



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Etude d'aménagement Hydro-Agricole du périmètre Sidi-Mjahed (200ha) à partir du barrage Hammam Bouhrara (W.Tlemcen)

Présenté par :

KAFIZ Ryad

Devant les membres du jury

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

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à Allah, qui m'a accordé la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail de fin d'étude.

Je souhaite adresser mes sincères remerciements à ma promotrice madame SAIL, pour sa guidance précieuse, ses conseils éclairés, sa précieuse orientation et sa disponibilité sans faille. Ses suggestions pertinentes et son expertise ont grandement enrichi ce travail.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers toute l'équipe pédagogique de L'ESNH, pour leur enseignement de qualité et leur encouragement tout au long de mes études.

Enfin, à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, je vous adresse mes plus sincères remerciements. Vos conseils, vos critiques constructives et votre soutien moral ont été d'une aide inestimable.

Je souhaite exprimer mon profond respect aux membres du jury qui auront l'amabilité d'évaluer ce travail.

Que chacun de vous trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et de ma reconnaissance sincère.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire ;

À ma chère mère, dont la sagesse, la patience et l'amour ont été une source inestimable de force et de motivation tout au long de mon parcours. Ton soutien a été mon pilier.

À mon père bien aimé, pour sa foi en moi et pour m'avoir toujours poussé à donner le meilleur de moi-même, même dans les moments les plus difficiles.

À mes amis et à ma famille, qui ont partagé avec moi les hauts et les bas de cette aventure académique, et dont la présence et les encouragements ont été une source de réconfort et de joie.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices, de votre soutien et de votre amour.

Merci de tout cœur.

KAFIZ RYAD

ملخص

تتركز هذه الدراسة على تصميم نظام للتنمية الزراعية المائية في منطقة سيدي مجاهد، الواقعة في ولاية تلمسان، والتي تغطي مساحة قدرها 200 هكتار. تبدأ المقاربة بتحليل شامل للموارد المائية، وخصائص التربة، والظروف المناخية، بالإضافة إلى الاحتياجات المائية للمحاصيل، مثل القمح والزيتون. تشمل الدراسة أيضاً تقييم نظام الضخ من سد حمام بوغرارة، مع تضمين البنية التحتية للأنايبب وصولاً إلى شبكة التوزيع. بعد إجراء حسابات هيدروليكية دقيقة، تم تحديد الأقطار المثلى للأنايبب لضمان ظروف تقنية ملائمة من حيث الضغط والتدفق. يتضح أن إنشاء شبكة ري تجمع بين الري بالتنقيط والرش هو الحل الأكثر فعالية لتلبية احتياجات الزراعات

الكلمات المفتاحية: التنمية الزراعية المائية، الزراعات، شبكة الري، القمح، الزيتون

Résumé

Cette étude vise à concevoir un système d'aménagement hydro-agricole pour le périmètre de Sidi-Mjahed, situé dans la wilaya de Tlemcen. Ce périmètre, couvre une superficie de 200 hectares. La conception du réseau débute par une analyse des ressources en eau, sol, et les conditions climatologiques, ainsi les besoins en eau des cultures (comme le blé, et l'olivier), suivie de l'étude du système de pompage à partir du barrage de Hammam Boughrara, en passant par les canalisations jusqu'au réseau de distribution.

Après avoir effectué les calculs hydrauliques nécessaires, les diamètres appropriés des canalisations ont été déterminés tout en garantissant des conditions techniques optimales en termes de pression, et de débit. Dans la zone d'étude, il s'avère que la conception d'un réseau d'irrigation utilisant à la fois le goutte à goutte et l'aspersion semble le plus adéquat.

Mots clés : aménagement hydro-agricole, cultures, réseau d'irrigation, blé, olivier

Abstract

This study aims to design a hydro-agricultural development system for the perimeter of Sidi-Mjahed, located in the wilaya of Tlemcen. This perimeter covers an area of 200 hectares. The design of the network begins with an analysis of water resources, soil, and climatological conditions, as well as the water needs of crops (like wheat and olive), followed by the study of the pumping system from the Hammam Boughrara dam, passing through the pipes to the distribution network. After carrying out the necessary hydraulic calculations, we determined the appropriate diameters of the pipes while guaranteeing optimal technical conditions in terms of pressure, diameter and flow rate. In the study area, it turns out that the design of an irrigation network using both drip and sprinkler seems most appropriate.

Keywords: hydro-agricultural development, crops, irrigation network, wheat, olive

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I Présentation de la zone d'étude	2
I.1 Introduction.....	3
I.2 Présentation de la wilaya de Tlemcen en général	3
I.3 Présentation du périmètre d'étude	4
I.4 Cadre géologique.....	5
I.4.1 Litho stratigraphie.....	5
I.4.1.1 Le miocène	5
I.4.1.2 Le pliocène	5
I.4.1.3 Le quaternaire	5
I.5 Réseau hydrographique.....	6
I.6 Géomorphologie et Relief.....	7
I.7 Etude climatologique	7
I.7.1 Choix de la station météorologique	7
I.7.2 Les Températures.....	7
I.7.3 Précipitations	8
I.7.4 Humidité.....	9
I.7.5 Vitesse du vent.....	9
I.7.6 L'insolation	9
I.7.7 L'évaporation.....	10
I.8 Calcul des indices agro-météorologiques	10
I.8.1 L'indice d'aridité de Martonne.....	10
I.8.2 Quotient ombrotermique d'Emberger.....	11
I.8.3 Diagramme ombre-thermique de Bagnouls et Gaussen.....	12
I.9 Analyse socio-économique	12
I.9.1 Situation actuelle.....	13
I.9.2 Situation projeté.....	13
I.10 Conclusion	14
Chapitre II Ressources en sol-eau	15

II.1 Introduction.....	16
II.2 Ressource en sol.....	16
II.3 Classification des sols.....	16
II.4 Caractéristiques morphologiques	19
II.5 Analyse physico-chimique.....	20
II.5.1 Interprétations et valeur agronomique	21
II.5.2 Caractéristiques hydrodynamiques du sol.....	21
II.6 Détermination des aptitudes culturales des sols.....	22
II.7 Ressources en eau.....	23
II.7.1 Les barrages	23
II.7.2 Petit barrage et retenues collinaires.....	24
II.7.3 Ressources en eau non conventionnelles	24
II.8 Ressource en eau de notre zone d'étude (Barrage Hammam Boughrara).....	25
II.8.1 Evaluation de la qualité d'eau d'irrigation	27
II.8.2 Caractéristiques de l'eau d'irrigation.....	30
II.8.3 Classification de l'eau d'irrigation.....	31
II.8.4 Méthodologie d'approche	32
II.9 Conclusion	33
Chapitre III Etude Hydrologique	34
III.1 Introduction	35
III.2 Hydrologie.....	35
III.3 Présentation de la station pluviométrique.....	35
III.4 Répartition de la pluie moyenne annuelle	35
III.5 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	36
III.6 Ajustement des pluies annuelles	37
III.7 Détermination de l'année de calcul	40
III.8 Conclusion.....	40
Chapitre IV Calcul des besoins en eau des cultures	41
IV.1 Introduction.....	42
IV.2 Demande hydrique du périmètre	42
IV.2.1 Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation.....	42

IV.2.2 L'évapotranspiration potentielle de référence (ET0).....	42
IV.3 Pluie efficace	44
IV.4 Calcul de la réserve en eau du sol (RSi-1)	45
IV.5 Choix des cultures.....	45
IV.5.1 Les cultures proposées	45
IV.5.2 Assolement des cultures	46
IV.5.3 Les cycles végétatifs de cultures.....	47
IV.6 Estimation des besoins en eau des cultures	47
IV.6.1 Estimation des besoins en eau des céréales	48
IV.6.2 Estimation des besoins en eau des cultures maraichères.....	49
IV.6.3 Estimation des besoins en eau de l'arboriculture.....	51
IV.7 Besoins en eau pour les assolements 1 et 2.....	52
IV.8 Calcul de débit spécifique	53
IV.8.1 Calcul de débit caractéristique.....	54
IV.9 Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	54
IV.10 Conclusion.....	55

Chapitre V Etude du système d'adduction-distribution..... 56

V.1 Introduction.....	57
V.2 Approvisionnement en eau du périmètre.....	57
V.3 Configuration et disposition du périmètre	57
V.3.1 Ilots et bornes d'irrigation.....	57
V.3.2 Calcul hydraulique des bornes.....	57
V.3.3 Choix du diamètre de la borne.....	58
V.4 Description de l'aménagement du périmètre	60
V.5 Calculs hydrauliques du système d'adduction.....	61
V.6 Etude du système de pompage.....	61
V.6.1 Généralités sur les pompes	61
V.6.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation.....	62
V.6.3 La hauteur manométrique totale.....	62
V.6.4 Calcul des pertes de charges totales	62
V.6.5 Calcul de diamètre économique	63
V.6.6 Calcul de débit à refouler.....	63

V.6.7	Calcul des frais d'amortissement	64
V.6.8	Calcul des frais d'exploitation	64
V.6.9	Bilan total des frais.....	65
V.6.10	Choix des pompes et nombre des pompes.....	66
V.6.11	Protection contre cavitation	67
V.7	Dimensionnement du réservoir de stockage.....	68
V.8	Etude de système d'adduction -distribution (écoulement gravitaire)	69
V.8.1	Choix de matériau des conduits	69
V.8.2	Calcul des diamètres des conduits.....	70
V.8.3	Calcul des pertes de charges	70
V.8.4	Calcul des pressions	70
V.9	Conclusion.....	75

Chapitre VI Techniques d'irrigation..... 76

VI.1	Introduction.....	77
VI.2	Choix des techniques d'irrigations.....	77
VI.3	Analyse des Méthodes d'irrigation.....	77
VI.4	Composantes principales du réseau... ..	78
VI.4.1	Point d'alimentation.....	78
VI.4.2	Conduite Principale.....	78
VI.4.3	Conduites Secondaires	78
VI.4.4	Bornes d'irrigation.....	78
VI.4.5	Conduites de Distribution (porte rampe).....	78
VI.4.6	Conduites de Distribution Perpendiculaires (rampe).....	79
VI.4.7	Dispositifs de Distribution.....	79
VI.5	L'irrigation de surface	79
VI.5.1	Irrigation par ruissèlement.....	79
VI.5.2	Irrigation par infiltration (à la raie).....	80
VI.5.3	Irrigation par submersion	81
VI.5.4	Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface	81
VI.6	Irrigation par aspersion	82
VI.6.1	Irrigation par asperseur.....	82

VI.6.2 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	83
VI.7 L'irrigation localisée (goutte à goutte).....	83
VI.7.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte.....	84
VI.8 Ouvrages de stockages.....	85
VI.8.1 Types d'ouvrages de stockage.....	85
VI.8.2 Fonctionnement et entretien.....	85
VI.8.3 Sécurité sanitaire et durée de stockage.....	85
VI.9 Conclusion.....	86

Chapitre VII Dimensionnement a la parcelle.....87

VII.1 Introduction.....	88
VII.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	88
VII.2.1 Données générales.....	88
VII.2.2 Calcul de la dose pratique.....	88
VII.2.3 Dimensionnement de l'asperseur.....	89
VII.2.4 Vérification de la pluviométrie de la buse.....	89
VII.2.5 Détermination des paramètres d'arrosage.....	90
VII.2.5.1 Calcul du tour d'eau.....	90
VII.2.5.2 Dose réelle.....	90
VII.2.5.3 Dose brute.....	90
VII.2.5.4 Temps d'arrosage.....	90
VII.2.6 Débit d'équipement.....	90
VII.2.7 Calcul hydraulique des rampes et porte rampe.....	91
VII.2.7.1 Calcul la longueur de la rampe.....	91
VII.2.7.2 Nombre des asperseurs par rampe.....	91
VII.2.7.3 Nombre des rampes.....	91
VII.2.7.4 Débit de la rampe.....	91
VII.2.7.5 Diamètre de la rampe.....	91
VII.2.8 Dimensionnement de la porte rampe.....	91
VII.2.8.1 Longueur de la porte rampe.....	91

VII.2.8.2 Débit de la porte rampe	92
VII.2.8.3 : Diamètre de la porte rampe	92
VII.2.9 Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte rampe.....	92
VII.2.10 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion	92
VII.3 Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte.....	92
VII.3.1 Données générales	92
VII.3.2 Calcul de l'évapotranspiration corrigée.....	93
VII.3.3 Calcul de la dose d'irrigation corrigée.....	93
VII.3.4 Paramètres d'arrosage	94
VII.3.4.1 Fréquence d'arrosage	94
VII.3.4.2 La dose réelle.....	94
VII.3.4.3 La dose brute	94
VII.3.4.4 Temps d'arrosage.....	95
VII.3.5 Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe.....	95
VII.3.5.1 Condition de Christensen.....	95
VII.3.5.2 Les débits.....	95
VII.3.5.3 Nombre des arbres par rampe	96
VII.3.5.4 Nombre des goutteurs par rampe	96
VII.3.5.5 Nombre des rampes.....	96
VII.3.5.6 Diamètres de rampes et la porte rampe	96
VII.3.5.7 Vérification des pertes de charge.....	96
VII.3.6 Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte	97
VII.4 Conclusion	97

Chapitre VIII Calcul technico-économique 98

VIII.1 Introduction.....	99
VIII.2 Diverses tâches à réaliser.....	99
VIII.2.1 Creusement et préparation des tranchées.....	99
VIII.2.2 Installation d'un lit de sable.....	99
VIII.2.3 Pose des canalisations (Conduites).....	99
VIII.2.4 Test et vérification.....	99

VIII.2.5 Remblayage et compactage	100
VIII.3 les volumes des travaux de terrassement	100
VIII.3.1 Largeur du fond de la tranchée.....	100
VIII.3.2 profondeur de la tranchée	100
VIII.3.3 Section de la tranchée	101
VIII.3.4 Volume du déblai	101
VIII.3.5 Volume de lit de sable	101
VIII.3.6 Volume occupé par la conduite.....	102
VIII.3.7 Volume du remblai.....	102
VIII.4 Estimation des frais des travaux de terrassement	103
VIII.5 Évaluation des coûts d'installation des conduits	104
VIII.6 Évaluation du coût des bornes d'irrigation.....	105
VIII.7 Devis estimatif du réservoir de stockage	105
VIII.8 Estimation budgétaire du projet	105
VIII.9 Conclusion	106
Conclusion générale.....	107

Liste des tableaux

Chapitre I Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 Caractéristique de la station météorologique de Maghnia	7
Tableau I.2 Moyenne des températures mensuelles	7
Tableau I.3 Pluies Moyennes Mensuelles (mm)	8
Tableau I.4 Répartition de l'humidité moyenne (%).....	9
Tableau I.5 Variation de la vitesse moyenne du vent.....	9
Tableau I.6 Valeurs moyenne mensuelles d'insolation.....	9
Tableau I.7 Répartition mensuelles de l'évaporation	10
Tableau I.8 Classification du climat selon de Martonne	10
Tableau I.9 Différentes cultures pratiquées au niveau de l'entité Sud-Est	13

Chapitre II Ressources en sols et eaux

Tableau II.1 L'analyse des profils au laboratoire	20
Tableau II.2 Propriétés hydrodynamiques des sols	22
Tableau II.3 Les aptitudes culturales associées à chaque zone	22
Tableau II.4 Petits Barrages et Retenues collinaires.....	24
Tableau II.5 Les STEP de Tlemcen.....	24
Tableau II.6 Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du Barrage Hammam Bougherara	28
Tableau II.7 Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du barrage Hammam Bougherara	29
Tableau II.8 Classification des eaux d'irrigation	31
Tableau II.9 Tableau de minéralisation globale des eaux du barrage Hammam Bougherara	33

Chapitre III Etude hydrologique

Tableau III.1 Localisation GPS de la station de Maghnia	35
Tableau III.2 Précipitation moyenne mensuelle 1997-2020.....	35
Tableau III.3 Paramètres de la série pluviométrique	36
Tableau III.4 Résultat du test Mood.....	37
Tableau III.5 les paramètres de test de KHI carré	39
Tableau III.6 Résultat de l'ajustement	40

Tableau III.7 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq =80%).....	40
--	----

Chapitre IV Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV.1 Evapotranspiration de référence par le logiciel CROPWAT	44
Tableau IV.2 système de cultures proposées.....	46
Tableau IV.3 Assolement proposé.....	47
Tableau IV.4 les cycles végétatifs des cultures proposées	47
Tableau IV.5 Besoins en eau de Blé	48
Tableau IV.6 Besoins en eau de l'orge	48
Tableau IV.7 Besoins en eau de pomme de terre (saison)	49
Tableau IV.8 Besoins en eau de l'oignon.....	49
Tableau IV.9 Besoins en eau de la tomate	50
Tableau IV.10 Besoins en eau de la courgette.....	50
Tableau IV.11 Besoins en eau de l'haricot.....	50
Tableau IV.12 Besoins en eau de Poivron.....	51
Tableau IV.13 Besoins en eau de Vigne.....	51
Tableau IV.14 Besoins en eau de l'olivier	52
Tableau IV.15 Besoins en eau nets de l'assolement (1).....	52
Tableau IV.16 Besoins en eau nets de l'assolement (2).....	52
Tableau IV.17 estimation des besoins (volumes d'eau d'Irrigation).....	54

Chapitre V Etude du système d'adduction-distribution

Tableau V.1 Choix du diamètre de la borne	58
Tableau V.2 Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.....	59
Tableau IV.3 calcul de la HMT pour différents diamètres.....	63
Tableau IV.4 Calcul des prix d'amortissement.....	64
Tableau IV.5 Calcul des frais d'exploitation.....	65
Tableau IV.6 Calcul du bilan total des frais.....	65
Tableau IV.7 Choix de Nombre de pompes de secours.....	66
Tableau IV.8 Options pour le choix du nombre de pompes	67
Tableau IV.9 Les calculs hydrauliques du réseau de distribution	72

Chapitre VII Dimensionnement a la parcelle

Tableau VII.1 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion	92
Tableau VII.2 Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte	97

Chapitre VIII Calcul technico-économique

Tableau VIII.1 Calcul des volumes des travaux de terrassement.....	103
Tableau VIII.2 Estimation du coût des travaux de terrassement	104
Tableau VIII.3 Estimation du cout de pose des conduites	104
Tableau VIII.4 Estimation du cout des bornes d'irrigation.....	105
Tableau VIII.5 Devis estimatif du réservoir de stockage	105
Tableau VIII.6 Budget estimatif total.....	106

Liste des figures

Chapitre I Présentation de la zone d'étude

Figure I.1 Carte de Situation géographique de la wilaya de Tlemcen.....	3
Figure I.2 Plan de situation du périmètre projeté.....	4
Figure I.3 Situation géographique des affluents de l'oued Tafna	6
Figure I.4 Répartition des températures moyennes.....	8
Figure I.5 Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	11
Figure I.6 Diagramme ombrothermique de Gaussen	12

Chapitre II Ressources en sols et en eaux

Figure II.1 Les zones homogènes.....	18
Figure II.2 Les zones homogènes.....	19
Figure II.3 Analyse de sols par le triangle de texture USDA.....	21
Figure II.4 Situation géographique du barrage de Boughrara	25
Figure II.5 Tour de prise du barrage de Boughrara	27
Figure II.6 Vue du plan d'eau du barrage Hammam Boughrara.....	27
Figure II.7 Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	32

Chapitre III Etude hydrologique

Figure III.1 Ajustement des pluies annuelles a la loi Normale	38
Figure III.1 Ajustement des pluies annuelles a la loi Log-normale	39

Chapitre V Etude du système d'adduction-distribution

Figure IV.1 Bilan totale des frais en fonction de diamètre.....	66
---	----

Chapitre VI Techniques d'irrigation

Figure VI.1 Irrigation par ruissellement.....	80
Figure VI.2 Irrigation par infiltration.....	81
Figure VI.3 Irrigation par asperseur	82
FigureVI.4 Irrigation goutte à goutte.....	84

Chapitre VIII Calcul technico-économique

Figure VIII.1 Schéma d'une tranchée	100
---	-----

Liste des planches

Planche 1 : Plan de situation du périmètre SIDI-MJAHED

Planche 2 : Plan du réseau d'irrigation du périmètre SIDI-MJAHED

Planche 3 : Trace en plan de l'adduction du périmètre de SIDI-MJAHED

Planche 4 : profil en long conduite principale de l'irrigation (distribution)

Planche 5 : Profil en long de la conduite d'adduction en refoulement

Planche 6 : Profil en long de la conduite d'adduction gravitaire

Planche 7 : Plan de réseau goutte à goutte

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'irrigation joue un rôle crucial dans l'agriculture mondiale en assurant la sécurité alimentaire, en augmentant la productivité agricole et en permettant l'expansion des terres cultivables. Dans de nombreuses régions du globe, les précipitations naturelles sont insuffisantes, irrégulières ou imprévisibles, rendant l'irrigation indispensable pour maintenir des rendements agricoles stables. En fournissant de l'eau de manière contrôlée aux cultures, elle maximise la croissance des plantes, améliore la qualité des récoltes et diminue les risques liés aux sécheresses. De plus, l'irrigation favorise l'extension des surfaces agricoles, particulièrement importante face à la croissance démographique mondiale. Elle permet la mise en valeur de terres qui seraient autrement improductives en raison du manque d'eau, contribuant ainsi à augmenter la production alimentaire globale. Cette pratique permet également de diversifier les cultures et d'équilibrer les cultures saisonnières, renforçant ainsi la sécurité alimentaire.

En Algérie, où l'irrigation absorbe 70% des ressources en eau disponibles, cette méthode est largement utilisée en raison des conditions arides et semi-arides prédominantes. Toutefois, au cours de la dernière décennie, la sécheresse a considérablement réduit les volumes d'eau alloués à l'irrigation, posant des menaces à la sécurité alimentaire, diminuant la productivité des terres agricoles et affectant négativement l'économie nationale. Pour remédier à cette situation, il est impératif de développer des techniques d'irrigation plus efficaces et de gérer judicieusement les ressources en eau disponibles.

Face aux périodes de sécheresse récurrentes, une gestion optimale des ressources régionales est essentielle. Dans ce cadre, notre étude se concentre sur l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Sidi Mjahed située dans la région de Maghnia (Wilaya de Tlemcen), couvrant une superficie de 200 hectares, alimenté principalement par les eaux du barrage de Hammam Bouhrara.

Pour ce faire, nous nous sommes basés sur les points suivants, une analyse des conditions climatologique ressources en eau, sol, ainsi les besoins en eau des cultures, suivie de l'étude du système de pompage à partir du barrage de Hammam Bouhrara, en passant par les canalisations jusqu'au réseau de distribution.



Chapitre I
PRESENTATION DE LA
ZONE D'ETUDE

I.1 Introduction

Dans cette partie, nous entamons une exploration approfondie du périmètre d'étude dédié à l'irrigation. Ce chapitre constitue une étape cruciale dans la compréhension et la mise en œuvre d'un projet d'irrigation efficace. Notre objectif est de présenter de manière détaillée le périmètre sélectionné pour notre étude, mettant en lumière ses caractéristiques géographiques, ses spécificités géologiques, ses conditions climatiques, ainsi que d'autres aspects pertinents. En comprenant pleinement le contexte et les paramètres de notre zone d'étude, nous serons en mesure de concevoir des solutions d'irrigation adaptées et durables pour répondre aux besoins agricoles de cette région spécifique.

I.1 Présentation de la wilaya de Tlemcen en générale

Situation géographique

La wilaya de Tlemcen est située sur le littoral Nord-ouest du pays et dispose d'une façade maritime de 120 Km. C'est une wilaya frontalière avec le Maroc, avec une superficie de 9017,69 Km². Le chef-lieu de la wilaya est situé à 432 Km à l'Ouest de la capitale, Alger. Il est repéré par les coordonnées suivantes : **34°53' Nord et 1°19' Ouest**.

Cette wilaya occupe l'Oranie occidentale, et compte 53 communes sous son autorité ; elle est délimitée :

- au nord par la Méditerranée
- à l'Ouest, par le Maroc.
- au Sud, par la wilaya de Naama.
- à l'Est, par les wilayas de Sidi-Bel-Abbes et Ain Témouchent.

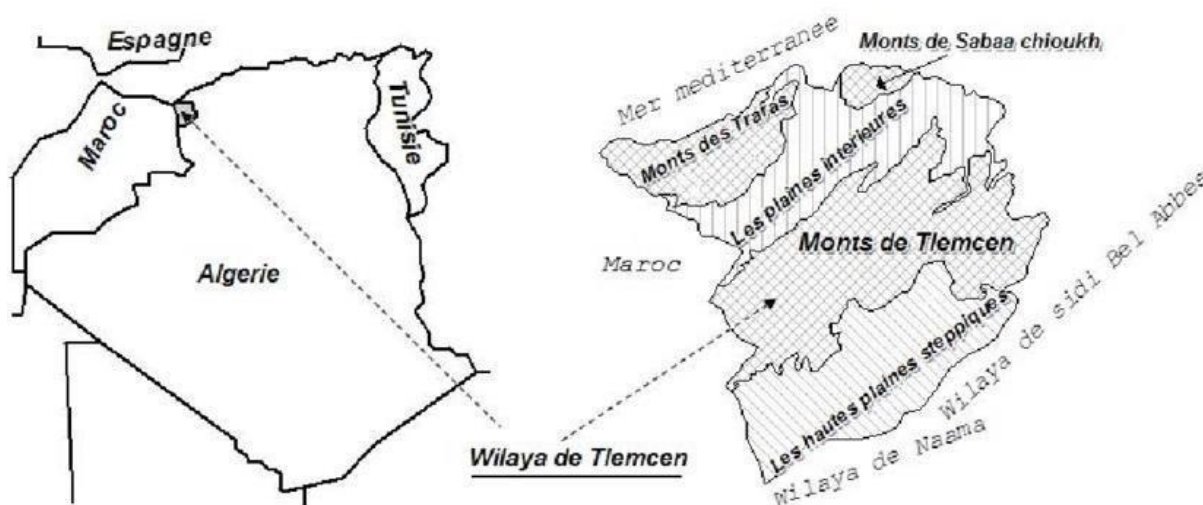


Figure I.1. Carte de Situation géographique de la wilaya de Tlemcen

I.2 Présentation du périmètre

La surface délimitée irriguée, objet de l'aménagement hydro-agricole est une extension du grand périmètre Maghnia, cette extension est divisée en deux secteurs (zones), zone d'extension nord-ouest d'une superficie totale de 1500Ha et zone d'extension sud-est d'une superficie totale de 1000Ha.

Notre étude porte sur l'extension sud-est (200Ha) localisée dans la commune Sidi Mjahed, cette dernière est située au centre ouest de la wilaya de Tlemcen.

La zone d'extension sud-est (Sidi Mjahed) est limitée :

- Au nord par le GPI.
- Au Sud par Sidi Lakhdar, Touarès et SehbEch Chih.
- A l'Ouest par Sidi Abderrahmane et MazraatBouaza Miloud.
- A l'Est par le chemin de fer.

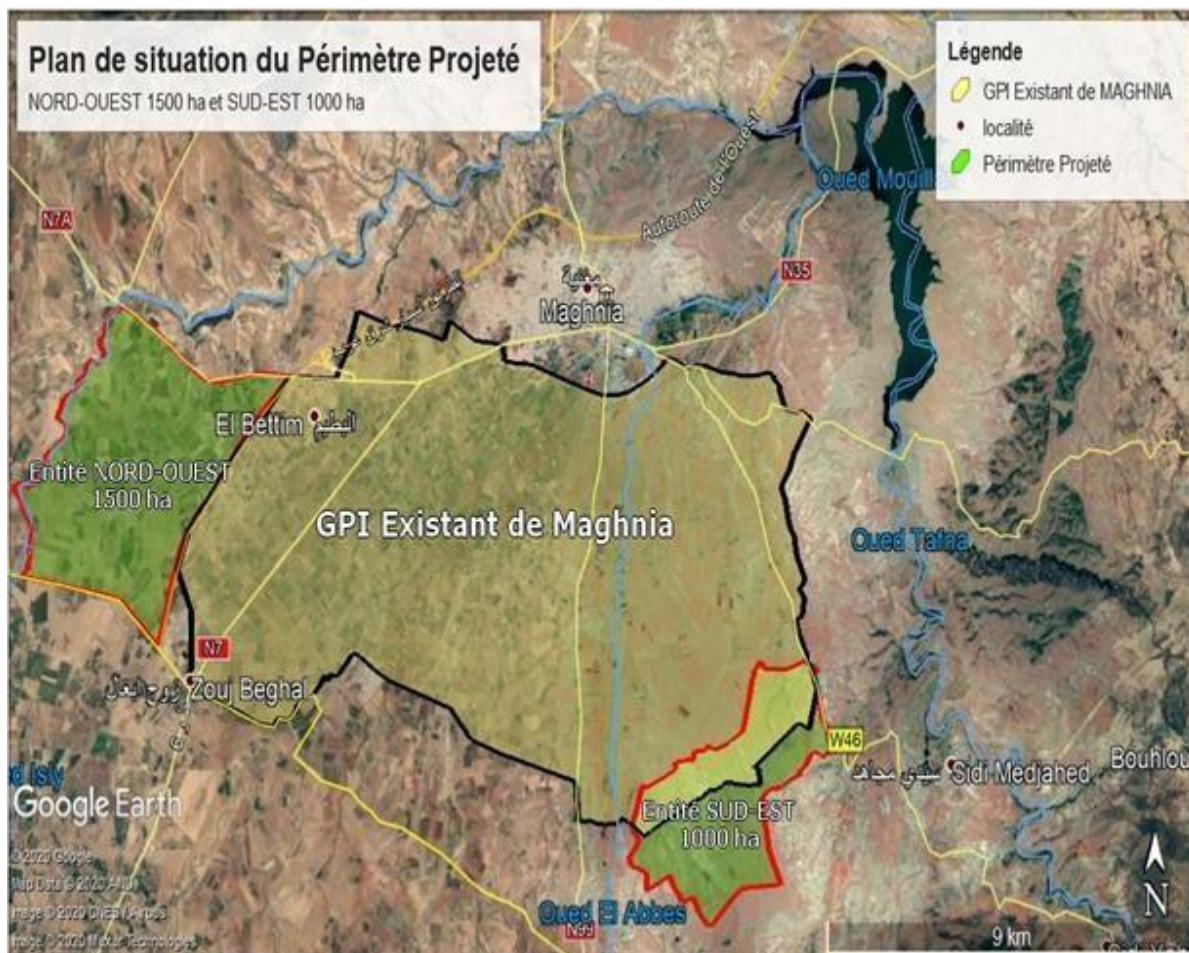


Figure I.2 Plan de situation du périmètre projeté

(ONID Alger)

I.3 Cadre géologique

La zone que nous étudions est une cuvette tectonique orientée E.N.E/O.S.O. comblée par des dépôts successifs « tertiaires et quaternaires » provenant de l'érosion des montagnes

avoisinentes, notamment le Ghar Rouban et le Djebel Fillaoussène.

Les reliefs environnants se composent principalement de formations primaires et secondaires, telles que des schistes, quartzites et grès grossiers rouges. Les formations du comblement de la fosse datent du néogène et du quaternaire et présentent des faciès argileux à cailloutis, des faciès argileux sableux et quelques filons de basalte.

Les couches supérieures consistent en des alluvions quaternaires, grossières pour les plus anciennes, plus fines pour les plus récentes, bien qu'elles ne soient pas très argileuses.

I.4.1. Litho stratigraphie

La région est caractérisée par des formations sédimentaires du miocène, pliocène et quaternaire. Dans la structure géologique, le miocène, le pliocène constituent les formations essentielles de la région et reposent en discordance sur les grès du jurassique supérieur (ONID Alger).

I.4.1.1 Le Miocène

Les strates du Miocène se trouvent exposées le long de l'oued TAFNA, reposant discordamment sur des grès du Jurassique supérieur. Le bas du Miocène est caractérisé par des grès carbonatés massifs et des conglomérats, évoluant ensuite vers des argiles carbonatées et des marnes avec des intercalations de grès plus minces. La partie supérieure comprend des argiles carbonatées grisâtres avec une teinte verdâtre. Dans la région de Hammam Boughrara, les formations du Miocène supérieur sont dominées par des carrières d'argiles bentonitiques. La base de la séquence est constituée de poudingues et de conglomérats, puis des pyroclastites apparaissent plus haut dans la coupe. (ONID Alger)

I.4.1.2 Le Pliocène

Les formations du Pliocène reposent en discordance angulaire sur celles du Miocène. Elles sont principalement continentales, constituées d'argiles, de silstones, de grès et de matériaux argilo-gréseux, avec des couches de poudingues et de conglomérats compacts. L'épaisseur varie de quelques mètres à 50 à 60 mètres dans la partie Nord-Ouest, et parfois jusqu'à 80 à 100 mètres dans la partie Sud-Est de la carrière Roussel. Ces terrains continentaux recouvrent discordamment les terrains pyroclastiques du Miocène supérieur.

I.4.1.3 Le Quaternaire

Le Quaternaire se caractérise par des formations alluviales comprenant des dépôts volumineux de gros galets et de blocs plus ou moins consolidés, provenant de l'ancienne terrasse de l'oued Tafna. Ces formations sont interrompues par des necks basaltiques, de petites cheminées,

atteignant une épaisseur de 30 à 40 mètres. Les basaltes quaternaires, qui traversent les strates du Miocène et du Pliocène, se présentent sous forme de petites nappes dans les carrières de DarM'Barek, Roussel 1 et Roussel 2

I.5. Réseau hydrographique

La zone d'étude n'est pas traversée par des oueds et de chaâba.

Les oueds et le chaâba déversent tous dans l'oued Tafna, soit directement ou indirectement par l'intermédiaire de l'un de ces affluents. Les affluents les plus importants sont les oueds : Tafna- Bou N'aim et Mouilah. Sur l'oued de Tafna on trouve : le barrage de Beni Bahdel et de Hammame Boughrara.

I.5.1. Caractéristiques du bassin de la Tafna

Le territoire du bassin versant de la Tafna se trouve dans le nord-ouest de l'Algérie, couvrant une superficie de 7245 km². Il est composé de huit sous-bassins, dont deux se situent en amont sur le territoire marocain, totalisant une superficie de 1950 km², représentant ainsi 27% de la superficie totale du bassin versant.

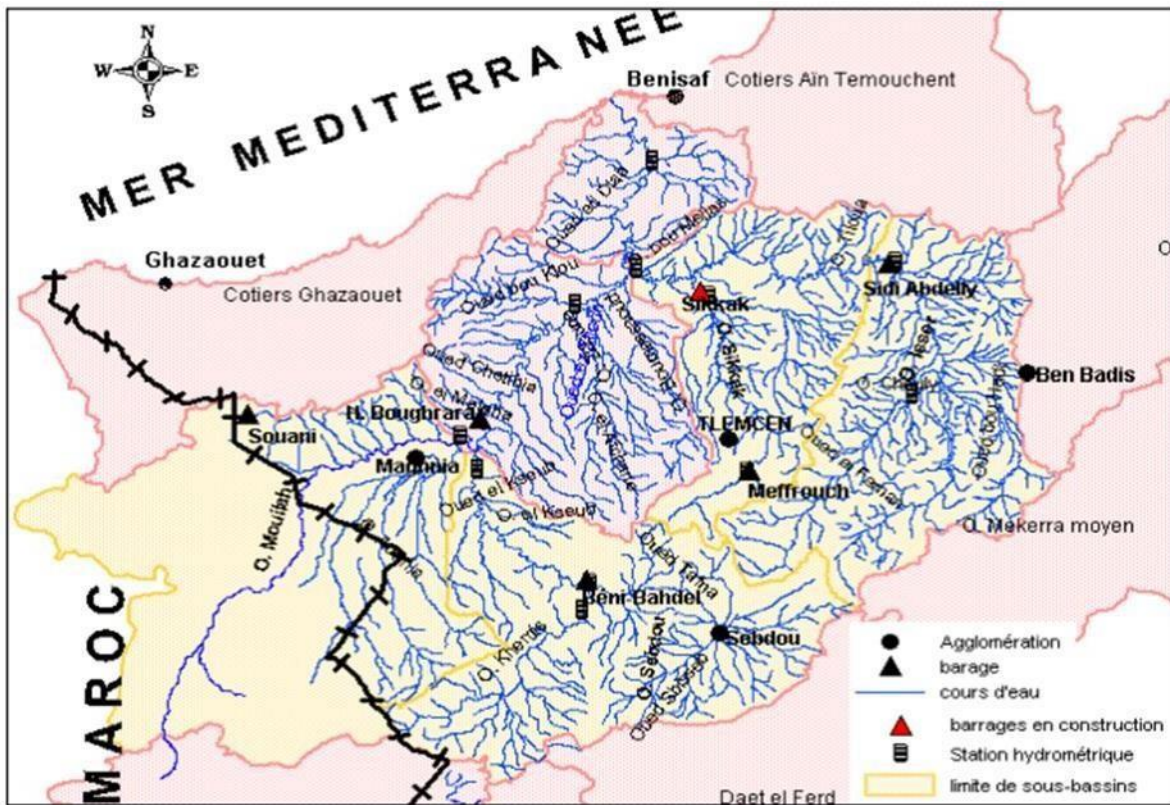


Figure I.3 Situation géographique des affluents de l'oued Tafna (ONID Alger)

I.6 Géomorphologie et Relief

À 140 km au sud-ouest d'Oran, se trouve Tlemcen, nichée au pied du djebel Terni, entre les villages d'El Eubbad à l'est et de Mansourah à l'ouest. Établie sur un plateau calcaire à 800 mètres d'altitude, la ville est adossée au sud du plateau rocheux de la LallaSetti, offrant une vue dominante sur les plaines de la Tafna et de Safsaf.

I.7 Étude climatologique

Avant d'entreprendre la mise en place d'un réseau d'irrigation, il est impératif de réaliser une étude climatologique approfondie. En effet, comprendre les caractéristiques et les variations du climat dans une région donnée est essentiel pour concevoir un système d'irrigation efficace et durable. Cette étude permet d'évaluer les précipitations, les températures, les événements climatiques extrêmes et autres paramètres climatiques clés qui influent directement sur les besoins en eau des cultures.

I.7.1. Choix de la station météorologique

L'analyse climatique au niveau du périmètre est basée sur les données de la station météorologique de l'ONM de Maghnia, et les caractéristiques de cette station sont présentées dans le tableau I.1 :

Tableau I.1 Caractéristique de la station météorologique de Maghnia

Nom de la station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période d'observation
Maghnia 60522	34°839N	01°749W	386	1997-2020

(ONM de Maghnia)

I.7.2. Les températures

Le tableau ci-dessous résume les moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales.

Tableau I.2 Températures Moyennes mensuelles de la station de Maghnia pour la Période (1997-2020)

mois T°C	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy Ann
T min	4.12	4.59	6.35	8.41	12.05	15.40	19.71	20.31	16.68	13.11	8.01	4.92	11.14
T max	16.64	17.41	20.03	22.10	26.33	31.80	35.09	35.29	29.94	26.97	19.97	17.04	24.88
T moy	10.38	11.00	13.19	15.56	19.19	23.6	27.40	27.80	23.31	20.04	13.99	10.98	18.04

(ONM de Maghnia)

Les températures minimales moyennes annuelles dans le territoire de l'Algérie du Nord varient dans les limites relativement similaires aux limites des températures maximales moyennes et sont comprises entre 4.12 c° et 20.31 C°.

Les températures maximales moyennes, comparées aux températures moyennes mensuelles, varient beaucoup plus, aussi bien dans le temps que dans l'espace. La température moyenne maximale caractérisé la partie la plus chaude de la journée. La température la plus élevée est atteinte, en général, dans l'après midi, heure locale. Le mois le plus froid c'est le mois de janvier avec une moyenne mensuelle de 10,38 °C.

La température moyenne annuelle est de 18.04 °C.

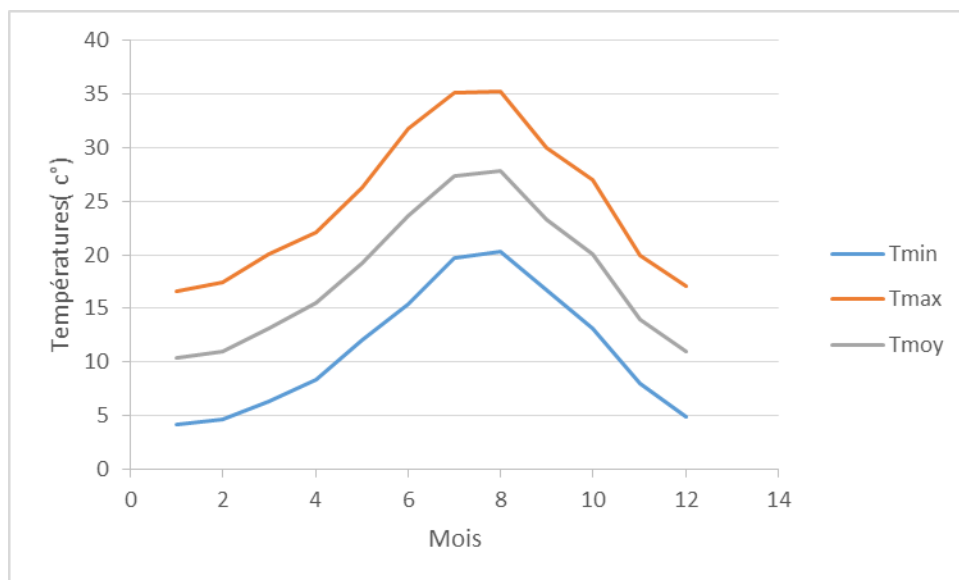


Figure I.4 Répartition des températures a la station de Maghnia

I.7.3. Précipitations

Les L'étude des précipitations revêt une importance cruciale dans la planification et la gestion des projets d'irrigation. Les précipitations, qu'elles soient sous forme de pluie, de neige ou de grêle, sont la principale source d'eau naturelle pour les cultures et les sols.

Le tableau suivant montre les précipitations moyennes mensuelles :

Tableau I.3 Pluies moyennes mensuelles à la station de Maghnia comprise entre 1997et2020

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Moy. Annuelle
Pmoy (mm)	18.17	27.15	41.59	34.80	37.90	28.14	29.97	32.78	24.73	3.63	1.26	5.68	285.18

(ONM de Maghnia)

Le tableau précédent nous a permis de terminer la moyenne annuelle de la série pluviométrique qui avoisine 285.18 mm, le mois le plus sec est juillet avec une moyenne de 1.26mm et le mois le plus arrosé est le celui de Novembre, qui présente la valeur maximale de précipitation qui égale à 41,59mm.

I.7.4. Humidité

C'est un élément important du cycle hydrologique contrôle l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à celle que l'air pourrait contenir s'il était saturé à la même température.

Le tableau suivant présente les valeurs de l'humidité moyenne en pourcentage de notre région d'étude :

Tableau I.4 Répartition de l'humidité moyenne en % à la station de Maghnia (1997-2020)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy Annuelle
H _{moy} (%)	72	70	66	61	53	48	52	61	66	73	74	64	73

(ONM de Maghnia)

D'après Tableau I-4 la valeur minimale est enregistré au mois de juin est 48% alors que la valeur maximale est notée au mois de novembre 74%

I.7.5. Vitesse du vent

Les valeurs qui correspondent la variation de la vitesse du vent dans la zone d'étude, sont résumés au tableau suivant :

Tableau I.5 Variation de la vitesse moyenne du vent pour la période (1997-2020)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy. Ann
V _{moy} (m/s)	3.60	3.46	3.35	3.35	3.25	3.12	3.20	3.09	3.44	3.27	3.56	3.33	3.33

(ONM de Maghnia)

Les vents dans la région d'étude se caractérisent par leurs directions, leurs vitesses et leurs intensités.

Les vents de direction W-NW sont responsables de la pluviométrie. Les vents de direction S-N ou le siroco engendrent une forte évapotranspiration et une sécheresse abaissant l'humidité.

I.7.6. Insolation

C'est la durée pendant laquelle le rayonnement solaire a réellement touché le sol. Les valeurs mensuelles observées sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau I.6 Valeurs moy mensuelles d'insolation (1997-2020)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
I _{n moy} (h/mois)	210.8	291.4	210.8	267	282.1	306	350.3	300.7	240	204.6	177	80.6	235.9

(ONM de Maghnia)

I.7.7. Evaporation

La répartition de l'évaporation mensuelle moyenne est illustrée par le tableau ci-dessous :

Tableau I.7 Répartition mensuelle de l'évaporation a la station de Maghnia

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
EV(mm)	49	74	80	102	145	173	218	231	140	95	62	50	1419
E(%)	3.45	5.21	5.64	7.19	10.22	12.19	15.36	16.28	9.87	6.69	4.37	3.52	100

(ONM de Maghnia)

I.8 Calcul des indices agro-météorologique

Pour caractériser le climat et évaluer l'impact des différentes variables climatiques sur la croissance des plantes, deux facteurs majeurs sont considérés : les précipitations et la température.

I.8.1. L'indice d'aridité de « Martonne »

L'indice d'aridité de Martonne est calculé selon la formule suivante :

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \quad \text{Où : } I_A: \text{ Indice climatique}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C)

$$\text{Dans notre situation on aura : } = \frac{285.18}{18.04+10} = 10.17$$

Tableau I.8 Classification du climat selon de Martonne

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

Par conséquent, le climat dans notre zone d'étude se caractérise par sa sécheresse (Sec), ou l'irrigation s'avère souvent indispensable.

I.8.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger

C'est ainsi qu'en 1932, EMBERGER avait proposé une formule permettant le calcul de l'indice d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température. Le but est de déterminer l'étage bioclimatique

$$Q = \frac{2000 * P}{M + 2m} \quad \text{Avec :}$$

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Moyenne de précipitation annuelle (mm)

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Les indices obtenus sont répartis sur le Climat-Gramme pour la station dans le tableau suivant :

Station	Paramètres				Etage bioclimatique
	P (mm)	M (kelvin)	m (kelvin)	Q	
Maghnia	285.18	297.88	284.14	71.19	Semi-aride

Le report de l'indice d'aridité annuelle Q et T (température) sur le Diagramme bioclimatique d'Emberger montre que le climat de notre zone d'étude est semi-aride.

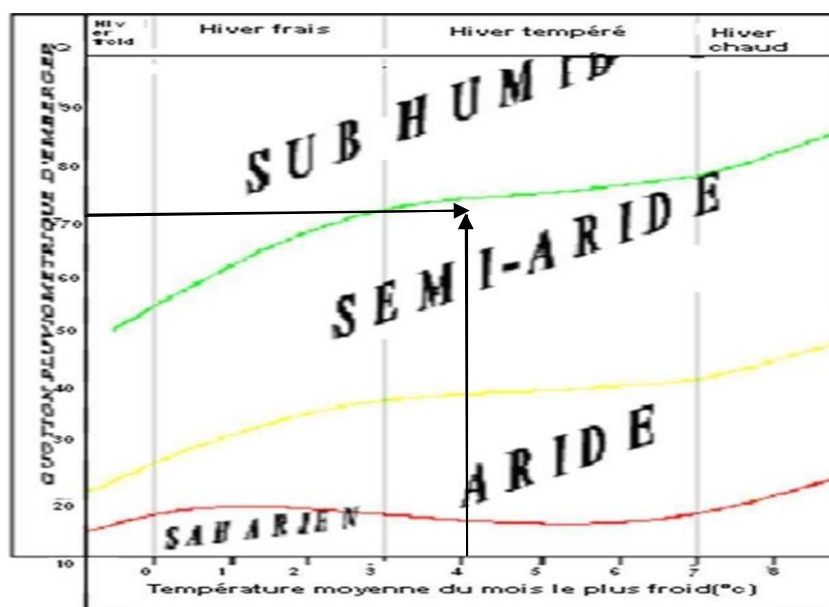


Figure I.5 Diagramme bioclimatique d'Emberger

I.8.3. Diagramme Ombre-thermique de Bagnouls et Gausсен

Le BAGNOULS et GAUSSEN ont établi qu'un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations, exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température, exprimée en degrés Celsius. La saison sèche est définie par la période pendant laquelle la courbe des précipitations se situe en dessous de celle des températures. La durée de la saison sèche est déterminée par les abscisses des points d'intersection des deux courbes correspondantes. L'intensité de la saison sèche est représentée par la surface sous les deux courbes pendant cette période. Les diagrammes Ombro-thermiques mettent en évidence la période sèche suivante.

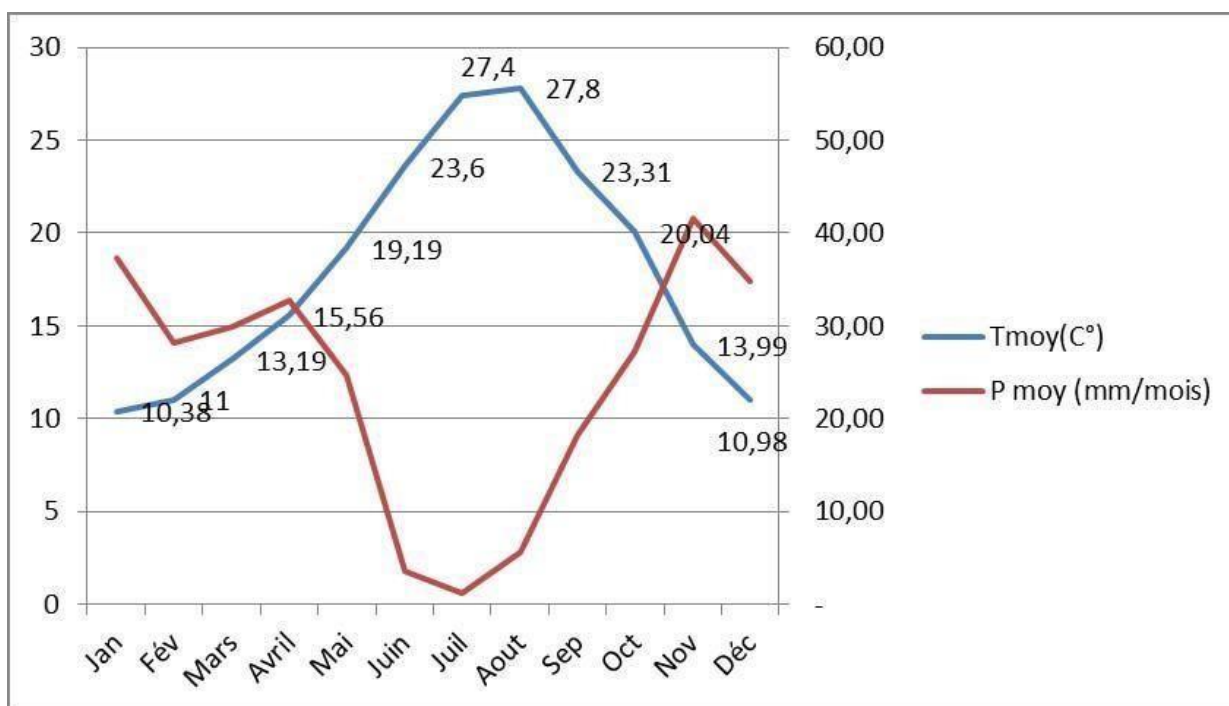


Figure I.6 Diagramme ombrothermique de Gausсен.

La station de de Maghnia indique que la période sèche s'étale sur les mois (Mai, juin, Juillet, août, septembre et octobre).

I.9. Analyse socio-économique

L'agriculture est la principale activité économique dans la commune de Sidi Medjahed. Elle se caractérise par la dominance des petites exploitations privées d'une taille moyenne de 2 ha.

Ce potentiel agricole est localisé essentiellement dans les espaces de traces perchées alluviales (Tafna, Oued Aouam, Oued Ain Teghalimet, Ain Bousedra, etc.), avec comme vocation principale la complantation d'une arboriculture fruitière, notamment l'olivier complanté à un maraichage diversifié.

Sur une superficie totale (S.T) de 9 893 ha, la superficie agricole totale (S.A.T) est évaluée à 3914 ha, soit 40 % de la S.T. La répartition générale des terres confirme la contrainte physique de cette commune, puisque la SAU ne représente que 31% de ST. Les forêts sont majoritaires avec une superficie de 3 776 ha, soit un taux de boisement de 38 %. Par contre, les terres improductives occupent globalement 22 % (2 203 ha).

Le ratio de disponibilité en terre agricole (rapport de SAU/population), indique une valeur de 0,432 ha, ce qui dénote une légère supériorité par rapport à la moyenne wilaya (0,360 ha/habitant).

I.9.1. Situation actuelle

Tableau I.9 Les différentes cultures pratiquées au niveau de l'entité SUD-EST

DESIGNATION	Céréale	Fourrage	Maraichage	Olives	Vigne	Agrumes	Autre arbre	Autre culture	Total
S(ha)	523.5	00.0	38.00	71.5	4.00	2.00	4.00	00.0	643
%	81	00	6	11	1	0	1	0	100

Dans cette entité de la zone d'étude, Il existe deux types de culture :

- La monoculture utilisée généralement pour les grandes cultures à savoir le blé dur Principalement dont la superficie réservée pour cette spéculation est de l'ordre 523.5 ha, soit 81% par rapport à la surface totale.
- La polyculture qui représente 119.5 ha, soit 19% par rapport à la superficie totale enquêtée.

I.9.2. Situation projetée

En raison de l'importance relative du volume d'eau du barrage de Hammam Boughrara réservé à l'AEP et l'irrigation, il serait plus intéressant de consacrer les capacités d'irrigation à toutes les cultures cultivées ou qui peuvent être introduites au niveau de ce périmètre sans réserve afin d'augmenter leurs potentiels de production, et par conséquent rentabiliser mieux le périmètre en étude. Ce choix implique une redistribution des cultures sur toutes les classes des superficies du périmètre en étude dans le but de rationner ses surfaces par l'intensification de :

- Cultures maraichères,
- Des cultures des céréales et fourrages.
- L'arboriculture.

Selon l'enquête effectuée sur les lieux la superficie totale du périmètre et par zone homogène est répartie en classes de surfaces afin que les assolements proposés touchent toutes les catégories d'exploitations existantes.

I.10 Conclusion

Après avoir analysé les paramètres climatiques, hydrologiques et hydrographiques, il est évident que notre région présente un climat sec, avec des précipitations variables en volume et dans leur répartition temporelle. L'hiver est généralement froid et plutôt pluvieux, tandis que l'été est chaud et sec.

Compte tenu du caractère aride de la région, il est impératif de mettre en place un système d'irrigation pour favoriser le développement des cultures et intensifier les activités agricoles.



Chapitre II
Ressources en sol et en eau

II.1 Introduction

Ce chapitre explore en détail l'analyse des ressources en eau et en sol dans le cadre de notre projet d'irrigation. Nous plongerons dans les subtilités de la composition du sol et de la disponibilité en eau, fondamentales pour la réussite de tout système d'irrigation. En examinant les méthodes d'analyse les plus pertinentes et les considérations clés pour la gestion des ressources, nous tracerons les contours d'une approche stratégique pour maximiser les rendements agricoles tout en préservant la durabilité environnementale.

II.2 Ressource en sol

L'étude analytique au laboratoire a porté sur la détermination de la composition granulométrique (% Argiles, Limons et sables), le calcaire total et actif, la capacité d'échange cationique CEC, le pH, la matière organique ...etc.

L'objectif de l'étude des ressources en sol comprend plusieurs aspects :

1. Évaluer la capacité des sols dans la zone examinée à favoriser une croissance végétative optimale des cultures envisagées et à garantir un retour économique satisfaisant sur l'investissement.
2. Sélectionner les méthodes d'irrigation les mieux adaptées aux caractéristiques du sol et des cultures (telles que l'aspersion, le goutte-à-goutte ou la submersion).
3. Analyser les aptitudes culturales en comparant les exigences des différentes cultures envisageables avec les capacités des sols étudiés.

II.3. Classification des sols

La méthodologie de classification employée dans cette étude se conforme aux normes établies par la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S), adoptées par la DEMRH Algérie. Cette classification hiérarchique catégorise les sols en plusieurs niveaux, allant des unités supérieures telles que la classe, la sous-classe, le groupe et le sous-groupe, aux unités plus spécifiques comme la famille et la série. Cette structure offre aux utilisateurs un cadre pratique pour évaluer les caractéristiques fonctionnelles des sols.

La prospection pédologique au niveau de la commune de Maghnia a concerné l'étude agro-pédologique du périmètre de Maghnia répartie en deux lots (**lot 1** périmètre **1500 Ha Nord-Ouest** du périmètre existant - Maghnia 4250 Ha et **lot 2** périmètre **1 000 Ha Sud Est** du périmètre existant -Maghnia 4 250 Ha) réalisée à l'échelle du 1/20 000ème a pour but d'identifier les types de sols et définir les aménagements qui s'imposent pour une valorisation judicieuse.

Pour le cas de notre projet, nous nous intéressons au périmètre sud-est.

Cette prospection pédologique, qui a porté sur une superficie d'environ 2620 ha (y compris agglomérations et autres infrastructures), a fait ressortir huit unités homogènes de moyenne à bonne aptitude culturale.

➤ L'étude approfondie des sols a fait ressortir trois (03) zones homogènes de mise en valeur.

Les zones les plus favorables à l'irrigation sans contraintes majeures ou à très légères contraintes à la mise en valeur correspondent aux catégories I et II où un large éventail de cultures est envisageable, tandis que la catégorie III à contraintes modérées sa mise en valeur est conditionnée par des aménagements préalables.

➤ Les principaux aménagements à recommander dans le périmètre d'étude sont les suivants :

- Epierrage de l'aspect de surface pour rendre les sols facilement mécanisables
- Sous solage et labours profonds pour l'amélioration des structures défavorables des couches exploitées par les racines ;
- Application des prés irrigations au niveau du sol rouge non lessivé halomorphe
- Amendement des sols par des apports d'engrais organiques et minéraux ;
- Amélioration des pistes existantes et aussi ouverture d'autres pistes d'accès aux parcelles.

Le périmètre objet de cette étude se subdivise en zones homogènes, regroupant trois catégories qui sont les suivantes :

- **Catégorie I** : cette catégorie qui couvre une superficie de **427,86 Ha** soit **16,59%** de la surface du périmètre.
- **Catégorie II** : celle-ci d'une superficie de **545,49 Ha** soit **21,15 %** de la surface totale du périmètre.
- **Catégorie III** : cette catégorie couvre une superficie de **1605,50 Ha** soit **62,26 %** de la surface totale du périmètre. Celle-ci nécessite quelques aménagements tels que : épierrage, sous solage et amendements organiques et minéraux

Catégorie	Caractéristiques des zones	Superficie
I	Dans la catégorie I qui regroupent les Sols bruns calcaires modaux, Sols isohumiques modaux, les sols rouges non lessivés modaux et les sols rouges non lessivés halomorphes. Toutes les cultures peuvent convenir sans aucune restriction, néanmoins certains travaux sont nécessaires pour espérer des hauts rendements. Parmi ces travaux on cite : le défoncement pour permettre une aération des sols et une bonne infiltration des eaux d'irrigation et aussi empêcher la formation des semelles de labour et des prés irrigations pour lessiver les sels au niveau des sols rouges non lessivés halomorphes.	427.80 ha
II	Dans la catégorie II à légères contraintes au niveau de la profondeur et de la fertilité chimique, toutes les cultures à enracinement non profond (Céréales, fourrages, légumineuses, maraichage) peuvent y convenir parfaitement sauf que l'arboriculture fruitière aura une convenance moyenne en raison de l'encroûtement en profondeur. Au niveau de cette catégorie, il est conseillé de procéder à épierrage de l'aspect de surface, à un sous solage, à un labour profond et à des apports des engrais organiques et minéraux.	545.49 ha

Catégorie	Caractéristiques des zones	Superficie
III	<p>Au niveau des sols regroupés dans la catégorie III (Rendzines modales et Rendzines sur croûte) seules les cultures à enracinement superficiel (maraichage, légumineuses) pourront avoir une bonne convenance sans aucune restriction, les autres cultures tel que les céréales, les fourrages pourront y convenir mais leurs rendements seront juste moyens sans revenus conséquent pour l'agriculteur. L'introduction des espèces à enracinement profond (mis à part les espèces très rustiques) est déconseillée par manque de profondeur permettant un bon développement du système racinaire. Toutefois il est recommandé de procéder à des travaux d'amélioration tel que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • épierrage de l'aspect de surface pour faciliter la mécanisation des sols • Amendements en engrais organiques (fumier de bovins, d'ovins ou de camélins)) afin d'améliorer la structure de sol et de former un complexe organo-minérale qui pourrait augmenter la capacité de rétention en eau de ces sols. • Procéder à un sous solage sans retourner l'horizon sous adjacent chez les Rendzines qui n'est autre que du calcaire friable ou la croûte calcaire • Choisir un système d'irrigation très adéquat. 	1605.50 ha

Figure II.1 Caractéristiques des zones homogènes

(source : ONID Alger)

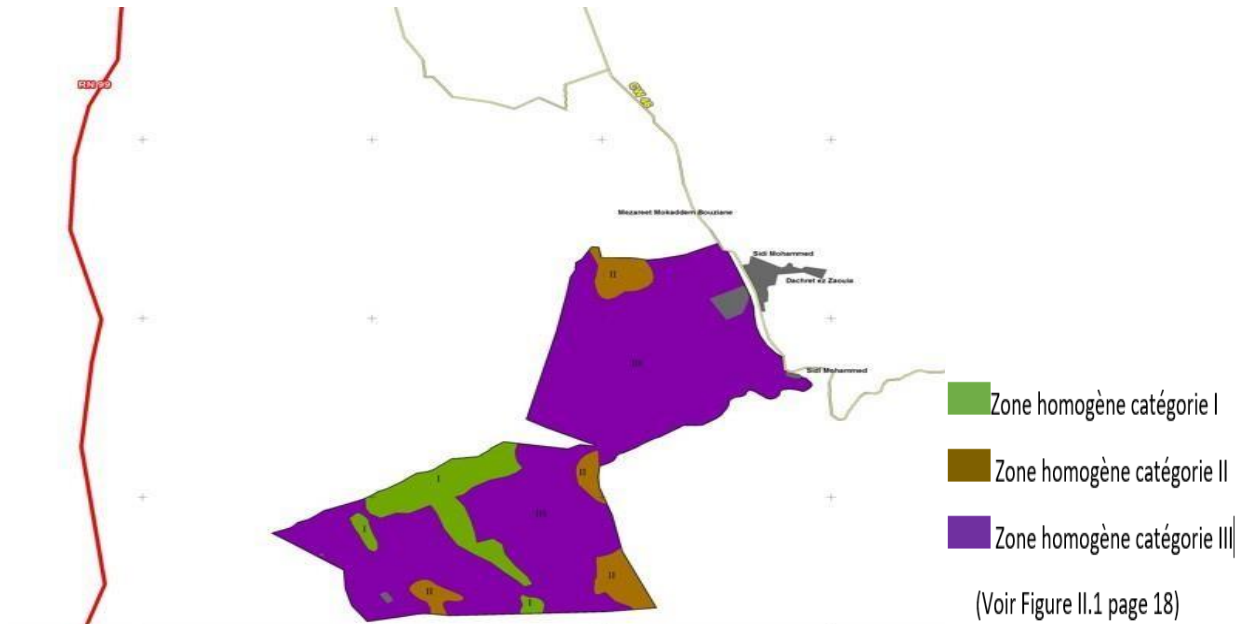


Figure II.2 Répartition des zones homogènes

II.4. Caractéristiques morphologiques

Nous avons analysé plusieurs profils en examinant en détail leurs caractéristiques. Parmi eux, nous avons sélectionné un profil représentatif que nous avons synthétisé comme suit :

Géomorphologie : glacis

- **Pente** : 3 - 6 %
- **Aspect de surface** : environ 20% de galets et fragments de croûte calcaire
- **Occupation actuelle** : grandes cultures
- **Coordonnées** : W= 1° 41' 13.6" N= 34° 46' 33.2"
- **Classe** : Sols calcimagnésiques
- **Sous classe** : Sols carbonatés
- **Groupe** : Rendzine
- **Sous-groupe** : Rendzine sur croûte

Description morphologique du profil

- **0 - 32 cm** : sec, couleur 7,5YR6/4, texture limono argilo sableuse, structure polyédrique fine, présence d'environ 15% de fragments de croûte calcaires, nombreuses racines fines, bonne activité biologique, matière organique non directement décelable, poreux, friable, forte effervescence à Hcl, transition nette.
- **32 cm** : Croûte calcaire.

II.5. Analyse physico-chimique des sols

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol. Les analyses physico-chimiques des sols sont résumées dans les tableaux suivants :

Tableau II.1 L'analyse des profils au laboratoire

Horion		H1		
Profondeur (cm)		0-32		
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES				
Granulométrie	Sable (%)	28,4		
	Limon (%)	36,1		
	Argile (%)	35,5		
		100		
MATIERE ORGANIQUE				
Matières organiques	%	0,9		
Carbone C	(mg/kgdesol)	5,0		
Azote N	(mg/kgdesol)	0,4		
C/N		12,5		
COMPOSITION DE SOLUTION DU SOL				
PH eau		8,03		
CE (l/s en ms)		0,3		
Salinité (g/l)		0,4		
SDT (mg/l)		740		
RESERVES MINERALES				
CaCO 3 Total	%	18		
CaCO 3 Actif	%	10		
P Total	(mg p /kg sol)	1,4		
P205 Assimilable	(ppm)	38		
K 2 O	(mg/kg sol)	10,6		

(Laboratoire d'analyse de sols Ain-Defla)

II.5.1. Interprétations et valeur agronomique

Ces rendzines sur croûte à aspect de surface trop caillouteux se caractérisent principalement par :

- Une profondeur faible ne dépassant pas dans les meilleurs des cas 38 cm, Limitée par une croûte calcaire moyennement friable avec des cailloux et galets calcaires qu'on peut assimiler à une roche fragmentée.
- Une texture de l'horizon de surface équilibrée avec une bonne structure et une incorporation des éléments grossiers qui rendent ces sols filtrants.
- Des teneurs en calcaire actif inférieures à 15% dans tous les profils analysés
- des taux en matière organique très appréciables supérieurs 1% dans tous les profils

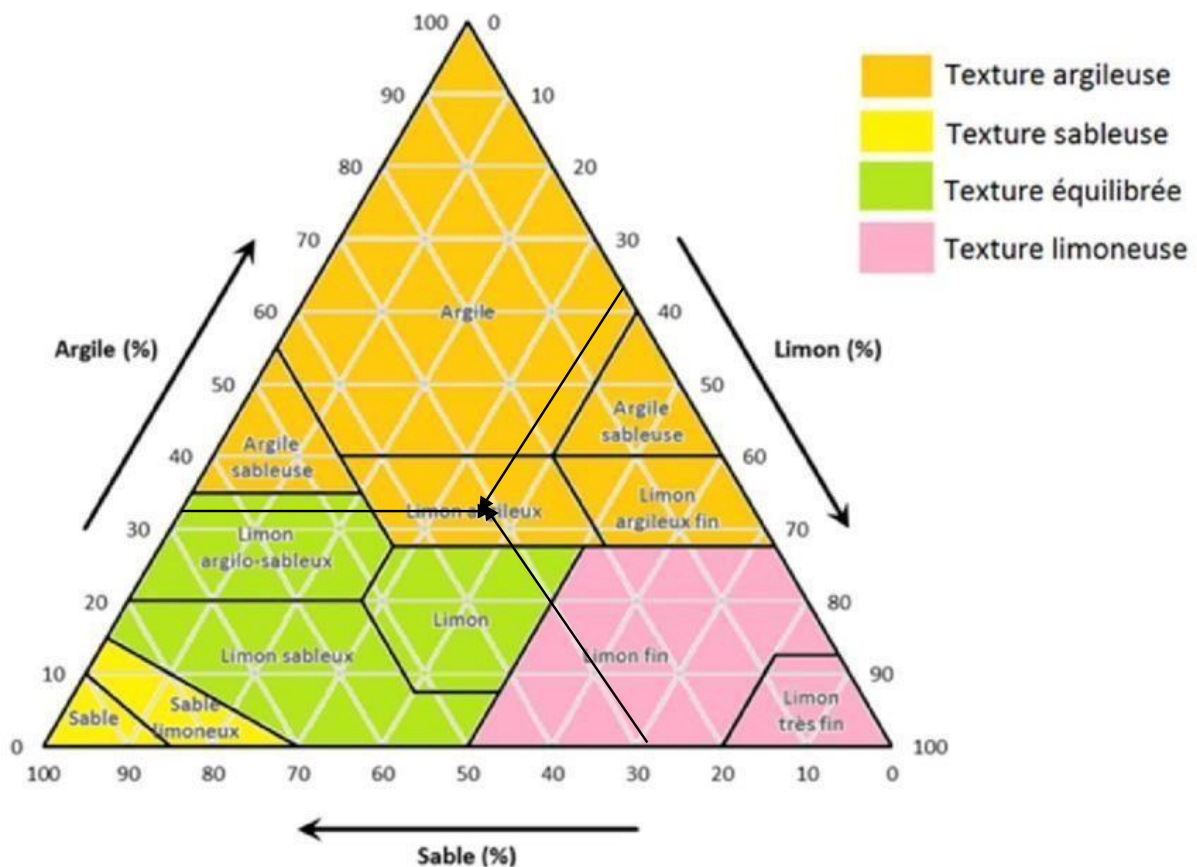


Figure II.3 Analyse de sols par le triangle de texture USDA

D'après l'analyse physico-chimique faite au laboratoire et la projection du triangle de texture des sols, on trouve que la texture de notre sol est généralement limoneux-argileux

II.5.2. Caractéristiques hydrodynamiques des sols

L'étude des caractéristiques hydrodynamiques des sols, qui vient en complément de l'étude agropédologique est nécessaire à l'étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre

Tableau II.2 Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Limoneux-argileux
Capacité au champ (%)	27
Point de flétrissement (%)	17
La perméabilité (mm/h)	7-9
Densité apparente	1,35

II.6. Détermination des aptitudes culturales des sols

Après avoir analysé les différentes unités pédologiques qui composent le périmètre d'étude et les contraintes à leur mise en valeur, il sera procédé à la synthèse de toutes les données exploitées (climatiques, pédologiques, hydrographiques, etc.) afin d'arriver à l'identification et à la délimitation des zones homogènes exprimant avec exactitude l'aptitude culturale de chaque unité pédologique.

Le choix des cultures à introduire sera fait en fonction des caractéristiques physico-chimiques des sols et des exigences de chaque culture vis-à-vis des paramètres cités (Profondeur, Texture Structure...etc.)

Les aptitudes culturales, possibles au niveau du périmètre se résument dans le tableau suivant :

Tableau II.3 Les aptitudes culturales associées à chaque zone

	Zone1	Zone2	Zone3 (Cas de notre zone d'étude)
Céréaliculture et Cultures fourragères	Bon : Blé dur - blé tendre - vesce avoine - orge - maïs - sorgho - bersim - ray gras Moyen : fétuque - tréflé	Bon : blé dur - blé tendre - vesce avoine - orge - bersim - ray gras Moyen : sorgho - fétuque - tréflé	Bon : blé dur - orge - maïs - sorgho - bersim - tréflé Moyen : blé tendre - vesce avoine - fétuque - ray gras
Légumineuses	Bon : fèves - petit poids - vesce - luzerne. Moyen : pois chiche - lentille	Bon : fèves - petit poids - vesce Moyen : pois chiche - luzerne - lentille	Bon : fèves - petit poids - lentille Moyen : vesce - pois chiche
Arboriculture fruitière	Bon : olivier - amandier - grenadier - figuier - vigne - abricotier Moyen : pêcher -	Bon : olivier - amandier - grenadier - figuier - vigne Moyen : abricotier - pêcher - pommier -	Bon : olivier - grenadier - figuier - vigne Moyen : amandier - abricotier - pêcher

	pommier - poirier - prunier - agrumes	prunier	
Culturs maraichères	Bon : courgette - tomate - haricot - laitue - piment - épinard - oignon - aubergine Moyen : pomme de terre - carotte - pastèque - chou fraisier	Bon : courgette - tomate - haricot - laitue - piment - épinard - oignon - aubergine Moyen : pomme terre - carotte - melon - choux	Bon : piment - poivron - oignon - poireau _ pomme de terre _ haricot _ tomate Moyen : courgette - épinard - pastèque - melon _ laitue
Cultures industrielles	Bon : tournesol - tabac Moyen : coton - betterave	Bon : tabac Moyen : tournesol	Bon : tournesol Moyen : tabac

II.6.1 Interprétations

Pour notre zone d'étude les cultures à enracinement superficiel (maraichage, légumineuses) pourront avoir une bonne convenance sans aucune restriction, les autres cultures telles que les céréales, les fourrages pourront y convenir mais leurs rendements seront juste moyens sans revenus conséquent pour l'agriculteur.

II.7. Ressources en eau

Dans la wilaya de Tlemcen, existe plusieurs infrastructures de mobilisation réalisées pour satisfaire les besoins en eau potable, industrielle et agricole. Il s'agit :

II.7.1. Les barrages

Au niveau de la wilaya de Tlemcen, plusieurs barrages importants existent, notamment le barrage Mefrouche, le barrage Béni Bahdel, barrage Hammam Boughrara, barrage Sidi Abdeli et le barrage Sekkak.

II.7.2. Petits Barrages et Retenues collinaires

Dans wilaya de Tlemcen, les petits barrages et Retenues collinaires jouent un rôle important pour répondre aux besoins en eau potable et l'irrigation. Il y a 12 petits barrages dans toute wilaya, Sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II.4 Petits Barrages et Retenues collinaires

N°	Commune	Année	Nom de l'ouvrage	Capacité actuelle (m3)	superficie irriguée Ha	Observations
1.	Ouled Riah	1990	OUE D	500 000	89	Gestion Transférer à I9ANB
2.	Sidi Abdelli	1990	OUED	350 000	60	-
3.	Sidi Abdelli	1984	Sidi Snouci	400 000	25	-
4.	Sidi Abdelli	1980	Chaâbet Alia	400 000	20	-
5.	Amieur	1990	Guettara	300 000	66	-
6.	Ouled Mimoun	2004	OUE D	1 000 000	85	Gestion Transférer à I9ANB
7.	Zouia	2008	OUED Zouia	2 000 000	70	Gestion Transférer à I9ANB
8.	Ain Tellout	2013	Bahloula	1 200 000	50	Gestion Transférer à I9ANB
9.	Béni Snous	2010	OUED Mazer	140 000	3	-
10	Zouia	1991	OUED Aich	750 000	50	Gestion Transférer à l'ANB
11	Bouihi	1988	Magoura	300 000	60	Gestion Transférer à l'ANB
12	Bouihi	2010	El Abed	250 000	10	-
Total				7 590 000	588	

II.7.3. Ressources en eau non conventionnelles

En ce qui concerne les stations de d'épuration, il y a 3 stations dans La zone est présentée dans le tableau suivant

Tableau II.5 les STEP de Tlemcen

Ouvrages	Capacité	Production des eaux usées épurées 2019	Gestionnaire
STEP Aïn El Houta	31 000 m3/j	8 468 636	ONA
STEP Maghnia	29 000 m3/j	8 926 010	ONA
lagunage de Sidi Snouci	1 440 m3/j	416 081	ONA

(DRE TLEMCCEN)

II.8. Ressource en eau d'irrigation de la zone d'étude

La zone d'étude sera irriguée à partir du barrage de Hammam Boughrara situé sur l'oued Tafna, dans la commune de Hammam Boughrara Wilaya de Tlemcen. La réalisation de l'ouvrage a débuté en 1994 ; après 05 ans des travaux, conformément au programme qui prévoyait un délai de 60 mois pour l'achèvement des travaux, le barrage a été mis en service le 11 novembre 1998.

En ce qui concerne la zone d'étude, elle sera alimentée à partir bief aval du barrage hammam Boughrara.

Le barrage de Hammam Boughrara est situé dans la daïra de Maghnia Wilaya de Tlemcen, à 01 km de la localité portant le même nom, sur l'oued Tafna. C'est un ouvrage stratégique à caractère régional, d'une capacité de 177 millions de mètres cubes (177. 106m³). Il est destiné à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.



Figure II.4 Situation géographique du barrage de Boughrara

Les caractéristiques techniques du Barrage Hammam Bouhrara sont :

1-Retenue

Capacité 177 Hm³

Volume régularisé 59 Hm³

2-Digue

Type : Digue en terre zonée avec noyau argileux

Hauteur : 61 m

Longueur en crête : 973 m

Largeur en crête : 8,6 m

Côte de la crête : 311.5 m

3-Evacuateur de crue principal

Type : Déversoir latérale à seuil libre

Crue de projet : 2825 m³/s

Largeur du front déversant : 169 ml

4-Galerie de dérivation

Diamètre intérieur : 9 x 10 m

Longueur : 220 m

Débit à évacuer : 964 m³/s

5- Tour de prise

Type : Section circulaire de 6 m de diamètre intérieur

Nombre de prise : 04 diamètres 6 m

Côte de la crête : 311.5 m

Cote de la 1ère prise : 299,20 m

Cote de la 2ème prise : 290,22 m

Cote de la 3ème prise : 280,22 m

Cote de la 4ème prise : 272,22 m

Hauteur de prise : 66,7 m

Débit à évacuer par prise : 5 m³/s

Vidange : 4,1 x 3 m³/s



Figure II.5 Tour de prise du barrage de Boughrara



Figure II.6 Vue du plan d'eau du barrage

II.8.1. Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol est la protection de l'environnement ainsi que le système d'irrigation en place.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique au laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivantes :

- La concentration totale en sels dissous
- Le rapport de Sodium par rapport aux autres cations

- La présence de Bore et d'autres éléments toxiques.

Dans ce rapport on a présenté les résultats d'analyses du Barrage Hammam Bougherara. Ces résultats correspondent à des prélèvements étalés au 2013, 2015 et 2020 fait à différentes valeurs du débit, paramètre qui conditionnent les caractéristiques physiques (transports solides) et chimiques (matières dissoutes) dans l'eau.

Le tableau ci-après présente les valeurs extrêmes, analyses faites aux plus hautes eaux et faites aux plus basses eaux sont ainsi comparées aux principaux ratios définissant une qualité d'eau qui ne cause pas de problème en cas d'utilisation pour l'irrigation.

Cette comparaison montre que les eaux de crue seraient satisfaisantes à l'usage de l'irrigation, avec une réserve en cas d'aspersion.

Nom: barrage Hammam Bougherara

Demandeur: Agence National des Barrages ANBT Nature eau : source probable

Lieux de prélèvement : Aval du barrage

Tableau II.6 Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du Barrage Hammam Bougherara

Paramètre physico-chimique	Unité	Concentration	Normes
PH	/	6.90	6.5-
Température	°C	15.8	9.5
Salinité	g/l	14.90	<25
Conductivité	µs/cm	24700	2
Turbidité	NTU	20	2800
Oxygène dissous	Mg/l	7.36	05
			-
Paramètre de pollution	Unité	Concentration	Normes
Ammonium	Mg/l	0.84	0.5
Nitrite Fer	Mg/l	0.010	0.1
total	Mg/l	0.87	0.3
Phosphate	Mg/l	0.04	0.5
Cuivre	Mg/l	0.10	0.05
			-
			01.5

(ANBT)

❖ Le tableau suivant :

Code Station : 160520

Nom : barrage Hammam Bougherara

Type : 01

Tableau II.7 Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du barrage hammam Bougherara

	janv	fév	mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Min	Max
T (c°)	13	14	14	19	25	25	30	31	25	23	20	14	13	31
ph	7.7	8	7.8	7.6	8.6	8.5	9.4	8.7	9	9.1	8.6	7.7	7.6	9.4
Volum/d é (m³)	175.62	175.62	175.71	175.8	175.71	175.8	174.81	173.2	171.69	172.4	175.62	174.72	171.69	175.81
Cond (s.m⁻¹)	1174	1168	1175	1185	1197	1174	1160	1168	1198	1195	1191	1195	1160	1198
turb	15	16	4	4	8	24	43	16	10	10	9	11	4	43
Satur(%)	44.1	81.2	80.2	6.7	145.5	154.1	172.6	13.7	83.9	93.1	73.5	22	6.7	172.6
O2 (Dis)	4.5	8.1	8	74.4	11.8	12.5	13	9.7	6.8	7.8	6.5	2.2	2.2	74.4
MES 105	20	20	10	10	16	24	42	23	15	14	12	16	10	42
MES 600	8	10	4	4	6	14	2	14	8	10	8	6	4	20
Rs 105	940	820	880	89	880	90	880	880	100	880	880	940	820	1000
Ca	56	56	52	49	44	40	36	68	58	69	73	68	36	73
Mg	42	46	44	55	53	36	27	25	37	30	33	43	25	55
Na	166	166	161	163	161	163	168	200	200	209	186	193	161	209
K	13	13	12	13	11	13	13	12	20	15	14	13	11	20
Cl	245	252	239	245	259	252	236	276	289	315	263	263	236	315
SO4	115	92	93	94	92	91	113	133	106	151	121	197	91	197
CO3	0	0	0	0	19	0	32	47	0	20	27	0	0	47
HCO3	268	253	266	285	160	162	76	128	203	161	217	248	79	285

(ANBT)

II.8.2. Caractéristiques de l'eau d'irrigation

➤ Salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), de potassium (K^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La qualité des eaux pour l'irrigation est déterminée par la méthode de sodium absorption (S.A.R). Cette méthode fait intervenir le risque d'alcalinisation des eaux.

Le S.A.R est défini comme étant une mesure du pouvoir de remplacement des Ca^{++} et Mg^{++} par Na^+ dans argiles et les colloïdes. Il peut être estimé par la relation de Richard (1954).

$$\text{S.A.R} = \text{Na}^+ / ((\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / 2)^{1/2}$$

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

•S1 :S.A.R<10

L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

•S2 :10<S.A.R<18

Les eaux contenant une faible quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol, ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

•S3 :18<S.A.R<26

Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matière organiques. S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps.

S'il n'y pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.

•S4 :S.A.R>26

Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

Calcul du SAR

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

Avec : Mg^{++} , Ca^{++} , Na^+ en méq/l

❖ **Les eaux de barrage (zone conduite 1400 mm)**

$$\text{S.A.R} = 1.04$$

S.A.R : Rapport d'adsorption du sodium

Un usage continu de SAR élevé provoque une déstructuration du sol.

L'eau avec un SAR est inférieur a 10 généralement être utilisée sur tout type de sol et peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de problème d'accumulation de sodium

II.8.3. Classification de l'eau d'irrigation

Tableau II.8 Classification des eaux

SAR	Conductivité (µs/cm)	La Zone selon le diagramme de classification des eaux	Remarque
1.04	1816	C3 S1	- Qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre.

D'après Le report des résultats sur ce diagramme (voir diagramme N°01), montre que l'eau du Barrage Hammam Bougherara appartient à la classe C3S1

C3 : Eau utilisable avec un léger lessivage, les plantes modérément tolérantes aux sels peuvent ce développé dans la plus part des cas, sans pratique spéciale de contrôle de la salinité.

S1 : Eau utilisable pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger de sodisation, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gérées.

La classe **C3S1** désigne une catégorie où le risque de salinisation est modéré et celui d'alcalinisation est faible. Ces eaux sont propices à l'irrigation de cultures qui tolèrent le sel, cultivées sur des sols bien drainés.

La figure suivante montre le diagramme de la classification des eaux d'irrigation :

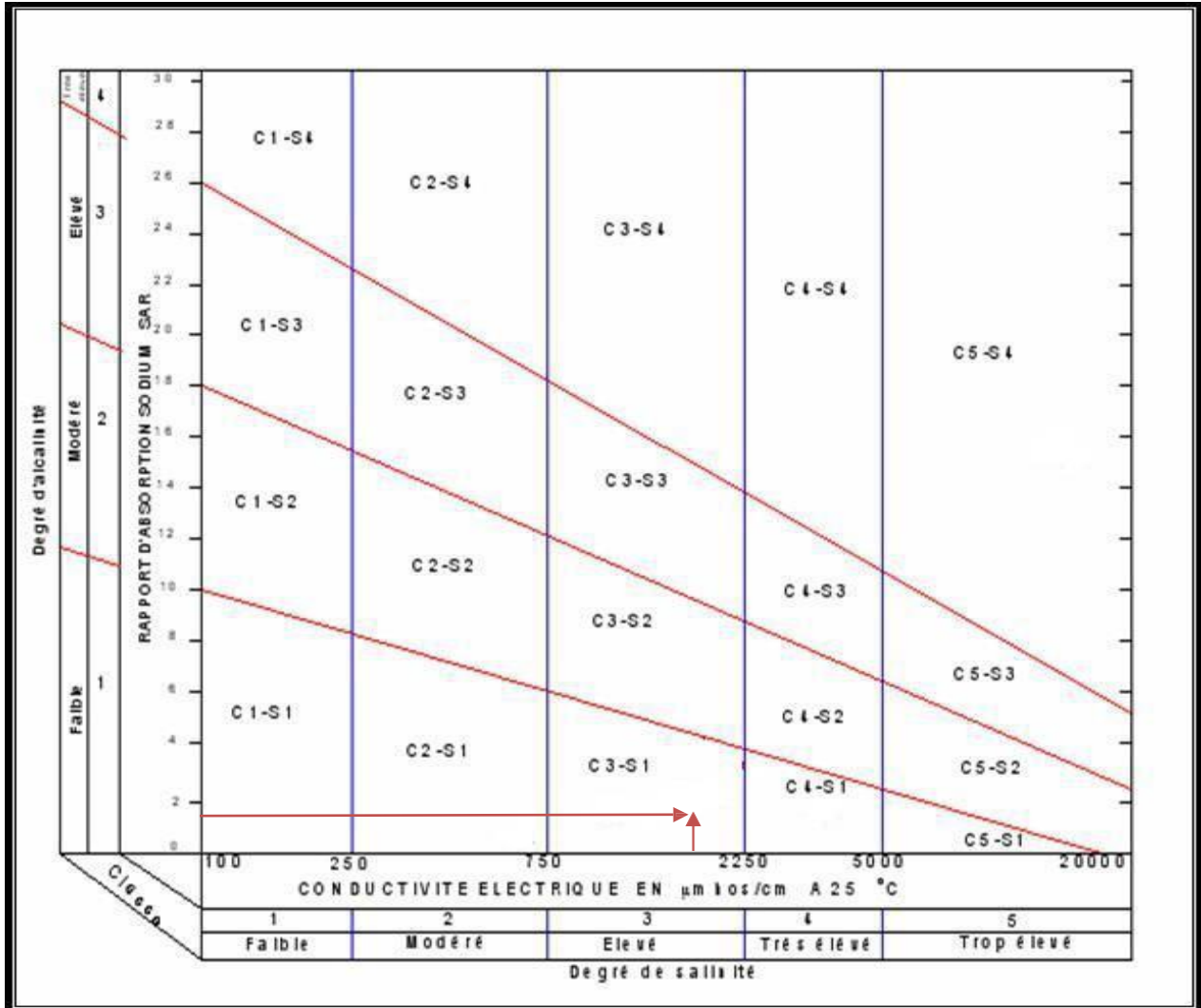


Figure II.7 Diagramme de classification des eaux d'irrigation

II.8.4. Méthodologie d'approche

Afin d'évaluer la qualité de l'eau actuelle et son aptitude à l'irrigation, la procédure décrite dans le document N°29 « Water Quality for Agriculture » du FAO (1994) a été suivie, ce dernier document présente les critères de qualité et d'admissibilité des eaux à l'irrigation.

Tableau II.9 : Tableau de minéralisation globale des eaux de barrage

Paramètre	Résultats	Seuils limites
PH à 20°C	8.2	6.5-8.5
Conductivité à 25 ° C ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1816	2800 max
Carbonates / CO_3^{2-}	00 (mg/l)	0.15 (mg/l)
Bicarbonates / HCO_3^-	344.04 (mg/l)	500 (mg/l)
Dureté totale / CaCO_3	490 (mg/l)	500 (mg/l)
Dureté calcique / Ca^{2+}	92.8 (mg/l)	200 (mg/l)
Dureté magnésienne / Mg^{2+}	62.69 (mg/l)	150 (mg/l)
Teneur en chlorures	198.9 (mg/l)	500 (mg/l)
Teneur en sodium	46 (mg/l)	200 (mg/l)
SAR	1.04	

(Laboratoire d'analyse de la qualité N.A KARAOUZENE)

La conductivité

Les eaux de barrage hammam Bougherara présentent une conductivité électrique de 1816($\mu\text{s}/\text{cm}$) indiquant une salinité légère à modérée, d'après le tableau Directive pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation.

II.9. Conclusion

Vue la qualité d'eau du Barrage Hammam Bougherara, on peut dire que cette eau est une bonne source d'approvisionnement pour l'irrigation, ce qui permet donc d'avoir des bonnes conditions de gestion du sol et de l'eau.

Son utilisation ne cause pas donc de problèmes pédologiques et agronomiques et ni de toxicités.

La différence de qualité dans le barrage depuis 2000 jusqu'à 2020 est due à plusieurs, tels que :

- Le climat (l'évapotranspiration qui augmente la concentration des minéraux dans le sol)
- La géologie de la région (la formation lithologique en présence du calcaire)
- Les produits phytosanitaires qui sont utilisés par les agriculteurs, autour de la ressource (Eau du barrage), pour augmenter le rendement des cultures.



Chapitre III
ETUDE
HYDROLOGIQUE

III.1 Introduction

L'analyse hydrologique est une étape essentielle qui permet principalement de déterminer l'année pluvieuse en étudiant les précipitations, ce qui est essentiel en hydrologie. Il vise principalement à mesurer la quantité d'eau de pluie reçue par un bassin versant spécifique.

III.2. Hydrologie

L'étude hydrologique permet d'analyser le régime pluviométrique et de déduire les pluies mensuelles de fréquence 80% (Année sèche).

III.3. Présentation de la station pluviométrique

Les conditions climatiques du bassin jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Les facteurs qui déterminent le climat sont : La précipitation, l'humidité, la température et le vent qui ont une influence sur l'évaporation et la transpiration. Pour notre zone d'étude, la station plus représentative et celle qui dispose le plus d'enregistrements est la station météorologique de l'ONM de Maghnia pour la période qui s'étale de 1997 à 2020.

Tableau III.1 Localisation GPS de la station de Maghnia

Nom de la station	Altitude (m)	Coordonnées	
		Longitude	Latitude
Maghnia	386	01°749W	34°839N

La station disponible au voisinage du bassin et la plus proches du site est La station météorologique de l'ONM de Maghnia avec une période d'observation de 1997-2020 soit 23 ans.

III.4. Répartition de la pluie moyenne annuelle

La série de données pluviométriques utilisées est celle comprise entre 1997 et 2020 au niveau de la station de Maghnia.

Le tableau suivant montre les précipitations moyennes mensuelles :

Tableau III.2 Précipitation moyenne mensuelle 1997--2020

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ann
1997/1998	51	14.3	15.70	56	28	40	29.1	19	40	1	1	28.8	323.9
1998/1999	9	1	40	10	59	35	63	00	00	1	00	00	218
1999/2000	25	16	46	55	5	0	2	8	14	2	00	2	175
2000/2001	15	89	50	15.70	50	30	3	5	4	00	00	1	262.7
2001/2002	13	21	113	30	1	5	34	63	31	2	00	28	341
2002/2003	00	16	51	21	96	64	19	40	20	4	2	1	334
2003/2004	5	34	32	40	17	17	101	21	90	2	0	4	363
2004/2005	00	22	14	35	19	50	27	11	1	0	0	0.6	179.6

2005/2006	6	11	25	17	52	35	17	20	45	0	13	0	240
2006/2007	26	20	10	24	7	16	33	88	1	0	0	0	225
2007/2008	8	34	62	20	31	30	6	7	17	3	0	0	218
2008/2009	32	87	64	103	96	16	15	19	5	3	1	1	442
2009/2010	80	5	27	23	80	35	58	65	9	16	1	27	426
2010/2011	5	58	16	12	13	18	21	40	68	10	0	21	282
2011/2012	2	49	82	25	15	40	23	26	12	1	1	0	276
2012/2013	12	32	133	13	68	50	31	22	40	0	0	8	409
2013/2014	5	00	36	90	66	17	29	15	15	12	0	0	285
2014/2015	28	8	45	83	45	34	16	12	33	1	0	0	305
2015/2016	30	21	4	00	11	32	35	19.4	44	8	0	0.6	205
2016/2017	13	19	34.3	42	57.44	45.94	32.97	25.08	10.02	4.2	6.5	0.35	290.8
2017/2018	00	16.02	00	46	18.76	12.24	66.21	69.87	17.23	12.27	0	3.15	261.75
2018/2019	18. 45	37.2	25.45	24.55	17.31	25.08	7.87	14.83	23.83	1.02	3.48	4.16	203.23
2019/2020	34. 52	14.02	32.17	15.99	4.06	00	20.16	143.76	28.71	0	0	0	293.38

(O.N.M de Maghnia)

Cette série des Précipitations annuelles présente les paramètres statistiques suivants :

Tableau III.3 Paramètres de la série pluviométrique.

Moyenne	285.18 mm
Ecart type	75.5
Cv	0.265
Pmin	175 mm
Pmax	442 mm
Médiane	282

III.5 Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Avant d'entamer toute analyse des données hydrologiques, il est primordial d'assurer la cohérence des données, étant donné que des interruptions dans les relevés de la station pluviométrique peuvent compliquer leur exploitation. Ainsi, il est impératif de contrôler la cohérence des séries de données. Dans notre étude, cette vérification est effectuée à l'aide du test de Mood, un outil essentiel pour évaluer la cohérence de la série pluviométrique.

❖ Test de Mood (Paul Meylan, 2008)

Le test de Mood constitue une approche visant à évaluer l'homogénéité d'une série de données pluviométriques. Voici les étapes à suivre :

1. Choisissez un échantillon de données x_1, x_2, \dots, x_n .

2. Triez cet échantillon par ordre croissant.
3. Déterminez la médiane M de l'échantillon, une valeur constante où 50 % des x_i sont inférieurs à M et 50 % des x_i sont supérieurs à M.
4. Transformez la série des valeurs non triées en une séquence de signes :
 - Pour $x_i > M$, utilisez "+"
 - Pour $x_i < M$, utilisez "-"

Ensuite, calculez les quantités N_s et T_s selon les critères suivants :

- N_s : le nombre total de séries de signes + ou -.
- T_s : la taille de la plus longue série dans notre tableau de signes + ou -.

Les conditions de ce test sont formulées dans cette expression :

$$1/2 (N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < N_s < 1/2 (N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1})$$

Tableau III.4 Résultat du test \bar{M} ood

Pmoy	323.9	218	175	262.7	341	334	363	179.6	240
	+	-	-	-	+	+	+	-	-
Pmoy	225	218	442	426	282	276	409	285	305
	-	-	+	+	+	-	+	+	+
Pmoy	205	290.8	261.75	203.23	293.38				
	-	+	-	-	+				

$$N_s=10, \text{ et } 7.4 < N_s=10 < 16.6$$

$$\text{Et d'autre part : } 3.3 (\log_{10} N + 1) = 4.55 \text{ et } T_s=4 \text{ et } 4 < 4.55$$

On peut déduire que les deux conditions sont satisfaites, ce qui indique que notre série est homogène.

III.6. Ajustement des pluies annuelles

Les distributions d'ajustement les plus fréquemment utilisées pour les précipitations annuelles comprennent les suivantes :

- La loi de Gauss, également connue sous le nom de loi normale.
- La loi de Galton, parfois désignée comme loi log-normale.

Ces deux lois de probabilité continues dépendent de deux paramètres principaux : l'espérance, notée μ , et l'écart type, notamment pour la loi log-normale.

Les calculs nécessaires ont été effectués à l'aide du logiciel **HYFRAN**.

Ajustement des précipitations a la Loi Normale

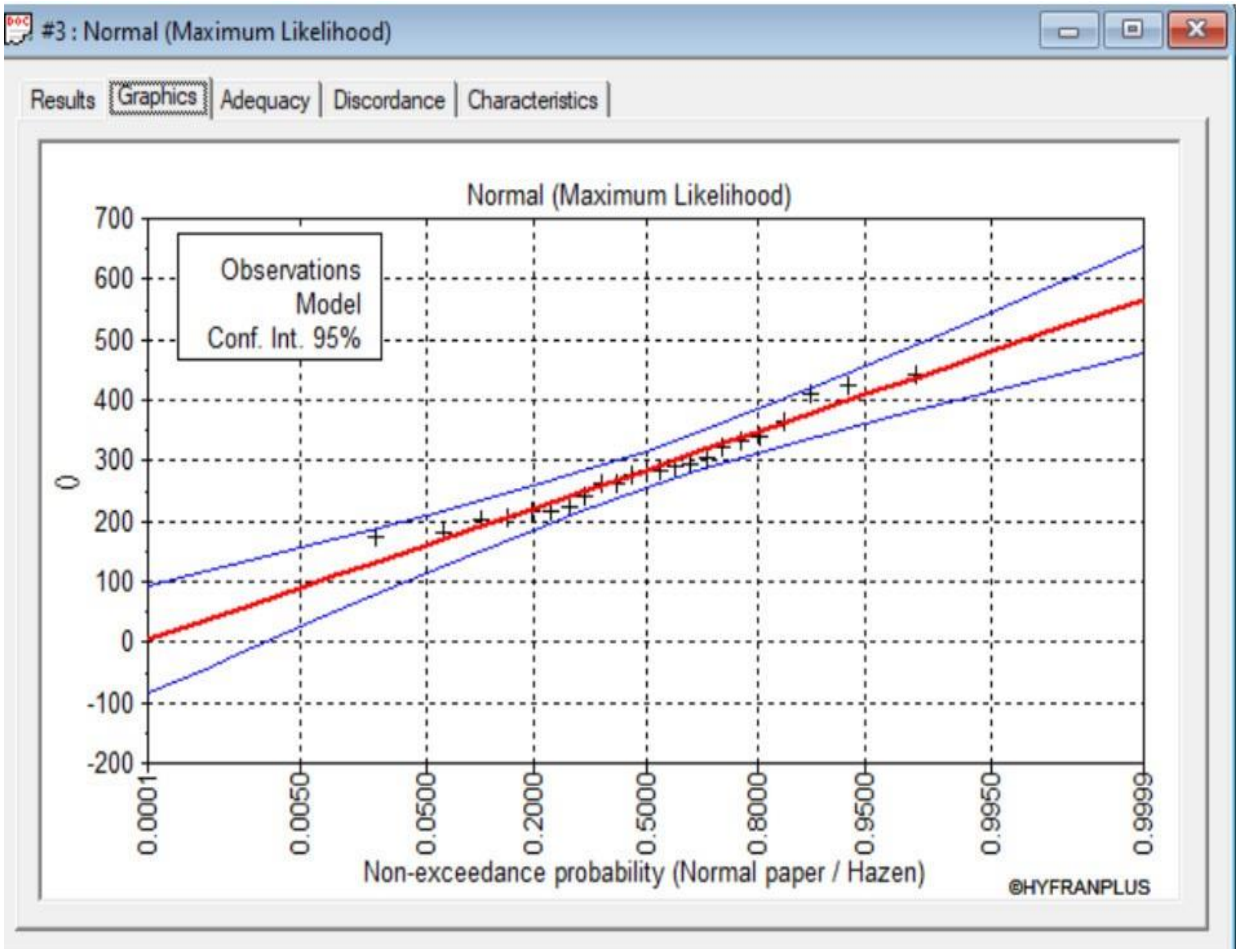


Figure III.1 : Ajustement des pluies annuelles a la loi Normale

Ajustement des précipitations a la Loi Log Normale

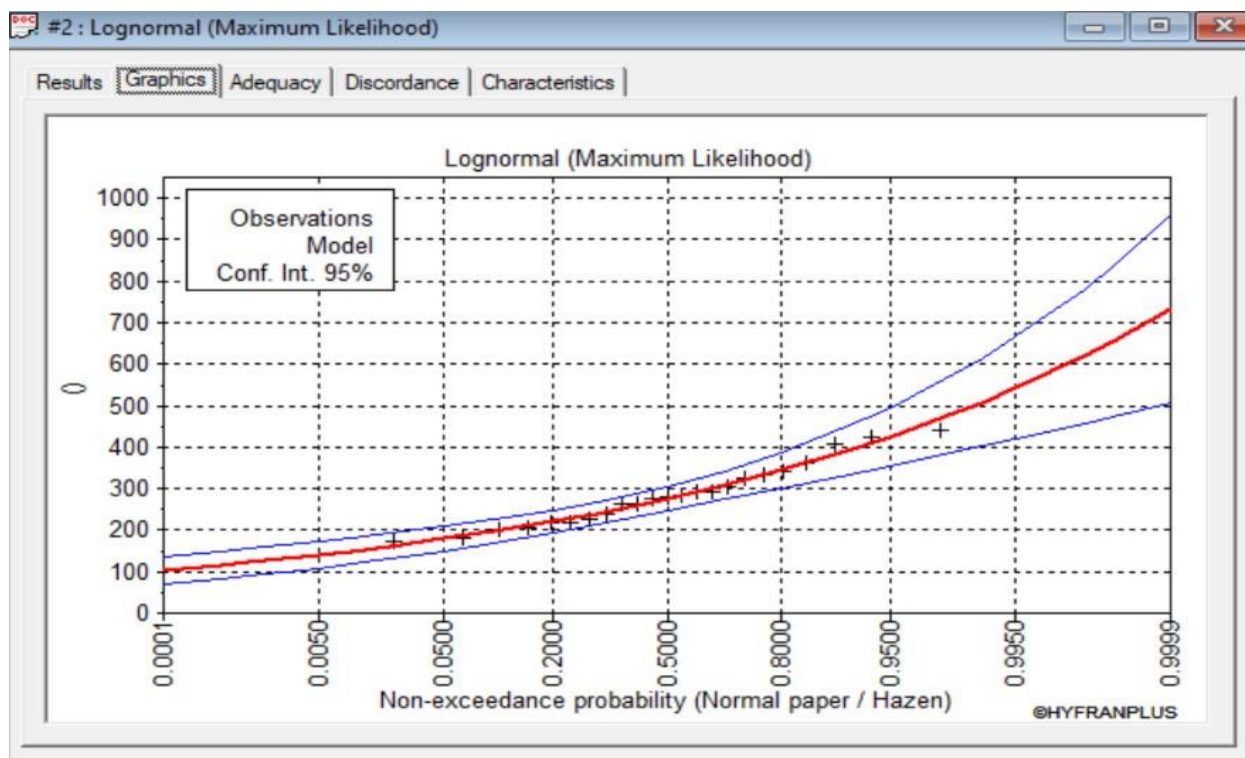


Figure III.2 Ajustement des pluies annuelles a la loi Log-normale

❖ Test de fiabilité des ajustements

Afin de sélectionner la loi d'ajustement optimale pour les précipitations annuelles, il est essentiel que les deux ajustements soient soumis à un test de validité.

Dans notre étude, nous avons opté pour l'utilisation du test du KHI carré (χ^2) pour un risque de 5%. Le tableau ci-dessous présente les résultats.

Tableau III.5 les paramètres de test de KHI carré

Paramètre	La loi normale	La loi log normale
KHI carré χ^2 calculé	2.87	3.12
Probabilité $p(\chi^2)$	0.5799	0.9795
Degré de liberté	4	4
Nombre des classes	7	7
KHI carré χ^2 théorique	9.49	9.49
Observation	$2aé < 2h\text{éorique}$ Condition vérifiée	$2aé < 2h\text{éorique}$ Condition vérifiée

Observation : Étant donné que les valeurs de P (χ^2 calculée) dépassent 5%, cela suggère que les deux ajustements sont appropriés pour notre série. Donc, on travaille avec la loi normale

III.7. Détermination de l'année de calcul

Étant donné qu'on a choisi la loi normale, nous l'utiliserons pour estimer la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

Tableau III.6 Résultat de l'ajustement.

T	q	Xt	Intervalle de Confiance
2	0.5	280	256-305
1.25	0.2	231	202-260

Généralement, on exprime la probabilité d'assurer l'irrigation en termes de fréquence à 80 %.

$$P_{\text{moy}} 80\% \text{ de chaque mois} = P_{\text{moy}} \text{ de chaque mois } \underline{\text{heorique (80\%)}}$$

$$P \text{ theorique (50\%)}$$

P théorique de 80%= 231 mm et P théorique de 50%= 280 mm,
 et $P_{\text{moy}} 80\% = 0.8 \times P_{\text{moy}}\text{-mensuelle}$,..... (II.2)

Ainsi, nous pouvons estimer les précipitations mensuelles de ce projet de la manière suivante :

Tableau III.7 Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq =80%)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy(mm)	18,17	27,15	41,59	34,8	37,26	28,14	29,97	32,78	24,73	3,63	1,26	5,68
P80(mm)	14,54	21,72	33,27	27,84	29,81	22,51	23,98	26,22	19,78	2,90	1,01	4,54

III. 8 Conclusion

Grâce à l'analyse hydrologique, nous avons pu reconstruire l'année pluvieuse avec une probabilité mensuelle de 80%, ce qui nous permet de calculer la quantité de pluie disponible pour soutenir les besoins des plantes. Afin de mesurer la taille de notre réseau d'irrigation, nous ferons appel aux données mensuelles de pluviométrie conformément à la loi choisie.



CHAPITRE IV :
Besoin en eau des
Cultures

IV.1. Introduction

Le but de l'aménagement hydro-agricole est d'accroître la disponibilité en eau au-delà des pluies naturelles afin de satisfaire entièrement les besoins en eau des cultures.

Ce chapitre se focalise donc sur l'élaboration de méthodes précises et de calculs adaptés pour estimer les besoins en eau des différentes cultures lors de l'extension du périmètre de sidi mjahed (Maghnia).

IV.2. Demande hydrique du périmètre

Le périmètre de Sidi-Mjahed, s'étendant sur 200 hectares, est situé dans une région au climat semi-aride méditerranéen, où les précipitations varient considérablement et sont souvent insuffisantes pour combler les besoins en eau des cultures. Dans cette perspective, évaluer avec précision les besoins hydriques de la zone revêt une importance capitale pour l'aménagement hydro-agricole. Cette évaluation facilite une gestion rationnelle des ressources en eau et permet d'anticiper les effets de la sécheresse sur les cultures.

IV.2.1. Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation

IV.2.1.1 Bilan hydrique

L'examen du bilan hydrique de l'irrigation représente une étape essentielle dans la gestion de l'eau en agriculture. Il requiert une analyse minutieuse des flux d'eau qui entrent et sortent d'un système d'irrigation agricole, s'appuyant sur la formulation suivante :

$$\text{Irrigation} + \text{pluie} = \text{Infiltration} + \text{Evapotranspiration} + \text{Ruissèlement}$$

IV.2.1.2 Besoin net d'irrigation

Le besoin net en irrigation représente la quantité d'eau requise pour compenser les pertes occasionnées par l'évapotranspiration des plantes et d'autres facteurs, afin de maintenir des rendements optimaux.

IV.2.2. L'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀)

L'évapotranspiration de référence (ET₀) désigne le processus de transfert de l'eau de la surface terrestre vers l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Ce mécanisme inclut à la fois l'évaporation directe de l'eau depuis le sol et la transpiration des plantes.

L'ET₀ représente la quantité maximale d'eau pouvant s'évaporer sous forme de vapeur dans des conditions climatiques spécifiques, avec une couverture végétale continue, comprenant un gazon bien hydraté et des plantes en bonne santé.

La mesure de l'ET₀ peut être réalisée de deux manières principales : directement sur le terrain à l'aide de méthodes in situ ou indirectement à l'aide de formules empiriques et de méthodes basées sur les données météorologiques.

IV.2.2.1 Méthode directe

La mesure de l'évapotranspiration est effectuée au moyen d'un instrument appelé lysimètre. Ce dispositif consiste en une cuve enterrée dotée de parois verticales, ouverte à la surface et contenant une section de terrain d'une épaisseur variable (généralement entre 0,5 et 2 mètres). Les conditions environnementales, telles que le niveau d'humidité et la couverture végétale, sont maintenues aussi similaires que possible à celles du milieu environnant.

Au fond du lysimètre se trouve un mécanisme de collecte des eaux de drainage. L'évaporation à la surface du sol est déterminée en surveillant les variations de la quantité d'eau dans le lysimètre, soit par la pesée directe de celui-ci, soit en mesurant l'eau du sol et du drainage. Les données de précipitations provenant d'un pluviomètre installé à proximité sont également intégrées dans le calcul.

IV.2.2.2 Méthodes indirectes

Les techniques employées pour estimer l'évapotranspiration de référence (ET₀) s'appuient sur des variables climatiques fondamentales telles que la température, la vitesse du vent, l'humidité relative de l'air et l'insolation.

-Formule Modifiée de Penman_ Monteith

La méthode modifiée de Penman-Monteith, élaborée par Penman en 1948, fusionne un bilan énergétique avec une méthode de transfert de masse afin de calculer l'évapotranspiration d'une surface non couverte d'eau, en utilisant la formule suivante :

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

Avec :

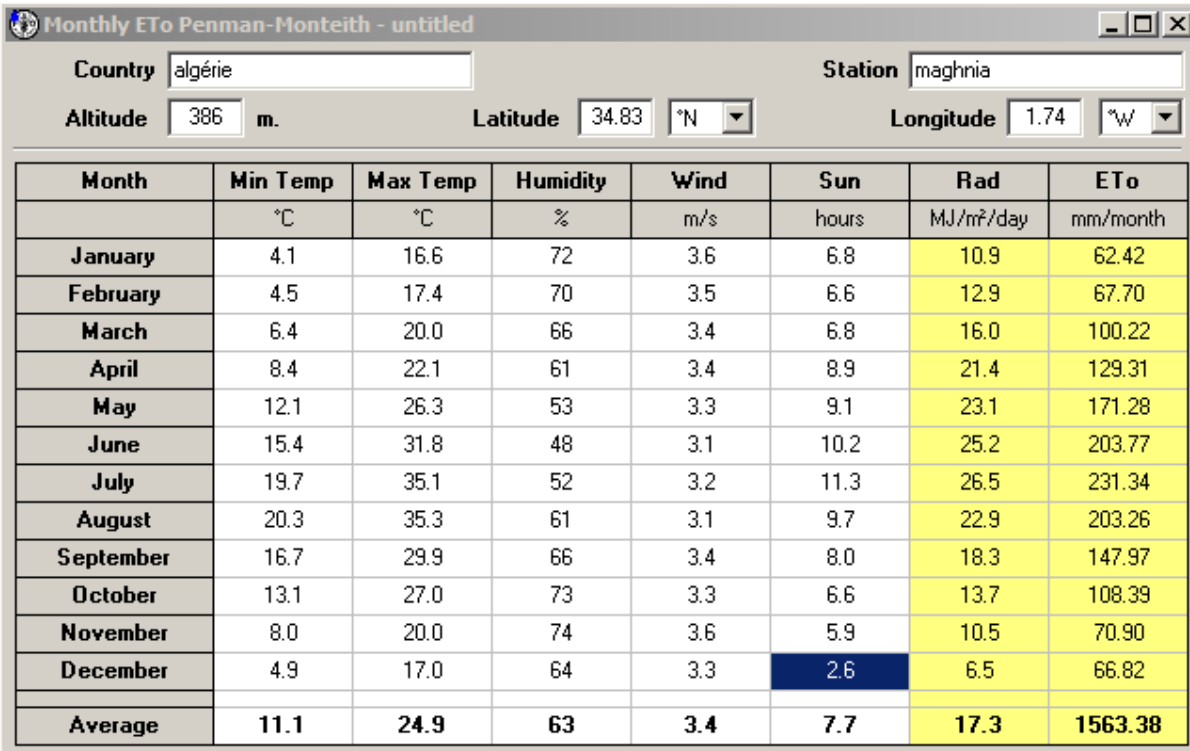
- **ET₀** : Evapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
- **R_n** : Rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],
- **G** : Densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],
- **T** : Température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- **U₂** : Vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹]
- **e_s** : Pression de vapeur saturante [kPa],
- **e_a** : Pression de vapeur réelle [kPa],
- **e_s-e_a** : Déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

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

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

Pour notre étude, nous avons employé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008), qui se fonde sur la méthode de Penman-Monteith. Nous avons intégré des données mensuelles précises telles que les températures moyennes, le pourcentage d'humidité relative de l'air, la durée quotidienne d'ensoleillement et la vitesse du vent. Les résultats obtenus se présentent comme suit :

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



Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/month
January	4.1	16.6	72	3.6	6.8	10.9	62.42
February	4.5	17.4	70	3.5	6.6	12.9	67.70
March	6.4	20.0	66	3.4	6.8	16.0	100.22
April	8.4	22.1	61	3.4	8.9	21.4	129.31
May	12.1	26.3	53	3.3	9.1	23.1	171.28
June	15.4	31.8	48	3.1	10.2	25.2	203.77
July	19.7	35.1	52	3.2	11.3	26.5	231.34
August	20.3	35.3	61	3.1	9.7	22.9	203.26
September	16.7	29.9	66	3.4	8.0	18.3	147.97
October	13.1	27.0	73	3.3	6.6	13.7	108.39
November	8.0	20.0	74	3.6	5.9	10.5	70.90
December	4.9	17.0	64	3.3	2.6	6.5	66.82
Average	11.1	24.9	63	3.4	7.7	17.3	1563.38

IV.3. Pluie efficace

Ce concept désigne la part des précipitations totales effectivement utilisées par la culture, une proportion qui fluctue en fonction des caractéristiques du sol et du climat considérés. Diverses techniques sont disponibles pour évaluer cette fraction. Dans notre étude, nous avons sélectionné la méthode du pourcentage fixe, que nous détaillons par la suite :

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A \cdot \text{Pluies totales (mm/mois)}$$

Avec :

A : coefficient de pertes dans notre cas il est égal à 0.8

IV.4. Calcul de la réserve en eau du sol RS_i-1

Le volume d'eau accessible aux plantes est déterminé par la capacité de rétention d'eau du sol et la profondeur des racines, représentant ainsi la réserve en eau du sol, calculée comme le produit de K par la réserve facilement exploitable (RFU). $RS_i = K \times RFU_{i-1}$

❖ La valeur de K est de

-1 dans le cas de mois humides,

-0 dans le cas de mois secs,

-et $\frac{1}{2}$ (pour l'arboriculture),

- $\frac{1}{3}$ (pour les céréalicultures et maraîchage) dans le cas où l'évapotranspiration est proche de la pluie efficace.

La réserve facilement utilisable (RFU)

Elle est définie comme la réserve en eau facilement utilisable (RFU), qui correspond à la tranche de sol entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. La réserve facilement utilisable (RFU) se calcul par la formule suivante :

$$RFU = (h_{cc} - h_{pf}) * Y * D_a * Z$$

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ.

- H_{pf} : humidité au point de flétrissement.

- Z : profondeur racinaire (mm).

- Y : coefficient qui dépend de la nature du sol (on prend $Y=2/3$).

- D_a : densité apparente du sol.

IV.5 Choix des cultures

IV.5.1 Les cultures proposées

Notre région d'étude est renommée pour son héritage agricole axé sur les cultures céréalières, fourragères et maraîchères. Ainsi, notre sélection de cultures pour cette zone se concentre principalement sur les céréales et les légumes, tout en envisageant l'intégration d'autres variétés pour assurer la variété et la durabilité de l'agriculture locale. Les cultures spécifiquement choisies pour le périmètre de Sidi-Mjahed sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 système de cultures proposées.

Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en Ha
La céréaliculture : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blé ▪ Orge 	50	100
Culture maraichères : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pomme de terre (S) ▪ Tomate ▪ Poivron ▪ Haricot ▪ Courgette ▪ Oignon 	40	80
L'arboriculture : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Olivier ▪ Vignes 	10	20
Total	100%	200

IV.5.1. Assolement des cultures

La rotation des cultures représente une stratégie agricole fondamentale consistant à organiser la succession des cultures sur une période donnée. Cette approche vise à accomplir plusieurs objectifs clés : améliorer la qualité des sols, réduire les risques liés aux maladies et aux parasites, et accroître les rendements. En suivant un calendrier de rotation, les agriculteurs peuvent optimiser l'utilisation des ressources du sol tout en atténuant les problèmes phytosanitaires et en maximisant la productivité agricole.

Tableau IV.3 Assolement proposé pour le périmètre de Maghnia

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge
Pomme de terre (S)	Haricot (s)
Tomate	Oignon
Poivron	Courgette
Arboriculture Vigne Olivier	Arboriculture. Vigne Olivier

IV.5.2. Les cycles végétatifs des cultures

Le cycle végétatif des plantes dénote le déroulement continu de leur croissance et de leur développement, débutant par la germination pour se conclure par la production de graines ou de fruits. Ce processus se subdivise en plusieurs phases distinctes, soumises à l'influence de la nature de la plante et des conditions environnementales spécifiques.

Concernant les cultures choisies pour le périmètre de Sidi-Mjahed, leurs cycles végétatifs sont organisés en fonction de leurs caractéristiques propres ainsi que des exigences du sol et du climat local. Ces cycles sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.4 les cycles végétatifs des cultures proposées

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
Blé			←	←	←	←	←	←	←	←		
Orge			←	←	←	←	←	←	←			
Poivron										←	←	←
P.D.T (S)							←	←	←	←		
Oignon	←	←	←	←								
Tomate							←	←	←	←		
Haricot	←	←								←	←	←
Courgette	←	←	←	←	←							
Olivier	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
Vigne	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←

IV.6. Estimation des besoins en eau des cultures

Le calcul des besoins nets des cultures se fait par la formule suivante :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + R_{si} - 1).$$

Où :

ETM : est la valeur de l'évapotranspiration maximale qui représente les besoins en eau des cultures exprimés en mm, elle est égale à : $ET_0 * K_c$

K_c : le coefficient culturel de la culture considérée.

Pe_{eff} : est la pluie efficace.

R_{si-1} : La réserve en eau du sol du mois précédent.

Les résultats de calcul des besoins en eau des cultures choisis pour le périmètre de Sidi-Mjahed sont présentés comme suit :

IV.6.1. Estimation des besoins en eau des céréales

Tableau IV.5 Besoins en eau de Blé

Mois	Pmoy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀	Z (m)	RFU	RSi-1	K _c	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97		0	0		0	0
Oct	27,15	21,72	108,39		0	0		0	0
Nov	41,59	33,272	70,9	0,3	28,14	0	0,6	42,54	9,268
Déc	34,8	27,84	66,82	0,5	46,9	14,07	0,8	53,456	11,546
Jan	37,26	29,808	62,42	0,6	56,28	23,45	0,95	59,299	6,041
Fév	28,14	22,512	67,7	0,6	56,28	28,14	1,1	74,47	23,818
Mar	29,97	23,976	100,22	0,6	56,28	28,14	1,1	110,242	58,126
Avr	32,78	26,224	129,31	0,6	56,28	28,14	1,1	142,241	87,877
Mai	24,73	19,784	171,28	0,6	56,28	28,14	1	171,28	123,356
Juin	3,63	2,904	203,77	0,6	56,28	28,14	0,7	142,639	111,595
Juil	1,26	1,008	231,34		0	28,14		0	0
Aou	5,68	4,544	203,26		0	0		0	0

Tableau IV.6 Besoins en eau de l'orge.

Mois	Pmoy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀	Z (m)	RFU	RSi-1	K _c	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97		0	0		0	0
Oct	27,15	21,72	108,39		0	0		0	0
Nov	41,59	33,272	70,9	0,5	46,9	0	0,4	28,36	0
Déc	34,8	27,84	66,82	0,6	56,28	15,63	0,7	46,77	3,30
Jan	37,26	29,808	62,42	0,6	56,28	18,76	0,85	53,06	4,492
Fév	28,14	22,512	67,7	0,6	56,28	18,76	0,95	64,32	23,048
Mar	29,97	23,976	100,22	0,6	56,28	18,76	1,05	105,23	62,494
Avr	32,78	26,224	129,31	0,6	56,28	18,76	1,05	135,78	90,796
Mai	24,73	19,784	171,28	0,6	56,28	18,76	0,87	149,01	110,466
Juin	3,63	2,904	203,77	0,6	56,28	18,76	0,75	152,83	131,166

Juil	1,26	1,008	231,34		0	18,76		0	0
Aou	5,68	4,544	203,26		0	0		0	0

IV.6.2. Estimation des besoins en eau des cultures maraichères

Tableau IV.7 Besoins en eau de pomme de terre (saison).

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97						
Oct	27,15	21,72	108,39						
Nov	41,59	33,272	70,9						
Déc	34,8	27,84	66,82						
Jan	37,26	29,808	62,42						
Fév	28,14	22,512	67,7						
Mar	29,97	23,976	100,22	0,25	23,45	0	0,5	50,11	26,13
Avr	32,78	26,224	129,31	0,5	46,9	7,82	0,7	90,517	56,48
Mai	24,73	19,784	171,28	0,5	46,9	15,63	0,9	154,152	118,73
Juin	3,63	2,904	203,77	0,5	46,9	15,63	0,75	152,8275	134,29
Juil	1,26	1,008	231,34						
Aou	5,68	4,544	203,26						

Tableau IV.8 Besoins en eau de l'oignon

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97	0,3	28,14	0	1,1	162,77	148,23
Oct	27,15	21,72	108,39	0,4	37,52	14,07	1,1	119,23	83,44
Nov	41,59	33,272	70,9	0,5	46,9	18,76	0,9	63,81	11,78
Déc	34,8	27,84	66,82	0,6	56,28	23,45	0,85	56,80	5,51
Jan	37,26	29,808	62,42			28,14			0,00
Fév	28,14	22,512	67,7			0			
Mar	29,97	23,976	100,22						
Avr	32,78	26,224	129,31						
Mai	24,73	19,784	171,28						
Juin	3,63	2,904	203,77						
Juil	1,26	1,008	231,34						
Aou	5,68	4,544	203,26						

Tableau IV.9 Besoins en eau de la tomate.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97						
Oct	27,15	21,72	108,39						
Nov	41,59	33,272	70,9						
Déc	34,8	27,84	66,82						
Jan	37,26	29,808	62,42						
Fév	28,14	22,512	67,7						
Mar	29,97	23,976	100,22	0,7	65,33	0	0,5	50,11	26,14
Avr	32,78	26,224	129,31	0,9	84,4	0	0,85	109,91	83,69
Mai	24,73	19,784	171,28	1,2	111,56	0	1,15	196,97	177,19
Juin	3,63	2,904	203,77	1,2	111,56	0	0,9	183,39	180,49
Juil	1,26	1,008	231,34						
Aou	5,68	4,544	203,26						

Tableau IV.10 Besoins en eau de la courgette.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97	0,5	46,9	0	0,4	59,19	44,65
Oct	27,15	21,72	108,39	0,5	46,9	23,45	0,5	54,20	9,03
Nov	41,59	33,272	70,9	0,5	46,9	23,45	0,8	56,72	0,00
Déc	34,8	27,84	66,82	0,5	46,9	23,45	0,95	63,48	12,19
Jan	37,26	29,808	62,42	0,5	46,9	23,45	0,6	37,45	0,00
Fév	28,14	22,512	67,7			23,45			0,00
Mar	29,97	23,976	100,22						
Avr	32,78	26,224	129,31						
Mai	24,73	19,784	171,28						
Juin	3,63	2,904	203,77						
Juil	1,26	1,008	231,34						
Aou	5,68	4,544	203,26						

Tableau IV.11 Besoins en eau de haricot.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97	0,5	46,9	0	0,8	118,38	103,84
Oct	27,15	21,72	108,39		0	0		0,00	0,00
Nov	41,59	33,272	70,9		0	0		0,00	0,00
Déc	34,8	27,84	66,82		0	0		0,00	0,00
Jan	37,26	29,808	62,42		0	0		0,00	0,00
Fév	28,14	22,512	67,7		0	0		0,00	0,00

Mar	29,97	23,976	100,22		0	0		0,00	0,00
Avr	32,78	26,224	129,31		0	0		0,00	0,00
Mai	24,73	19,784	171,28		0	0		0,00	0,00
Juin	3,63	2,904	203,77	0,5	46,9	0	0,5	101,89	98,98
Juil	1,26	1,008	231,34	0,5	46,9	0	0,65	150,37	149,36
Aou	5,68	4,544	203,26	0,7	65,66	0	1,1	223,59	219,04

Tableau IV.12 Besoins en eau de Poivron.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97						
Oct	27,15	21,72	108,39						
Nov	41,59	33,272	70,9						
Déc	34,8	27,84	66,82						
Jan	37,26	29,808	62,42						
Fév	28,14	22,512	67,7						
Mar	29,97	23,976	100,22						
Avr	32,78	26,224	129,31						
Mai	24,73	19,784	171,28	0,5	46,5	0	0,6	102,77	82,99
Juin	3,63	2,904	203,77	0,5	46,5	15,5	0,7	142,64	124,24
Juil	1,26	1,008	231,34	0,5	46,5	15,5	0,8	185,07	168,57
Aou	5,68	4,544	203,26	0,5	46,5	15,5	0,8	162,61	142,57

IV.6.3. Estimation des besoins en eau de l'arboriculture

Tableau IV.13 Besoins en eau de Vigne.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
Sep	18,17	14,536	147,97	1,5	140,7	0	0,4	59,19	44,65
Oct	27,15	21,72	108,39	1,5	140,7	0,00	0,4	43,36	21,64
Nov	41,59	33,272	70,9	1,5	140,7	70,35	0	0,00	0,00
Déc	34,8	27,84	66,82	1,5	140,7	0,00	0	0,00	0,00
Jan	37,26	29,808	62,42	1,5	140,7	0,00	0	0,00	0,00
Fév	28,14	22,512	67,7	1,5	140,7	0,00	0	0,00	0,00
Mar	29,97	23,976	100,22	1,5	140,7	0,00	0,15	15,03	0,00
Avr	32,78	26,224	129,31	1,5	140,7	70,35	0,45	58,19	0,00
Mai	24,73	19,784	171,28	1,5	140,7	70,35	0,6	102,77	12,63
Juin	3,63	2,904	203,77	1,5	140,7	70,35	0,7	142,64	69,39
Juil	1,26	1,008	231,34	1,5	140,7	70,35	0,7	161,94	90,58
Aou	5,68	4,544	203,26	1,5	140,7	70,35	0,45	91,47	16,57

Tableau IV.14 Besoins en eau de l'olivier.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0	Z (m)	RFU	RSi-1	Kc	ETM	B net (mm)
			mm/mois		(mm)	(mm)		(mm)	
Sep	18,17	14,536	147,97	1,5	140,7	0	0,65	96,18	81,64
Oct	27,15	21,72	108,39	1,5	140,7	46,9	0,6	65,03	0,00
Nov	41,59	33,272	70,9	1,5	140,7	46,9	0,6	42,54	0,00
Déc	34,8	27,84	66,82	1,5	140,7	46,9	0,5	33,41	0,00
Jan	37,26	29,808	62,42	1,5	140,7	46,9	0,5	31,21	0,00
Fév	28,14	22,512	67,7	1,5	140,7	46,9	0,6	40,62	0,00
Mar	29,97	23,976	100,22	1,5	140,7	46,9	0,65	65,14	0,00
Avr	32,78	26,224	129,31	1,5	140,7	70,35	0,7	90,52	0,00
Mai	24,73	19,784	171,28	1,5	140,7	70,35	0,75	128,46	38,33
Juin	3,63	2,904	203,77	1,5	140,7	70,35	0,8	163,02	89,76
Juil	1,26	1,008	231,34	1,5	140,7	70,35	0,7	161,94	90,58
Aou	5,68	4,544	203,26	1,5	140,7	70,35	0,7	142,28	67,39

IV.7. Besoins en eau pour les assolements (1) et (2) :

Tableau IV.15 Besoins en eau nets de l'assolement (1)

Mois	Blé	Poivron	PDT (S)	Tomate	Vigne	Olivier	Total
Sept	0				44,65	81,64	126,29
Oct	0				21,64	0	21,64
Nov	9,268				0	0	9,268
Déc	11,546				0	0	11,546
Jan	6,041				0	0	6,041
Fév	23,818				0	0	23,82
Mar	58,126		26,13	26,14	0	0	110,396
Avr	87,877		56,48	83,69	0	0	228,047
Mai	123,356	82,99	118,73	177,19	12,63	38,33	553,226
Jui	111,595	124,24	134,29	180,49	69,39	89,76	709,765
Juill	0	168,57			90,58	90,58	349,73
Août	0	142,57			16,57	67,39	226,53

Tableau IV.16 Besoins en eau nets de l'assolement (2)

Mois	Orge	Haricot	Oignon	Courgette	Vigne	Olivier	Total
Sept	0	103,84	148,23	44,65	44,65	81,64	423,01
Oct	0	0	83,44	9,03	21,64	0	114,11
Nov	0	0	11,78	0	0	0	11,78
Déc	3,30	0	5,51	12,19	0	0	21,00
Jan	4,492	0	0	0	0	0	4,492

Fév	23,048	0		0	0	0	23,048
Mar	62,494	0			0	0	62,494
Avr	90,796	0			0	0	90,796
Mai	110,466	0			12,63	38,33	161,426
Jui	131,166	98,98			69,39	89,76	389,296
Juill	0	149,36			90,58	90,58	330,52
Août	0	219,04			16,57	67,39	303

IV.8. Calcul de débit spécifique

Le débit spécifique se calcul par la formule suivantes :

$$q_s = \frac{B_{net} \times 1000 \times 10}{N_i \times N_j \times E_i}$$

Avec :

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

Ni : nombre des heures d'irrigation=22 h ;

Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours ;

Ei : Efficience d'irrigation que nous avons estimée à 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 1) D'où les besoins de pointe correspondent au mois de Juin :

$$B_{net} = 709.77 \text{ mm/mois.}$$

$$q_s = 3.98 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha.}$$

Si le débit spécifique obtenu dépasse 1.5 l/s/ha, cela augmente le risque de surdimensionnement des conduites de refoulement ou gravitaires. Pour remédier à cette situation, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

1. Calculer la moyenne des débits spécifiques de toutes les cultures.
2. Tenir compte de la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
3. Dans ce cas précis, nous utilisons le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe, qui est celui d'haricot en Aout.

Dans notre situation, nous considérons le besoin net en eau pour les haricots pour le mois d'août, établi à 219.04 mm/mois.

Le débit spécifique ajusté est de : $q_s = 1.23 \text{ j } 1.2 \text{ l/s/ha.}$

IV.8.1 Calcul de débit caractéristique

Le débit caractéristique est calculé pour déterminer le débit maximal requis par le système d'irrigation pour chaque parcelle. Cela est obtenu en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utilisable, comme indiqué dans la formule suivante : $Q_{car} = q_s \cdot S$

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

S : la superficie nette à irriguer = 200 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.2 \times 200 = 240 \text{ l/s} = 0.240 \text{ m}^3/\text{s}.$$

IV.9. Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Le volume des besoins en eau égale le besoin brut de la culture en m^3 multiplié par la surface de la culture. On trouve les résultats dans le tableau suivant :

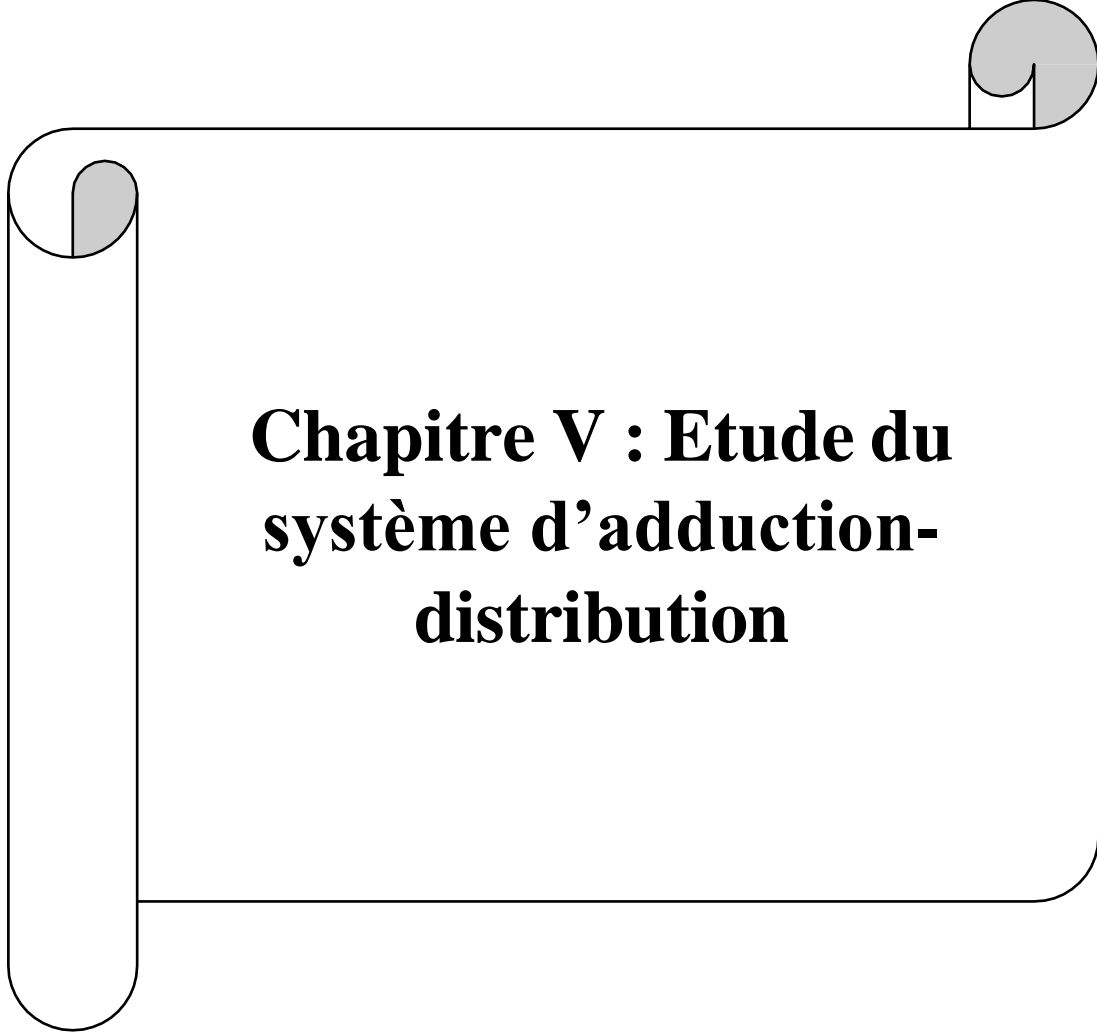
Tableau IV.17 estimation des besoins (volumes d'eau d'Irrigation).

Type de culture	Surface (ha)	Besoins nets (mm)	Besoins bruts (m^3/ha)	Besoins totaux (m^3)
Orge	40	425.7	5676	227040
Haricot	15	571.22	7616.26	114243.9
Oignon	13	248.96	3319.46	43152.98
Courgette	10	65.87	878.26	8782.6
Vigne	5	255.46	3406.13	17030.65
Olivier	7	367.7	4902.66	34318.62
Blé	60	431.63	5755.06	345303.6
Tomate	20	467.51	6233.4	124668
Poivron	10	518.37	6911.6	69116
PDT	20	335.63	4475.06	89501.2
Total	200 ha		Total	1073157.55

IV.10 Conclusion

En synthèse, le chapitre consacré au calcul des besoins en eau des cultures revêt une importance cruciale dans la planification d'un projet d'irrigation. Après avoir sélectionné les cultures pour notre zone, nous avons effectué une analyse approfondie de l'évapotranspiration de référence, un élément essentiel pour évaluer les besoins en eau en vue de l'irrigation. Grâce à cette évaluation précise, nous avons pu déterminer avec rigueur les besoins en eau spécifiques à chaque culture, conduisant à un débit spécifique d'environ 1,2 litre par seconde par hectare.

Dans la seconde partie de notre étude, nous avons conclu que les volumes d'eau d'irrigation nécessaires pour notre périmètre s'élèvent à 1073157,55 mètres cubes. Ces besoins en eau sont habituellement satisfaits par notre barrage, qui détient une capacité de 177 millions de mètres cubes (177Mm³).



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

V.1. Introduction

L'efficacité de tout système d'aménagement hydro-agricole repose essentiellement sur la performance de son réseau d'adduction-distribution. Ce chapitre explore en détail la conception et la mise en œuvre de ces infrastructures critiques, indispensables à la gestion rationnelle de la ressource hydrique dans les zones agricoles. En analysant les défis spécifiques liés à la distribution d'eau pour l'irrigation, nous abordons les principes de dimensionnement hydraulique, les technologies utilisées, ainsi que les stratégies innovantes visant à améliorer l'efficacité et la durabilité de ces systèmes. Cette étude offre ainsi un cadre analytique essentiel pour comprendre comment optimiser la gestion de l'eau et garantir une agriculture durable dans le contexte spécifique de notre étude.

V.2. Approvisionnement en eau du périmètre

Le périmètre de Sidi-Mjahed, faisant partie intégrante du grand périmètre de Maghnia, est situé dans la Wilaya de Tlemcen, en aval du barrage de Hammam Boughrara. Ce secteur couvre une superficie nette de 200 hectares et recevra son approvisionnement en eau du barrage de Hammam Boughrara, doté d'une capacité de 177 millions de mètres cubes.

V.3. Configuration et disposition du périmètre

Le périmètre agricole de Sidi Mjahed s'étend sur une superficie totale de 200 hectares, organisée en différents secteurs (31 îlots). Cette répartition parcellaire est cruciale pour la gestion efficace du réseau d'irrigation, permettant une répartition optimale des ressources en eau disponibles.

V.3.1. Îlots et bornes d'irrigation

Dans le cadre du périmètre agricole de Sidi Mjahed, les 200 hectares sont subdivisés en plusieurs îlots distincts, chacun équipé de bornes d'irrigation stratégiquement positionnées. Cette organisation parcellaire permet une gestion précise et individualisée de l'approvisionnement en eau, adaptée aux besoins spécifiques de chaque zone cultivée. Les bornes d'irrigation jouent un rôle essentiel en régulant le débit et en assurant une distribution efficace de l'eau aux cultures, contribuant ainsi à maximiser le rendement agricole tout en optimisant l'utilisation des ressources hydriques disponibles dans le périmètre.

V.3.2. Calcul hydraulique des bornes

Les performances hydrauliques des bornes d'irrigation sont déterminées par leur capacité de débit. Le débit de chaque borne (Q_b) alimentant un îlot est calculé selon l'équation suivante :

$$Q_b = q_s \cdot S \text{ (l/s)} \dots\dots\dots \text{(IV.1)}$$

Q_b = Représente le débit de la borne pour l'îlot (l/s)

q_s = EST le débit spécifique (l/s/ha)

S = EST la superficie de l'îlot (ha)

V.3.3. Choix du diamètre de la borne

Les diamètres des bornes d'irrigation sont déterminés en fonction des débits calculés pour chaque borne. En fonction des débits, on à les diamètres des bornes sont détaillés comme suit :

Tableau V.1 Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne	Type
$Q < (11.11) \text{ l/s}$	D= 65mm	A2
$(11.11\text{l/s}) < Q < (22.22 \text{ l/s})$	D= 100mm	A4
$(22.22 \text{ l/s}) < Q < (33.33 \text{ l/s})$	D= 150mm	B

Le choix du type de borne d'irrigation à utiliser dépend principalement de la configuration de l'îlot, incluant sa superficie et le nombre de parcelles qu'il contient. Voici les recommandations générales :

- Pour les îlots comportant entre 4 et 8 parcelles, et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, il est conseillé d'installer des bornes à quatre prises, également désignées sous le nom de Borne de type A4.
- Si un îlot est constitué de seulement deux parcelles et que sa superficie est inférieure à 15 hectares, la solution préférée est d'utiliser des bornes à deux prises, connues sous le nom de Borne de type A2.
- Pour les îlots ayant deux parcelles et une superficie dépassant 15 hectares, il est recommandé d'opter pour des bornes à deux prises de type B.
- Les îlots de grande taille sont équipés de bornes de type C.

Ces choix sont déterminés en fonction des besoins spécifiques en irrigation de chaque îlot, et le dimensionnement des débits pour les prises et les bornes sont détaillé dans le tableau V.2

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

Ilots	Sup (ha)	Qs(l/s/ha)	Qb (l/s)	D (mm)	Type
I1	9.73	1.2	11,676	100	A4
I2	8.26	1.2	9,912	65	A2
I3	6.00	1.2	7,2	65	A2
I4	3.88	1.2	4,656	65	A2
I5	3.58	1.2	4,296	65	A2
I6	8.46	1.2	10,152	65	A2
I7	8.00	1.2	9,6	65	A2
I8	9.26	1.2	11,112	100	A4
I9	7.59	1.2	9,108	65	A2
I10	6.81	1.2	8,172	65	A2
I11	4.26	1.2	5,112	65	A2
I12	7.15	1.2	8,58	65	A2
I13	9.70	1.2	11,64	100	A4
I14	5.00	1.2	6,00	65	A2
I15	3.53	1.2	4,236	65	A2
I16	5.69	1.2	6,828	65	A2

I17	9.03	1.2	10,836	65	A2
I18	4.86	1.2	5,832	65	A2
I19	5.40	1.2	6,48	65	A2
I20	4.43	1.2	5,316	65	A2
I21	3.55	1.2	4,26	65	A2
I22	3.66	1.2	4,392	65	A2
I23	3.66	1.2	4,392	65	A2
I24	7.00	1.2	8,4	65	A2
I25	7.70	1.2	9,24	65	A2
I26	8.33	1.2	9,996	65	A2
I27	8.13	1.2	9,756	65	A2
I28	4.73	1.2	5,676	65	A2
I29	9.42	1.2	11,304	100	A4
I30	8.88	1.2	10,656	65	A2
I31	4.25	1.2	5,1	65	A2

V.4. Description de l'aménagement du périmètre

Notre périmètre, positionné en aval du barrage de Hammam Boughrara, a été soumis à l'étude de deux options distinctes :

- La première variante, basée sur un système gravitaire, envisageait d'alimenter le périmètre par un réseau fonctionnant par gravité. Toutefois, suite à une évaluation minutieuse, cette option a été écartée en raison des difficultés rencontrées et des niveaux de pression insuffisants obtenus.
- La deuxième variante, de type mixte, implique le pompage de l'eau depuis le barrage vers un réservoir de charge, suivi d'une distribution gravitaire pour irriguer les parcelles.

Après avoir conduit notre étude et analysé ces deux alternatives, nous avons sélectionné la solution la plus appropriée : un système mixte combinant pompage et distribution gravitaire pour assurer une alimentation efficace du périmètre.

V.5. Calculs hydrauliques du système d'adduction

Pour les calculs hydrauliques nécessaires au dimensionnement du système d'adduction, nous examinerons les composants suivants

- Le dimensionnement du système de pompage pour déterminer le diamètre économique des conduites
- La conception du réservoir de stockage
- La planification de l'écoulement gravitaire

V.6. Etude du système de pompage

Il est essentiel de mettre en place un système de pompage pour assurer l'approvisionnement en eau du secteur Sidi-Mjahed, destiné à remplir un réservoir principal situé à une altitude de 505 mètres.

V.6.1. Généralités sur les pompes

Les pompes jouent un rôle fondamental dans l'aménagement hydro-agricole en assurant le déplacement efficace de l'eau à travers les réseaux d'irrigation. Ces équipements sont spécifiquement conçus pour pomper l'eau depuis les sources principales telles que les barrages, les rivières ou les nappes souterraines, vers les canaux et les systèmes de distribution qui alimentent les terres agricoles. De types variés, telles que les pompes centrifuges, les pompes à engrenages ou les pompes volumétriques, le choix et la configuration des pompes dépendent de divers facteurs tels que le débit requis, la distance de pompage et les variations de niveau, influençant ainsi la performance globale du système. Une maintenance régulière et une surveillance attentive sont essentielles pour optimiser l'efficacité énergétique, minimiser les pertes et assurer une gestion durable des ressources hydriques dans le cadre de l'aménagement hydro-agricole.

V.6.2. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

Pour calculer la hauteur d'élévation, on utilise la formule suivante :

$$H_{cal} = H_g + \Delta h_p (asp) + \Delta h_p (ref) + P_{exh} \quad (IV.2)$$

Avec:

- H_g : représente la hauteur géométrique (m) ;
- $\Delta h_p (asp)$: correspond aux pertes de charge à l'aspiration (m) ;
- $\Delta h_p (ref)$: désigne les pertes de charge au refoulement (m) ;
- P_{exh} : indique la pression nécessaire à l'exhaure (à la sortie du collecteur), généralement prise comme $P_{exh} = (1-1.5)$; On prend : $P_{exh} = 1 \text{ m}$

V.6.3. La hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale (HMT) se calcule selon l'équation suivante :

$$HMT = H_g + \Delta h_p \dots\dots\dots (IV.3)$$

Où :

HMT : représente la hauteur manométrique totale (m).

H_g : est la hauteur géométrique (m).

H_g = $h_r - h_b$; étant respectivement les hauteurs de refoulement et d'aspiration (en mètres).

Dans notre cas:

h_b : Cote bache : 278 m, et Cote du réservoir = 505 m

Donc : $H_g = 505 - 278 = 227 \text{ m}$.

V.6.4. Calcul des pertes de charges totales

❖ **Pertes de charges linéaires**

Les pertes de charge sont calculées de la manière suivante :

$$\Delta H_l = \frac{\lambda L V^2}{D 2g} \dots\dots\dots (IV.5)$$

ΔH_l : est la perte de charge en mètre (m)

L : est longueur du tronçon en (m).

V : est vitesse moyenne d'écoulement

I : gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est déterminé par la formule suivante :

$$\lambda = (1.14 + 0.86 \ln \frac{s}{D})^2 \dots\dots\dots (IV.6)$$

s : est la rugosité absolue du conduit (égale à 0.002 mm).

❖ **Pertes de charges singulières**

Les pertes de charge résultent des caractéristiques spécifiques des différents composants de la conduite, tels que les coudes, les vannes et les clapets. Elles contribuent approximativement à 10 % des pertes de charge linéaires pour une conduite de longueur significative, calculées comme $\Delta H_s = 0,1 \Delta H_L$

• **Les pertes de charge totale**

La perte de charge totale se calcule par l'addition des pertes de charge linéaires et des pertes de charge singulières aux composants :

$$\Delta H_t = \Delta H_L + \Delta H_s$$

V.6.5. Calcul de diamètre économique

Le dimensionnement de la conduite d'adduction vise à trouver le diamètre optimal qui minimise le coût total entre les dépenses d'investissement et d'exploitation, ce qui nécessite une étude technico-économique approfondie. Le diamètre économique des conduites de refoulement est déterminé en utilisant la formule de Bonin :

$$D = \sqrt[3]{Q} \dots\dots\dots (IV.8)$$

Q : représente le débit à élever en m³/s.

D : est le diamètre de la conduite (m).

V.6.6. Calcul de débit à refouler

$$Q = Q_s \times S = 1.2 \times 200 = 240 \text{ l/s}, Q = 0.240 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{ref} = Q_c \times 1.05 = 0.240 \times 1.05$$

$$Q_{ref} = 0.252 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Donc :}$$

$$D = \sqrt[3]{Q_{ref}} = \sqrt[3]{0.252} = 0.502 \text{ m} = 502 \text{ mm.}$$

Les pertes de charge sont évaluées pour les diamètres mentionnés ci-dessous :

Tableau V.3 calcul de la HMT pour différents diamètres.

Diamètre	V (m/s)	Linéaire(m)	P.char.linéaires	P.char.singulières	Pchar totales	HMT(m)
300	3,57	6120	102,149	10,215	112,364	353,36
400	2,01	6120	23,264	2,326	25,59	266,59
500	1,28	6120	7,305	0,731	8,036	249,04

600	0,89	6120	2,866	0,287	3,153	244,15
700	0,66	6120	1,322	0,132	1,454	242,45

V.6.7 Calcul des frais d'amortissement

Les frais d'amortissement dépendent de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité, calculés selon la relation suivante :

$$F_{am} = Pr \times A \dots \dots \dots (IV.9)$$

Où :

Pr : représente le prix de la conduite (DA) ;

A : désigne l'amortissement annuel, calculé par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{1 - (i+1)^n}$$

i : étant le taux d'intérêt, ici i=8% (ou 0.08 en valeur décimale).

n : Durée de l'amortissement de la conduite (30ans)

Donc : A = 0.0888.

Tableau V.4 Calcul des prix d'amortissement.

Diamètre en (mm)	Prix de pose (DA)	Prix du ml (DA)	L (m)	Prix total	A	Frais Invest(DA)
300	500	6500	6120	7000	0,0888	3804192
400	650	7490	6120	8140	0,0888	4423731,84
500	880	9300	6120	10180	0,0888	5532382,08
600	950	12000	6120	12950	0,0888	7037755,2
700	1100	15700	6120	16800	0,0888	9130060,8

V.6.8 Calcul des frais d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont calculés comme suit :

$$F_{exp} = E \times e \dots \dots \dots (IV.10)$$

Où:

F_{exp} : Frais d'exploitation (DA) ;

E : Énergie totale consommée par la pompe en kWh

e : prix unitaire d'un kWh imposé par la SONELGAZ, établi à 4,67 DA

• **Puissance des pompes**

La formule suivante exprime la puissance absorbée par la pompe :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\mu} \dots \dots \dots (IV.11)$$

P : Puissance absorbée par la pompe (kW) ;

g : Accélération de la pesanteur (m/s²) ;

Q : Débit à refoulé (m³/s)

HMT : Hauteur manométrique totale (m) ;

μ : Rendement du pompage (85%).

- **Energie consommée par la pompe**

L'énergie consommée par les pompes est calculée selon la formule suivante

$$E = P \times t \times 365 \dots\dots\dots (IV.12)$$

Où : E : est l'énergie totale consommée par la pompe sur une année en kWh

P : est la puissance absorbée par la pompe en kW

t : temps de fonctionnement de la pompe en heures.

Tableau V.5 Calcul des frais d'exploitation.

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	Fexplo (DA)
300	1027,7	383,07	393681,04
400	775,34	346,58	268717,34
500	724,3	338,95	245501,49
600	710,08	336,72	239098,14

V.6.9 Bilan total des frais

L'évaluation combinée des coûts d'exploitation et d'amortissement est cruciale pour déterminerle diamètre optimal de la conduite de refoulement.

Tableau V.6 Calcul du bilan total des frais.

Diamètre (mm)	Frais D'amortissement	Frais D'exploitation	Bilan
	(DA)	(DA)	(DA)
300	3804192	393681,04	4197873,04
400	4423731,84	268717,34	4692449,18
500	5532382,08	245501,49	5777883,57
600	7037755,2	239098,14	7276853,34
700	9130060,8	237434,74	9367495,54

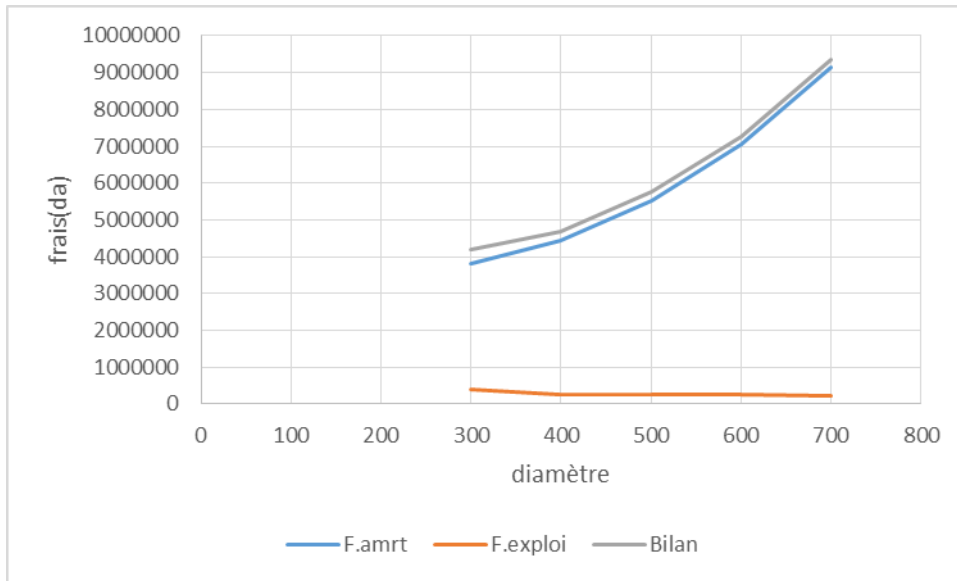


Figure V.1 Bilan total des frais en fonction de diamètre

V.6.10. Choix des pompes et nombre des pompes

Avant de déterminer le nombre de pompes, il est essentiel de prendre en considération les critères suivants :

- Le nombre minimal de pompes requis.
- La puissance absorbée minimale nécessaire.
- Le NPSH (Net Positive Suction Head) requis minimal.
- Maximiser le rendement optimal.
- Maintenir une vitesse de rotation élevée.

Le tableau ci-dessus représente les intervalles des nombres de pompes :

Tableau V.7 Choix de Nombre de pompes de secours

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
NP f4	1
4 fNP f6	2
NP g6	3

En fonction des données recueillies et du diamètre économique sélectionné, voici nos conclusions :

- Le débit requis est de 252 l/s.
- La hauteur manométrique totale nécessaire pour l'adduction est de 249.05 (m).
- La longueur totale de la conduite de refoulement est de 6120 (m).

Pour déterminer le type et le nombre de pompes nécessaires, nous avons utilisé le logiciel Caprari. Le Tableau résume les caractéristiques de chaque pompe sélectionnée.

Tableau V.8 Options pour le choix du nombre de pompes.

Nombre de pompe	Q (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	η(%)	N (tr/mn)	Pab (kw)	NPSHr (m)
1	-	-	-	-	-	-	-
2	132	251	E12S42	78.4	2900	235	5.49
3	84.8	250	E10R40	76	2900	357	5.93
4	63.8	250	E10R35/9	73.3	2900	280	5.14

Dans notre cas, nous choisissons un système de pompage de surface comprenant deux pompes accompagnées d'une pompe de secours.

V.6.11. Protection contre cavitation

La cavitation survient lorsque le flux de liquide est perturbé à l'entrée de la pompe en fonctionnement, souvent lorsque la pression absolue atteint ou descend en dessous de la tension de vapeur de l'eau, à une température constante. Pour assurer la protection de notre système contre la cavitation, il est essentiel de vérifier la condition suivante avec précision :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d$$

Tel que :

(NPSH)_r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par Le constructeur ;

(NPSH)_d : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur

La formule utilisée pour calculer le NPSH disponible est :

$$(NPSH)_d = \frac{P_{atm}}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - (h_{a}^{adm} + \Delta h_{pasp}) - \frac{V_{ASP}^2}{2g} \tag{IV.13}$$

Avec :

- **pa/ρg** : en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de l'emplacement de la station de pompage.
- **Pv** : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est recommandé de prendre Pv=20 hPa, soit Pv/ ρg=0.24
- **ZE** : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe
- **ΔHa** : perte de charge à l'aspiration.

Pour la conduite d'aspiration on prend les pertes de charges linéaires : 4m/1000m Longueur asp = 4m, donc ΔH asp = 0.016m.

Pour calculer V

on a D= 315 mm d'où $V = 4 \times 0.125 / (\pi \cdot 0.315^2) = 3.23 \text{ m/s}$ c'est-à-dire $V^2/2g = 0.53$ Pour calculer les pertes de charge à l'aspiration, la formule de Williams-Hazen est utilisée :

$$\Delta H_{\left(\frac{m}{100m}\right)} = 1.23 \times 10^{12} \times \frac{Q^{1.85}}{C_{wh} D^{4.87}}$$

D'où:

$$NPSH_d = 10.33 - 0.24 - 2 - 0.016 - 0.53 = 7.544 \text{ m} > 5.49 \text{ m}$$

En conclusion, on observe que NPSHd est supérieur à NPSHr, ce qui indique que les pompes sont protégées contre la cavitation

V.7. Dimensionnement du réservoir de stockage

Vu qu'on a une vaste superficie, nous avons décidé d'installer un réservoir de forme circulaire.

Le volume du réservoir est calculé selon la formule suivante :

$$V = Q_c \times T \dots \dots \dots (IV.14)$$

Tel que :

- V : Volume d'eau d'irrigation (m³).
- Qc : Débit caractéristique (m³/h), Qc = 907.2 m³/h.
- T : Temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

On trouve donc $V = 907.2 \times 2 = 1814.4 \text{ m}^3$. On prend un volume de $V = 1500 \text{ m}^3$.

Les dimensions finales d'un des deux réservoirs identiques de format cylindrique sont :

- Diamètre : 20m
- Hauteur : 5m

V.8. Etude de système d'adduction -distribution (écoulement gravitaire)

L'alimentation en eau du secteur Sidi-Mjahed sera garantie par une conduite principale débutant au réservoir de réserve. Cette conduite principale gravitaire commencera avec un diamètre initial de 350 mm.

V.8.1. Choix de matériau des conduites

Dans le choix des matériaux pour les conduites (Fonte, PEHD, PRV), divers facteurs influencent la décision, incluant les exigences de pression, les conditions du terrain, et les coûts de fourniture et d'installation. La fonte offre une résistance interne élevée, une bonne résistance à la corrosion, ainsi qu'une rigidité et solidité notables, malgré une faible résilience et des coûts élevés. Le polyéthylène (PEHD) est apprécié pour sa résistance à la corrosion, sa légèreté et son coût abordable, mais nécessite une soudure précise pour éviter tout risque de défaillance. Le polyester renforcé de verre (PRV) présente des propriétés mécaniques et chimiques avantageuses, notamment une haute résistance à la corrosion et aux produits chimiques externes. Selon nos spécifications techniques, les conduites seront en PEHD pour des diamètres jusqu'à 315 mm ; au-delà, la fonte sera préférée en raison des besoins spécifiques du projet et des conditions environnementales.

Le choix des conduites (fonte, PEHD) dépend étroitement des caractéristiques topographiques, des exigences en termes de pression et de débit, ainsi que des coûts de fourniture et de mise en œuvre.

a) Fonte : Les conduites en fonte sont privilégiées dans les cas suivants :

- Pour des diamètres égaux ou supérieurs à 400 mm.
- Lorsque des solides résistances mécaniques et une résistance à la pression et à la dépression sont nécessaires.
- En raison de leur remarquable résistance à la corrosion, à l'abrasion et aux conditions climatiques.

b) PEHD : Ces conduites sont largement utilisées pour leurs nombreux avantages :

- Résistance satisfaisante à la corrosion.
- Facilité d'installation.
- Coût relativement modéré. Cependant, elles présentent des risques potentiels tels que la rupture en cas de mauvaise soudure ou d'ovalisation.

Pour notre projet, nous choisissons les conduites en PEHD pour des diamètres inférieurs ou égaux à 315 mm, tandis que les conduites en fonte sont sélectionnées au-delà de cette taille, en fonction des spécificités techniques et des besoins du projet.

V.8.2. Calcul des diamètres des conduites

Pour déterminer le diamètre optimal des conduites, nous utilisons la formule de continuité de Chezy, qui nous donne une première estimation du diamètre économique Normalisé par la suite. Cette méthode se base sur les débits transportés par le tronçon de conduite et les vitesses admissibles. La formule spécifique est la suivante :

$$D = \sqrt[4]{\frac{4Q}{V \cdot \pi}} \times 1000 \dots\dots\dots (IV.15)$$

Sachant que :

Q : représente débit en m³/s,

D : est diamètre mm ;

V_{adm}: est vitesse admissible fixée à 1.5m/s

V.8.3. Calcul des pertes de charges

Les pertes de charge unitaires, Sont calculées par la formule :

$$\Delta Hl = \frac{8V^2 L}{D 2g} \dots\dots\dots (IV.15)$$

L : longueur du tronçon en (m).

V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s)

I : gradient hydraulique en (m/m)

ΔH : perte de charge en mètre (m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = \frac{1.14 + 0.86 \ln(\frac{s}{D})}{D} \dots\dots\dots (IV.16)$$

s : Rugosité absolue égale à 0.002 mm.

V.8.4. Calcul des pressions

Le calcul des pressions repose sur le principe fondamental de Bernoulli, qui analyse le flux d'un fluide réel entre deux points, notés 1 et 2 :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \dots\dots\dots (IV.17)$$

Z : les côtes du terrain naturel,

P : les hauteurs d'eau

Les pertes de pression (ΔH) sont déterminées en utilisant la méthode de Hazen-Williams.
Les analyses hydrauliques de notre système de distribution pour le périmètre Neffaisia sont spécifiées dans le tableau

IV.9 :

Tableau V.9 Les calculs hydrauliques du réseau de distribution

	longueur du trancon (m)	Surface (Ha)	Débit Q (l/s)	Débit Q (m3/s)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Norm (mm)	Matériau	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge ΔH (m)	Perte charge total ΔHt (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote pizométrique (m)	Pression (m)	pression (Bar)
R-st	10117	200	252	0,252	462,5	500	Fonte	1,283	29,917	32,9087	481	503	22	2,20
st-N1	175	200	240	0,24	451,36	500	Fonte	1,222	0,473	0,5203	479	502,48	23,48	2,348
N1-N2	257,05	50,57	60,684	0,0607	226,99	250	PEHD	1,237	1,592	1,7512	456,8	500,73	43,93	4,393
N2-B4	142	3,88	4,656	0,0047	63,16	63	PEHD	1,508	6,334	6,9674	451,2	493,76	42,56	4,256
N2-N3	33,3	46,69	56,028	0,056	218,03	250	PEHD	1,141	0,178	0,1958	458,3	500,53	42,23	4,223
N3-B5	127,16	3,58	4,296	0,0043	60,42	63	PEHD	1,379	4,811	5,2921	455,13	495,24	40,11	4,011
N3-N4	9	43,11	51,732	0,0517	209,49	250	PEHD	1,053	0,041	0,0451	458,43	500,48	42,05	4,205
N4-B3	161	6	7,2	0,0072	78,18	90	PEHD	1,132	2,786	3,0646	449	497,42	48,42	4,842
N4-N5	139,74	37,11	44,532	0,0445	194,36	200	PEHD	1,416	1,444	1,5884	463,11	498,90	35,79	3,579
N5-B6	183,3	8,46	10,152	0,0102	93,05	110	PEHD	1,073	2,275	2,5025	458,8	496,40	37,6	3,76
N5-N6	121,76	28,65	34,38	0,0344	170,88	200	PEHD	1,095	0,781	0,8591	467,4	498,04	30,64	3,064
N6-B13	202,5	9,7	11,64	0,0116	99,23	110	PEHD	1,221	3,189	3,5079	466	494,53	28,53	2,853
N6-N7	261,69	18,95	22,74	0,0227	138,81	140	PEHD	1,475	4,415	4,8565	474	493,17	19,17	1,917
N7-B16	186,34	5,69	6,828	0,0068	75,97	90	PEHD	1,069	2,9	3,19	477	489,98	12,98	1,298
N7-N8	256	13,26	15,912	0,0159	116,18	140	PEHD	1,033	2,234	2,4574	471,25	490,72	19,47	1,947
N8-B15	186,43	3,53	4,236	0,0042	59,71	63	PEHD	0,273	0,138	0,1518	474,2	490,56	16,36	1,636
N8-N9	217,42	9,73	11,676	0,0117	99,66	110	PEHD	1,231	3,479	3,8269	474	486,88	12,88	1,288
N9-B14	94,12	5	6	0,006	71,37	90	PEHD	0,943	1,162	1,2782	469,75	485,61	15,86	1,586
N9-N10	100,5	4,73	5,676	0,0057	69,56	75	PEHD	1,290	2,741	3,0151	467,3	483,87	16,57	1,657
N10-B28	148,82	4,73	5,676	0,0057	69,56	75	PEHD	0,036	0,001	0,0011	468	483,87	15,87	1,587
N1-N11	279	149,43	179,316	0,1793	390,13	400	Fonte	1,427	1,302	1,4322	469,69	502,48	31,36	3,136
N11-N12	378,36	96,8	116,16	0,1162	314,06	350	Fonte	1,208	1,515	1,6665	461,11	499,38	38,27	3,827
N12-B2	296,73	8,26	9,912	0,0099	91,67	110	PEHD	1,042	3,485	3,8335	453,4	495,55	42,15	4,215
N12-N13	263,21	88,54	106,248	0,1062	300,25	315	PEHD	1,363	1,491	1,6401	466,3	497,74	31,44	3,144
N13-B12	152,71	7,15	8,58	0,0086	85,44	90	PEHD	1,352	3,672	4,0392	466,11	493,7	27,59	2,759
N13-B7	157,71	8	9,6	0,0096	90,27	110	PEHD	1,010	1,749	1,9239	466,86	495,82	28,96	2,896
N13-N14	284,82	73,39	88,068	0,0881	273,47	315	PEHD	1,130	1,141	1,2551	465	496,49	31,49	3,149

N14-B8	188,22	9,26	11,112	0,0111	97,07	110	PEHD	1,168	2,732	3,0052	459,92	493,48	33,56	3,356
N14-B11	162,255	4,26	5,112	0,0051	65,8	90	PEHD	0,802	1,482	1,6302	467,74	494,86	27,12	2,712
N14-N15	101,86	59,87	71,844	0,0718	246,88	250	PEHD	1,463	0,861	0,9471	467	495,54	28,54	2,854
N15-B19	187,5	5,4	6,48	0,0065	74,28	75	PEHD	1,471	6,523	7,1753	476	488,37	12,37	1,237
N15-N16	147,46	54,47	65,364	0,0654	235,62	250	PEHD	1,332	1,049	1,1539	473,3	494,39	21,09	2,109
N16-B24	275	7	8,4	0,0084	84,44	90	PEHD	1,320	6,33	6,963	469,58	487,42	17,84	1,784
N16-N17	77,4	47,47	56,964	0,057	219,96	250	PEHD	1,161	0,427	0,4697	477,2	493,92	16,72	1,672
N17-B18	130,53	4,86	5,832	0,0058	70,17	75	PEHD	1,313	3,677	4,0447	472,2	489,87	17,67	1,767
N17-N18	73,75	42,61	51,132	0,0511	208,27	250	PEHD	1,041	0,332	0,3652	480,5	493,56	13,06	1,306
N18-B25	209,87	7,7	9,24	0,0092	88,37	90	PEHD	1,446	5,717	6,2887	475,82	487,26	11,44	1,144
N18-N19	252,63	34,91	41,892	0,0419	188,59	200	PEHD	1,334	2,335	2,5685	475	490,99	15,99	1,599
N19-B29	246,3	9,42	11,304	0,0113	97,94	110	PEHD	1,189	3,695	4,0645	470	486,93	16,93	1,693
N19-N20	129,05	25,49	30,588	0,0306	161,17	200	PEHD	0,974	0,666	0,7326	478,31	490,25	11,94	1,194
N20-B17	198,22	9,03	10,836	0,0108	95,75	110	PEHD	1,136	2,735	3,0085	470,2	487,24	17,04	1,704
N20-N21	179,03	16,46	19,752	0,0198	129,64	140	PEHD	1,286	2,345	2,5795	469,11	487,67	18,56	1,856
N21-B26	206,7	8,33	9,996	0,01	92,13	110	PEHD	1,052	2,473	2,7203	469,6	484,95	15,35	1,535
N21-B27	223,02	8,13	9,756	0,0098	91,21	110	PEHD	1,031	2,57	2,827	469,53	484,84	15,31	1,531
N11-N22	464,71	55,56	66,672	0,0667	237,95	250	PEHD	1,359	3,427	3,7697	461,11	497,28	36,17	3,617
N22-B1	148,04	9,73	11,676	0,0117	99,66	110	PEHD	1,231	2,369	2,6059	462,71	494,97	32,26	3,226
N22-N23	31,88	45,83	54,996	0,055	216,07	250	PEHD	1,120	0,164	0,1804	460,23	497,1	36,87	3,687
N23-B9	224,1	9,59	11,508	0,0115	98,8	110	PEHD	1,210	3,473	3,8203	463,12	493,3	30,18	3,018
N23-N24	242,52	36,24	43,488	0,0435	192,16	200	PEHD	1,385	2,403	2,6433	467,23	494,46	27,23	2,723
N24-B10	203,25	6,81	8,172	0,0082	83,43	90	PEHD	1,289	4,474	4,9214	469,35	489,53	20,18	2,018
N24-N25	211,53	29,43	35,316	0,0353	173,1	200	PEHD	1,124	1,423	1,5653	472	492,89	20,89	2,089
N25-B20	168,76	4,43	5,316	0,0053	67,07	75	PEHD	1,200	4,023	4,4253	470	488,47	18,47	1,847
N25-N26	203,02	25	30	0,03	159,58	160	PEHD	1,492	2,996	3,2956	474,5	489,6	15,1	1,51
N26-B21	146,1	4,55	5,46	0,0055	68,33	75	PEHD	1,245	3,73	4,103	470,34	485,49	15,15	1,515
N26-N27	228,73	20,45	24,54	0,0245	144,21	160	PEHD	1,219	2,32	2,552	474,95	487,04	12,09	1,209
N27-B23	210,08	3,66	4,392	0,0044	61,11	63	PEHD	1,412	8,293	9,1223	465	477,95	12,95	1,295
N27-N28	96,6	16,79	20,148	0,0201	130,62	140	PEHD	1,306	1,301	1,4311	472,5	485,61	13,11	1,311

N28-B22	94,03	3,66	4,392	0,0044	61,11	63	PEHD	1,412	3,712	4,0832	466,82	481,53	14,71	1,471
N28-N29	115,08	13,13	15,756	0,0158	115,81	125	PEHD	1,287	1,724	1,8964	469	483,73	14,73	1,473
N29-B30	196,09	8,88	10,656	0,0107	95,3	110	PEHD	1,126	2,659	2,9249	465	480,79	15,79	1,579
N29-N30	107,15	4,25	5,1	0,0051	65,8	75	PEHD	1,154	2,379	2,6169	469,65	481,1	11,45	1,145
N30-B31	85,62	4,25	5,1	0,0051	65,8	75	PEHD	1,154	1,901	2,0911	465	479,01	14,01	1,401

V.9. Conclusion

Le système d'adduction-distribution représente un élément central dans la planification d'un projet hydro-agricole, assurant la gestion efficace de l'eau depuis sa source jusqu'aux parcelles cultivées. Dans le cadre de cette étude, nous avons adopté une approche méticuleuse en combinant le refoulement et la gravité pour optimiser la performance du réseau. Les calculs hydrauliques détaillés ont guidé la sélection des matériaux appropriés, favorisant l'utilisation de conduites en PEHD pour les diamètres inférieurs à 315 mm et de conduites en fonte pour les diamètres supérieurs à 350 mm. Cette stratégie a permis de dimensionner le réseau d'adduction de manière à maintenir une pression adaptée, essentielle pour supporter efficacement les systèmes d'irrigation, notamment ceux utilisant des techniques comme l'irrigation par aspersion. Cette approche intégrée vise à garantir une gestion durable et efficace des ressources hydriques, répondant ainsi aux besoins agricoles spécifiques du périmètre étudié.



**Chapitre VI :
Techniques d'irrigation et
stockage**

VI.1 Introduction

L'efficacité du système d'irrigation revêt une importance cruciale dans la gestion optimale des ressources en eau, essentielle à la satisfaction des besoins hydriques des cultures. Dans ce chapitre, nous explorons les trames et les diverses techniques d'irrigation disponibles, en vue de sélectionner celle qui répond le mieux aux caractéristiques spécifiques de notre périmètre d'étude. Comprendre les fondements théoriques de chaque méthode d'irrigation est indispensable pour une prise de décision éclairée quant à leur application pratique. Notre objectif est d'identifier la méthode d'irrigation optimale afin d'assurer une gestion durable et efficace des ressources en eau dans notre contexte hydro-agricole particulier.

VI.2 Choix des techniques d'irrigation

Le choix des techniques d'irrigation repose sur plusieurs facteurs cruciaux, parmi lesquels :

- La pente du terrain, déterminant la méthode d'irrigation la plus efficace pour une distribution homogène de l'eau.
- Le débit disponible, influençant directement la capacité à répondre aux besoins en eau des cultures sans compromettre la disponibilité future des ressources hydriques.
- La nature du sol, notamment sa perméabilité, affectant la capacité du sol à retenir et à absorber l'eau, et donc le choix du système d'irrigation optimal.
- Les exigences spécifiques en eau des différentes cultures, guidant la fréquence et la quantité d'eau nécessaires pour maintenir des rendements agricoles optimaux.
- Des considérations économiques, incluant les coûts d'installation, d'entretien et d'exploitation des systèmes d'irrigation, jouant un rôle crucial dans la décision finale.
- La rentabilité de l'opération, visant à maximiser les rendements agricoles tout en minimisant les coûts associés à l'utilisation de l'eau, assurant ainsi une gestion durable et efficace des ressources disponibles.

Cette approche intégrée permet de sélectionner judicieusement la technique d'irrigation la plus adaptée à chaque contexte agricole spécifique, favorisant ainsi une utilisation optimale des ressources en eau tout en soutenant la durabilité économique et environnementale des exploitations agricoles.

VI.3 Analyse des Méthodes d'Irrigation

Les techniques d'irrigation sont catégorisées selon leur mode d'application :

- L'irrigation de surface, utilisant la gravité pour distribuer l'eau uniformément sur le terrain
- L'irrigation par aspersion, pulvérisant l'eau sous forme de fines gouttelettes au-dessus des cultures.
- L'irrigation localisée, telle que l'irrigation goutte-à-goutte, fournissant l'eau directement aux racines des plantes de manière précise et efficace.

Chacune de ces méthodes présente des avantages et des limitations distincts, adaptés à différents types de sols, de cultures et de conditions environnementales

VI.4 Composantes principales du réseau

VI.4.1 Point d'alimentation

Le point d'alimentation comprend une conduite principale en PVC rigide ou en acier galvanisé, installée à une hauteur appropriée au-dessus du sol. Il est équipé d'un purgeur d'air, d'une valve de contrôle, de sorties pour l'injecteur d'engrais, ainsi que d'un filtre. Des dispositifs comme un filtre à gravier ou un séparateur à sable peuvent être ajoutés en amont selon les besoins.

VI.4.2 Conduite Principale

Cette conduite assure le transport principal du débit du système, optimisant les conditions hydrauliques pour maintenir une vitesse de courant adéquate et minimiser les pertes de charge.

VI.4.3 Conduites Secondaires

De plus petit diamètre, ces conduites se branchent sur la conduite principale pour distribuer le flux vers différentes zones du système d'irrigation.

VI.4.4 Bornes d'irrigation

Les bornes d'irrigation régulent et distribuent l'eau depuis les réseaux de distribution sous pression vers les zones spécifiques à irriguer, facilitant ainsi l'efficacité et la gestion de l'irrigation agricole.

VI.4.5 Conduites de Distribution (porte rampe)

Disposées en surface de long des parcelles, ces conduites de diamètre réduit relient les bornes d'irrigation aux conduites secondaires, assurant une distribution précise de l'eau vers

les zones d'irrigation définies.

VI.4.6 Conduites de Distribution Perpendiculaires (rampe)

Ces conduites de plus petit diamètre se connectent perpendiculairement aux canaux principaux, distribuant l'eau à des intervalles réguliers le long des lignes de culture pour répondre aux besoins spécifiques des cultures.

VI.4.7 Dispositifs de Distribution

Ces dispositifs variés (asperseurs, mini-diffuseurs, goutteurs, etc.) distribuent l'eau de manière efficace et précise selon les exigences particulières des cultures, assurant une irrigation optimale et économique.

VI.5 L'irrigation de surface

L'irrigation de surface désigne l'ensemble des techniques d'arrosage où l'eau est distribuée sur la parcelle sans être contenue, simplement en s'écoulant à la surface du sol. Ce mode d'irrigation utilise la configuration naturelle du terrain ainsi que les propriétés hydriques du sol, telles que le ruissellement, l'infiltration et la capillarité, pour assurer une répartition efficace de l'eau. Cette méthode est particulièrement adaptée aux terrains avec une pente légère à modérée, favorisant un écoulement uniforme tout en facilitant l'absorption par les racines des cultures.

VI.5.1 Irrigation par ruissèlement

L'irrigation par ruissèlement consiste à laisser l'eau s'écouler naturellement sur la surface du sol, favorisant une infiltration en profondeur. Cette méthode permet au sol de s'humecter jusqu'à la profondeur nécessaire pour atteindre les racines des cultures, minimisant ainsi les pertes par évaporation. Adaptée aux terrains en pente douce, elle offre une solution efficace pour répondre aux besoins hydriques des cultures tout en optimisant l'utilisation des ressources en eau disponibles.



Figure VI.1 Irrigation par ruissèlement

(Google- ecosource.org)

VI.5.2 Irrigation par infiltration (à la raie)

L'irrigation par infiltration à la raie est une méthode où l'eau est appliquée directement près des racines des plantes, permettant une absorption efficace et minimisant les pertes d'eau par évaporation et ruissellement. Cette technique repose sur la création de raies ou sillons dans le sol, où l'eau s'infiltré lentement et profondément, atteignant ainsi la zone racinaire active. Cela favorise un développement racinaire robuste et une utilisation efficace des nutriments du sol. En optimisant l'application d'eau à proximité directe des plantes, cette méthode peut améliorer significativement les rendements tout en réduisant la consommation totale d'eau nécessaire pour l'irrigation agricole.



Figure VI.2 Irrigation par infiltration (Source : -Google- www.semanticscholar.org)

VL5.3 Irrigation par submersion

L'irrigation par submersion est une technique agricole stratégique qui consiste à immerger temporairement les champs sous une couche contrôlée d'eau. Cette méthode permet de saturer le sol en eau, favorisant ainsi une réserve hydrique essentielle pour la croissance et le développement des cultures. Cette méthode peut également contribuer à la fertilité du sol en favorisant la décomposition de la matière organique et en augmentant la disponibilité des nutriments. Cependant, la gestion soignée du niveau de l'eau est essentielle pour éviter les dommages potentiels aux cultures et minimiser les pertes d'eau par évaporation.

VL5.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface

❖ **Avantage :**

- Coût initial réduit : l'installation est moins coûteuse que d'autres systèmes.
- Faible consommation d'énergie.
- Résistance aux conditions météorologiques : Cette méthode est moins affectée par le vent, ce qui en fait un choix favorable dans les régions sujettes aux vents forts.
- Adaptabilité : Convient à une variété de terrains et de cultures, notamment ceux avec une topographie irrégulière.

❖ **Inconvénients :**

- Pertes d'eau : Sensible à l'évaporation et au ruissellement, entraînant des pertes d'eau significatives.

- Besoin de main-d'œuvre intensive : Traditionnellement, l'irrigation de surface demande beaucoup de travail manuel pour la construction et l'entretien des canaux
- Efficacité limitée
- Nécessité de nivellement des terrains : Avant l'installation, il est souvent nécessaire de niveler les terrains pour optimiser l'efficacité de l'irrigation.

VI.6 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion reproduit la répartition naturelle de la pluie en utilisant des dispositifs de projection sous pression. Cette méthode assure une distribution uniforme de l'eau sur les cultures, adaptée à divers types de terrains et de cultures. Cependant, elle nécessite une gestion minutieuse pour optimiser l'utilisation de l'eau et minimiser les pertes par évaporation. L'amélioration continue des technologies de projection joue un rôle crucial dans l'efficacité globale de ce système, contribuant ainsi à une agriculture durable et productive.

VI.6.1 Irrigation par asperseur

L'irrigation par aspersion est une méthode efficace d'arrosage qui utilise des dispositifs d'aspersion alimentés en eau sous pression pour fournir de l'eau aux plantes sous forme de précipitations artificielles. Ces dispositifs pulvérisent l'eau en fines gouttelettes, visant à répartir la pluie de manière uniforme sur la surface du sol.



Figure VI.3 Irrigation par asperseur

(-Google-www.dabanaani.com)

VI.6.2 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion

❖ **Avantage**

- Distribution uniforme : Les dispositifs d'aspersion pulvérisent l'eau en fines gouttelettes, assurant une répartition homogène sur la surface cultivée.
- Flexibilité et adaptation : Adaptées à une variété de cultures et de terrains.
- Réduction de la main-d'œuvre : l'irrigation par aspersion peut réduire la dépendance à la main-d'œuvre grâce à l'automatisation et à la simplicité de son fonctionnement une fois installée.

❖ **Inconvénients**

- Pertes d'eau par évaporation : l'irrigation par aspersion peut entraîner des pertes significatives d'eau par évaporation.
- Coût énergétique : les systèmes d'aspersion nécessitent une certaine quantité d'énergie pour maintenir la pression nécessaire à la distribution efficace de l'eau.
- Sensibilité au vent : Dans les régions venteuses, le vent peut dévier les gouttelettes d'eau, réduisant ainsi l'uniformité de la distribution.
- Risque de maladies cryptogamiques : L'humidification des feuilles peut favoriser le développement de maladies cryptogamiques chez certaines plantes.

VI.7 L'irrigation localisée (goutte à goutte)

L'irrigation localisée, connue sous le nom de goutte à goutte, utilise des réseaux de canalisations pour distribuer précisément de faibles débits d'eau directement au niveau des racines des plantes. Cette méthode forme des bulbes d'humidité superficiels, optimisant ainsi l'absorption de l'eau tout en réduisant les pertes par évaporation. Elle favorise une croissance saine des cultures et minimise les risques de maladies liées à l'humidité foliaire. Par sa précision et son efficacité, l'irrigation localisée contribue à une gestion durable de l'eau et à une agriculture plus résiliente aux changements climatiques.



Figure VI.4 irrigation goutte à goutte

(source : www.ufarevue.ch)

VI.7.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte

❖ **Avantage**

- Efficacité de l'utilisation de l'eau : En distribuant l'eau directement là où les racines en ont besoin.
- Réduction des maladies : En évitant l'humidification des feuilles, cette méthode réduit les risques de développement de maladies fongiques et bactériennes.
- Flexibilité et économies : permettant des économies d'eau et de main-d'œuvre significatives.

❖ **Inconvénients**

- Coûts initiaux : L'installation d'un système de goutte à goutte peut représenter un investissement initial élevé.
- Maintenance : Les systèmes de goutte à goutte nécessitent une maintenance régulière pour assurer leur bon fonctionnement.
- Nécessité de filtration de l'eau : La qualité de l'eau utilisée est cruciale pour prévenir l'encrassement des goutteurs, nécessitant ainsi des systèmes de filtration efficaces pour garantir la durabilité et l'efficacité à long terme du système.

VI.8 Ouvrages de stockages

Les ouvrages de stockage jouent un rôle crucial dans la gestion et la distribution efficaces de l'eau, assurant une alimentation continue et sécurisée des réseaux. Conçus pour stocker temporairement l'eau avant sa distribution, ces structures sont dimensionnées pour répondre aux besoins quotidiens en eau sur une période de vingt-quatre heures.

VI.8.1 Types d'ouvrages de stockage

Les ouvrages de stockage se divisent principalement en deux catégories :

- Stockage public : Inclut les châteaux d'eau et les réservoirs de grande capacité, essentiels pour maintenir la pression et réguler le flux d'eau dans les réseaux de distribution.
- Stockage domestique : Comprend une variété de réservoirs, bassins et citernes, utilisés pour les besoins individuels et communautaires, assurant une réserve d'eau adaptée aux usages locaux.

VI.8.2 Fonctionnement et entretien

Le processus de fonctionnement commence par le captage de l'eau à partir de sources souterraines, stations de traitement ou d'autres réservoirs, pompée à l'aide de systèmes mécanisés vers les réservoirs de stockage situés en altitude. Cette disposition permet une distribution gravitationnelle efficace, minimisant ainsi l'utilisation de pompes et d'énergie.

L'entretien des réservoirs est essentiel pour garantir la qualité de l'eau et la durabilité des infrastructures. Cela implique des procédures régulières de nettoyage et de désinfection :

- Nettoyage : Comprend la vidange du réservoir, l'élimination des dépôts par brossage manuel et le rinçage avec des solutions désinfectantes pour assurer la propreté et l'hygiène.
- Désinfection : Nécessaire pour éliminer les microorganismes pathogènes pouvant contaminer l'eau stockée, la désinfection est réalisée périodiquement selon des normes sanitaires rigoureuses.

VI.8.3 Sécurité sanitaire et durée de stockage

Pour maintenir la qualité de l'eau, les réservoirs doivent être conçus et entretenus de manière à minimiser les risques de contamination. Le temps de stockage de l'eau dans un

réservoir ne doit pas excéder quarante-huit heures sans renouvellement partiel ou total, afin de garantir une eau sûre et conforme aux normes de qualité.

En conclusion, les ouvrages de stockage d'eau représentent une infrastructure vitale pour la sécurité hydrique des communautés, nécessitant une gestion attentive et des pratiques d'entretien régulières pour assurer une distribution fiable et durable de l'eau.

VI.9 Conclusion

Une fois que toutes les contraintes précédentes, y compris les conditions climatiques, la nature du sol, l'aptitude culturale et le volume d'eau disponible, sont définies, il devient plus facile de choisir la technique d'irrigation appropriée.

Le goutte à goutte et l'aspersion sont des techniques avantageuses par rapport à d'autres méthodes d'irrigation, et elles répondent efficacement aux besoins de notre zone d'étude.

Pour les cultures céréalières, l'irrigation par aspersion est préférable, tandis que pour les cultures maraîchères et arboricoles, l'irrigation goutte à goutte est privilégiée



Chapitre VI :
Dimensionnement à la
parcelle

VII.1 Introduction

La distribution efficace de l'eau d'irrigation est cruciale pour le processus global d'irrigation, en plus de la gestion et de l'utilisation de l'eau. Les systèmes sont spécifiquement conçus pour transporter l'eau depuis les points de départ jusqu'aux plantes. L'objectif principal de ce chapitre est d'optimiser la conception des systèmes d'irrigation par aspersion et goutte à goutte afin de maximiser l'efficacité de l'utilisation de l'eau tout en préservant cette ressource précieuse.

VII.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

VII.2.1 Données générales

➤ Choix de parcelle

Pour élaborer le réseau d'irrigation par aspersion, nous avons sélectionné la parcelle N°7 de l'ilot N° 04 comme modèle. Cette parcelle couvre une superficie de 1.08 hectares et présente les caractéristiques suivantes :

- Surface : 1.08 ha
- Caractéristiques de la surface occupée 120*90 m
- Alimentation en eau : Borne B04.
- Pression disponible à la borne : 4.8 bars.
- Perméabilité du sol : 9mm/h.
- Densité apparente de sol : 1.4.

➤ Choix de la culture

Pour concevoir le réseau d'irrigation par aspersion, nous avons opté pour le blé en raison de ses bénéfices économiques et agronomiques, avec un besoin de pointe de 123.4 mm/mois en mois de mai

Notons que le temps de travail est de 22 heures par jour sur une période de 26 jours par mois.

VII.2.2 Calcul de la dose pratique

Elle est calculée comme suit

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

Y : degré de tarissement : égal à 2/3.

da : densité apparente : égale à 1.4

Z : profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le blé)

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (26%).

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (16%).

A.N : RFU = $(0.26-0.16) \times 1.4 \times 600 \times 2/3 = 56$ mm.

VII.2.3 Dimensionnement de l'asperseur

➤ Choix du diamètre de la buse

Le dimensionnement du diamètre des buses des asperseurs est déterminé en tenant compte de la condition que le taux de précipitation doit rester inférieur à la capacité de perméabilité du sol, fixée à 9 mm/h

On pose que la pluviométrie de la buse est égale à la perméabilité de sol c'est-à-dire : $P=K = 9\text{mm/h}$

Avec : $P = \frac{1.5d}{1.04}$ (Relation expérimentale)

En termes d'économie nous avons choisi le diamètre 4.5 mm sous une pression de 3.5 bars qui nous donne un porté théorique de 15 m en se référant à la nouvelle fiche technique de l'asperseur de type Pierrot (actualisé).

➤ Calcul de la portée

La portée des asperseurs désigne la distance maximale à laquelle ils peuvent projeter de l'eau. Cette mesure est évaluée à l'aide de la formule empirique suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times H^{0.25}$$

Avec :

d : diamètre de la buse en mm.

H : pression à la buse en m.

A.N : = 15.4m on prend 15 m

➤ Calcul des écartements

D'après la vitesse moyenne du vent de la région le vent est fort donc les écartements sont calculés par les relations suivantes :

$$E_a = 0.8 \times L = 0.8 \times 15 = 12 \text{ m.}$$

$$E_l = 1.2 \times L = 1.2 \times 15 = 18 \text{ m.}$$

On donne : E_a : est la distance entre les asperseurs de la même rampe. E_l : est la distance entre les rampes.

Les valeurs normalisées d'écartement sont donc les suivantes : $E_l = 18$ mètres et $E_a = 12$ mètres.

VII.2.4 Vérification de la pluviométrie de la buse

La pluviométrie de la buse est le rapport du débit de la buse sur l'écartement

$$P_{asp} = \frac{q_{asp}}{E_a E_l}$$

Avec : $q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times H}$

$$P_{asp} = \frac{0.95 \times \frac{\pi \times (4.5 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 35}}{18 \times 12}$$

$$= 6.6 \text{ mm/h} < 9 \text{ mm/h.}$$

VII.2.5 Détermination des paramètres d'arrosage

VII.2.5.1 calcul du tour d'eau

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles : B_{mp} : le besoin net du mois de pointe de la culture choisi « Blé » qui est égale à 123.4mm.

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \times N_j}{B_{mp}}$$

N_j : le nombre de jours de travail par mois égale à 26 jours.

Le calcul nous donne $T_{eau} = 11.8$ jours, on normalise le tour d'eau à 10 jours que nous donne un nombre d'irrigation par mois égale à 3 fois/mois.

VII.2.5.2 Dose réelle

C'est la quantité d'eau théorique doit être apportée dans une fois d'irrigation :

$$D_r = \frac{B_{mp}}{\text{Nombre d'irrigation par mois}}$$

$$D_r = 123.4/3 = 41.13 \text{ mm.}$$

VII.2.5.3 Dose brute

Elle est définie comme la quantité d'eau doit être réellement ramené à la parcelle en tenir compte des pertes en eau. La valeur de la dose brute est calculée par la relation suivante :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{eff}$$

$$D_{brute} = \text{La dose réelle} / 0,75 = 55.11 \text{ mm} = 55 \text{ mm.}$$

Avec : eff : est l'efficience de l'aspersion qui est égale à 75%.

VII.2.5.4 Temps d'arrosage

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcule d'après la relation suivante :

$$\text{Temps d'arrosage} = \frac{B_{brute}}{P_{asp}}$$

$$\text{Temps d'arrosage} = 55/6.6 = 8.3 \text{ h} = 8 \text{ heures,}$$

Donc on adopte 3 positions par jour pour chaque asperseur.

VII.2.6 Débit d'équipement

$$Q_{\text{éq}} = \frac{S \times B_{mp} \times 10}{T \times n \times N_j \times eff}$$

$Q_{\text{éq}}$: débit d'équipement en m^3/h .

S : Surface de parcelle en ha.

Bmp : besoin net de mois de point de la culture choisi.

T : Tour d'eau en heures.

N : nombre de position d'un asperseur par jour.

Eff : efficacité d'irrigation par aspersion. (75%)

A.N : $Q_{eq} = 2.85 \text{ m}^3/\text{h}$, on prend $2.9 \text{ m}^3/\text{h}$.

VII.2.7 Calcul hydraulique des rampes et porte rampe

VII.2.7.1 Calcul la longueur de la rampe

Nous avons $L=120 \text{ m}$ et $l= 90 \text{ m}$

Les asperseurs sont installés à distance d'Ea sur deux de l'extrémité de la parcelle qui nous donne :

$$L_r = \text{Largeur de terrain} - E_a/2$$

L_r : Longueur de la rampe en m.

E_a : Écartement entre asperseurs dans la même rampe en m.

Donc : $L_r=90-6= 84 \text{ m}$

VII.2.7.2 Nombre des asperseurs par rampe

C'est le rapport entre la longueur de la rampe et l'écartement entre asperseurs :

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

$N_{asp/rampe} = 7$ asperseurs/rampe

VII.2.7.3 Nombre des rampes

Donc on travaille avec 1 rampe.

VII.2.7.4 Débit de la rampe

$Q_r = q_{asp} \times N_{asp/rampe}$

Et $Q_r = 1.3 \times 7 = 9.1 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0026 \text{ m}^3/\text{s}$.

VII.2.7.5 Diamètre de la rampe

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

Avec : V : vitesse admissible égale à 1.25 m/s .

$$\text{Donc : } D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0.0026}{\pi \times 1.25}} = 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm.}$$

On prend un diamètre normalisé de 50 mm .

VII.2.8 Dimensionnement de la porte rampe

VII.2.8.1 Longueur de la porte rampe

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - \frac{El}{2}$$

$$L_{pr} = 120 - 9 = 111 \text{ m.}$$

VII.2.8.2 Débit de la porte rampe

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

$$Q_{pr} = 0.0026 \times 1 = 0.0026 \text{ m}^3/\text{s.}$$

VI.1.9.2 : Diamètre de la porte rampe

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

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0026}{\pi \times 1.25}} = 47 \text{ mm}$$

On le normalise à 63 mm pour minimiser les pertes de charges.

VII.2.9 Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte rampe

Selon les règles de Christiansen les pertes de charge sont divisées comme suit :

- 10% de perte de charge singulière et 90% de perte de charge linéaire.
- 2/3 des pertes de charge linéaire sont dans les rampes.
- 1/3 des pertes de charge linéaire sont dans le porte-rampe.

En appliquant la relation de Hazen-Williams on a :

$$J_r = \left(\frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \times \frac{L_r}{D_r^{4.87}} \times Q_r^{1.852} = 3.36 \text{ m.}$$

$$J_{pr} = \left(\frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \times \frac{L_{pr}}{D_{pr}^{4.87}} \times Q_{pr}^{1.852} = 1.83 \text{ m.}$$

VII.2.10 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

Tableau VII.1 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

Conduite	Longueur(m)	Débit(m^3/s)	Diamètre (mm)	Vitesse(m/s)	P.d .c (m)
Porte rampe	120	0.0026	63	0.84	1.83
Rampe	90	0.0026	50	1.3	3.36

On remarque que les pertes de charges totales sont de 5.2m, soit 18% de la pression de service, donc l'installation du réseau d'aspersion est conforme.

VII.3 Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte

VII.3.1 Données générales

➤ Choix de parcelle

Afin de concevoir le réseau d'irrigation goutte à goutte, nous avons choisi comme modèle la parcelle N°19 dans l'ilot N° 09, qui s'étend sur une superficie totale de 5 hectares

et qui possède les caractéristiques suivantes :

- Surface : 100*100 ha
- Longueur : 100 m
- Largeur : 100 m
- Alimentation en eau : Borne B 09.
- Pression disponible à la borne : 3.79 bars
- Perméabilité du sol : 9mm/h.
- Densité apparente de sol : 1.4

•Caractéristique du goutteur

Débit nominal : **4l/h** et une pression nominal : 10 m.c.e

➤ **Choix de culture**

Pour dimensionner le réseau d'irrigation par goutte à goutte, nous avons choisi l'olivier comme culture, avec un besoin de pointe de 90.58 mm/mois en juillet.

L'écartement des arbres est de 4m, avec deux goutteurs pour chaque arbre

➤ **Choix de réseau d'irrigation**

La parcelle d'olivier est irriguée par un réseau gout à gout qui a les propriétés suivantes

- Deux goutteurs par arbre.
- le temps de travail est 22heures par jour durant 26 jours par mois.

VII.3.2 Calcul de l'évapotranspiration corrigée

En micro-irrigation, l'eau est apportée de manière localisée à une petite portion du sol, près des plantes. Cette technique implique l'utilisation d'un coefficient de réduction, K_r , appliqué à l'Évapotranspiration Maximale (ETM).

Donc, l'Évapotranspiration Modifiée (ETM_r) est calculée comme :

$$ETM_r = ETM * K_r.$$

La valeur de K_r est influencée par le taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) par les arbres adultes [Ollivier et Poirre 1983]. Diverses formules permettent de calculer K_r qui sont :

- KELLER et KARMELI (1974) :
$$K_r = \frac{C_s}{0.85}$$
- La formule de Freeman et Garzoli :
$$K_r = C_s + 0.5 (1-C_s)$$
- La formule de Decroix (CTGREF) :
$$K_r = 0.1 + C_s$$

On prévoit un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

On prend $K_r = 0.80$ Selon Freeman et Garzoli $K_r=0.8$

Donc $ETM_c = 0.8 \times ETM = 0.8 \times (90.58 / 30) = 2.42 \text{ mm/j.}$

VII.3.3 Calcul de la dose d'irrigation corrigée

Le besoin d'irrigation, B_{net} est le volume d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée.

$$Dc = RFU \times P = \left(\frac{Hcc - Hpf}{100} \right) \times Z \times da \times y \times P$$

Tel que :

Hcc : humidité à la capacité au champ (Hcc=26%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (Hpf=16%)

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

Z : profondeur d'enracinement en mm (Z= 1500 mm)

Da : est la densité apparente du sol (Da=1.4)

P : Pourcentage du sol humidifié.

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

P : Volume du sol humidifié

n : Nombre de point de distribution par arbre (2 par arbre)

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1.5m)

Sh : Largeur de la bande humidifiée (1m)

Sr : Écartement entre rangs d'arbre (4m)

Sa : espacement des arbres sur les rangs (4m)

A. N : P = 0.2 = 20%

$$Dc = 28 \text{ mm.}$$

VII.3.4 Paramètres d'arrosage

VII.3.4.1 Fréquence d'arrosage

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

$$T_{eau} = \frac{Dc}{ETMc}$$

$T_{eau} = 11.57$ j implique le tour d'eau est 10 jours.

VII.3.4.2 La dose réelle

La dose réelle est calculée par l'utilisation de la formule :

$$D_{réelle} = T_{eau} \times ETMc$$

$$D_{réelle} = 10 \times 2.42 = 24.2 \text{ mm.}$$

VII.3.4.3 La dose brute

Pour calculer la dose brute, on applique la relation :

$$D_{brute} = \frac{D_{réelle}}{Cu \times Eff}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficience du réseau d'irrigation Eff=90% Donc :

$$D_{brute} = 29.88 \text{ mm}$$

VII.3.4.4 Temps d'arrosage

Le calcul de temps d'arrosage se fait par :

$$Tf = \frac{D_{brute} \times Sd \times Sr}{n \times q_g}$$

Sd : Espacement entre les distributeurs.

Sr : Espacement entre les rangs.

n : le nombre des goutteurs.

Qg : Débit des goutteurs

Alors : Tf = 59.76 heures

VII.3.5 Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe

VII.3.5.1 Condition de Christensen

La variation maximale du débit entre goutteurs ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

Avec : Δq : variation du débit entre goutteurs.

q: débit des goutteurs

• ΔH singulières totale = 10% ΔH (max)= 0.2 m et ΔH linéaire totale = 1.8 m

Pour les rampes : $\Delta H_{lr} = \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.2 \text{ m}$

Pour la porte rampe on a : $\Delta H_{lpr} = \frac{1}{3} \times 1.8 = 0.6 \text{ m}$.

VII.3.5.2 Les débits

$$Q_r = Q_g \times N_g / \text{rampe}$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r$$

Avec :

- Q_r : débit de la rampe (l/h)
- Q_{pr} : débit du porte rampe (l/h)
- Q_g : débit du goutteur (l/h)
- N_r : nombre de rampes

- Ng/rampe : nombre de goutteurs

On a : - La longueur de la rampe est de : 100m

- La longueur de la porte rampe est de : 100 m

VII.3.5.3 Nombre des arbres par rampe

En utilise la formule suivante pour calculer le nombre des arbres par rampe :

$$N \text{ arbre/rampe} = \frac{L \text{ terrain}}{Er}$$

On trouve 25 arbres par rampes.

VII.3.5.4 Nombre des goutteurs par rampe

Pour calculer le nombre des goutteurs par rampe il faut utiliser la formule suivante :

$$N \text{ goutteurs / rampe} = N \text{ arbre/ rampe} \times 2$$

Donc : il existe 50 goutteurs par rampe.

VII.3.5.5 Nombre des rampes

Il est calculé comme suit :

$$N \text{ rampe} = \frac{L \text{ terrain}}{Er}$$

Notre parcelle contient 25 rampes.

Alors :

$$Qr = Qg \times Ng/rampe = 4 \times 50 = 200 \text{ l/h} = 5.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qpr = Qr * Nr = 25 * 200 = 5000 \text{ l/h} = 1.388 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

VII.3.5.6 Diamètres de rampes et la porte rampe

D'après la formule de perte de charge de Hazen-Williams :

$$Dr = \left[\frac{Pdc(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-1/4.75}$$

$$Dpr = \left[\frac{Pdc(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right]^{-1/4.75}$$

On trouve :

$$Dr = 11.8 \text{ mm. On le normalise à } 16 \text{ mm.}$$

$$Dpr = 38.62 \text{ mm. On normalise à } 63 \text{ mm.}$$

VII.3.5.7 Vérification des pertes de charge

La formule de Hazen-Williams pour calculer les pertes de charge est la suivante :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{Chw} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852}$$

Alors : $\Delta Hr = 1.00 \text{ m} < 1.2 \text{ m} \rightarrow$ Condition vérifier.

$\Delta Hpr = 0.4 \text{ m} < 0.6 \text{ m} \rightarrow$ Condition vérifier.

VII.3.6. Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte

Tableau VII.2 Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte

Conduite	Longueur(m)	Débit(m^3/s)	Diamètre(mm)	Vitesse(m/s)	P.d .c (m)
Porte rampe	80	$1.38 * 10^{-3}$	63	0.65	0.4
Rampe	80	$5.5 * 10^{-5}$	16	0.32	1.00

VII.4 Conclusion

Dans cette partie de l'étude, nous avons exploré deux techniques d'irrigation adaptées aux cultures de blé et d'oliviers : l'irrigation par aspersion pour le blé, et un système goutte à goutte utilisant des rampes espacées de 4 mètres sur 4 mètres, fournissant un débit de 4 litres par heure pour les oliviers. Le dimensionnement hydraulique a été minutieusement calculé afin de garantir une distribution précise de l'eau tout en réduisant au minimum les pertes de charge.

L'intégration de ces méthodes conduirait à une gestion plus efficace des ressources hydriques, soutenant ainsi le progrès agricole tout en préservant cette précieuse ressource. Cette approche vise à optimiser l'irrigation des cultures de blé et d'oliviers, assurant une utilisation durable des ressources en eau disponibles.



**Chapitre VIII :
Calcul technico-
économique**

VIII.1 Introduction

L'évaluation financière d'un projet constitue une étape cruciale une fois achevées les différentes phases d'étude. Elle vise à estimer avec précision le coût global de l'entreprise, incluant non seulement les travaux et la préparation nécessaire, mais aussi toutes les commodités essentielles à sa réalisation. C'est à travers ce processus d'estimation détaillée que nous serons en mesure de mieux appréhender l'investissement requis pour un projet hydro- agricole, anticipant ainsi sa rentabilité future. Ce chapitre se focalisera donc sur le calcul minutieux des quantités de matériaux nécessaires ainsi que sur l'évaluation globale des dépenses liées à l'aménagement du périmètre hydro-agricole.

VIII.2 Diverses tâches à réaliser

VIII.2.1 Creusement et préparation des tranchées

Les tranchées sont creusées d'une manière précise et méthodique selon les spécifications techniques pour accueillir les canalisations, en tenant compte de la profondeur, de la largeur et de la pente requises. Cette étape assure la préparation adéquate du terrain pour l'installation des conduites, tout en respectant strictement les normes de sécurité et environnementales établies.

VIII.2.2 Installation d'un lit de sable

Ce lit de sable, préparé avec précision, joue un rôle crucial en assurant une base stable et perméable pour les canalisations. Cette méthode permet de répartir uniformément les charges et de faciliter le drainage efficace des eaux pluviales ou des effluents, contribuant ainsi à la durabilité et à la performance globale du système. L'utilisation de matériaux appropriés et la mise en œuvre selon les normes techniques garantissent non seulement la résistance à long terme, mais aussi la réduction des risques de tassement ou de mouvement du sol. Dans notre cas, il est prévu une épaisseur de 10 centimètres (cm) pour ce lit de sable.

VIII.2.3 Pose des canalisations (Conduites)

Les conduites sont installées dans les tranchées de manière à assurer leur alignement correct et leur intégrité structurelle. Cela comprend également l'installation des joints et des raccords nécessaires.

VIII.2.4 Test et vérification

Une fois les canalisations posées, des tests d'étanchéité et de pression sont effectués pour s'assurer qu'elles fonctionnent correctement et qu'il n'y a pas de fuites.

VIII.2.5 Remblayage et compactage

Après les tests réussis, les tranchées sont remblayées avec des matériaux appropriés (Les terres excavées peuvent être réutilisées comme matériau de remblai) et compactées pour assurer la stabilité des canalisations. Et pour finaliser il est essentiel de répartir uniformément les terres utilisées comme remblai, surtout si elles sont en tas.

VIII.3 Les volumes des travaux de terrassement

VIII.3.1 Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée est déterminée en fonction du diamètre de la conduite, avec un espace de 30 cm de chaque côté pour permettre un travail efficace et sécurisé. Ce calcul garantit que la tranchée est suffisamment dimensionnée pour accueillir la conduite tout en assurant un espace adéquat pour l'installation et la maintenance ultérieure du réseau.

Ainsi, la largeur est déterminée de la manière suivante :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)}$$

D'où : B : est la largeur de la tranchée en mètres (m)

d : est le diamètre de la conduite en mètres (m)

VIII.3.2 Profondeur de la tranchée

La profondeur de la tranchée doit être suffisante pour faciliter l'installation correcte des branchements spécifiques tout en évitant tout contact avec les autres conduites.

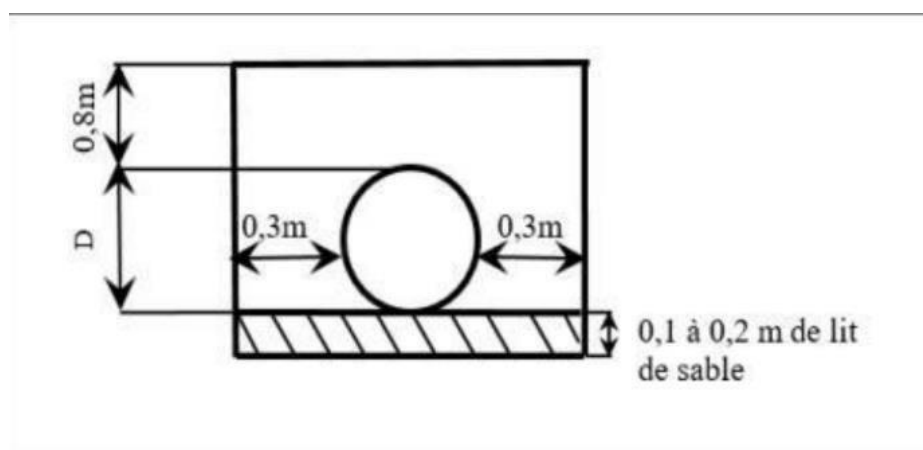


Figure VIII. 1 Schéma d'une tranchée.

Cette profondeur est calculée par la formule suivante :

$$H_{tr} = e + d + h$$

Avec : e : est l'épaisseur du lit de sable (m)

d : est le diamètre de la conduite en mètres (m)

h : est la hauteur du remblai au-dessus de la conduite en mètres (m)

VIII.3.3 Section de la tranchée

Les sections des tranchées sont spécifiées de la manière suivante :

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

H_{tr} : représente la profondeur de la tranchée en mètres (m)

B : représente la largeur du fond de la tranchée en mètres (m)

VIII.3.4 Volume du déblai

Le volume du déblai est calculé comme suit :

$$V_{déblai} = S_{tr} \times L = B \times H_{tr} \times L \quad \text{d'où :}$$

$V_{déblai}$: volume du déblai (m³)

S_{tr} : Section de la tranchée (m²)

L : Longueur de la tranchée en mètres (m)

B : Largeur de la tranchée en mètres (m)

H_{tr} : La hauteur de la tranchée en mètres (m)

VIII.3.5 Volume de lit de sable

Le volume du lit de sable est calculé en utilisant la formule ci-dessous :

$$V_{lit \text{ de sable}} = e \times B \times L \quad \text{avec :}$$

$V_{lit \text{ de sable}}$: Volume du lit de sable (m³)

e : épaisseur de la couche du lit de sable en mètres (m)

B : Largeur de la tranchée en mètres (m)

L : longueur de la tranchée en mètres (m)

VIII.3.6 Volume occupé par la conduite

On le trouve en utilisant le calcul suivant :

$$V_{\text{conduite}} = (\pi * d^2 * L) / 4$$

D'où : V_{conduite} : Volume de la conduite (m³)

d : Diamètre de la conduite en mètres (m)

L : Longueur de la tranchée en mètre (m)

VIII.3.7 Volume du remblai

Le remblai représente la quantité de terre nécessaire pour combler une tranchée et la ramener à son niveau initial, calculée selon la formule suivante :

$$V_{\text{remblai}} = V_{\text{déblai}} - (V_{\text{ls}} + V_{\text{con}})$$

V_{remblai} : représente le volume du remblai (m³)

$V_{\text{déblai}}$: représente le volume du déblai (m³)

V_{ls} : représente le volume du lit de sable (m³)

V_{cod} : représente le volume occupé par la conduite (m³)

Le tableau VIII.1 présente les calculs des volumes de déblais, de sable et de remblais pour le réseau de distribution.

Tableau VIII.1 Calcul des volumes des travaux de terrassement

D(mm)	Longueur	Largeur	Hauteur	Section	V déblai	V lit de sable	V conduite	V remblai
	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Conduite de refoulement								
300	6120	0,9	1,2	1,08	6609,6	550,8	432,378	5626,422
Conduite de distribution								
63	759,7	0,663	0,963	0,638469	485,044899	50,36811	2,3669707	432,309819
75	1074,98	0,675	0,975	0,658125	707,471213	72,56115	4,74670856	630,163354
90	1444,545	0,69	0,99	0,6831	986,76869	99,673605	9,18513938	877,909945
110	2588,35	0,71	1,01	0,7171	1856,10579	183,77285	24,5854425	1647,74749
125	115,08	0,725	1,025	0,743125	85,518825	8,3433	1,41152813	75,7639969
140	793,32	0,74	1,04	0,7696	610,539072	58,70568	12,2060215	539,62737
160	431,75	0,76	1,06	0,8056	347,8178	32,813	8,676448	306,328352
200	1097,28	0,8	1,1	0,88	965,6064	87,7824	34,454592	843,369408
250	1195,91	0,85	1,15	0,9775	1169,00203	101,65235	58,6743344	1008,67534
315	548,03	0,915	1,215	1,111725	609,258652	50,144745	42,6869472	516,42696
350	378,36	0,95	1,25	1,1875	449,3025	35,9442	36,3840435	376,974257
400	279	1	1,3	1,3	362,7	27,9	35,0424	299,7576
500	10292	1,1	1,4	1,54	15849,68	1132,12	2019,805	12697,755
Somme					31094,41586	2492,58139	2722,603576	25879,23089

VIII.4 Estimation des frais des travaux de terrassement

Lorsqu'on évalue les coûts des travaux, il est essentiel d'inclure les frais associés au terrassement. Ces coûts englobent généralement les déblais et les remblais et aussi la pose des lits de sable.

Et pour déterminer le cout de ces travaux de terrassement il est important de connaître les prix d'un mètres cubes de chacun de ces travaux (déblai, remblai, et sable)

- Le prix par mètre cube (m³) de déblai est égale à : 450DA
- Le prix par mètre cube (m³) de sable est égale à : 1200DA
- Le prix par mètre cube (m³) de remblai est égale à : 300DA

Dans ce tableau qui suit en trouve le prix des travaux de terrassement pour notre projet

Tableau VIII.2 Estimation du coût des travaux de terrassement.

Types de travaux	unité	Quantité (m ³)	Prix unit (DA)	Montant (DA)
déblai	M3	31094,5	450	13992525
L. de sable	M3	2493	1200	2991600
remblai	M3	25879,3	300	7763790
Total HT				24747915
TVA 19%				4702103,85
Total TTC				29450018,9

VIII.5 Évaluation des coûts d'installation des conduites

Les coûts d'installation de la conduite de refoulement et de la conduite gravitaire sont spécifiés en détail dans le tableau VIII.3

Tableau VIII.3 Estimation du cout de pose des conduites.

Diamètre (mm)	Unité	Prix uni (DA)	Quantité (ml)	Montant (DA)
63	ml	190	759,7	144343
75	ml	291,5	1074,98	313356,67
90	ml	335	1444,545	483922,575
110	ml	470	2588,35	1216524,5
125	ml	600	115,08	69048
140	ml	870	793,32	690188,4
160	ml	1000	431,75	431750
200	ml	1498	1097,28	1643725,44
250	ml	2338,25	1195,91	2796336,56
315	ml	3977,8	548,03	2179953,73
350	ml	4874,2	378,36	1844202,31
400	ml	6998,74	279	1952648,46
500	ml	9800	10292	100861600
Pièces spéciales		7000	38	266000
Total HT				114893600
TVA 19%				21829784
Total TTC				136723384

VIII.6 Évaluation du coût des bornes d'irrigation

Dans notre projet, on a en tous 31 bornes d'irrigation, dont 27 de ces bornes sont du type A2 et les 4 restantes sont du type A4. Le tableau VIII.4 représente l'estimation des coûts de ces bornes

Tableau VIII.4 Estimation du cout des bornes d'irrigation.

Type de borne	Prix unitaire (DA)	Quantité	Montant (DA)
A2	50000	27	1350000
A4	82000	4	328000
Total HT			1678000
TVA 19%			318820
Total TTC			1996820

VIII.7 Devis estimatif du réservoir de stockage

Notre réservoir est d'une capacité de 1000m³, le tableau suivant nous montre le cout de notre réservoir de stockage

Tableau VIII.5 Devis estimatif du réservoir de stockage

Types de travaux	Montant (DA)
Travaux de génie civil	2457800
Equipement hydraulique	123900
Total HT	2581700
Total TTC	3072223

VIII.8 Estimation budgétaire du projet :

Le budget total de notre projet est détaillé dans le tableau suivant

Tableau VIII.6 Budget estimatif total

Les travaux réalisés	Le montant
travaux de terrassement	29450018,9
installation des conduites+ pièces secondaires	136723384
bornes d'irrigation	1996820
réservoir de stockage	3072223
Montant total TTC	171242445,9

Le coût total du projet s'élève à cent soixante-et-onze million deux cent quarante-deux mille quatre cent quarante-cinq dinars (171242445,9 DA).

VIII.9 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné en détail l'établissement d'un devis quantitatif et estimatif qui n'est pas une estimation précise mais elle était assez proche de la réalité, cette estimation est essentiel pour évaluer précisément les coûts associés à chaque aspect du projet. Cela inclut non seulement les travaux de construction, mais aussi les équipements nécessaires pour la mise en œuvre de notre périmètre, dont le coût total s'élève à 171 242 445,9 DA. Cette augmentation s'explique par la nécessité d'un réseau d'irrigation important (avec des diamètres de conduites conséquents) et par la distance considérable séparant notre périmètre du barrage.

Conclusion générale

Pour améliorer l'efficacité de l'irrigation dans notre région, nous avons adopté une approche intégrée qui prend en compte plusieurs indicateurs de performance. Cette approche nécessite une analyse approfondie des données, incluant les caractéristiques agro-pédologiques et climatiques, ainsi que les besoins en eau.

Une étude climatique de la région de Maghnia a révélé un climat semi-aride avec une insuffisance des précipitations, ce qui rend l'irrigation indispensable pour maintenir des rendements agricoles stables.

L'aménagement hydro-agricole de l'extension de Sidi Mjahed repose sur une évaluation précise des besoins en eau des cultures pertinentes pour la région. Les besoins en eau seront couverts par le barrage Hammam Boughrar. Nous avons choisi un système d'irrigation comprenant des canalisations souterraines en fonte et en PEHD, équipées de bornes d'irrigation. L'intégration de techniques modernes telles que l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et le goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage est essentielle pour atteindre notre objectif global d'augmentation des rendements agricoles.

Pour répondre aux exigences techniques et économiques du projet, une étude de gestion de projet approfondie a été menée. Cette étude a montré que la réalisation du projet nécessitera une durée totale raisonnable et entraînera un coût estimé à 171 242 445,9 DA (Dinars Algériens).

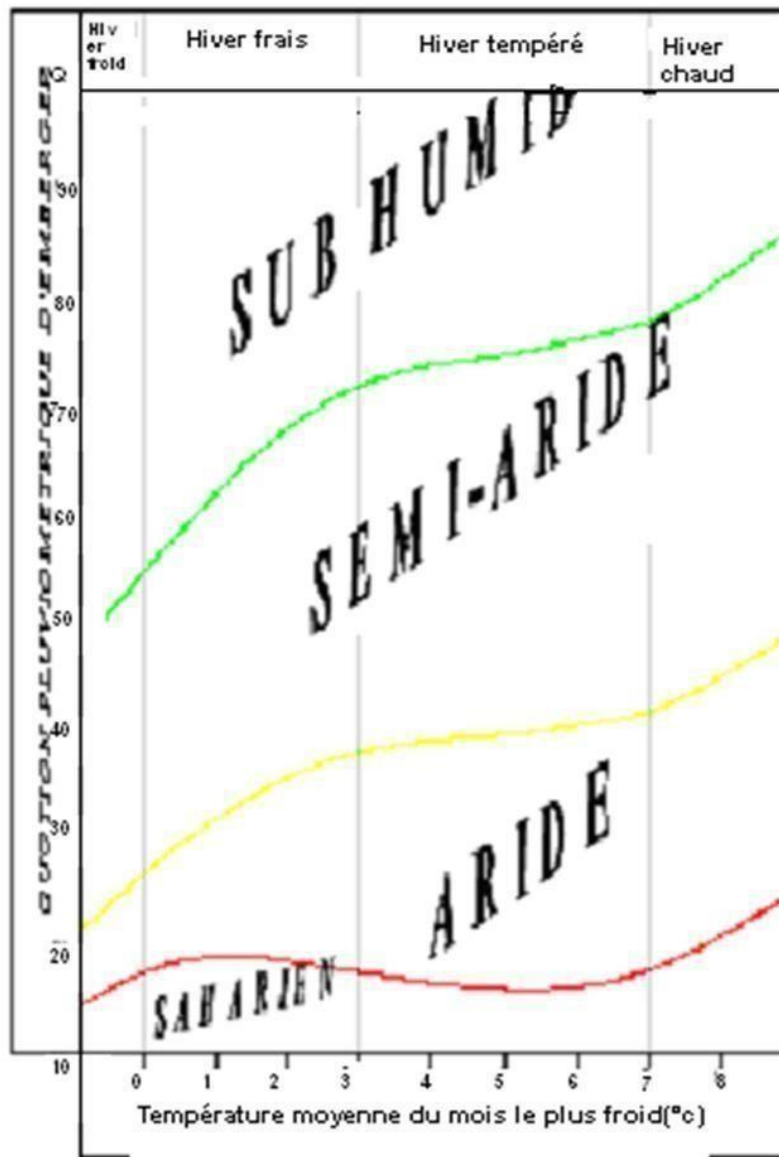
Références bibliographiques

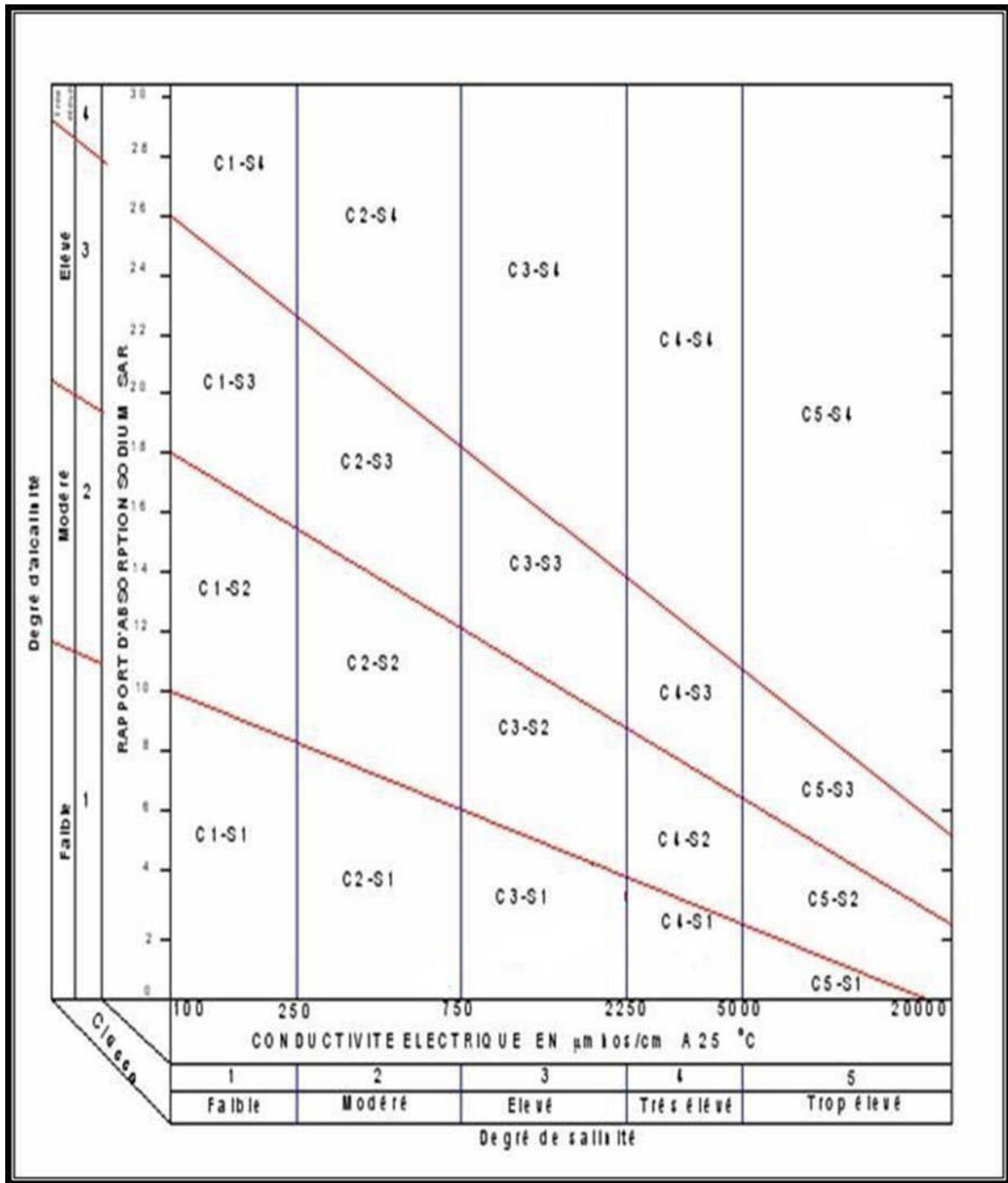
- Office national d'irrigation et de drainage. (ONID). Etude d'avant-projet de l'aménagement hydro agricole pour L'extension du périmètre de maghnia.
- Office National de la Météorologie-Maghnia. (ONM) de Maghnia (données météorologiques)
- Bulletin n°33 FAO, Besoins en eau des cultures.
- Ecosource.org, www.semanticscholar.org, www.dabanaani.com , www.ufarevue.ch (pour quelques Images).
- SOUMATI. Douniazed. 2023. Etude d'extension du périmètre Neffaisia (118 ha) à partir du barrage de Kramis.
- DJELLAL. Nesrine. 2018, Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Ain Tallout (W.TLEMCEN).
- IBOUCHOUKENE. Leila. 2018, Etude d'aménagement du périmètre Tafna Isser (W.TLEMCEN)
- LAZAR. Ahmed. 2015, Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre Hennaya(W.TLEMCEN)

Annexes

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

Diamètres des buses	P (bar) 2,5	P (bar) 3,0	P (bar) 3,5	P (bar) 4,0	P (bar) 4,5	P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar)	X	
	Portée en m					Distances entre arroseurs										
mm	Portée en m					Distances entre arroseurs										
4,2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	
4,5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	
4,8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	
5,0	15,8	15,9	16,3	16,7	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	
5,2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	
6,0	16,4	16,5	16,7	17,2	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	
7,0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	
ZB 22/ZB 22W	Consommation d'eau					Précipitations										
	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33	2,3	3,1	2,5	3,4	2,7	3,6	2,9	3,9	3,1	4,1	
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	2,6	3,5	2,9	3,9	3,1	4,2	3,3	4,4	3,5	4,7	
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74	3,0	4,0	3,3	4,4	3,5	4,7	3,8	5,1	4,0	5,4	
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5	4,4	5,8	
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04	3,5	4,7	3,9	5,2	4,2	5,6	4,4	5,9	4,7	6,3	
6,0	1,89	2,07	2,24	2,39	2,54	4,7	6,3	5,1	6,9	5,6	7,4	5,9	7,9	6,3	8,4	
7,0**	2,53	2,77	2,99	3,19	3,39	6,4	8,5	7,0	9,3	7,5	10,1	8,1	10,8	8,6	11,4	





LABORATOIRE D'ANALYSE DE LA QUALITE



Produits agro-alimentaires, d'entretien et cosmétiques
Décision ministérielle N°26 du 17-10-2017

N.A. KARAOUZENE épouse BENDIMERAD

N°926 « D », cité les oliviers, KIFFANE TLEMCEM
Tél : 0561 68 28 21

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE N° : 330/20

Dénomination produit : Eau de barrage hammam bouhrara zone conduite
1400

Prélevé le : 25-10-2020

Prélevé par : LE CLIENT

Date début d'analyse : 26-10-2020

date fin d'analyse : 28-10-2020

Ref. client: A-E-163-R

Nom ou raison sociale du demandeur :

B.E.C.E BENZEMAMMOUCHE SALAH

Paramètres	Ref.méthode	Résultats	Seuils limites
PH à 20°C	N.A.751	8,2	6,5 - 8,5
Conductivité à 25°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Electrométrie	1816	2800 max
Carbonates/ CO_3^{2-}	J.RODIER	00 mg/l	0,15 mg/l
Bicarbonates/ HCO_3^-	J.RODIER	344,04 mg/l	500 mg/l
Dureté totale/ CaCO_3	N.A.752	490 mg/l	500 mg/l
Dureté calcique/ Ca^{2+}	N.A.1655	92,8 mg/l	200 mg/l
Dureté magnésienne/ Mg^{2+}	N.A.1655	62,69mg/l	150 mg/l
Teneur en chlorures	N.A.6362	198,9 mg/l	500 mg/l
Teneur en sodium	Spectrophotomètre	46 mg/l	200 mg/l
SAR	Calcul	1,04	

INTERPRETATION /CONCLUSION :

Selon les paramètres analysés, le produit est **conforme** selon le décret exécutif n°14-96 du 04 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-25 du 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

OBSERVATION :

le résultat de cette analyse ne concerne que l'échantillon reçu.

Bulletin établi le : 28-10-2020

Laboratoire d'Analyse de la Qualité
KARAOUZENE N. A.
C. E. les Oliviers - KIFFANE

Directive pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation				
(FAO Bulletin N° 29)				
Nature du problème	Unité	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau de la plante)				
Conductivité électrique E_{cw}	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
ou				
Total des matières solides dissoutes TDS	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol: utiliser à la fois E_{cw} et SAR)				
SAR = 00 - 03 et E_{cw} =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
SAR = 03 - 06 et E_{cw} =	dS/m	> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
SAR = 06 - 12 et E_{cw} =	dS/m	> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
SAR = 12 - 20 et E_{cw} =	dS/m	> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
SAR = 20 - 40 et E_{cw} =	dS/m	> 5.0	5.0 - 2.9	< 1.9
Toxicité de certains ions (affecte les cultures sensibles)				
Sodium (Na) 4				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	meq/l	< 3	> 3	
Chlore (CL) 4				
Irrigation de surface	meq/l	< 4	04-10	> 10
Irrigation par aspersion	meq/l	< 3	> 3	
Bore (B) 5	mg/L	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				
Azote (NO ₃ -N) 6	mg/L	< 5	5 - 3.0	> 30
Bicarbonate (HOC ₃) (seulement pour l'aspersion sur frondaison)	meq/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pH		Zone normale 6.5 - 8.5		

Caractéristiques des Eaux d'Irrigation (FAO Drainage Papier N° 29)

Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Teneur habituel dans l'eau d'irrigation
Salinité			
Conductivité électrique ECW	E _{cw}	dS/m	0 - 3
Ou			
Total des matières solides dissoutes TDS	TDS	mg/L	0 - 2000
Cation et anion			
Calcium	Ca ⁺⁺	meq/L	0 - 20
Magnésium	Mg ⁺⁺	meq/L	0 - 5
Sodium	Na ⁺	meq/L	0 - 40
Carbonate	CO ⁻⁻	meq/L	0 - 0.1
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻	meq/L	0 - 10
Chlore	Cl ⁻	meq/L	0 - 30
Sulfate	SO ₄ ⁻⁻	meq/L	0 - 20
Éléments nutritifs			
Azote nitrique	SAR	SAR	< 2
Azote ammoniacal	SAR	SAR	< 3
Phosphate phosphoreux	meq/L	meq/L	< 3
Potassium	meq/L	meq/L	< 4
Effets divers (affecte les cultures sensibles)			
Azote (NO ₃ -N) 6	mg/L	mg/L	< 5
Bicarbonate (HOC ₃) (seulement pour l'aspersion sur frondaison)	meq/L	meq/L	< 1.5
pH			Zone normale 6.5 - 8.5