l'approvisionnement en eau pour répondre aux besoins des cultures au-delà des précipitations naturelles. Ce chapitre se concentre sur le développement de méthodes de calcul permettant d'estimer avec précision les besoins en eau selon les types de cultures dans le cadre de l'extension du périmètre ben Taïba

III.2. Besoins en eau des cultures :**III.2.1) Besoin en eau du périmètre :**

les besoins en eau du périmètre correspondent à la quantité d'eau à apporter par irrigation pour compenser le manque d'eau naturellement disponible. Leur estimation repose sur l'analyse conjointe des données climatiques, pédologiques et des caractéristiques des cultures. Cette approche permet de définir précisément les volumes d'eau requis pour assurer un bon rendement agricole.

III.2.2) Calcul des besoins en eau :

Pour évaluer les besoins en eau d'un périmètre irrigué, il est essentiel de commencer par déterminer les besoins hydriques de chaque culture. Cela passe d'abord par le calcul de l'évapotranspiration de référence (ET_0). Le déficit hydrique des cultures, représentant leurs besoins en irrigation, est ensuite obtenu à travers un bilan hydrique suivant :

$$Bi = ETM - (Pe_{eff} + R_{Si} - 1)$$

Où :

ETM : représente la valeur de l'évapotranspiration maximale en millimètres (mm), qui est calculée comme suit :

$$ETM = ET_0 \times K_c$$

K_c : est le coefficient culturel de la culture concernée.

Pe_{eff} : désigne la pluie efficace.

R_{Si-1} : fait référence à la réserve utile du sol du mois précédent.

III.2.3) l'évapotranspiration référence:(ET₀ ou ETP) :

L'évapotranspiration de référence (ET₀) représente les pertes en eau maximales d'une surface herbacée uniforme et bien arrosée. Elle sert de base au calcul des besoins en eau des cultures, en multipliant sa valeur par un coefficient propre à chaque espèce végétale (K_c). Cette méthode est largement adoptée dans les études agricoles pour planifier efficacement l'irrigation.

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

III.2.3.1) Les méthodes directes :

Dans cette catégorie , nous distinguons :

- La cuve lysimétrique
- Le bac évaporant

III.2.3.2) Les méthodes indirectes :

Les méthodes indirectes permettent d'estimer l'évapotranspiration à partir de données climatiques. Parmi elles, la méthode de Penman-Monteith est reconnue comme la plus précise. Elle combine bilan énergétique et transfert atmosphérique pour fournir une valeur fiable de l'évapotranspiration de référence (ET₀), essentielle pour la programmation de l'irrigation..

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

ET₀ : Évapotranspiration de référence (mm/jour)

Δ : Pente de la courbe de pression saturante (kPa/°C)

R_n : Rayonnement net à la surface (MJ/m²/jour)

G : Flux de chaleur du sol (MJ/m²/jour)

γ : Constante psychrométrique (kPa/°C)

T : Température moyenne (°C)

u₂ : Vitesse du vent à 2 m de hauteur (m/s)

e_s-e_a : Déficit de pression de vapeur saturante (kPa)

Dans notre étude, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008), qui applique la méthode de Penman-Monteith.

Les résultats obtenus à partir de cette modélisation sont présentés ci-après.

Tableau III.1 : Calcul de l'Evapotranspiration de référence par le logiciel CROPWAT.

Pays : Algérie						
station charef ben Taïba						
Altitude : 950 m		Latitude : 44.44 N			Longitude : 2.00 E	
Mois	Température moyenne(°C)	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation (h)	Radiation MJ/m ² /j	ET0 mm/mois
Janvier	4.85	73	3.8	5.9	10.1	49.62
Février	5.93	68	3.9	6.6	13.0	61.02
Mars	9.26	60	4.1	7.6	17.0	102.54
Avril	12.5	59	4.2	9.2	21.9	130.16
Mai	17.5	60	4.0	9.1	23.1	167.99
Juin	23	59	3.3	9.9	24.9	194.29
Juillet	32.5	55	3.2	9.7	24.2	227.18
Aout	33.2	59	2.9	9.4	22.7	199.41
Septembre	20.81	57	3.0	8.7	19.3	148.80
Octobre	9.29	60	3.1	7.3	14.6	107.64
Novembre	5.69	67	3.4	6.5	11.2	64.49
Décembre	14.79	74	3.7	6.1	9.6	46.95
Moyenne		63	3.5	8.0	17.6	

III.3. Besoins en eau d'irrigation :**III.3.1) Détermination de la Pluie efficace :**

La pluie efficace correspond à la portion des précipitations réellement disponible pour la croissance des plantes. Elle dépend des propriétés du sol et des conditions climatiques. Dans cette étude, elle a été estimée à l'aide de la méthode du pourcentage fixe, selon laquelle la pluie efficace est proportionnelle à la pluie totale, avec un coefficient de perte (A) constant., définie comme suit :

$$\text{Pluie Efficace (mm/mois)} = A \times \text{Pluie Totale (mm/mois)}$$

Où :

A : représente le coefficient de pertes. Dans notre cas, il est supposé constant.

Tableau III.2 : Pluie efficace

Mois	Pluie mm	Pluie 80 % mm	Pluie efficace mm
sep	32.8	25,784	20,6272
oct	26.74	23,84	19,072
nov	28.9	16,4	13,12
dec	30.9	19,68	15,744
jan	32.8	19,68	15,744
fev	16.2	21,39	17,112
mar	8	23,1	18,48
avr	20.4	27,7	22,16
mai	32.23	26	20,8
juin	29.8	12,9	10,32
juillet	20.5	6,4	5,12
aout	24.2	16,3	13,04

III.3.2 : Calcul de la réserve en eau du sol RS_i-1

La quantité d'eau réellement disponible pour les cultures dépend non seulement des précipitations et de l'irrigation, mais aussi des propriétés hydriques du sol ainsi que de la profondeur du système racinaire. Cette disponibilité est exprimée sous forme de réserve en eau du sol (RS) , qui varie au cours du temps selon les apports et les prélèvements:

$$RS_i = K \times RFU_i - 1$$

où :

- K est un coefficient d'ajustement dépendant du climat et du type de culture (valeurs précisées ci-dessous),
- RFU_i-1 représente la réserve facilement utilisable par la plante.

La réserve facilement utilisable (RFU) correspond à la quantité d'eau que les plantes peuvent extraire sans stress hydrique. Elle se situe entre deux seuils : le point de ressuyage (capacité au champ) et le point de flétrissement permanent. Elle se calcule à l'aide de la formule suivante :

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

Avec :

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ (en g/g ou cm³/cm³)
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement permanent (en g/g ou cm³/cm³)
- Z : profondeur d'enracinement de la culture (exprimée en mm)
- Y : coefficient dépendant de la nature du sol (dans notre cas, $Y = 2/3$)
- Da : densité apparente du sol (g/cm³)

Le coefficient K prend différentes valeurs selon les conditions climatiques et le type de culture :

K= 1: pour les mois humides,

K=0 : pour les mois secs,

K=1 \ 2: pour l'arboriculture lorsque l'évapotranspiration est proche de la pluie efficace,

K=1 \ 3 : pour les cultures céréalières et le maraîchage dans les mêmes conditions.

III.4. Choix des cultures :

III.4.1. Les cultures proposées :

La région charef se caractérise par des traditions agricoles orientées vers

Céréales, fourrages et cultures maraîchères. Cela signifie que

Le choix des cultures pour cette région devrait être basé principalement sur les céréales et les légumes.

Marché horticole, en envisageant l'introduction d'autres types de cultures pour assurer Diversité et durabilité de l'agriculture locale. Cultures sélectionnées.

Tableau III.3: les cultures proposées à la zone de ben Taïba.

cultures		Surface en (%)	Surface en (ha)
Céréaliculture	blé	41.6	50
	Orge		
Cultures fourragères	Avoine	12.5	15
Maraichage	Pomme de terre	20.8	25
	Tomate		
	Oignon		
	Ail		
	Carotte		
Arboriculture	Figuier	16.6	20
	Olivier (pleine production)		
Total		100%	120

III.4.2. Assolement des cultures :

L'assolement constitue un outil stratégique pour améliorer la rentabilité et la durabilité des systèmes agricoles. Il repose sur une planification rationnelle de la succession des cultures (maraîchage, arboriculture, céréaliculture, cultures fourragères), adaptée aux contraintes et aux potentialités de chaque exploitation. Cette approche permet de préserver la fertilité des sols, de répartir les charges de travail et d'optimiser l'utilisation des ressources hydriques et agricoles.

L'assolement proposé est détaillé dans le tableau suivant :

Tableau III.4: Les assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Avoine	Orge
Blé	tomate
Ail + Oignon vert	Tomate
Tomate	Oignon
Pomme de terre (AS)	tomate
Carotte	Ail
Figuier	figuier
Olivier	olivier

Tableau III.5 : Calendrier cultural selon l'assolement choisi.

Cultures	Sept	Oct	Nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Céréales												
Blé			←							→		
L'orge			←							→		
Fourrage												
Avoine			←							→		
Maraichage plein champs												
l'oignon sec	←			→								
Tomate							←			→		
pomme de terre AS	←			→								
Carotte	←			→								
Ail		←				→						
Arbres à noyaux												
Figuier	←											→
Olivier	←											→

III.5. Estimation des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau de chaque culture sont donnés dans les tableaux suivant :

Tableau III.6 : Besoins en eau de blé

Mois	P 80%	Peff(mm)	ET0 (mm/mois)	Z(m)	RFU- Théo	KC	ETM	Bi net(mm)
Sep	25,784	20,6272	148,8	0	0			0,0
oct.	23,84	19,072	107,64	0	0			0,0
nov.	16,4	13,12	64,69	0,3	33,6	33,6	0,6	38,8
déc.	19,68	15,744	46,95	0,5	56	16,8	0,8	37,6
Jan	19,68	15,744	49,62	0,6	67,2	28	0,95	47,1
fév.	21,39	17,112	61,02	0,6	67,2	22,40	1,1	67,1
mar.	23,1	18,48	102,54	0,6	67,2	0	1,1	112,8
avr.	27,7	22,16	130,16	0,6	67,2	0	1,1	143,2
Mai	26	20,8	167,99	0,6	67,2	0	1	158,0
Juin	12,9	10,32	194,29	0,6	67,2	0	0,7	136,0
Juillet	6,4	5,12	223,18	0	0			0,0
Aout	16,3	13,04	196,41	0	0			0,0

Tableau III.7 : Besoins en eau d'avoine

Mois	P80%	Peff(mm)	ET0 (mm/mois)	Z(m)	RFU- Théo	KC	ETM	Bi net(mm)
Sep	25,784	20,6272	148,8		0			0,0
oct.	23,84	19,072	107,64		0			0,0
nov.	16,4	13,12	64,69	0,3	33,6	0	0,30	19,4
déc.	19,68	15,744	46,95	0,5	56	16,8	0,50	23,5
Jan	19,68	15,744	49,62	0,6	67,2	28	0,50	24,8
fév.	21,39	17,112	61,02	0,6	67,2	22	0,75	45,8
Mar	23,1	18,48	102,54	0,6	67,2	28	1,10	112,8
avr.	27,7	22,16	130,16	0,6	67,2	18,67	1,10	143,2
Mai	26	20,8	167,99	0,6	67,2	0	1,13	149,8
Juin	12,9	10,32	194,29		0	0	1,05	151,8
Juillet	6,4	5,12	223,18		0			0,0
Aout	16,3	13,04	196,41		0			0,0

Tableau III.8 : Besoins en eau de L'orge

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU-theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
Sep	25,784	20,6272	148,8		0			0,0
oct.	23,84	19,072	107,64		0			0,0
nov.	16,4	13,12	64,69	0,30	33,6	56	0,4	25,9
dec	19,68	15,744	46,95	0,50	56	33,6	0,7	32,9
jan	19,68	15,744	49,62	0,60	67,2	33,6	0,85	42,2
fev	21,39	17,112	61,02	0,60	67,2	22,40	0,95	58,0
mar	23,1	18,48	102,54	0,60	67,2	22,4	1,05	107,7
avr	27,7	22,16	130,16	0,70	78,4	0	1,05	136,7
mai	26	20,8	167,99	0,80	89,6	0	0,87	146,2
juin	12,9	10,32	194,29	0,80	89,6	0	0,75	145,7
juillet	6,4	5,12	223,18		0			0,0
aout	16,3	13,04	196,41		0			0,0

Tableau III. 9: Besoins en eau de l'oignon sec

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU-theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
sep	25,784	20,6272	148,8	0,3	33,6	0	1,1	153,7
oct	23,84	19,072	107,64	0,4	44,8	0	1,1	118,4
nov	16,4	13,12	64,69	0,5	56	0	0,9	58,2
dec	19,68	15,744	46,95	0,6	67,2	0	0,85	39,9
jan	19,68	15,744	49,62		0	0		0,0
fev	21,39	17,112	61,02		0	0		0,0
mar	23,1	18,48	102,54		0	0		0,0
avr	27,7	22,16	130,16		0	0		0,0
mai	26	20,8	167,99		0	0		0,0
juin	12,9	10,32	194,29		0	0		0,0
juillet	6,4	5,12	223,18		0			0,0
aout	16,3	13,04	196,41		0			0,0

Tableau III.10 : Besoins en eau de tomate

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU- theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
sep	25,784	20,6272	148,8		0			0,0
oct	23,84	19,072	107,64		0			0,0
nov	16,4	13,12	64,69		0	0		0,0
dec	19,68	15,744	46,95		0	0		0,0
jan	19,68	15,744	49,62		0	0		0,0
fev	21,39	17,112	61,02		0	0		0,0
mar	23,1	18,48	102,54	0,7	78,4	78,4	0,5	51,3
avr	27,7	22,16	130,16	0,9	100,8	33,6	0,7	91,1
mai	26	20,8	167,99	1,2	134,4	0	0,9	151,2
juin	12,9	10,32	194,29	1,2	134,4	0	0,75	145,7
juillet	6,4	5,12	223,18		0			0,0
aout	16,3	13,04	196,41		0			0,0

Tableau III.11 : Besoins en eau de pomme de terre AS

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU- theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
sep	25,784	20,6272	148,8	0,3	0	0	0,85	126,5
oct	23,84	19,072	107,64	0	0	0		0,0
nov	16,4	13,12	64,69	0	0	0		0,0
dec	19,68	15,744	46,95	0	0	0		0,0
jan	19,68	15,744	49,62	0	0	0		0,0
fev	21,39	17,112	61,02		0	0		0,0
mar	23,1	18,48	102,54		0	0		0,0
avr	27,7	22,16	130,16		0	0		0,0
mai	26	20,8	167,99		0	0		0,0
juin	12,9	10,32	194,29	0,1	11,2	0	0,5	87,1
juillet	6,4	5,12	223,18	0,2	22,4		0,75	147,4
aout	16,3	13,04	196,41	0,25	28		0,85	146,9

Tableau III.12 : Besoins en eau de carotte

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU-theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
sep	25,784	20,6272	148,8	0,3	0	0,85	126,5	94,3
oct	23,84	19,072	107,64	0	0		0,0	0,0
nov	16,4	13,12	64,69	0	0		0,0	0,0
dec	19,68	15,744	46,95	0	0		0,0	0,0
jan	19,68	15,744	49,62	0	0		0,0	0,0
fev	21,39	17,112	61,02		0		0,0	0,0
mar	23,1	18,48	102,54		0		0,0	0,0
avr	27,7	22,16	130,16		0		0,0	0,0
mai	26	20,8	167,99		0		0,0	0,0
juin	12,9	10,32	194,29	0,1	11,2	0,5	97,1	81,0
juillet	6,4	5,12	223,18	0,2	22,4	0,75	157,4	164,9
aout	16,3	13,04	196,41	0,25	28	0,85	151,9	146,5

Tableau III.13 : Besoins en eau d'Ail

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU-theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
sep	25,784	20,6272	148,8		0		0,0	0,0
oct	23,84	19,072	107,64	0,4	44,8	0,5	53,8	24,1
nov	16,4	13,12	64,69	0,4	44,8	0,75	48,5	28,0
dec	19,68	15,744	46,95	0,4	44,8	0,95	44,6	20,4
jan	19,68	15,744	49,62	0,4	44,8	0,95	47,1	0,0
fev	21,39	17,112	61,02	0,4	44,8	0,75	45,8	4,2
mar	23,1	18,48	102,54		0	0	0,0	0,0
avr	27,7	22,16	130,16		0	0	0,0	0,0
mai	26	20,8	167,99		0	0	0,0	0,0
juin	12,9	10,32	194,29		0	0	0,0	0,0
juillet	6,4	5,12	223,18		0		0,0	0,0
aout	16,3	13,04	196,41		0		0,0	0,0

Tableau III. 14: Besoins en eau de figuier

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU-theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
sep	25,784	20,6272	148,8	1,2	134,4	0,7	104,2	72,0
oct	23,84	19,072	107,64	1,2	134,4	0,55	59,2	29,4
nov	16,4	13,12	64,69	1,2	134,4	0,55	35,6	15,1
dec	19,68	15,744	46,95	1,2	134,4	0,55	25,8	1,7
jan	19,68	15,744	49,62	1,2	134,4	0,55	27,3	0,0
fev	21,39	17,112	61,02	1,2	134,4	0,7	42,7	0,0
mar	23,1	18,48	102,54	1,2	134,4	0,75	76,9	48,0
avr	27,7	22,16	130,16	1,2	134,4	0,75	97,6	66,7
mai	26	20,8	167,99	1,2	134,4	0,75	126,0	93,2
juin	12,9	10,32	194,29	1,2	134,4	0,75	145,7	129,6
juillet	6,4	5,12	223,18	1,2	134,4	0,5	111,6	103,6
aout	16,3	13,04	196,41	1,2	134,4	0,5	98,2	77,8

Tableau III.15 : Besoins en eau olivier

mois	p80%	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU-theo	K _c	ETM	Bi net(mm)
sep	25,784	20,6272	148,8	1,5	168	0,65	96,7	64,5
oct	23,84	19,072	107,64	1,5	168	0,6	64,6	34,8
nov	16,4	13,12	64,69	1,5	168	0,6	38,8	18,3
dec	19,68	15,744	46,95	1,5	168	0,5	23,5	0,0
jan	19,68	15,744	49,62	1,5	168	0,5	24,8	0,0
fev	21,39	17,112	61,02	1,5	168	0,6	36,6	0,0
mar	23,1	18,48	102,54	1,5	168	0,65	66,7	37,8
avr	27,7	22,16	130,16	1,5	168	0,7	91,1	60,2
mai	26	20,8	167,99	1,5	168	0,75	126,0	93,2
juin	12,9	10,32	194,29	1,5	168	0,8	155,4	139,3
juillet	6,4	5,12	223,18	1,5	168	0,7	156,2	147,8
aout	16,3	13,04	196,41	1,5	168	0,7	137,5	117,1

III.5.1) Calcul des besoins en eau des assolements

Le calcul des besoins en eau des différentes cultures a été réalisé pour les deux types d'assolement et les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux ci-après . Ils permettent d'évaluer la demande hydrique globale du périmètre selon les combinaisons culturales choisies.

Tableau III.16: Besoin en eau de l'assolement 1.

Mois	blé	Ail	Oignon sec	Pomme de terre	Tomate	Avoine	Carotte	Olivier	Figuier	Total
Sep	0	0	153.7	126.5	0	0	94,3	64,5	72	511
oct.	0	24,1	118.7	45,6	0	19.4	0	34,8	29,4	206,7
nov.	38.8	28	58.2	37,7	0	23.5	0	18,3	15,1	177,8
déc.	37.6	20,4	39.9	11,1	0	24.8	0	0	1,7	123,1
Jan	47.1	0	0	0	0	45.8	0	0	0	71,9
fév.	67.1	4,2	0	0	0	112.8	0	0	0	117,1
mar.	112.8	0	0	0	51.3	143.2	0	37,8	48	362,7
avr.	143	0	0	0	91.1	159.8	0	60,2	66,7	504,4
Mai	168	0	0	0	151.2	154.7	0	93,2	93,2	645,4
Juin	136	0	0	0	145.7	0	81	139,3	129,6	869,7
Juillet	0	0	0	0	0	0	162,9	148,2	103,6	563,7
Aout	0	0	0	0	0	0	146,5	117,1	77,8	488,3

Tableau III.17: Besoin en eau de l'assolement 2.

Mois	orge	ail	oignon sec	pomme de terre	tomate	olivier	figuier	total
Sep	0	0	163.7	126.5	0	64,5	72	511
Oct	0	24,1	118.7	45,6	0	34,8	29,4	206,7
Nov	25.9	28	58.2	37,7	0	18,3	15,1	164,9
Dec	32.9	20,4	39.9	11,1	0	0	1,7	118,4
Jan	42.2	0	0	0	0	0	0	67
Fev	58	4,2	0	0	0	0	0	108
Mar	107.7	0	0	0	51.3	37,8	48	357,6
Avr	136.7	0	0	0	91.1	60,2	66,7	497,9
Mai	146.2	0	0	0	151.2	93,2	93,2	633,6
Juin	145.7	0	0	0	145.7	139,3	129,6	879,4
juillet	0	0	0	0	0	148,2	103,6	563,7
Aout	0	0	0	0	0	117,1	77,8	488,3

III.5.2 Calcul du débit spécifique :

Il est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$Q_s = \frac{(B_{net} \times 1000 \times 10)}{(N_i \times N_j \times E_i)}$$

Avec : Q_s : Débit spécifique (en litres/seconde/hectare ou l/s/ha)

- B_{net} : Besoin net en eau pendant le mois de pointe (en mm/mois)
- N_i : Nombre d'heures d'irrigation par jour (fixé à 22 heures)
- N_j : Nombre de jours dans le mois de pointe (30 jours)
- E_i : Efficience du système d'irrigation (exprimée en décimal, soit 0,75 ou 75 % dans notre cas)

Dans le cadre de cette étude, le calcul des besoins en eau a été effectué pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 1). Le mois de pointe a été identifié comme étant juin, avec un B_{net} de 879.4 mm/mois.

L'application de la formule permet d'obtenir un débit spécifique de :

$$q_s = 4.934 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

Ce débit est largement supérieur à la valeur de référence minimale de 1,5 l/s/ha, ce qui confirme l'adéquation du dimensionnement hydraulique pour satisfaire les besoins en eau durant la période de pointe.

Lorsque le débit spécifique dépasse la valeur de 1,5 l/s/ha, cela peut entraîner un surdimensionnement des conduites, qu'elles soient de refoulement ou à écoulement gravitaire. Un tel surdimensionnement pourrait se traduire par une augmentation injustifiée des coûts d'infrastructure et une inefficience du système hydraulique. Pour pallier cette situation, trois approches peuvent être envisagées afin d'estimer de manière plus rationnelle le débit spécifique :

-Calculer la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures intégrées dans le schéma d'assolement.

-Considérer la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes en eau, afin de garantir une couverture des besoins critiques sans excès généralisé.

-Adopter le débit spécifique de la culture la plus exigeante pendant le mois de pointe, ce qui correspond, dans le cas présent, à la culture de la carotte durant le mois de juillet. Toutefois, pour les besoins de ce projet, nous avons choisi d'utiliser le besoin net en eau de l'avoine pour le mois de mars, qui est de 164,9 mm/mois, comme base de calcul.

Le débit spécifique corrigé est : $q_s = 0.915 \text{ l/s/ha}$

III.5.3 Calcul du débit caractéristique

Le débit caractéristique constitue un paramètre fondamental pour le dimensionnement du système d'irrigation. Il est déterminé à partir de la relation suivante :

$$q_{car} = q_s \times S$$

Où :

- q_s : débit spécifique du mois de pointe, exprimé en litres par seconde par hectare (l/s/ha) ;
- S : superficie nette à irriguer, exprimée en hectares. Dans notre cas, elle est égale à 120 ha.

Cette formule permet d'évaluer le débit total nécessaire à fournir par le réseau d'irrigation durant la période de demande maximale, afin d'assurer une couverture efficace des besoins hydriques des cultures.

$$q_{Car} = q_s \cdot S = 0.915 \times 120 = 109.2 \text{ l/s.} = 0.1092 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.5.4 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

L'estimation des volumes d'eau nécessaires à l'irrigation repose sur le calcul du besoin brut en eau par culture, exprimé en mètres cubes, puis multiplié par la surface occupée par chaque culture.

La formule générale est la suivante :

$$V = B_{brut} \times S$$

Où :

- V : volume d'eau requis pour l'irrigation (en m^3)
- B_{brut} : besoin brut en eau de la culture (en m^3/ha)
- S : surface cultivée (en hectares).

Les résultats obtenus pour chaque culture sont résumés dans le tableau ci-après, offrant une synthèse claire des volumes nécessaires au périmètre étudié.

Tableau III.18 : calcul Besoins totaux

Type de culture	Surface (ha)	Besoins nets (mm)	Besoins bruts (m3 /ha)	Besoins totaux (m3)
Blé	40	704.6	9457.46	286400
Orge en veft	20	695.3	8878.981	126280
Ail	5	76.7	979.459	8505
Tomate	5	439.3	5609.81	29840
Oignon	5	370.2	4727.454	21366.5
Pomme de terre as	5	507.9	6485.883	12231.5
carotte	5	486.7	6215.159	34326.5
Olivier	10	713	9105.01	108000
Figuier	10	605,2	637.1	77333.3
	120ha		Total	625385

III.6 Conclusion

Le périmètre de Ben Taïba dispose d'un potentiel hydrique et édaphique significatif, dont une gestion rationnelle pourrait impulser un développement agricole durable. En effet, compte tenu de la superficie cultivable, les besoins en eau estimés à **625 385 m³** (soit une moyenne de **5 211 m³/ha**) sont couverts par les deux forages exploitant la nappe du Turonien, dont la capacité totale excède les demandes agricoles. La réalisation du projet d'irrigation s'envisage ainsi dans des conditions techniques et ressources disponibles, garantissant sa faisabilité. Ce dispositif représente une opportunité clé pour stimuler l'économie locale et renforcer la sécurité alimentaire de la région,

CHAPITRE IV :

Étude du système d'adduction et de distribution

IV.1 Introduction :

Les réseaux de distribution d'eau sous pression jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de l'efficacité hydrique en agriculture. Structurés autour de canalisations enterrées et de points de livraison réguliers, ces systèmes facilitent l'application de méthodes d'irrigation modernes. Cette étude s'attache à modéliser et optimiser ce type de réseau pour garantir une utilisation rationnelle de l'eau dans un cadre agricole donné.

IV.2 Variantes d'aménagement hydro-agricole :

Le périmètre a une superficie totale équipée de 120 hectares. La distribution de l'eau s'effectue à partir de bassin de stockage surélevés, alimentés par 3 forages spécifiquement réalisés pour ce secteur. L'alimentation du périmètre en eau se fait ensuite par gravité, à travers un réseau d'irrigation de type ramifié

IV.2.1 Réalisation et équipement des forages

Le périmètre de Ben Taïba est alimenté par cinq (3) forages, chacun ayant un débit moyen compris entre 15 et 30 litres par seconde. Ces forages sont équipés d'abris spécifiques. Leur profondeur moyenne varie entre 200 et 300 mètres linéaires.

IV.2.2. Équipement des forages

Les équipements de chacun des (1) forage projeté seront constitués des éléments suivants :

- Une pompe immergée accompagnée de ses accessoires ;
- Une armoire de commande électrique ;
- Un poste transformateur dédié à chaque forage réalisé.

IV.2.3.b Débit d'exploitation (forage 01) :

Le débit optimal d'exploitation est de 30 l/s avec un rabattement maximal de 53 m soit un Niveau dynamique de 93 m. La pompe immergée est installée à la cote -118 m

IV.3 .4 Détermination du débit d'une pompe (forage 01):

Le débit de pompage indiqué correspond aux besoins en eau des cultures, en service continu de 20 heures /jour. Le débit d'une pompe= $Q_p = Q/n_p$

Q_p : le débit individuel de la pompe (en litres/seconde/s)

Q : le débit global requis pour périmètre irrigué (25 l/s)

N_p : nombre de pompe en service (1pompe dans ce cas). Donc $Q_p = 25$ l/s.

IV .3.5 Calcul de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)

La Hauteur Manométrique Totale (HMT) représente la charge que la pompe doit fournir pour permettre le transport du fluide du point d'aspiration au point de refoulement. Elle est exprimée en mètres (m) et se calcule à l'aide de la formule suivante

$$HMT = H_g + \Delta h_p$$

Où :

-HMT : Hauteur Manométrique Totale (en mètre)

-H_g : Hauteur géométrique, définie comme la différence de niveau entre le point
D'aspiration et le point de refoulement

$$H_g = h_a - h_r$$

-h_a : altitude du point d'aspiration (en mètre)

-h_r : altitude du point de refoulement (en mètre)

-Δh_p : Pertes de charge totales dans la conduite (en mètre)

Les pertes de charge totales sont la somme des pertes linéaires et singulières :

$$\Delta h_p = \Delta h_{pL} + \Delta h_{pS}$$

Avec :

Δh_{pL} : Pertes de charge linéaires, dues aux frottements du fluide le long de la conduit

Δh_{pS} : Pertes de charge singulières , causées par les accidents de parcours tels que les
coudes, vannes, élargissements ou rétrécissements

Données générales du forage n°1 :

- Position de la pompe : placée sous le niveau dynamique à une profondeur de -25 m NG, soit une cote réelle de 118 m NGF .
- Longueur totale de la conduite de refoulement : 678,3 mètres linéaires .
- La formule utilisée pour le calcul de la HMT est la suivante :

$$HMT = 118m + \Delta h_p + Alt + Pr - P_c$$

Avec :

118 m : position de la pompe par rapport au zéro NGF

Δh_p : perte de charge

Alt : différence d'altitude entre la tête de forage et le point extrême d'alimentation en eau, exprimée en mètres (avec l'équivalence 1 bar = 10 mce)

Pr : pression requise au robinet ou à la vanne terminale (exprimée en mce). Exemple : si une pression finale de 2 bars est souhaitée, cela correspond à 20 mCE

Pc : compensation éventuelle liée aux conditions locales au captage

IV.3.5.1 Calcul des pertes de charge linéaires

Les pertes de charge linéaires dans une conduite sont provoquées par les frottements du fluide contre les parois internes de la canalisation. Elles se calculent à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta H_l = \lambda \cdot D/L \cdot V^2/2g$$

Où :

ΔH_l : Perte de charge linéaire sur un tronçon (en mètres)

λ : Coefficient de perte de charge, sans dimension (dépend du régime d'écoulement et de la rugosité de la conduite)

L : Longueur du tronçon de conduite (en mètres)

D : Diamètre intérieur de la conduite (en mètres)

V : Vitesse moyenne d'écoulement du fluide (en m/s)

g : Accélération de la gravité terrestre (9,81 m/s²)

IV.3.5.2. Pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières sont provoquées par les accidents de la ligne hydraulique tels que :

Coudes-Vannes-Clapets-Rétrécissements ou élargissements brusques

Ces éléments créent des turbulences qui génèrent des pertes d'énergie. En pratique, ces

Qb pertes sont souvent estimées à 10 % des pertes de charge linéaires , ce qui simplifie le calcul sans nuire à la précision globale.

$$\Delta H_s = 0,1 \cdot \Delta H_l$$

Où :

ΔH_s : Perte de charge singulière (en mètres)

ΔH_l : Perte de charge linéaire correspondante (en mètres)

IV.3.6. Calcul du diamètre de refoulement

Le diamètre de la conduite de refoulement est déterminé à l'aide de la formule de Bonin qui permet de choisir un diamètre économique en fonction du débit :

$$D = \sqrt{\frac{\pi \times Q_b}{4 \times v}}$$

Avec :

D : Diamètre intérieur de la conduite (en mètres)

Qp : Débit unitaire d'une pompe (en m³/s)

v : Vitesse d'écoulement recommandée (généralement entre 1 et 2 m/s pour limiter les pertes de charge et la cavitation)

alors :

$$Q_p = 25 \text{ l/s} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1,1 \text{ m/s (valeur courante utilisée dans les réseaux de pompage)}$$

$$D = \pi \cdot 1,14 \cdot 0,025 \approx 0,0289 \approx 0,170 \text{ m} = 170 \text{ mm}$$

-On adopte donc un diamètre standardisé de 200 mm pour faciliter l'installation et anticiper d'éventuelles augmentations futures du débit.

Après les calculs

Tableau IV.1. : pertes de charges de la colonne de refoulement (forage 01).

Parametre	valeur
Vitesse d'écoulement	0.796 m/s
coefficient λ	0.0116
Pertes de charge linéaires	12.75 mce
Pertes de charge singulières	1.275 mce
Pertes de charge totales	14.03 mce

-Alt = cote de point d'alimentation en eau (bassin) -cote de la tête de forage 01

-point d'alimentation en eau (bassin)=1176.2 m.

-Cote de la tête de forage 01=1170.8 m.

- Donc Alt=6.6 m

-Pr =10m =1bar

- HMT = 118+6.6+14.03+10 =148.63 m.

La HMT est de 148.63 m, soit donc 149 m.

Nous avons réalisé le choix des pompes à l'aide du logiciel Caprari , spécialisé dans la sélection des pompes immergées pour les forages. Ce dernier nous a proposé plusieurs Modèles adaptés, en fonction des paramètres hydrauliques tels que le débit requis et la hauteur manométrique totale (HMT)

Tableau IV.2.: Caractéristiques des pompes disponibles.

N	Q (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	HMT de la Pompe (m)	η %	Vitesse (tr/min)	P abs (KW)	(NPSH)r (m)
01	25.5	149	E9S50	150	78.6	2900	48	4.01
02	27	149	E8S64	154	74.5	2900	54.6	3.64
03	23.5	149	E10S50	146	64.7	2900	52.9	4.98

Le choix deux pompes avec une pompe sécurité est porté sur la variante n°1 pour les raisons technico-économiques suivantes :

- . Nombre de pompes minimal=1.
- . Meilleure Rendement=78.9%.
- . NPSHr est de 4.01 m

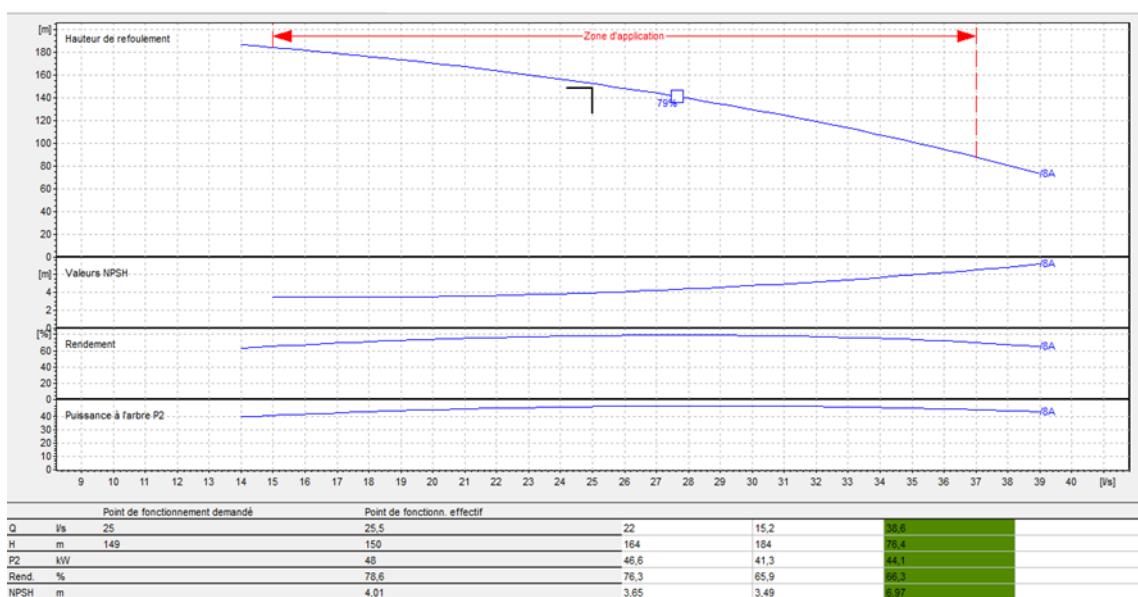


Figure IV.1 : Courbe caractéristique de la pompe.

IV.4 Découpage des îlots d'irrigation**IV.4.1 Taille des îlots d'irrigation :****Tableau IV.3 :** Les différentes Parcelles du périmètre.

N° parcelle	Surface (ha)
1	20.1
2	9.1
3	8.5
4	7.4
5	11.4
6	10.2
7	4.7
8	9.2
9	5.2
10	11.61
11	6.25
12	6.8
13	5.6
14	3.9

IV.4.2 Calcul du débit aux bornes et le diamètre :

Le débit requis pour chaque borne desservant un îlot d'irrigation est calculé à partir de la relation suivante :

$$Q_b = q_s \times S$$

Où :

Q_b : Débit caractéristique de l'îlot (en litres/seconde, l/s)

q_s : Débit spécifique moyen requis pour l'îlot (en l/s/ha)

S : Superficie de l'îlot desservi par la borne (en hectares, ha)

- Choix du diamètre de la borne :

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

Tableau IV.4 : choix les diamètres des bornes

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8 \text{ l/s}$	D= 65mm
$8 < Q < 20 \text{ l/s}$	D= 100mm
$20 < Q < 25 \text{ l/s}$	D= 150mm
$Q > 25 \text{ l/s}$	D= 200mm

Les résultats obtenus après application de cette formule pour chaque îlot sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Les résultats pour chaque îlot

N° ILOT	Surface des îlots (ha)	Débit spécifique (l/s/ha)	débit brut des ilots l/s	Diamètre de la borne mm
1	20.1	0.91	18.291	100
2	9.1	0.91	8.28	100
3	8.5	0.91	7.73	65
4	7.4	0.91	6.73	65
5	11.4	0.91	10.374	100
6	10.2	0.91	9.282	100
7	4.7	0.91	4.277	65
8	9.2	0.91	8.372	100
9	5.2	0.91	4.732	65
10	11.61	0.91	10.56	100
11	6.25	0.91	5.68	65
12	6.8	0.91	6.188	65
13	5.6	0.91	5.09	65
14	3.9	0.91	3.27	65
total	120		108.856	

HMT de la pompe horizontale pour aliment les ilots :

Elle donnée par la formule :

$$\text{HMT} = \Delta Z + \Delta H + \text{Pr} + \text{Pns}$$

ΔZ : différence d'altitude (m)

ΔH : Pertes de charge totales (m)

Pr : pression résiduelle (m) =1 mètre

Pns : pression nominale de service (cas de l'asperseur)=25 mètre

Calcule les pertes de charge dans le ponts favorable b13 jusqu' le réservoir :

-B13-R5 + R5-R4 + R4-N4 + N4-N3 + N3-N2 + N2-N1 + N1-reservoir = 4.10 mètres

-Altitude du bassin 1135m

-Altitude au point d'irrigation favorable 1173m

Différence d'altitude (ΔZ) : 1135 – 1117 =18 m

1. Calcul de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)

HMT= ΔZ + Pertes de charge = 4,1m+25-18+1 = **12,1—13m**

Alors :

Calcul de la puissance (Power) pour une pompe avec :

- HMT = 12,1 mCE
- Débit = 108,7 l/s = 0,1087 m³/s
- Rendement η = 0,7

Formule utilisée :

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta}$$

Avec :

- ρ =1000kg/m³
- g = 9,81m/s²
- Q = 0,1087m³/s
- H = 13m
- η = 0,7

paramètre	Valeur
Débit	108.7 l/s
HMT	13 m
Rendement	0.75

Pour notre Cas en fait 2 pompe en parallèle et une pompe de sécurité qui ont pour but de assure la distribution depuis les réservoir vers les ilots :

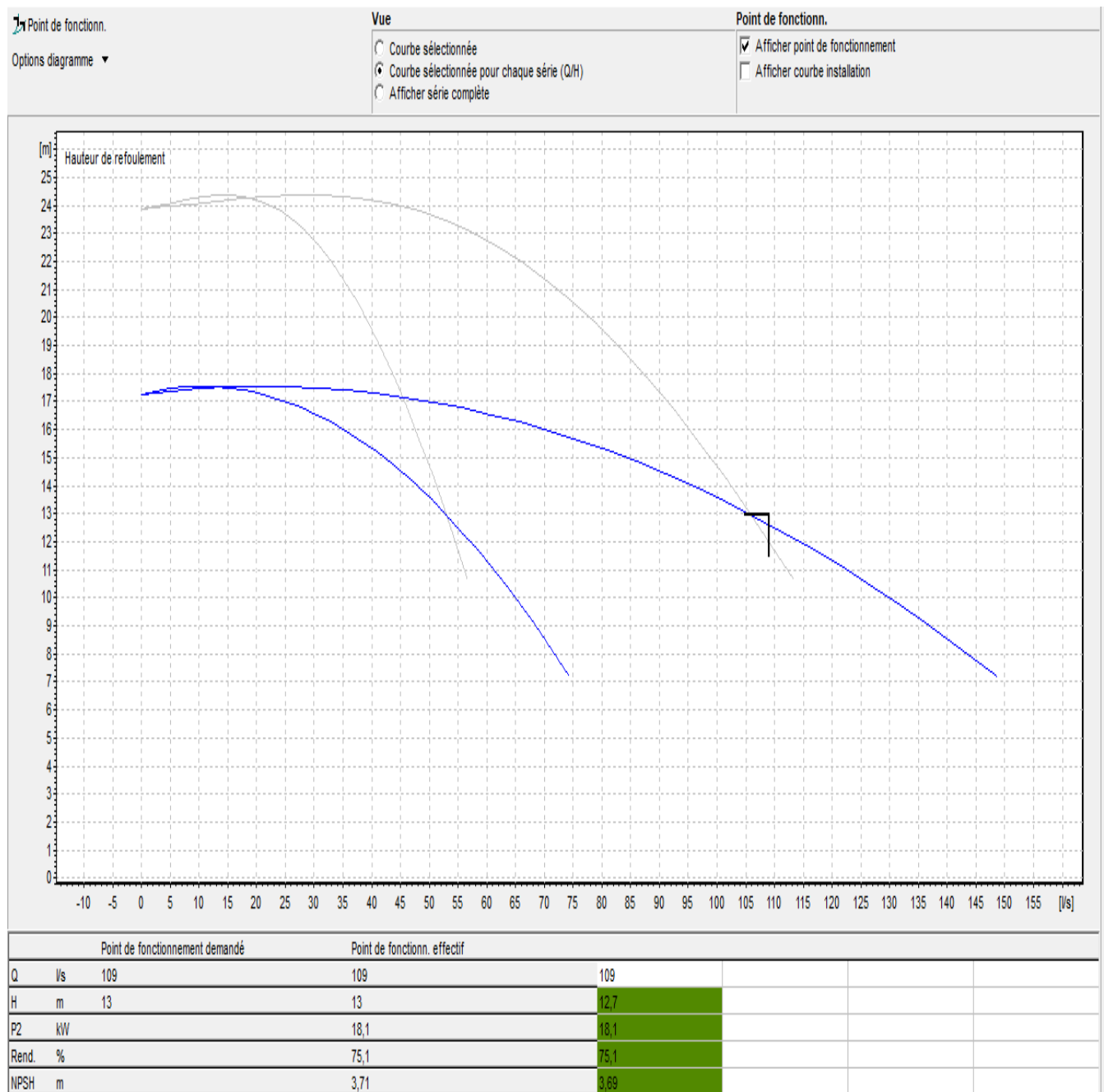


Figure IV.4: Courbe caractéristique de la pompe. (Distribution) (CAPRRI)

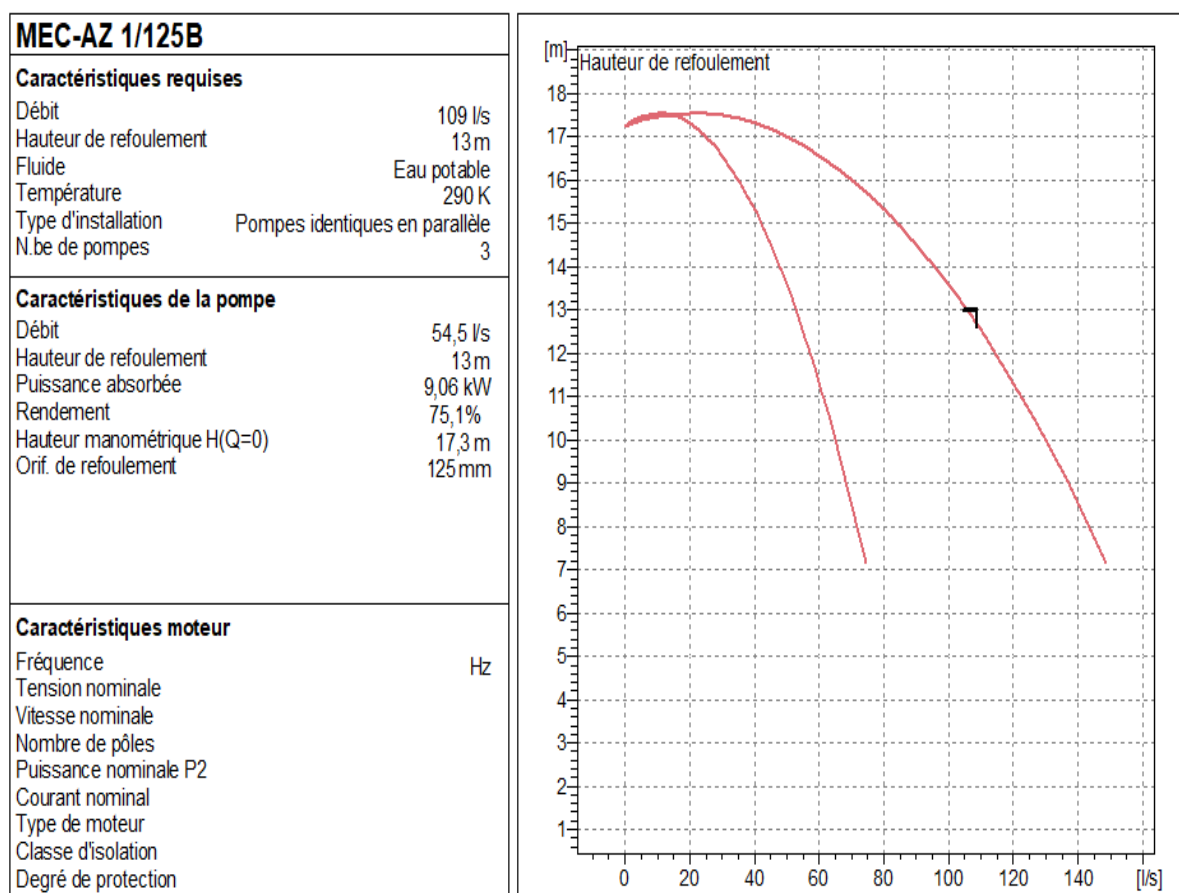


Figure IV.5 : caractéristiques de la pompe choisie

IV .5 calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale) :**Tableau IV .6 : Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale).**

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L (km)	débit Q (l/s)	débit Q (M3/S)	Diamètre calculé (mm)	Diam Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge linéaire ΔHl (m)	Perte de charge total ΔHt (m)	Matériau
ST-N1	66.3	0,0663	108.856	0.10856	342	400	0,86	0.062	0.0682	FONT
N1-B1	52.56	0,05256	18.29	0.0182	140	160	0,91	0.1386	0.15246	PEHD
N1-R1	285.6	0,2856	15.65	0.0156	130	160	0,78	0.55	0.605	PEHD
R1-B2	51.2	0,0512	8.28	0.0082	94	110	0,86	0.175	0.1925	PEHD
R1-B3	202.18	0,20218	7.73	0.0077	91	110	0,81	0.61	0.671	PEHD
N1-N2	587	0,587	74.556	0.0745	283	315	0,96	0.875	0.96	PEHD
N2-B4	51.5	0,0515	9.282	0.0092	100	110	0,97	0.224	0.246	PEHD
N2-R2	181.6	0,1816	17.104	0.0171	136	140	1,11	0.81	0.891	PEHD
R2-B5	199.5	0,1995	10.374	0.0103	105	110	1,08	1.078	1.185	PEHD
R2-B6	237.5	0,2375	6.73	0.0067	85	90	1,05	1.71	1.88	PEHD
N2-N3	272.93	0,27293	48.17	0.0471	225	250	0,96	0.51	0.561	PEHD
N3-B7	49.51	0,04951	4.732	0.0047	71	75	1,06	0.378	0.416	PEHD
N3-R3	227.46	0,22746	12.649	0.0126	117	125	1,03	0.983	1.08	PEHD
R3-B8	43.16	0,04316	8.372	0.0083	95	110	0,87	0.151	0.166	PEHD
R3-B9	184.12	0,18412	4.277	0.0042	67	75	0,95	1.12	1.232	PEHD
N3-N4	393.68	0,39368	30.789	0.0307	182	200	0,98	0.96	1.056	PEHD
N4-B10	44.79	0,04479	6.188	0.0061	81	90	0,96	0.233	0.256	PEHD
N4-R4	32.26	0,03226	24.6	0.0246	163	180	0,97	0.086	0.095	PEHD
R4-B11	51.66	0,05166	5.09	0.0051	74	75	1,15	0.464	0.5104	PEHD
R4-B12	46.43	0,04643	10.56	0.0105	106	110	1,11	0.26	0.286	PEHD
R4-R5	278.5	0,2785	8.95	0.009	99	110	0,94	1.14	1.254	PEHD
R5-B13	43.6	0,2785	5.68	0.0057	78	110	0,6	0.106	0.11	PEHD
R5-B14	37.6	0,2829	3.27	0.0033	60	75	0.75	0.143	0.16	PEHD

IV .5 Vérification par logiciel EPANET

La vérification des pressions et des vitesses au niveau des nœud et borne s'est faite à l'aide du logiciel Epanet les résultats affichés comme suite :

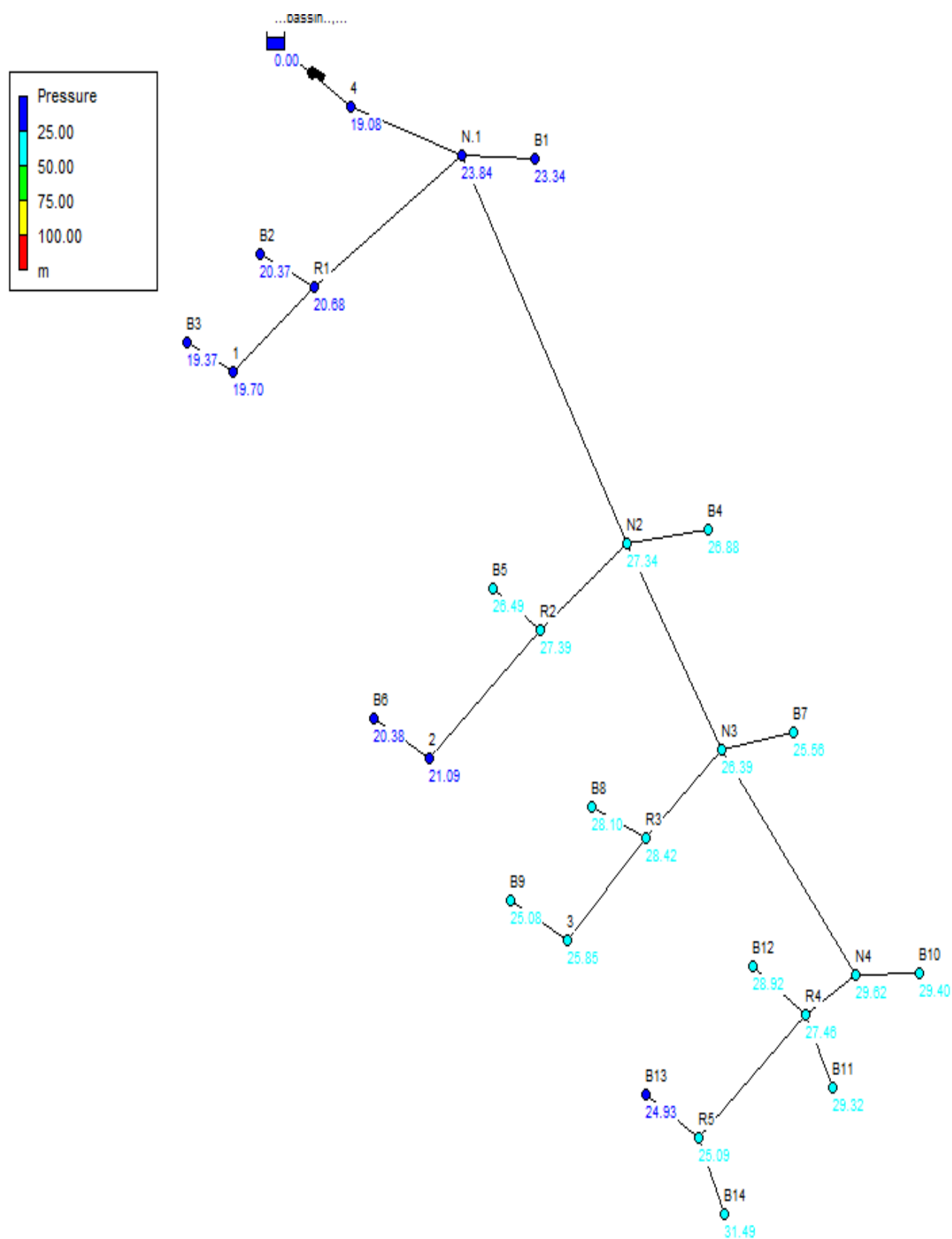


Figure IV.2: les pressions en chaque conduit avec EPANET

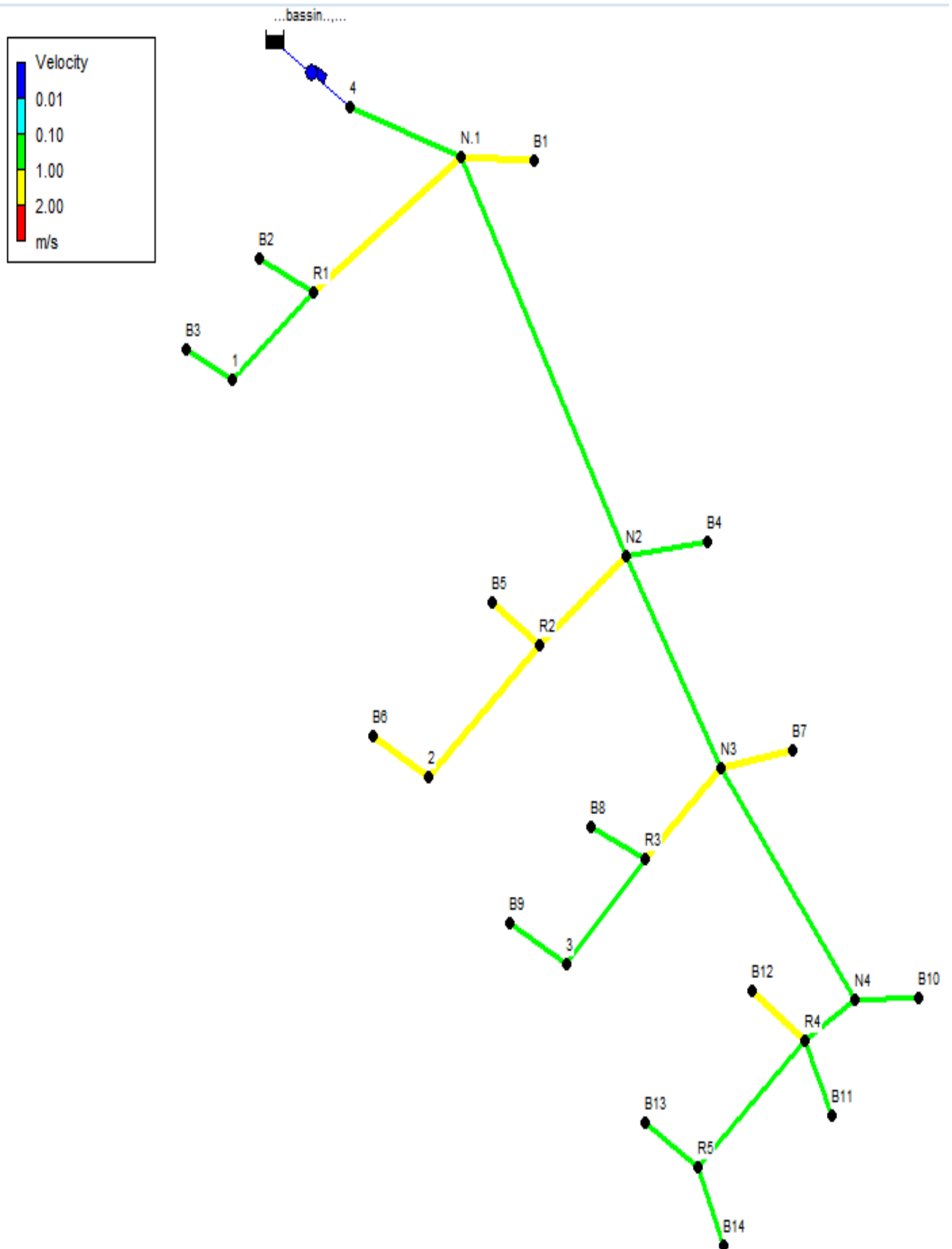


Figure IV.3: les vitesses en chaque conduit avec EPANE T

Le Tableau IV.7: Calculs hydrauliques des pressions

Node ID	Pressure m
Junc 1	23.72
Junc B5	32.33
Junc R2	32.82
Junc R1	24.70
Junc 2	29.44
Junc B6	29.06
Junc 3	29.93
Junc B9	29.17
Junc N3	30.48
Junc B7	29.64
Junc N4	33.80
Junc N.1	27.86
Junc N2	31.40
Junc R3	32.51
Junc R4	31.64
Junc B2	24.39
Junc B3	23.39
Junc B11	33.50
Junc B12	33.48
Junc R5	29.27
Junc B14	35.95
Junc B13	29.11
Junc B10	33.72
Junc B8	32.18
Junc B1	27.36
Junc B4	30.93
Junc st	22.99
Resvr Reservoir	0.00

IV. 9. Conclusion

Dans le cadre de ce chapitre, une étude détaillée a été menée sur les différentes variantes d'aménagement du système d'adduction d'eau, en détaillant les structures et les paramètres essentiels régissant la conception et la gestion d'un tel système. Une attention particulière a été portée aux calculs hydrauliques des canalisations, indispensables pour garantir un fonctionnement optimal du réseau.

Le périmètre étudié a été divisé en 14 îlots d'irrigation, chacun desservi par une borne équipée de dispositifs permettant la commande, la régulation et la mesure du débit. La superficie totale couverte par ces îlots est de 120 hectares. La deuxième phase de l'étude a consisté à réaliser les calculs hydrauliques du réseau de refoulement et d'adduction, permettant ainsi d'évaluer les pressions disponibles aux bornes d'irrigation.

Les résultats obtenus montrent que les pressions sont généralement satisfaisantes, atteignant dans certains cas des valeurs supérieures à 2,5 bars. Cela rend possible l'adoption de systèmes d'irrigation performants tels que l'irrigation goutte-à-goutte, assurant ainsi une utilisation efficace de l'eau et une bonne productivité agricole.

CHAPITRE V :

TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

V.1.Introduction :

L'irrigation consiste à apporter de l'eau de manière artificielle aux cultures afin de compenser les insuffisances des précipitations naturelles. Elle permet ainsi d'assurer un développement optimal des plantes et de garantir des rendements agricoles satisfaisant plusieurs techniques d'irrigation ont été développées, chacune répondant à des besoins spécifiques liés au type de culture. Dans ce chapitre, nous présentons les principales structures et méthodes d'irrigation, avant de sélectionner celle qui convient le mieux au contexte particulier de notre zone d'étude.

Parmi les méthodes courantes, on distingue :

- L'irrigation gravitaire de surface,
- Les systèmes sous pression tels que l'irrigation par aspersion,
- Et l'irrigation localisée, notamment le goutte-à-goutte.

V.2. L'irrigation de surface :

Cette méthode repose sur l'utilisation de la gravité pour acheminer l'eau depuis la source jusqu'aux parcelles cultivées, à travers un réseau de canaux. L'eau s'écoule naturellement de l'amont vers l'aval, et sa répartition dépend principalement de la topographie du terrain ainsi que des caractéristiques hydrauliques du sol (comme le ruissellement, l'infiltration et la remontée capillaire). La distribution se fait sans recours à des équipements mécaniques ou énergétiques, ce qui la rend simple mais dépendante des contraintes naturelles du site.

V.2.1 Irrigation par ruissellement (ou par planches) :

Dans cette approche, la parcelle est divisée en bandes rectangulaires appelées planches, orientées suivant la pente naturelle du terrain. Celles-ci varient généralement entre 5 et 30 mètres de longueur, pour une largeur allant de 50 à 800 mètres. Cette technique convient particulièrement aux terrains dont la pente est inférieure à 0,5 %, ainsi qu'aux sols modérément perméables

Elle est souvent utilisée dans les vergers et autres grandes cultures régulières. Toutefois, la mise en place nécessite une préparation minutieuse et coûteuse des surfaces, ainsi qu'un matériel de nivellement performant et une main-d'œuvre qualifiée. En revanche, elle entraîne des pertes d'eau non négligeables dues à la percolation profonde et au ruissellement excédentaire, ce qui limite son efficacité globale à environ



Figure V.1 : Irrigation par planches

V.2.2 Irrigation par submersion :

Cette méthode consiste à recouvrir entièrement la surface du sol avec une couche d'eau, permettant à celle-ci de s'infiltrer lentement dans le terrain. L'opération commence par un remplissage rapide de la parcelle, suivi d'une phase d'absorption où l'eau pénètre dans le sol.

L'irrigation par submersion est particulièrement adaptée aux zones presque planes, dont la pente ne dépasse pas 0,1 %. Elle est couramment utilisée dans les cultures spécifiques comme la riziculture, où les conditions hydriques élevées sont nécessaires au développement optimal de la plante.

Bien que cette technique soit efficace pour assurer une humidité constante du sol, elle nécessite une importante quantité d'eau et des aménagements spécifiques (comme des digues ou des niveaux très réguliers) pour maintenir l'eau en surface. De plus, elle peut entraîner des risques de compaction du sol ou d'anoxie racinaire si la gestion n'est pas optimale.



Figure V.2 : Irrigation par subemision

V.2.3 L'arrosage à la raie :

L'irrigation à la raie consiste à diriger l'eau vers les pieds des plantes à travers un réseau de petits sillons ouverts, espacés en général entre 0,75 et 1 mètre. Ces sillons, appelés "raies", présentent une pente douce mais régulière pour assurer un écoulement maîtrisé de l'eau. Ils sont tracés selon la ligne de plus grande pente lorsque la topographie est faible (inférieure à 0,2 %), ou obliquement par rapport à celle-ci sur les terrains plus inclinés. Cette méthode convient particulièrement aux parcelles dont la pente varie entre 0,5 % et 4 %. Elle est très utilisée pour des cultures telles que les céréales, le maïs, le coton ou encore la pomme de terre.

Bien que simple d'accès et adaptée à différents types de sols, cette technique requiert une main-d'œuvre qualifiée pour organiser et superviser les opérations d'arrosage. De plus, son efficacité hydrique reste relativement modeste, oscillant généralement entre 40 % et [valeur à compléter] , principalement en raison des pertes par ruissellement ou évaporation.

V.2.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire présente plusieurs atouts, notamment un coût d'investissement relativement modeste, une mise en œuvre simple ne nécessitant pas de matériel sophistiqué, ainsi qu'une facilité d'entretien. Elle permet également un lessivage efficace des sels minéraux dans le sol, sans risque majeur d'érosion si elle est bien gérée.

Cependant, cette méthode comporte aussi certains inconvénients. Elle exige un temps d'arrosage assez long, ce qui peut limiter sa productivité. De plus, elle dépend fortement d'un bon nivellement du terrain, impliquant des travaux préalables coûteux et un entretien régulier des canaux et des sillons.

V.3 : L'irrigation par conduites sous pression :**V.3.1 : Descriptif du réseau :**

Le réseau d'irrigation par conduites sous pression est constitué d'un ensemble de canalisations enterrées, destinées à transporter et distribuer l'eau d'irrigation jusqu'aux différentes parcelles cultivées. Ces tuyauteries sont installées en profondeur pour les protéger contre les dommages mécaniques liés aux activités agricoles ou au passage des engins.

À la surface du sol, des points de prélèvement appelés bornes de prise permettent d'accéder à l'eau stockée dans le réseau souterrain. Leur positionnement est déterminé en fonction de l'organisation spatiale des parcelles et du type de système d'irrigation utilisé. Ces bornes assurent à la fois la sécurité du réseau et un accès pratique lors des opérations d'arrosage. Les conduites principales acheminent l'eau sous pression jusqu'à ces bornes. À partir de celles-ci, l'eau est dirigée vers des tuyaux secondaires, appelés adducteurs ou portes-rampes, généralement disposés le long des limites des champs. Ces adducteurs alimentent à leur tour des tuyaux plus petits, appelés rampes, placés perpendiculairement aux premiers et alignés avec les rangs de culture. Les rampes sont équipées de dispositifs de distribution (pompeaux, buses ou goutteurs), espacés régulièrement, qui permettent d'appliquer l'eau directement au niveau des plantes, sous une pression contrôlée. Cette configuration garantit une répartition homogène de l'eau sur toute la zone irriguée, ce qui contribue à une utilisation efficace de la ressource hydrique et favorise un développement uniforme des cultures.

V.3.2. Composants principaux du réseau**V.3.2.1. Ouvrage de tête**

L'ouvrage de tête constitue le point de départ du réseau d'irrigation, assurant la distribution et le contrôle de l'eau depuis la source. Il est composé des éléments suivants :

-Conduite d'alimentation :

Réalisée en PVC rigide ou en acier galvanisé fileté , installée horizontalement à une hauteur minimale de 60 cm au-dessus du sol Elle est installée horizontalement , à une hauteur minimale de 60 cm au-dessus du sol pour éviter les contaminations et faciliter la maintenance.

Équipements annexes :

-Purgeur d'air : Évacue les poches d'air pour garantir un débit continu.

Valve de contrôle : Régule ou interrompt le flux d'eau (ex. : vanne d'isolement)

-Prises pour injection d'engrais : Deux raccords filetés (1 pouce) connectés à un injecteur d'engrais pour la fertigation.

-Filtre : Filtre mécanique (à gravier, tamis ou disque) pour éliminer les particules solides.

-Hydrocyclone (optionnel) : Séparateur de sable installé en amont en cas d'eau

V.3.2.2. Conduite principale

La conduite principale est la ligne maîtresse du réseau, conçue pour transporter le débit total du système sous des conditions hydrauliques optimales (vitesse et pression contrôlées). Elle relie l'ouvrage de tête aux conduites secondaires.

V.3.2.3. Conduite secondaire

Les conduites secondaires, de diamètre inférieur à celui des conduites principales, redistribuent l'eau vers des zones ou parcelles spécifiques. Elles sont généralement du même matériau que les conduites principales (PVC ou acier galvanisé).

V.3.2.4. Borne de prise

La borne d'irrigation est un organe hydraulique assurant la distribution de l'eau sous pression depuis le réseau collectif vers les parcelles agricoles. Elle permet une régulation précise du débit et de la pression, garantissant une allocation équitable de l'eau aux utilisateurs.

V.3.2.5. Portes-rampes

Les portes-rampes sont des conduites de diamètre réduit par rapport aux secondaires. Interconnectées aux bornes d'irrigation, elles sont posées en surface le long des limites des parcelles. Leur rôle est d'acheminer l'eau vers les conduites latérales pour une distribution ciblée.

V.3.2.6. Rampes

Les rampes sont les éléments terminaux du réseau, de plus petit diamètre. Connectées aux portes-rampes de manière perpendiculaire, elles sont fixées le long des lignes de culture et équipées de distributeurs espacés régulièrement. Elles assurent une application localisée de l'eau aux cultures.

V.3.2.7. Distributeurs

Les distributeurs sont des dispositifs variés permettant une application précise de l'eau :

-Asperseurs : Projettent des jets d'eau en l'air (irrigation par aspersion).

-Mini-diffuseurs : Pulvérisent l'eau en fines gouttelettes.

-Goutteurs : Délivrent l'eau en gouttes continues (irrigation localisée).

-Barboteurs/vannettes : Contrôlent les faibles débits via des ouvertures calibrées.

Ces dispositifs sont adaptés aux besoins spécifiques des cultures et au type de sol.

V.3.3. Équipements à la parcelle

V.3.3.1. Conduites

Les conduites tertiaires, portes-rampes et rampes sont sélectionnées en fonction des débits requis, des matériaux disponibles (PVC, polyéthylène) et des diamètres adaptés à chaque niveau du réseau.

V.3.3.2. Raccords des conduites

Les raccords assurent la connexion entre deux conduites. Ils existent en divers formats, matériaux et diamètres (coudes, té, réducteurs) pour garantir l'étanchéité et la flexibilité du réseau.

V.3.3.3. Dispositifs de contrôle de l'écoulement

Trois catégories de dispositifs régulent le fluide dans le système :

Dispositifs directionnels (vannes) :

Contrôlent le débit, la pression et la direction de l'eau (ex. : vannes d'isolement, vannes de réglage).

Dispositifs de mesure :

Fournissent des données en temps réel (débitmètres, manomètres) pour ajuster les paramètres hydrauliques.

Dispositifs auxiliaires :

Garantissent le bon fonctionnement du système sans intervention directe (purgeurs d'air, soupapes de sécurité).

Synthèse fonctionnelle

Le réseau d'irrigation repose sur une hiérarchie hydraulique claire :

L'ouvrage de tête filtre et dose l'eau.

Les conduites principales et secondaires acheminent le débit global.

Les bornes de prise et portes-rampes redistribuent l'eau vers les parcelles.

Les rampes et distributeurs appliquent l'eau de manière ciblée.

Les équipements de contrôle et de mesure assurent l'efficacité énergétique et hydraulique du système, tandis que les raccords et protections (purgeurs, soupapes) en garantissent la durabilité

V.3.3.4. Dispositifs de contrôle de l'écoulement

Les dispositifs de contrôle de l'écoulement sont des éléments essentiels pour garantir une gestion précise et sécurisée du fluide dans un système hydraulique. Leur rôle est d'assurer que l'eau atteigne sa destination au bon moment, en quantité adéquate (débit souhaité) et sous la pression requise. Ces dispositifs se classent en trois catégories principales :

- Dispositifs directionnels (vannes)
- Dispositifs de mesure
- Dispositifs auxiliaires

V.3.3.5. Filtres

Les filtres protègent le réseau contre les colmatages en retenant les particules solides ou organiques présentes dans l'eau. Leur choix dépend de la qualité de l'eau et des exigences du système.

V.3.3.5.1. Séparateur de sable (hydrocyclone)

L'hydrocyclone utilise la force centrifuge pour séparer les particules lourdes (sable, gravier) de l'eau. Les particules, de densité supérieure à 1,1, sont projetées vers les parois de l'appareil et

s'accumulent dans une chambre de décantation équipée d'un système de purge. Ce dispositif est particulièrement efficace pour traiter l'eau brute issue de forages ou de cours d'eau.

V.3.3.5.2. Filtre à sable (ou à gravier)

Ce filtre consiste en une cuve étanche (généralement métallique) fonctionnant sous une pression maximale de 10 bars . Il contient des sables calibrés (hauteur ≈ 60 cm, soit les deux tiers du volume total) capables d'intercepter les particules en suspension, y compris les éléments organiques (algues, débris végétaux). Son efficacité dépend de la granulométrie du sable et de la vitesse de filtration ($\approx 2,8$ cm/s).

V.3.3.5.3. Filtre à tamis

Constitué d'une toile en plastique ou en acier inoxydable, ce filtre retient les impuretés dont le diamètre est supérieur à la maille de filtration. Pour une performance optimale, la vitesse de passage de l'eau doit être proche de celle observée dans les filtres à sable ($\approx 2,8$ cm/s). Il est souvent utilisé en complément d'autres systèmes de filtration.

V.3.3.5.4. Filtre à disques

Plus performant que le filtre à tamis, ce dispositif intègre des disques superposés avec des rainures microscopiques créant des espaces vides. Ces espaces piègent les impuretés en suspension, même fines, grâce à une surface filtrante plus étendue. Son design compact et sa capacité de filtration élevée en font un choix privilégié pour les systèmes d'irrigation localisée (goutte-à-goutte, micro-aspiration).



Figure V.3 : Les différents types des filtre

V.3.3.6. Injecteurs d'engrais

Les injecteurs d'engrais sont des dispositifs essentiels pour la fertigation, permettant l'intégration précise d'engrais solubles dans le réseau d'irrigation. Ils garantissent une distribution uniforme des nutriments aux cultures, en synchronisation avec les besoins hydriques. Trois types principaux sont couramment utilisés :

V.3.3.6.1. Dilueur :

Le dilueur est un réservoir étanche sous pression conçu pour dissoudre et injecter des engrais solides solubles ou liquides dans le système hydraulique.

V.3.3.6.2. Pompe doseuse :

Les pompes doseuses hydrauliques permettent une injection précise de la solution fertilisante.

V.3.3.6.3. Injecteur Venturi

Ce dispositif repose sur le principe de Venturi, générant une dépression pour aspirer l'engrais. Mécanisme :



Figure V.4 : Les différents types des injecteurs d'engrais

V.3.3.7. Distributeurs d'eau

Les distributeurs d'eau définissent la catégorie et le type d'installation d'irrigation en fonction de leur mode d'application. Trois principaux types de distributeurs sont couramment utilisés :

- Buses à petit orifice
- Distributeurs à vortex
- Labyrinthes à circuit long

Les distributeurs libèrent l'eau selon différents mécanismes :

- Asperseurs : Jets projetés en l'air (irrigation par aspersion).
- Mini-diffuseurs : Pulvérisation fine de l'eau (micro-aspersion).
- Goutteurs : Distribution en gouttes continues (irrigation localisée).
- Barboteurs/vannettes : Écoulements calibrés via des ouvertures précises (ex. : systèmes gravitaires).

V.3.4. Types d'irrigation sous pression**V.3.4.1. Irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion consiste à appliquer l'eau sous forme de gouttes simulées, imitant une pluie artificielle. Cette méthode repose sur des dispositifs de projection alimentés sous pression, tels que les asperseurs, canons ou rampes perforées.

V.3.4.2. Irrigation goutte à goutte (ou micro-irrigation)

L'irrigation goutte à goutte, également appelée micro-irrigation, constitue une méthode avancée d'apport d'eau aux cultures, basée sur une distribution localisée et précise de l'eau au niveau du système racinaire des plantes. Selon Ollié et Poirée (1981), cette méthode regroupe plusieurs systèmes de distribution adaptés à différents contextes agricoles.

V.4. Conclusion

Sur la base des conditions climatiques, des caractéristiques pédologiques et de la disponibilité en eau, deux techniques d'irrigation ont été sélectionnées : le goutte-à-goutte et l'aspersion. Ces méthodes font l'objet d'une analyse comparative permettant de choisir le système le plus adapté au contexte local, en termes d'efficacité hydrique, de coût d'investissement et de productivité agricole

Chapitre VI

Dimensionnement a la parcelle

VI.1. Introduction

La distribution des eaux d'irrigation constitue l'un des trois piliers essentiels du processus d'irrigation. Elle consiste à acheminer l'eau depuis les points d'alimentation (bornes hydrauliques) jusqu'aux plantes situées à l'extrémité des parcelles, selon des systèmes conçus avec précision.

L'objectif principal de ce chapitre est de dimensionner des systèmes d'irrigation performants, notamment les systèmes par aspersion et par goutte-à-goutte, qui présentent l'avantage notable d'assurer une économie efficace de la ressource en eau tout en répondant aux besoins des cultures.

VI.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de plusieurs données de base telles que la superficie de la parcelle, les besoins en eau journaliers, ainsi que le temps maximum d'exploitation par jour.

Le réseau d'irrigation sera implanté sur l'îlot n° 14. La superficie totale de l'exploitation est de 5.6hectares.

Culture : L'olivier

- Espacement entre les arbres : 6 m
- Espacements entre les rangs : 6 m
- Besoins mensuel maximal : 147.87 mm/mois

Caractéristiques du goutteur :

Débit nominal : 4 litres/heure

Pression nominale : 10 mètres de colonne d'eau (mCE)

Espacement des goutteurs : 1 mètre

Nombre de goutteurs par arbre : 2

VI.2.1 – Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

VI.2.1.1 Influence du taux de couverture du sol :

Dans les systèmes d'irrigation goutte-à-goutte, l'eau est appliquée directement au niveau du système racinaire, ce qui réduit considérablement l'évaporation depuis la surface du sol. Pour intégrer cet effet dans le calcul des besoins en eau, on utilise un coefficient de réduction (K_r), fonction du taux de couverture végétale adulte (C_s)

:

$$k_r = C_s + 0.5 \times (1 - C_s)$$

On prendra un coefficient **Kr = 0.8**

Calcul du besoin journalier corrigé (Bjc) :

Le besoin de pointe mensuel est donné comme suit :

ETM pointe = 147.87 mm/mois

On le convertit en besoin journalier brut (Bj) :

$$Bj = \text{ETM}_{\text{pointe}}/30 = 147.87/30 = 4.929 \text{ mm/j}$$

Ensuite, on applique le coefficient de réduction $Kr=0.8$

pour obtenir le besoin journalier corrigé (Bjc) :

$$Bjc = Bj \times Kr = 4.929 \times 0.8 = 3.943 \text{ mm/j}$$

VI.2.1.2 Dose nette pratique :

Une fois les besoins journaliers en eau des cultures calculés, il est indispensable de déterminer la fraction du sol effectivement humidifiée dans la zone racinaire, afin de dimensionner correctement le système d'irrigation.

La dose d'humidification, aussi appelée RFU (Réserve Facilement Utilisable), correspond à la hauteur d'eau nécessaire pour maintenir le sol à un niveau d'humidité optimal, favorable à la croissance des plantes.

$$Dp = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Avec :

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ = 31 %

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement = 16 %

Y : Coefficient d'extraction = 2/3

Z : Profondeur racinaire = 1500 mm (1,5 m)

Da : Densité apparente du sol = 1,4 g/cm³

P : Pourcentage du sol humidifié

$$P = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre = 2

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après la table, on a $Sh = 1\text{m}$.

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre = 6m.

Sa : espacement des arbres sur les rangs = 6m

$$P = P = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1}{6 \cdot 6} = 0.116 = 11.6\%$$

On peut arrondir à 12 % pour un dimensionnement plus sécurisé ou compenser une couverture limitée

$$Dp = (31-16)/100 * 2/3 \times 1500 \times 1.4 \times 0.1 = 20.99 \text{ mm}$$

VI.2.1.3 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

$$Tr = \text{Dosse nette} / Bj$$

$$Tr = \frac{20.99}{3.943} \approx 5.32 \text{ jours}$$

On arrondit à l'entier inférieur pour éviter tout risque de stress hydrique :

$$Tr = 5 \text{ jours}$$

VI.2.1.4 La dose brute réelle:

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$Dr = Bj_m \times Tr$$

$$Dr = 3.94 \times 5 = 19.7 \text{ mm}$$

Alors :

$$D_{brutte} = \frac{Dr}{Eff \times Cu}$$

Avec :

Eff : Efficacité du système d'irrigation = 90 % = 0,90

Cu : Coefficient d'uniformité de l'application = 90 % = 0,90

$$D_{brutte} = 24.32$$

VI.2.1.5 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\Theta = \frac{D_{brutte} \times Sd \times Sr}{n \times Qg}$$

$$\Theta = 18.225 \text{ heures} \approx 19 \text{ heures}$$

1.8 Nombre d'arbre par hectare :

$$N \text{ d'arbre} = \frac{1 \text{ ha}}{s} = \frac{1000}{6 \times 6} = 278 \text{ arbres}$$

VI.2.2. Dimensionnement des canalisations du réseau ;**VI.2.2.1. Nombre d'arbre par rampe :**

$$Na_{rampe} = \frac{Lr}{Ea}$$

$$Na_{rampe} = \frac{130}{6} = 22 \text{ arbres}$$

VI.2.2.2 Nombre des goutteurs par rampe :

$$Ng = \frac{Lr}{Ea} \times 2$$

$$Ng = \frac{130}{6} \times 2 = 44 \text{ goutteurs}$$

VI.2.2.3 Débit d'une rampe :

$$Q_r = Ng \times q_g$$

$$Q_r = 44 \times 4 = 176 \text{ l/h}$$

VI.2.2.4 Nombre de rampes :

$$N_{rampe} = \frac{Lpr}{Er}$$

$$N_{rampe} = \frac{77}{6} = 13, \text{ rampes}$$

VI.2.2.5 Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{rampe} \times N_{rampe}$$

$$Q_{pr} = 176 \times 13 = 2288 \text{ l/h}$$

VI.3 . Calculs hydrauliques**. Conditions hydrauliques**

la variation relative maximale du débit entre deux goutteurs ne doit pas dépasser 10% selon la règle

de Christiansen $\frac{\Delta q}{q(g)} = 10\%$

La variation maximale de la pression

$q = K.H$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta h}{H(n)}$$

Telle que: - $q(g)$: débit nominal du goutteur
- $H(n)$: pression nominale

$$\Delta H_{max} = 2 \text{ mCE}$$

Donc selon la règle de Christiansen 10% ΔH singulières = 0.2 m,

et ΔH linéaire = 1.8 m Donc pour les rampes $2/3. 1.8 = 1.2 \text{ m}$

et Pour le porte rampe = $1/3. 1.8 = 0.6 \text{ m}$

VI.3.1 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes :**a. Diamètre de la rampe :**

Le diamètre d'une rampe est calculé comme suit :

$$D = \left(\frac{P.d.cr \times 2.75}{0.478 \times Q^{1.75} \times Lr} \right)^{\left(-\frac{1}{4.75} \right)}$$

Avec :

Pdc(r) : Perte de charge admissible dans la rampe (1,2 mCE)

Q : Débit de la rampe (176 l/h)

Lr : Longueur de la rampe (130 m)

Ør (cal) : le diamètre de rampes

Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe

$$D = \left(\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 176^{1.75} \times 130} \right)^{\left(-\frac{1}{4.75} \right)} = 12.47 \text{ mm}$$

un diamètre normalisé est : **DN = 16 mm.**

b. Diamètre de porte rampe :

$$D = \left(\frac{P.d.cr \times 2.75}{0.478 \times Q^{1.75} \times Lpr} \right)^{\left(-\frac{1}{4.75} \right)}$$

$$D = \left(\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 2288^{1.75} \times 77} \right)^{\left(-\frac{1}{4.75} \right)} = 28.73$$

Un diamètre normalisé est : **DN = 32 mm**

b. Vérification des pertes de charges

Rampe:

$i = 0.478 * D^{-4.72} * Q^{1.75}$ la perte de charge unitaire

$J = \frac{L}{2.75} \times i$ la perte de charge le long de la conduite en (m)

Où :

- L : la longueur de la conduite ; (m)

- Q : débit (l/h)

- D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau :

Tableau VI.1: Diamètre de la rampe

culture	Lr (m)	Ng	Q(l/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Jcal (m)
L'olivier	77	44	176	12.47	16	0.27

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à la limite admissible fixée 1.2 mce (hr max). On applique le même procédé pour les portes rampes, et on trouve :

Tableau VI.2: Diamètre de la porte rampe

culture	Lr (m)	Nram	Qpr (l/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Jcal (m)
L'olivier	130	13	2288	28.733	32	0.11

La valeur de la perte de charges calculée est une valeur inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les résultats des deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé

la limite imposée par la règle de Christiansen ($\Delta H < 1.8m$)

VI.3.2 Calcul de la pression requise :

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.

$$P(m) = 0.27 + 0.11 + 10 = 10.38 \text{ Mce}$$

$$P = 1.038 \text{ bar}$$

On voit que la pression est estimée à environ 1,2 bar, la pression au niveau de la borne choisie est suffisante pour projeter ce système d'irrigation goutte à goutte.

VI.4 – DIMENSIONNEMENT D'UN RÉSEAU PAR ASPERSION :

VI.4.1 : Données générales :

VI.4.1.1 : Choix de parcelle :

Afin de concevoir le réseau d'irrigation par aspersion, dans l'ilot N° 13 qui s'étend sur une superficie de 3.9 hectares et qui possède les caractéristiques suivantes :

Superficie : 3,9 hectares

Dimensions approximatives : 290 m de longueur × 158 m de largeur

Source d'alimentation : Borne B13

Pression disponible à la borne : 3,95 bars

Perméabilité du sol : 7,5 mm/h, indiquant un sol à perméabilité moyenne

Densité apparente de sol : 1.

VI.4.1.2 : Choix de la culture :

le blé a été sélectionné comme culture référence pour le dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion sur l'îlot n°14. Cette culture nécessite un apport d'eau maximal durant le mois de mai (149,7 mm/mois) et peut être irriguée efficacement avec un temps d'exploitation de 22 heures/jour sur 26 jours/mois . Ce choix permet de concevoir un système adapté aux réalités agricoles et économiques du périmètre étudié.

VI.4.2.Calcul de la Dose pratique :

Elle calculée comme suit :

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

RFU : Réserve Facilement Utilisable (en mm)

Y : Coefficient d'extraction de l'eau du sol (2/3)

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ (18 % = 0,18 cm³/cm³)

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement (8 % = 0,08 cm³/cm³)

Da : Densité apparente du sol (1,4 g/cm³)

Z : Profondeur d'enracinement (60 cm = 0,6 m)

$$RFU = (0,18 - 0,08) \times 1,4 \times 0,6 \times \frac{2}{3} = 56 \text{ mm}$$

VI.4.3. Dimensionnement de l'asperseur :**-Choix du diamètre de l'ajutage (buse de l'asperseur)**

La perméabilité du sol K= 7.5 mm/h

On pose $p \leq k$ tel que p est la pluviométrie de la buse.

Formule utilisée pour le calcul du diamètre de la buse ::

$$p = \frac{1,5 \times d}{1,04}$$

Alors :

$$d = \frac{1,04 \times 7}{1,5} = 5,18$$

D'après les indications fournies dans la Fiche Perrot – Nouvelle édition , un diamètre de buse de 5 mm est adopté, fonctionnant sous une pression de 2,5 bars .

-calcul de la portée du jet :

Calcule par l'équation suivant :

$$L = 3 \times d^{0,5} \times h^{0,25}$$

d : Diamètre de la buse en millimètres

h : Pression à la buse en mètres de colonne d'eau (mCE)

$$L = 3 \times 5^{0,5} \times 25^{0,25} = 15$$

-Écartement entre les rampes et les arroseurs

Selon les normes américaines d'irrigation , l'écartement maximal entre les lignes d'arrosage et les asperseurs dépend principalement de la vitesse du vent , un facteur influençant l'uniformité

de distribution de l'eau.

Les recommandations générales sont les suivantes :

Écartement entre lignes (El) :

compris entre 1 et 1,3 fois la portée effective de l'asperseur (L) .

Écartement entre asperseurs sur la rampe (Ea) :

compris entre 0,6 et 1,02 fois la portée L .

Paramètres retenus pour notre étude :

En tenant compte des conditions locales de vent , les valeurs suivantes ont été adoptées :

Portée de l'asperseur : L = 15 m

Écartement entre lignes : $El = 1.2 \times L = 1.2 \times 15 = 18\text{m}$

Écartement entre asperseurs sur la rampe : $Ea = 0.8 \times L = 0.8 \times 15 = 12\text{m}$

VI.4.4 Vérification de la pluviométrie ($P < k$) :

Calcul du débit de l'asperseur (Q) :

La formule générale utilisée est la suivante :

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Avec :

-d : diamètre de la buse = 5 mm = 0.005 m

-g : accélération de la gravité = 9.81 m/s²

-h : hauteur manométrique = 2.5 m (correspondant à une pression de 2.5 bars)

Résultat obtenu :

$$Q = 0.0004129 \text{ m}^3/\text{s} = 1.486 \text{ m}^3/\text{h}$$

La pluviométrie horaire P (en mm/h) est donnée par la relation suivante :

$$P = \frac{Q \times 1000}{El \times Ea}$$

Où :

- Q : débit de l'aspenseur = 1.486 m³/h
- El : écartement entre lignes = 18 m
- Ea : écartement entre asperseurs = 12 m

$$P = \frac{1.486 \times 1000}{El \times Ea} = 6.88 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi va assurer une pluviométrie $P \leq K = 7.5 \text{ mm/h}$.

VI.4.5 Paramètres d'arrosage :**VI.4.5 .1 Calcul du tour d'eau :**

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{dose } p \times N_j}{B_{bp}}$$

Tel que :

- Dose nette pratique = 56mm
- $N_j = 26$ jours
- Besoin de pointe = 149.7mm

Donc :

$$T_{\text{eau}} = \frac{56 \times 26}{149.7} = 9.7 \text{ jours}$$

Donc le nombre d'irrigation sera égal à 3 irrigations par mois, soit chaque 10 jours.

Efficience d'irrigation = **0.75**

Besoin journalier = $149.7/30 = 4.99$ mm

La nouvelle dose réelle = $10 \times 4.99 = 49.9$ mm

La nouvelle dose brute = $72.75/0.75 = 66.53$ mm

VI.4.5.2 Temps d'arrosage :

$$T = \frac{\text{dose-brute}}{p}$$

$$T = \frac{66.53}{6.88} = 10 \text{ Heures}$$

VI.4.5.3 Calcul du débit d'équipement :

$$Q = \frac{S \times B \times 10}{N_j \times T_a \times \eta}$$

- Q : Débit requis (en m^3/h)
- S : Surface à irriguer (en ha)
- B : Besoin net de pointe mensuel (en mm/mois)
- N_j : Nombre de jours d'arrosage par mois (en jours)
- T_a : Temps d'arrosage quotidien (en heures/jour)
- η : Efficacité d'application de l'eau (en %), généralement entre 75 et 95 %

$$Q = \frac{3.9 \times 149.7 \times 10}{26 \times 14 \times 0.75} = 21.38 \text{ m}^3/$$

VI.4.6 Calcul hydraulique :**VI.4.6.1 Dimensionnement hydraulique des rampes :**

Pour le dimensionnement :

- Longueur : $\approx 290\text{m}$

- Largeur : $\approx 158\text{m}$

a) La longueur de la rampe :

$$L_r = \frac{\text{largeur du terrain}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

$$L_r = \frac{158}{2} - \frac{12}{2} = 73 \text{ m}$$

b) Le nombre d'asperseurs par rampe :

$$N_{asp/rampe} = \frac{L_r}{Ea}$$

$$N_{asp/rampe} = \frac{73}{12} = 7 \text{ asperseurs}$$

- Débit de la rampe :

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times N_{asp}$$

$$Q_{rampe} = 1.48 \times 7 = 10.36 \text{ m}^3/\text{s} = 2.87 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Calcul du Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}}$$

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

On suppose que $v = 1.5 \text{ m/s}$

On trouve $D_r = 49 \text{ mm}$ on prend $D_r = 50 \text{ mm}$

$$v = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = 1.2 \text{ m/s}$$

VI.4.6.2. Dimensionnement de la porte rampe :**Longueur de la porte Rampe :**

$$L_{pr} = L - \frac{Er}{2} = 290 - \frac{18}{2} = 281$$

Nombre de rampe :

$$N_{ramp} = \frac{281}{18} = 16 \text{ rampe}$$

Débit de porte rampe :

$$Q_{pr} = \frac{Q_{asp} \times N_{asp}}{rampe \times N_{rampe}} = 0.046 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}}$$

Avec :

On suppose que $v=1.5\text{m/s}$ et on calcule D_{pr} . $D_{pr}=197\text{mm}$

On prend le diamètre normalisé 200mm.

VI.4.6.3 Calcul des pertes de charge :

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

$$J = \left(\frac{3.592}{ch} \right)^{1.852} \times \frac{L}{d^{4.87}} \times Q^{1.852}$$

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.

Pour la rampe on a : $L=73 \text{ m}$, $D=0.050 \text{ m}$, $Q=2.87 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ Pour la porte rampe on a : $L=281 \text{ m}$, $D=0.200 \text{ m}$, $Q=0.046 \text{ m}^3/\text{s}$

Tableau VII..3: Résultat du calcul pratique d'aspersion.

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	281	73
Diamètre (mm)	200	50
Débit (m ³ /s)	0.046	2.87×10^{-3}
Perte de charge totale(m)	3.3	1.2

VII.4.7 Calcul de la pression en tête du réseau

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

H :Pression à la tête de la parcelle

H_1 : Pression requise pour le bon fonctionnement d'un asperseur = 25 mCE (2,5 bars)

H_2 : Perte de charge totale dans le réseau (linéaire + singulière) = 4,5 mCE

H_3 : Dénivelée entre la borne et le point le plus haut = 0,6 mCE

$$H=25+4,5+0,6=30,1 \text{ mCE}=3,01 \text{ bars}$$

$H= 3.01$ bars, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de plus de 3.59 bars.

VII..5) .Conclusion

Ce chapitre a porté sur le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation :Le système par aspersion , appliqué à la culture du blé , en tenant compte de la perméabilité du sol et de la vitesse du vent .

Le système goutte-à-goutte , utilisé pour une parcelle de olivier , en fonction des besoins en eau , du taux de couverture végétale , et des propriétés du sol.

Les deux systèmes ont été dimensionnés pour assurer une distribution efficace de l'eau , sans ruissellement ni gaspillage.

L'aspersion convient mieux aux grandes surfaces, tandis que le goutte-à-goutte est plus adapté aux cultures pérennes exigeant une grande précision hydrique.

Chapitre VII :

« Organisation de chantier et estimation
du cout du projet ».

VII .1Introduction

L'étude économique d'un projet constitue une étape essentielle et indissociable de son étude technique. C'est en effet à travers cette analyse qu'il est possible d'évaluer sa rentabilité , sa viabilité financière et sa faisabilité globale .

Dans le cadre de notre travail, nous présentons une estimation générale du coût de réalisation d'un réseau d'irrigation localisée sur un périmètre de 120 hectares, situé dans la région de Charef . Cette étude vise à fournir des éléments de décision utiles pour la mise en œuvre d'un système d'irrigation adapté aux contraintes agricoles, climatiques et économiques de la zone étudiée.

VII.2. Travaux concernant les forages et les conduites de refoulement :

Le forage a été effectué suivant les phases ci-après exposées :

Phase I.

- Amenée et repli du chantier
- construction plateforme bassin rigoles
- construction de l'avant puits

Phase II.

- Forage de reconnaissance en $\varnothing 12'' \frac{1}{4}$ de 10 m à 250 m.
- amenée équipe de diagraphie
- Enregistrement diagraphie
- essai de nappe a blanc
- Elargissement en $\varnothing 12'' \frac{1}{4}$ de 10 m à 250 m.
- Elargissement en $\varnothing 17'' \frac{1}{2}$ de 10 m à 250 m.
- travail dans des conditions anormales

Phase III.

- tube plein inox 12" Ep .05mm 95metre
- tube crépine Johnson 12" slot 20 ep.05mm 54 mètre
- cône raccordement 12" X8 $\frac{5}{8}$ " 1 mètre
- tube plein inox 8 $\frac{5}{8}$ " Ep 05mm 24 mètre
- tube crépine Johnson 8 $\frac{5}{8}$ " slot 20 ep.05mm 76 mètre
- Mise en place du gravier siliceux roulé d'une et injection par gravité dans l'espace annulaire (quantité totale 20 m3, diamètre 2-4 mm).
- cimentation l'espace annulaire 2m3

Phase IV.

- Nettoyage du puits par injection de l'eau claire
 - Développement du forage à l'air-lift par compresseur 24 bars avec tube d'eau à 200 m et tube d'air à 210 m.
 - Traitement du forage à l'Héxamétaphosphate (quantité totale injectée 300 Kg)
- de 06 h de pompage pour chaque palier.
- mise a disponible chantier de pompe

- pompage effectif (essai de débit)
- Observation de remontée de nappe
- analyse physico-chimique d'un échantillon d'eau
- réalisation de l'endoscopie
- rapport fin de sondage
- Fermeture du forage avec une plaque soudée d'épaisseur 06 mm.
- construction d'un abri de forage 4*5*3 m

Equipement hydraulique et électrique :

Elle assemble le matériel suivant : Colonne montante, tête support forage, clapet anti-retour, vanne, compteur, ventouse manomètre, armoire et câbles électriques, pompe, câbles et sonde et tube piézométrique.

VII.3 – Volumes des travaux**VII.3.1 – Travaux de terrassement**

Les travaux de terrassement constituent une étape essentielle dans la réalisation des réseaux d'irrigation enterrés. Le calcul des volumes permet de déterminer :

- La quantité de sol à excaver,
- Le volume de remblai nécessaire,
- Et l'excès de terre à évacuer.

VII.3.1.1 – Calcul du volume de terrassement**Largeur de la tranchée (B) :**

La largeur de la tranchée est déterminée en fonction du diamètre extérieur de la conduite (d) , avec un espace suffisant pour permettre une mise en place correcte et réaliser les raccordements nécessaires :.

$$B=d+0.6 \quad (\text{en mètres})$$

Où :

- B : Largeur de la tranchée (m)
- d : Diamètre extérieur de la conduite (m)

Profondeur de la tranchée (Htr) :

- La profondeur totale de la tranchée intègre trois éléments essentiels :
- L'épaisseur du lit de pose (e),
- Le diamètre de la conduite (d),
- La hauteur de protection au-dessus de la conduite (h)

.

$$Htr=e+d+h$$

Où :

- Htr : Profondeur totale de la tranchée (m)
- e : Épaisseur du lit de pos

-d : Diamètre extérieur de la conduite (m)

-h : Hauteur de couverture souhaitée au-dessus de la conduite

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

Où :

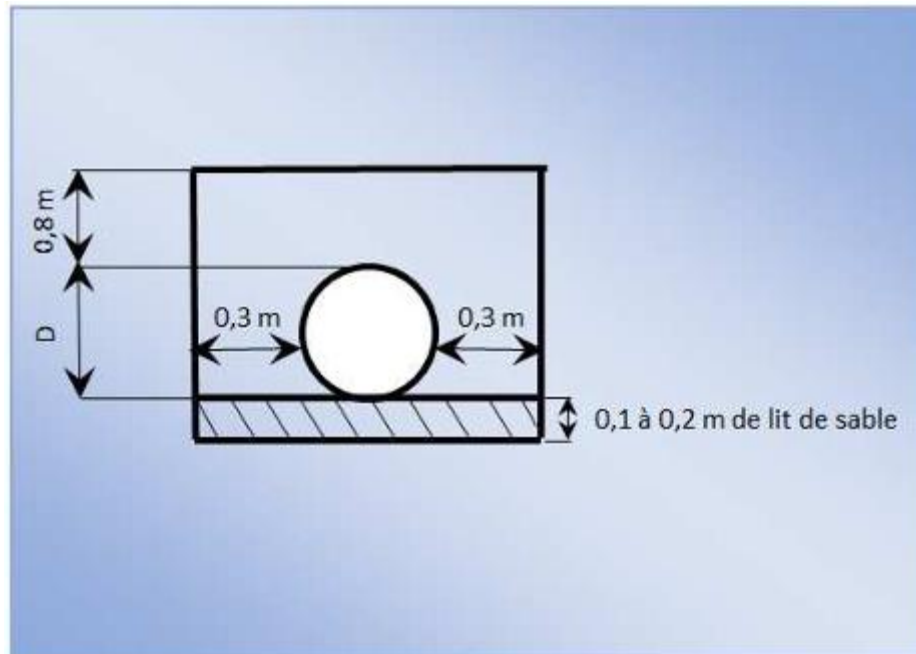


Figure VII.1: Schéma d'une tranchée.

Section de la tranchée (Str) :

$$Str = B \times H_{tr}$$

Volume d'excavation (déblai) :

$$V_d = Str \times L = (B \times H_{tr}) \times L$$

Où :

- Vd : Volume de déblai (m³)
- L : longueur totale de la tranchée (m)

Volume occupé par la conduite :

$$V_c = \pi \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 \times L$$

D : Diamètre extérieur de la conduite (m)

L : Longueur de la tranchée (m)

Volume de sable de pose :

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times b$$

Où :

H sable : Épaisseur de la couche de sable (0,1 m)

b : Largeur utile de la couche de sable (m)

L : Longueur de la tranchée (m)

Volume de remblai :

$$V_{\text{remb}} = V_d - V_{\text{cond}}$$

Volume de sol excédentaire à évacuer :

Le sol excavé subit une augmentation de volume due au foisonnement, représenté par un coefficient k_f . On prend généralement $k_f = 1.1$ pour les sols meubles.

$$V_f = V_d \times k_f$$

$$V_{\text{exc}} = V_f - V_{\text{remb}}$$

Où :

- V_{exc} : volume de sol excédentaire à évacuer (m^3)

Tableau VII. 1: Calcul de terrassement

D(mm)	B(m)	H(m)	L(m)	Vdebl m^3	Remblai m^3
400	1	1.35	503	679.05	601.3
315	0.915	1.265	283	325.56	270.8
250	0.85	1.2	917	935.34	860.8
200	0.8	1.15	228	209.76	180.6
160	0.76	1.11	521	439.51	406.4
Total				2589.22	2319.9
Cout (DA)				350	150
Montant global(DA)				906227	347985
Sous total 1 (DA)				1254212.12	

Tableau VII 2.: évaluation du cout des forages

Nature.des actions	unité	Quantité	Cout unitaire(DA)	Montant global(DA)
Forage (250 ml)	unité	3	38680000.00	943400000.00
Abris pour forages	unité	3	1240000.00	6200000.00
les pompes	unité	3	650000.00	3250000.00
Sous total 2				65760000.00

VII.4.Réseaux d'irrigation:**Tableau VII.3 :** longueurs total des canalisations.

Article	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Tube PEhD Ø20	m/l	4380	121.51	532213.8
Tube PEhD Ø50	m/l	1168	284.94	332809.92
Tube PEhD Ø75	m/l	503	327.97	164938.91
Tube PEhD Ø90	m/l	283	399.84	113154.72
Tube PEhD Ø110	m/l	917	595	545615
Tube PEhD Ø125	m/l	228	759.21	173099.88
Tube PEhD Ø160	m/l	521	1243.55	647889.55
Tube PEBD Ø200	m/l	711	1940.88	1379965.68
Tube PEBD Ø250	m/l	273	3017.83	823867.59
Tube PEBD Ø315	m/l	587	4813.55	2825553.85
Tube PEBD Ø400	m/l	67	7746.9	519042.3
forage-bassin(m) Ø200	m/l	796	1940.88	1544940.48
Nombre gouttoure	U	2880	8.36	24076.8
Vanne Ø50	U	16	2000	32000
Vanne Ø75	U	1	4000	4000
Vanne Ø200	U	1	14000	14000
Sous total 3				7130568.48

Le coût total du projet en prenant compte de toutes les opérations financières est de l'ordre de :

CT =161144780.49 DA

VII .5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini les étapes nécessaires à la pose des canalisations du réseau d'irrigation, puis identifié les engins nécessaires pour faciliter l'opération de pose. Une bonne installation aura un impact positif sur la canalisation, qui deviendra un excellent moyen de transport, économique et durable. Au final, la mise en œuvre du projet s'est appuyée sur une étude sérieuse qui a pris en compte toutes les étapes du projet et a mené une étude approfondie des prix de marché des matériaux collectés auprès des fournisseurs. Ce résumé montre que l'ensemble des paramètres techniques et économiques a été analysé avec rigueur

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire a permis de réaliser une étude technique et économique approfondie dans le cadre d'un projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Charef , situé dans la wilaya de Djelfa couvrant une superficie totale de 120 hectares .

L'analyse des conditions climatiques a révélé que la région se situe dans une zone bioclimatique semi-aride , selon la classification d'Emberger. Ce type de climat est marqué par une pluviométrie modérée (349 mm/an) et des températures moyennes oscillant entre 9,71 °C (minimum) et 23,06 °C (maximum) . L'indice aridique calculé (13,4) confirme la nécessité d'un apport régulier en eau pour garantir une production agricole durable.

Sur le plan pédologique, les sols de la zone étudiée sont principalement sablo-limoneux , avec des caractéristiques favorables à l'agriculture irriguée. En outre, l'eau d'irrigation provient d'un forage dont l'analyse chimique montre qu'elle appartient à la classe C3-S1 , ce qui signifie une salinité modérée et une faible teneur en sodium , rendant cette eau globalement adaptée à l'irrigation, sous réserve d'une gestion adéquate.

Dans le but de diversifier les activités agricoles et d'accroître la productivité du périmètre, nous avons proposé l'introduction de nouvelles cultures telles que les cultures fourragères, les maraîchers et l'arboriculture . À partir des besoins en eau spécifiques à ces cultures, nous avons déterminé les besoins nets mensuels, permettant de dimensionner précisément le réseau d'irrigation.

Le dimensionnement du système d'adduction a fait ressortir la nécessité d'une station de pompage assurant une alimentation hydraulique suffisante, soutenue par quatre bassins de stockage , garantissant une pression optimale dans le réseau de distribution.

En ce qui concerne le réseau d'irrigation , deux systèmes ont été étudiés :

Le système goutte-à-goutte.

Le système par aspersion

Les deux systèmes ont été dimensionnés en tenant compte des pertes de charge, des pressions requises, des débits disponibles et de la configuration topographique du terrain. Une attention particulière a été portée à la distribution équitable de l'eau au niveau des 14 îlots d'irrigation identifiés sur le périmètre.

Enfin, une étude technico-économique a été menée afin d'évaluer la faisabilité financière du projet. Le coût total estimé de la mise en place du système d'irrigation et de distribution s'élève à environ :

161144780.49 DA

Cette somme comprend les coûts liés aux travaux de terrassement, à l'achat du matériel hydraulique, au dimensionnement des canalisations, ainsi qu'à l'installation des équipements d'arrosage.

Annexe

Annexe1 : caractéristique hydrique se sol

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

Annexe 3: Pluie moyenne mensuelle observé de la station de charef.

Année	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
1983	0.66	18.77	9.03	3.34	7.98	14.38	1.83	9.28	2.09	4.5	16.8	16.81	133.33
1984	35.67	14.33	28.73	8.44	26.25	11.1	1.6	7.08	5.06	46.36	42.14	24.02	267.91
1985	40.95	14.33	44.7	5.23	31.38	8.76	9.84	2.97	4.92	23.28	39.96	37.51	327.75
1986	34.21	45.42	66.54	11.16	36.66	4.65	5.57	1.94	26.35	35.32	55.66	37.61	377.57
1987	32.6	35.53	29.36	29.06	22.25	29.28	31.82	3.51	5.9	23.66	77.76	13.09	349.67
1988	32.6	36.68	19.06	48.17	63.6	46.42	1.19	8.76	19.75	32.25	43.33	49.25	401.07
1989	13.5	18.53	26.31	52.86	16.69	55.84	6.1	69.52	16.8	19.86	29.21	9.67	333.73
1990	97.47	6.33	27.67	52.29	63.37	32.97	22.64	7.25	11.36	30.11	39.77	42.26	402.12
1991	33.89	45.76	78.81	28.56	37.37	19.01	6.63	40.16	40.46	82.5	12.94	34.11	433.09
1992	64.59	11.13	56.89	59.55	127.7	17.1	2.86	4.39	15.73	6.95	37.79	26.86	417.15
1993	9.36	42.66	22.15	16.27	47.74	26.83	4.82	28.26	1.29	6.71	26.76	29.32	298.83
1994	30.18	33.59	25.84	10.15	8.45	1.81	3.86	7.87	5.73	89.31	25.53	11.03	304.74
1995	55.41	15.42	61.62	17.54	6.02	35.08	0.52	9.3	43.02	27.19	17.33	56.08	322.11
1996	61.97	71.86	59.07	56.5	34.9	44.91	1.72	13.19	13.93	3.1	4.07	26.65	433.19
1997	39.82	4.7	33.7	6.93	29.07	7.05	4.7	61.99	62.11	26.05	50.76	27.75	380.37
1998	12.26	19.62	7.08	31.77	54.3	3	0.49	14.05	21.8	14.71	8.55	20.05	209.45
1999	75.57	29.14	32.82	3.71	3.16	11.25	3.76	17.76	27.53	36.06	22.84	89.81	373.19
2000	1.46	0.48	13.67	10.75	13.95	4.68	2.12	15.51	29.2	22.1	26.32	20.54	166.85
2002	8.46	5.88	6.77	14.18	14.71	12.43	4.26	12.42	4.16	13.1	8.85	48.81	234.83
2003	50.94	35.81	20.17	28.34	19.51	1.03	6.88	4.76	15.94	88.56	31.11	50.55	402.82
2004	63.85	8.75	35.18	28.53	13.72	9	9.32	40.69	21.57	32.09	69.64	55.14	538.46
2005	16.56	29.9	19.51	7.01	5.73	48.4	18.6	8.87	99.91	59.8	35.77	52.35	382.25
2006	83.03	60.35	11.07	30.87	66.61	5.38	11.09	16.11	15.94	5.43	21.84	85.86	391.23
2007	6.61	26.77	57.73	35.57	31.66	24.22	10.6	19.91	31.82	55.43	24.65	18.34	339.82
2008	9.09	10.6	18.75	2.32	50.59	29.24	1.09	10.9	8.43	63.04	23.17	40.59	357.73
2009	89.77	22.8	40.51	67.98	17.7	7.88	6.73	5.52	71.67	9.31	37.78	59.35	420.77
2010	22.63	49.43	34.28	24.56	40.35	16.51	6.38	25.54	1.19	48.9	24.47	17.87	340.78
2011	22.13	32.36	33.7	79.55	57.73	38.33	17.91	16.45	23.58	69.81	41.26	40.2	472.92
2012	6.29	21.48	73.56	66.61	6.7	14.37	1.57	12.5	15.34	67.12	62.55	9.44	347.29
2013	35.65	26.46	28.94	46.53	28.99	3.49	16.15	12.18	19.86	13.52	51.2	83.08	340.94
2014	32.09	33.1	39.63	2.67	40.44	49.1	2.24	9.97	27.4	10.05	45.97	43.54	346.02
2015	25.88	69.17	10.75	2.75	13.67	24.97	0.92	18.2	83.58	89.44	16.94	0.92	353.76
2016	11.61	26.95	36.79	18.15	27.28	4.73	8.72	4.18	21.03	9.89	57.69	30.64	276.76
2017	81.74	4.7	1.29	11.73	20.6	13.24	1	9.31	4.1	22.75	19.69	27.4	222.52
Moyen	32.8	26.74	28.9	30.9	32.8	16.2	8	18.06	32.23	29.8	20.5	24.2	303.79

Reference Bibliographique

[1] T. BENKACI. Irrigation et drainage- techniques d'irrigation. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2018. support de cours de 2ème année cycle supérieure, Hydraulique.

[2] M. DOUHA. ETUDE DU PERIMETRE D'OULED FADHEL ,400 ha, WILAYA DE BATNA. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2018
<http://dspace.ensh.dz:8080/jspui/handle/123456789/1958>

[3] Chaabena, Aimad Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre Remila est (w.Khenchela) d'une superficie de 200ha à partir du barrage Koudiat Medaouar Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2017du...
<http://dspace.ensh.dz:8080/jspui/handle/123456789/1495>

[4] Ghalem, Fayçal L'irrigation du périmètre de Ras el Ma de 200 ha a partir de la step de Ras el Ma dans la wilaya de Sidi bel Abbès Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2018 <http://dspace.ensh.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1467/1/2-0013-16.pdf>

[5] Mémoire Final PDF Irrigation Sol (pédologie) Scribd
<https://fr.scribd.com/document/436616373/Memoire-Final>

[6] B. TOUAIBIA. Manuel pratique de l'hydrologie. Presses Madani frères, 2004.

[7] S. MAZOUZI. Agro-pédologie- la salinité des sols. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2004. support de cours de 1ère année cycle supérieure, Hydraulique.

[8] MAZIGHI Amina ÉTUDE D'AMÉNAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU PÉRIMÈTRE CHAREF À PARTIR DE LA RETENUE HADJIYA (W. DJELFA) Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2020
web <http://dspace.ensh.dz:8080/jspui/handle/123456789/197>

[9] O. AZIEZ. Drainage et assainissement agricole. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2017. support de cours de 3ème année cycle supérieure, Hydraulique.

[10] Livre Monographie Wilaya Djelfa
<https://www.scribd.com/document/698655028/MONOGRAPHIE-WILAYA-DJELFA>

[11] prix tube pehd algérie

[11] Etude du périmètre d'Ouled Fadhel, 400 ha (w. Batna)
<http://dspace.ensh.dz:8080/jspui/handle/123456789/1303>

