



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME

**Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre
BOUNAIM (200ha) à partir du barrage HAMMAM
BOUGHRARA (W. TLEMCEN)**

Présenté par :

REHAILIA Skander

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examineur
BETATACHE Hayat	M.C.B	Examineur
KOLIAI Djaffar	M.A.A	Examineur
DERNOUNI Youcef	M.A.A	Promoteur

Session Septembre 2024

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible, et leur patience inépuisable tout au long de mon parcours. Sans leur encouragement constant, cette réussite n'aurait jamais été possible.

À mes enseignants, qui ont partagé leur savoir et leur sagesse, et qui m'ont guidé avec bienveillance et rigueur vers l'accomplissement de mes objectifs académiques.

À mes amis, pour leur présence, leurs conseils et leur soutien moral dans les moments de doute et de fatigue.

Enfin, je dédie ce travail à Dieu, pour la force, la santé et la persévérance qu'il m'a accordées, et sans lesquelles je n'aurais pu mener à bien cette aventure.

REHAILIA Skander.

Remercîment

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu le Tout-Puissant pour la volonté, la santé, et la patience qu'il m'a accordées tout au long de ces longues années d'études. Son soutien m'a permis de persévérer et de mener à bien ce mémoire scientifique, malgré les défis rencontrés.

Je tiens à remercier vivement mon encadrant, monsieur DERNOUNI Youcef, pour sa confiance et son soutien constant. Ses conseils éclairés et ses orientations judicieuses ont guidé mes recherches de manière précise, jouant un rôle crucial dans l'avancement de mon travail. Je suis également reconnaissant envers l'ensemble des professeurs qui ont partagé leur savoir et leur expérience, contribuant ainsi à l'essor de mes compétences scientifiques.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail et pour leur présence lors de ma soutenance, ainsi que pour leur évaluation minutieuse. Enfin, je remercie du fond du cœur ma famille pour son encouragement, son soutien indéfectible, et sa patience tout au long de ce parcours.

المخلص

تتناول هذا المذكرة إدارة المساحات المروية، بهدف رئيسي هو تحديد حجم مساحة بونعيم (200 هكتار) الواقعة في ولاية تلمسان، باستخدام مياه سد حمام بوغرارة. تستند الدراسة إلى تحليل معمق للظروف المناخية والبيولوجية والزراعية لتحديد المحاصيل الأكثر ملاءمة وتقييم احتياجات المياه. تركز الدراسة على استخدام تقنيات الري الحديثة، مثل الري بالرش والتنقيط، الإنتاجية، وضمان ربحية المشروع على المدى المتوسط والبعيد لتحسين توزيع المياه، وزيادة

Résumé

Ce mémoire de fin d'études traite de la gestion des périmètres irrigués, avec pour objectif principal de dimensionner le périmètre de Bounaim (200 ha), situé dans la wilaya de Tlemcen, en utilisant l'eau du barrage de Hammam Bouhrara. L'étude repose sur une analyse approfondie des conditions climatiques, pédologiques et agronomiques afin d'identifier les cultures les plus adaptées et d'évaluer les besoins en eau. Elle met l'accent sur l'utilisation de techniques d'irrigation modernes, telles que l'aspersion et le goutte-à-goutte, pour optimiser la distribution de l'eau, améliorer les rendements et garantir la rentabilité à moyen et long terme du projet.

Abstract

This final study focuses on the management of irrigated areas, with the main objective of sizing the Bounaim perimeter (200 ha), located in the Tlemcen province, using water from the Hammam Bouhrara dam. The study is based on a detailed analysis of climatic, soil, and agronomic conditions to determine the most suitable crops and assess water requirements. It emphasizes the use of modern irrigation techniques, such as sprinklers and drip irrigation, to optimize water distribution, enhance yields, and ensure the medium- and long-term profitability of the project.

Table des matières

CHAPITRE I : Présentation de la zone D'étude

I.1 Introduction.....	1
I.2 Présentation de la wilaya de Tlemcen en générale	1
I.3 Présentation du périmètre.....	2
I.4 Cadre géologique : (Source : ONID Alger, 2024).....	3
I.5. Réseau hydrographique : (Source : ONID Alger, 2024)	3
I.6 Géomorphologie et Relief : (Source : ONID Alger, 2024).....	4
I.7 Étude climatologique.....	4
I.7.1. Choix de la station météorologique.....	4
I.7.2. Les températures	4
I.7.4. Humidité.....	6
I.7.5. Vitesse du vent.....	7
I.7.6. Insolation	7
I.7.7. Evaporation	8
I.8 Calcul des indices agro-météorologique.....	9
I.8.1. L'indice d'aridité de « Martonne »	9
I.8.2. Quotient Ombrothermique D'EMBERGER	9
I.8.3. Diagramme Ombre-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	10
I.9. Etude socio-économique et importance de l'agriculture	11
I.10 Conclusion	12

Chapitre II : Ressource en sol et en eau

II.1 Introduction	13
II.2 Ressource en sol	13
II.3. Classification des sols.....	13
II.4. Caractéristiques morphologiques.....	15
II.5. Analyse physico-chimique des sols	16
II.5.1. Interprétations et valeur agronomique	17
II.5.2. Caractéristiques hydrodynamiques des sols	18
II.6. Détermination des aptitudes culturales des sols	18
II.7. Ressources en eau	19
II.7.1. Les barrages.....	19
II.7.2. Ressources en eau non conventionnelles	20
II.8. Ressource en eau d'irrigation de la zone d'étude	21
II.8.1. Etude de la qualité des eaux d'irrigation	23
II.8.2. Caractéristiques de l'eau d'irrigation	25

II.9. Calcul de la pluie.....	27
II.9.1. Choix de la station	27
III.9.2. Données de précipitation.....	27
II.9.3. Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique	28
II.9.4. Ajustement de la série pluviométrique.....	29
II.9.4.1 Ajustement à la loi log normal	29
II.9.4.2. Ajustement à la loi normale	30
II.9.5. Test de validité d'un ajustement	31
II.10. Détermination de l'année de calcul	32
Conclusion.....	32

CHAPITER III :Calcul des besoins en eau des cultures

III.1. Introduction.....	33
III.2. Besoin en eau du périmètre.....	33
III.2.1. Concept de l'évapotranspiration de référence : (ET₀)	33
III.2.2 Calcul des besoins en eau.....	34
III.3. Calcul de la pluie efficace.....	35
III.4. Calcul de la réserve en eau du sol restante.....	35
III.5 Choix des cultures	36
III.5.1 Occupation des sols	36
III.5.2 Cultures proposées.....	37
III.6 Estimation des besoins en eau des céréales.....	38
III.7 Estimation des besoins en eau des maraichères	39
III.9 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2.....	43
III.10 Calcul du débit spécifique.....	46
III.10.1 Évaluation du débit caractéristique.....	46
III.10.2 Estimation des volumes d'eau d'irrigation	47
Conclusion.....	47

CHAPITRE IV : Étude du système d'adduction-distribution

Introduction	48
IV.1 : Alimentation en eau du périmètre de BOUNAIM	48
IV.2 Organisation et structure du périmètre.....	48
IV.3 Calcul hydraulique des bornes.....	48
IV.3.1 Choix du diamètre de la borne.....	49
IV.3.2 Choix du type de bornes.....	49

IV.4 Description de l'aménagement du périmètre de BOUNAIM.....	50
IV.5 Etude du système de pompage	51
IV.5.1 Généralités sur les pompes.....	51
IV.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation	51
IV.5.2.1 Calcul de la hauteur géométrique Hg.....	51
IV.5.2.2 Calcul des pertes de charge totale.....	51
IV.6 Calcul des frais d'amortissement	52
IV.6.1 Calcul des frais d'exploitation.....	53
IV.6.3 Bilan total des frais et Choix du diamètre	54
IV.7 Choix de nombre et de type de pompe.....	55
IV.8 Vérification du risque de la cavitation.....	56
IV.8 Dimensionnement du Réservoir de stockage	57
IV.9 descriptions du réseau d'adduction-distribution.....	57
IV.10 Choix du matériau des conduites	57
IV.11 Dimensionnement du réseau de distribution	58
IV.11.1 Vitesses admissibles	58
IV.11.2 Calcul des diamètres.....	58
IV.11.3 Calcul des pressions.....	58
IV.11.4 Estimation des pertes de charge.....	59
Conclusion.....	62

CHAPITRE V : Choix de la technique d'irrigation

V.1 Introduction	63
V.2 Classification des techniques d'irrigation	63
V.2.1 L'irrigation de surface (gravitaire)	63
V.2.2 Irrigation par ruissèlement.....	63
V.2.3 Irrigation par infiltration (à la raie).....	63
V.2.4 Irrigation par submersion	63
V.2.4.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface	65
V.2.5 Irrigation par aspersion.....	65
V.2.5.1 Irrigation par asperseur	65
V.2.5.2 Irrigation par pivot.....	65
V.2.5.3 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion	66
V.2.6 L'irrigation localisée (goutte à goutte)	66
V. 3. Choix de la technique d'arrosage pour la zone d'étude.....	67
Conclusion.....	67

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1 Introduction	68
VI.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte	68
VI.2.1 Données générales	68
VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	68
VI.2.3 Dose nette pratique	69
VI.2.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)	69
VI.2.5. Calcul de la dose réelle	69
VI.2.6 Calcul de la dose brute	69
VI.2.7 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)	70
VI.3 Calcul Hydraulique	70
VI.3.1 Les débits de rampes et la porte rampe	70
VI.3.2 Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe	71
VI.3.3 Vérification des pertes de charges	71
VI.3.4. Calcul de la pression requise	72
VI.4 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion	72
VI.4.1 Choix de la culture	72
VI.4.2 Choix de parcelle	72
VI.4.3 Calcul de la Dose pratique RFU	73
VI.4.4 Dimensionnement de l'asperseur	73
VI.4.4.1 Choix du diamètre de la buse	73
VI.4.4.2 Calcul de la portée du jet (L)	73
VI.4.4.3 Écartement entre les rampes et arroseurs	74
VI.4.4.4 Vérification de la pluviométrie de la buse	74
VI.4.4.5 Détermination des paramètres d'arrosage	75
VI.4.5 Calculs hydrauliques	76
VI.4.5.1 Dimensionnement hydraulique des rampes	76
VI.4.5.2. Dimensionnement de la porte rampe	76
VI.4.5.3 Calcul des pertes de charge	77
Conclusion	77

CHAPITRES VII :Calcul technico-économique

VII.1 Introduction	78
VII.2. Différents travaux à entreprendre	78
VII.2.1. Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution	78
VII.3. Calcul des volumes des travaux de l'adduction	78
VII.3.1. Calcul du volume de terrassement	78
VII.3.2. Calcul du volume de déblai	79

VII.3.3. Calcul du volume de lit de sable.....	80
VII.3.4. Calcul du volume de remblai.....	80
VII.3.5. Estimation du cout de pose de conduites d'adduction	81
VII.4. Calcul des volumes des travaux de distribution	81
VII.4.1. Déblais d'excavation	81
VII.4.2. Pose du lit de sable.....	82
VII.4.3. Remblai compacté.....	82
VII.5. Estimation du cout du réseau	83
VII.6. Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales	84
VII.7. Le réservoir de stockage	84
VII.8. La station de pompage.....	85
VII.9. Devis estimatif du projet.....	86
Conclusion.....	86

Liste de figures

CHAPITRE I : Présentation de la zone D'étude

Figure I. 1: Carte de Situation géographique de la wilaya de Tlemcen (ArcGIS, 2024).....	1
Figure I. 2: Plan de situation du périmètre projeté (Source : ONID Alger, 2024)	2
Figure I. 3: Situation géographique des affluents de l'oued Tafna (Source ONID ALGER,2024)	3
Figure I. 4: Répartition des températures moyennes.	5
Figure I. 5: Répartition des Pluies moyennes mensuelles	6
Figure I. 6: Répartition de l'humidité moyenne en %	6
Figure I. 7: Variation de la vitesse moy du vent.....	7
Figure I. 8: Valeurs moy mensuelles d'insolation	8
Figure I. 9: Répartition mensuelle de l'évaporation	8
Figure I. 10: Diagramme bioclimatique D'EMBERGER.....	10
Figure I. 11: Diagramme ombrothermique de Gaussen.	11

Chapitre II : Ressource en sol et en eau

Figure II. 1: Les zones homogènes.....	15
Figure II. 2: Carte des zones homogènes S = 1500 ha	15
Figure II. 3: Analyse de sols par le triangle de texture USDA.....	17
Figure II. 4: Situation géographique du barrage de Boughrara.....	22
Figure II. 5: Vue du plan d'eau du barrage.....	23
Figure II. 6 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation	27
Figure II. 7: Ajustement des pluies annuelles a la log Normale.....	30
Figure II. 8: Ajustement des pluies annuelles a la loi normale	31

CHAPITRE IV : Étude du système d'adduction-distribution

Figure IV. 1: Schéma de l'extension du périmètre de BOUNAIM (Google Earth, juin 2024) 50	50
--	----

CHAPITRE V : Choix de la technique d'irrigation

Figure V. 1: Irrigation par ruissèlement	64
Figure V. 2: Irrigation par bassins	64
Figure V. 3: Irrigation par planche	64
Figure V. 4: Irrigation par des asperseurs	65
Figure V. 5 : Système d'irrigation goutte à goutte	67

CHAPITRES VII : Calcul technico-économique

Figure VII. 1: Disposition de la conduite dans une tranchée	79
---	----

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Présentation de la zone D'étude

Tableau I. 1: Caractéristique de la station météorologique de MAGHNIA.....	4
Tableau I. 2: Moyennes des températures mensuelles de la station de MAGHNIA pour la	4
Tableau I. 3 :Pluies moyennes mensuelles a la station de MAGHNIA 1997et2020.....	5
Tableau I. 4: Répartition de l'humidité moyenne en % à la station de Maghnia (1997-2020) .	6
Tableau I. 5: Variation de la vitesse moy du vent a la station de MAGHNIA (1997-2020)	7
Tableau I. 6: Valeurs moy mensuelles d'insolation a la station de Maghnia (1997-2020)	7
Tableau I. 7 : Répartition mensuelle de l'évaporation a la station de Maghnia	8
Tableau I. 8: Classification du climat selon de Martonne	9

Chapitre II : Ressource en sol et en eau

Tableau II. 1: Les résultats de l'analyse des profils en laboratoire.....	16
Tableau II. 2: Propriétés hydrodynamiques des sols	18
Tableau II. 3: Les aptitudes culturales associées à chaque zone	18
Tableau II. 4: les STEP de Tlemcen	21
Tableau II. 5: Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du Barrage Hammam Bougherara	24
Tableau II. 6: Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du barrage de hammam Bougherara	25
Tableau II. 7:Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR	25
Tableau II. 8: caractéristiques principales de la station pluviométriques de MAGHNIA	27
Tableau II. 9: Précipitation moyenne mensuelle 1997--2020	27
Tableau II. 10: Paramètres de la série pluviométrique.....	28
Tableau II. 11: Résultat du test Mood.....	29
Tableau II. 12:Résultat de l'ajustement à la loi log-normale (Hyfran).....	30
Tableau II. 13: les paramètres de test de KHI carré	31
Tableau II. 14: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq =80%).....	32

CHAPITRE III : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau III. 1: évapotranspiration de référence ETo calculée par le logiciel CROPWAT.....	34
Tableau III. 2: Pluie efficace	35
Tableau III. 3: Scénario d'occupation du sol du périmètre BOUNAIM	36
Tableau III. 4: système de cultures proposées.....	37
Tableau III. 5: Assolement proposé pour le périmètre BOUNAIM.....	37
Tableau III. 6: le cycle végétatif des cultures envisagées.	38
Tableau III. 7: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.....	43
Tableau III. 8: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.....	43
Tableau III. 9:Estimation des volumes d'irrigation annuels	47

CHAPITRE IV : Étude du système d'adduction-distribution

Tableau IV. 1: Choix du diamètre de la borne	49
Tableau IV. 2: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes	49
Tableau IV. 3: Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.	52
Tableau IV. 4: Calcul de frais d'investissement.....	53
Tableau IV. 5: Calcul des frais d'exploitation.....	54
Tableau IV. 6: Bilan total des diamètres choisis	54
Tableau IV. 7: Résultats de choix de pompe	55
Tableau IV. 8: Dimensions du réservoir de stockage projeté	57
Tableau IV. 9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.	60

CHAPITRE V : Choix de la technique d'irrigation

Tableau V. 1: Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface	65
Tableau V. 2 : Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion	66
Tableau V. 3: Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.....	66

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI. 1: Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte	72
Tableau VI. 2: Asperseur de type Perrot (nouvelle gamme).....	74
Tableau VI. 3: Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion.....	77

CHAPITRES VII : Calcul technico-économique

Tableau VII. 1: calcul du volume de déblai de conduite de refoulement	79
Tableau VII. 2: calcul du volume de sable.....	80
Tableau VII. 3: Calcul du volume de remblai	80
Tableau VII. 4: Estimation du coût d'installation des canalisations pour l'adduction d'eau.	81
Tableau VII. 5: Calcul du volume de déblai.	81
Tableau VII. 6: calcul du volume du lit de sable.....	82
Tableau VII. 7: calcul du volume du remblai compact.....	82
Tableau VII. 8: Estimation du coût pour l'installation des canalisations de distribution.....	83
Tableau VII. 9: Factures pro forma pour les pièces du réseau	83
Tableau VII. 10: Estimation du coût des bornes et pièces d'irrigation.....	84
Tableau VII. 11: Estimation de coût de réservoir de stockage.....	84
Tableau VII. 12: récapitule Le détail estimatif des travaux de système de pompage.....	85
Tableau VII. 13: Devis estimatif total	86

Introduction

L'eau joue un rôle crucial dans le développement agricole, notamment grâce à l'irrigation, qui permet de compenser les déficits hydriques et d'optimiser la production des cultures, surtout dans les régions semi-arides où les précipitations sont insuffisantes. La wilaya de Tlemcen, avec son périmètre Bounaim, possède un potentiel agricole important, mais souffre d'un manque de systèmes d'irrigation efficaces, limitant ainsi son développement hydro-agricole. L'objectif de notre étude est d'explorer ce périmètre en utilisant l'eau du barrage de Hammam Boughrara pour irriguer une superficie significative. Nous visons à déterminer la technologie d'irrigation la plus appropriée en fonction des données techniques et économiques disponibles, à travers un plan structuré en sept chapitres : analyse des ressources en eau et en sol, transport de l'eau, choix du système d'irrigation, dimensionnement à la parcelle, et estimation des coûts du projet.

En parallèle, les défis liés à l'eau dans les régions semi-arides d'Algérie sont accentués par la dépendance aux méthodes d'irrigation traditionnelles, ce qui affecte les rendements agricoles et entraîne une dépendance à l'importation de produits alimentaires. La modernisation des systèmes d'irrigation est essentielle pour le développement économique et social, en augmentant les rendements, en économisant les devises et en renforçant la sécurité alimentaire. C'est dans ce contexte que notre mémoire se concentre sur le périmètre de Bounaim dans la wilaya de Tlemcen, une zone avec un potentiel agricole important. L'étude porte sur la conception d'un réseau d'irrigation utilisant les ressources du barrage de Hammam Boughrara pour mettre en place un système de distribution efficace et moderne. Après une introduction générale, l'étude analysera les conditions naturelles, calculera les besoins en eau, projette le système d'adduction et distribution, et se conclura par une estimation technico-économique du coût total du projet pour une réalisation optimale.

CHAPITRE I :

Présentation de la zone D'étude

I.1 Introduction :

Les conditions naturelles ont une influence majeure sur l'établissement du bilan hydrique réel et, en matière d'irrigation, elles résultent de l'ensemble des caractéristiques du milieu climatique, permettant de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour la plante à chaque phase de son développement végétatif.

Dans cette section, nous présentons les caractéristiques physiques de la zone d'étude. Nous allons ainsi définir la situation géographique ainsi que les caractéristiques géologiques, géomorphologiques, de la région étudiée.

I.2 Présentation de la wilaya de Tlemcen en générale

Situation géographique

La wilaya de Tlemcen est située sur la côte nord-ouest du pays et possède une façade maritime de 120 km. Couvre une superficie de 9 017,69 km². Le chef-lieu de la wilaya se trouve à 432 km à l'ouest de la capitale, Alger, et la wilaya est localisée aux coordonnées suivantes : 34°53' Nord et 1°19' Ouest.

Cette wilaya fait partie de l'Oranie occidentale et comprend 53 communes. 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 TEMOUCHENT.

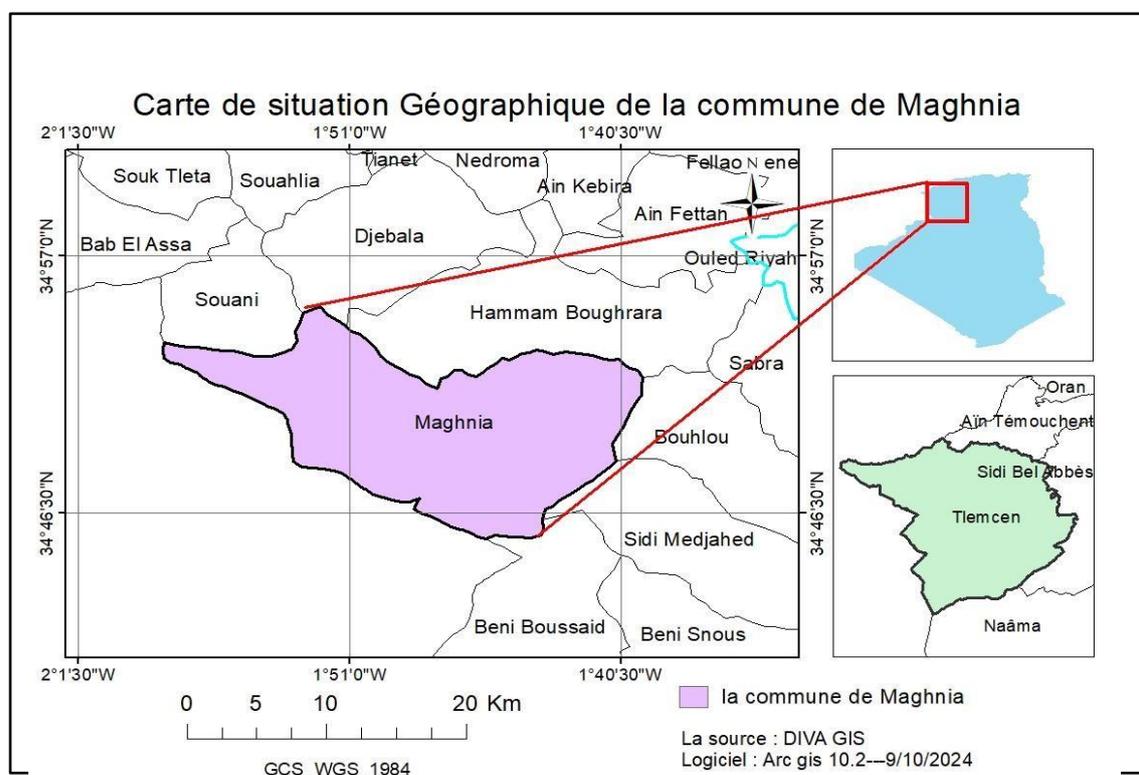


Figure I. 1: Carte de Situation géographique de la wilaya de Tlemcen (ArcGIS, 2024)

I.3 Présentation du périmètre :

La surface irriguée, est une extension du grand périmètre de MAGHNIA. Cette extension est divisée en deux secteurs : une zone d'extension nord-ouest couvrant une superficie totale de 1 500 hectares et une zone d'extension sud-est couvrant une superficie totale de 1 000 hectares.

Notre étude se concentre sur l'extension NORD-OUEST (200 hectares), située dans la région de MAGHNIA, qui se trouve au centre-ouest de la wilaya de TLEMCCEN.

La zone d'extension (périmètre de BOUNAIM) est délimitée :

- Au Nord par la commune SOUANI.
- À l'Ouest et au Sud par le MAROC.
- À l'Est par le GPI.

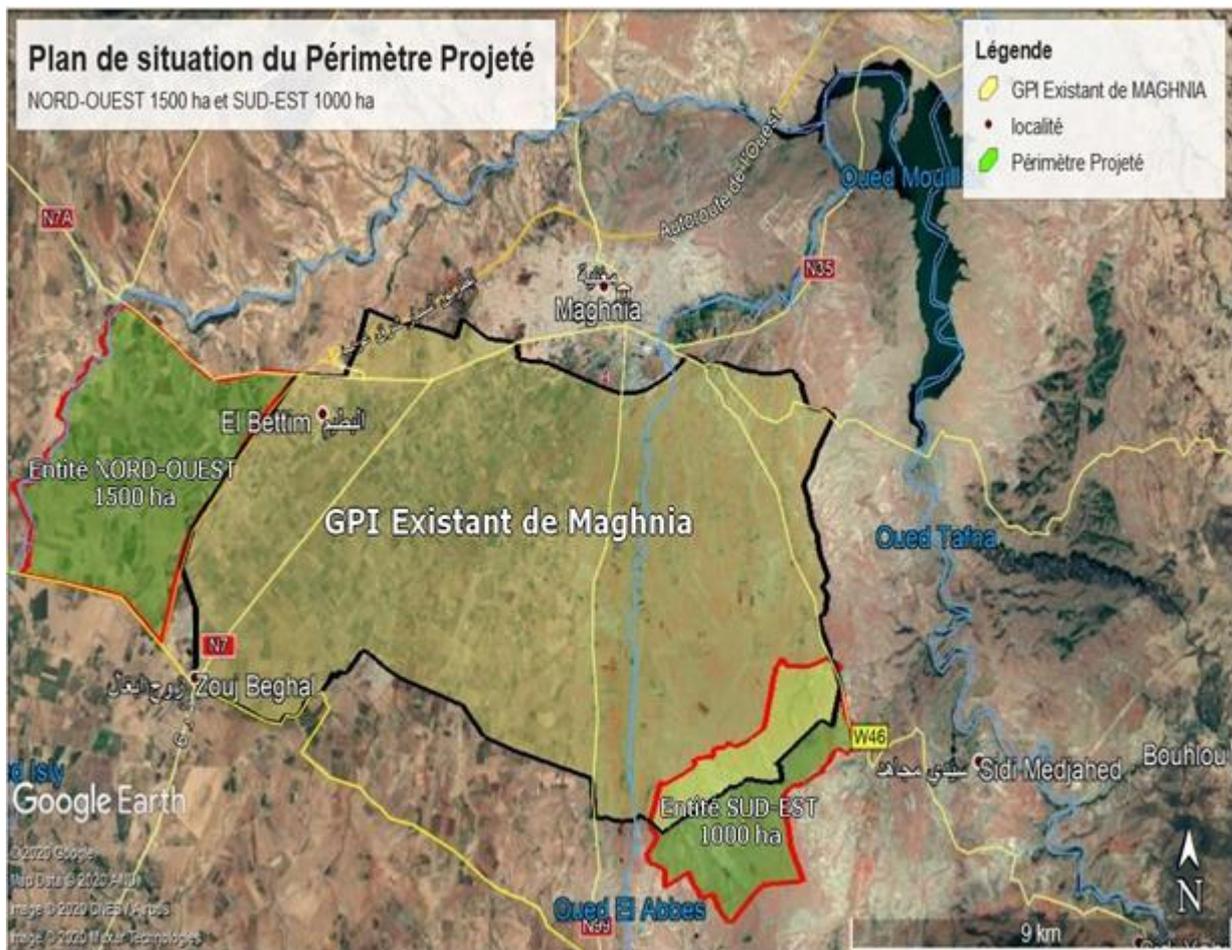


Figure I. 2: Plan de situation du périmètre projeté (Source : ONID Alger, 2024)

Les oueds et les chaâbas se déversent tous dans l'oued TAFNA. Par conséquent, la zone d'étude n'est pas traversée par des oueds et des chaâbas. Les affluents les plus importants sont les oueds Tafna, BOU N'AIM et MOUILAH. Sur l'oued Tafna, on trouve les barrages de BENI BAHDEL et de HAMMAME BOUGHRARA.

I.6 Géomorphologie et Relief : (Source : ONID Alger, 2024)

Tlemcen se trouve à 140 km au sud-ouest D'ORAN, située au pied du DJEBEL TERNI, entre les villages D'EL EUBBAD à l'est et de MANSOURAH à l'ouest. Installée sur un plateau calcaire à 800 mètres d'altitude, la ville est adossée au sud du plateau rocheux de la LALLA SETTI, offrant une vue imprenable sur les plaines de la TAFNA et de SAFSAF.

I.7 Étude climatologique :

Les conditions climatiques jouent un rôle crucial dans un projet d'irrigation, car elles influencent l'évaluation des besoins en eau des cultures et leur développement. Les facteurs les plus déterminants incluent les températures, l'humidité relative, l'intensité des gelées et du sirocco, formant un ensemble d'éléments décisifs.

I.7.1. Choix de la station météorologique

Les données climatiques présentées ci-après ont été collectées auprès de la station de MAGHNIA, gérée par l'ONM, dont le code est 60522. Le tableau I-1 fournit les coordonnées géographiques de la station météorologique de MAGHNIA :

Tableau I. 1: Caractéristique de la station météorologique de MAGHNIA

Nom de la station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période d'observation
MAGHNIA 60522	34°83'N	01°74'W	386	1997-2020

(Source : ONM de MAGHNIA)

I.7.2. Les températures :

La température de l'air est un facteur climatique crucial qui influence la croissance des plantes et les besoins en eau, affectant ainsi le rendement des cultures. Le tableau ci-dessous présente les moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales.

Tableau I. 2: Moyennes des températures mensuelles de la station de MAGHNIA

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

(Source : ONM de MAGHNIA)

Les températures minimales moyennes annuelles varient entre 4,12 °C et 20,31 °C, tandis que les températures maximales moyennes présentent une plus grande variation dans le temps et l'espace.

La température maximale quotidienne est généralement atteinte l'après-midi. Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 10,38 °C, et la température moyenne annuelle est de 18,03 °C.

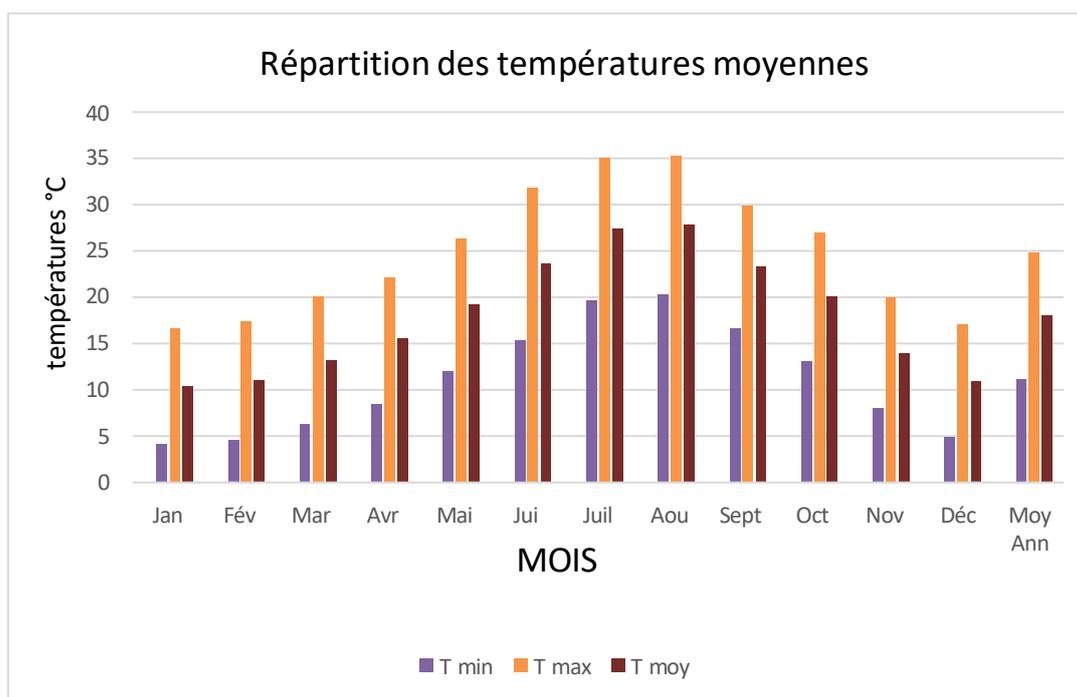


Figure I. 4: Répartition des températures moyennes.

I.7.3. Précipitations

Les précipitations incluent toutes les formes d'eau météorologique tombant sur la terre, qu'elles soient liquides (bruine, pluie, averse) ou solides (neige, grésil, grêle). Leur estimation permet d'identifier les mois humides et secs et de calculer le déficit pluviométrique mensuel. le tableau présente les précipitations moyennes mensuelles.

Tableau I. 3 : Pluies moyennes mensuelles a la station de MAGHNIA 1997 et 2020

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Annuel
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

(Source: ONM de MAGHNIA)

Le tableau précédent a permis de calculer la moyenne annuelle des précipitations, qui s'élève à 285,18 mm. Juillet est le mois le plus sec avec une moyenne de 1,26 mm, tandis que novembre est le mois le plus pluvieux, avec une précipitation maximale de 41,59 mm.

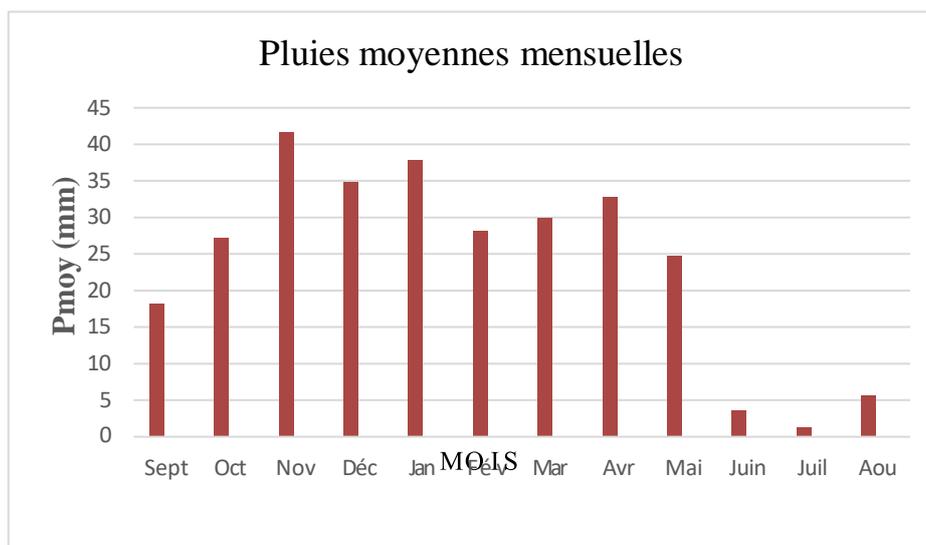


Figure I. 5: Répartition des Pluies moyennes mensuelles

I.7.4. Humidité

L'humidité relative, ou hygrométrie, est un facteur climatique qui influence à la fois le rendement des cultures et leur état sanitaire. Les relevés des humidités moyennes de la région étudiée sont présentés dans le tableau I-4.

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

(Source : ONM de MAGHNIA)

Selon le tableau I-4, l'humidité relative la plus basse est enregistrée en juin à 48%, tandis que la plus haute atteint 74% en novembre.

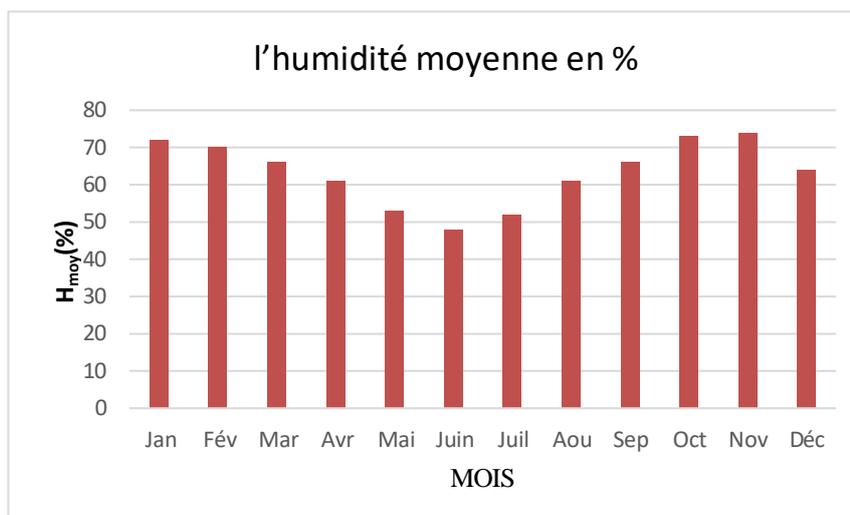


Figure I. 6: Répartition de l'humidité moyenne en %

I.7.5. Vitesse du vent

Le vent peut devenir problématique lorsque sa vitesse dépasse un certain seuil, affectant négativement les cultures et provoquant des irrégularités dans les arrosages lorsque la vitesse du vent excède 3,5 m/s.

Tableau I. 5: Variation de la vitesse moy du vent a la station de MAGHNIA (1997-2020)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	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

(Source : ONM de MAGHNIA)

Dans la région étudiée, les vents se distinguent par leur direction, vitesse et intensité. Les vents venant de l'ouest-nord-ouest (W-NW) sont associés à la pluviométrie. En revanche, les vents du sud-nord (ou sirocco) provoquent une évapotranspiration importante et une sécheresse, réduisant ainsi l'humidité.

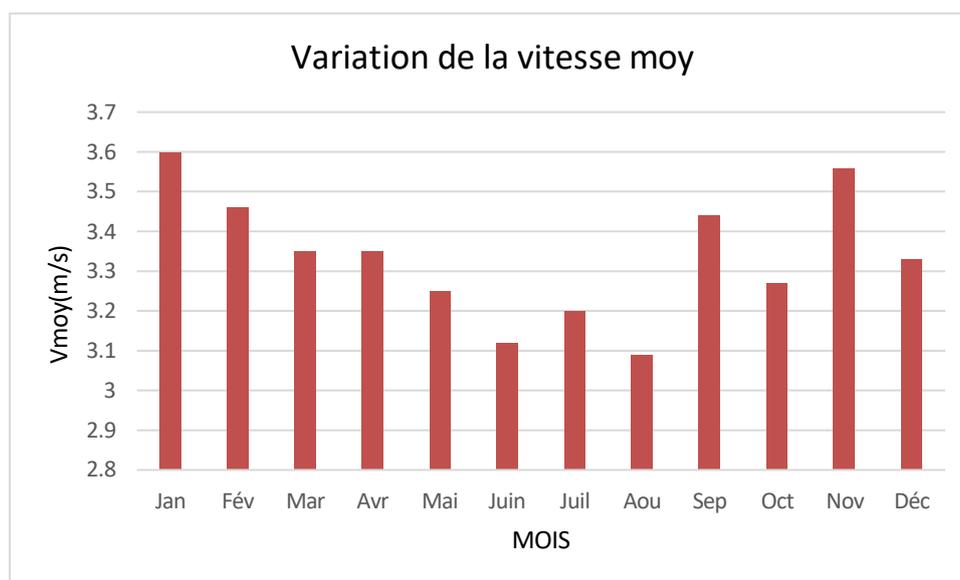


Figure I. 7: Variation de la vitesse moy du vent

I.7.6. Insolation

Il s'agit de la période pendant laquelle le rayonnement solaire a effectivement atteint le sol. Les valeurs mensuelles observées sont résumées dans le tableau ci-dessous.:

Tableau I. 6: Valeurs moy mensuelles d'insolation a la station de Maghnia (1997-2020)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	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

(Source: ONM de MAGHNIA)

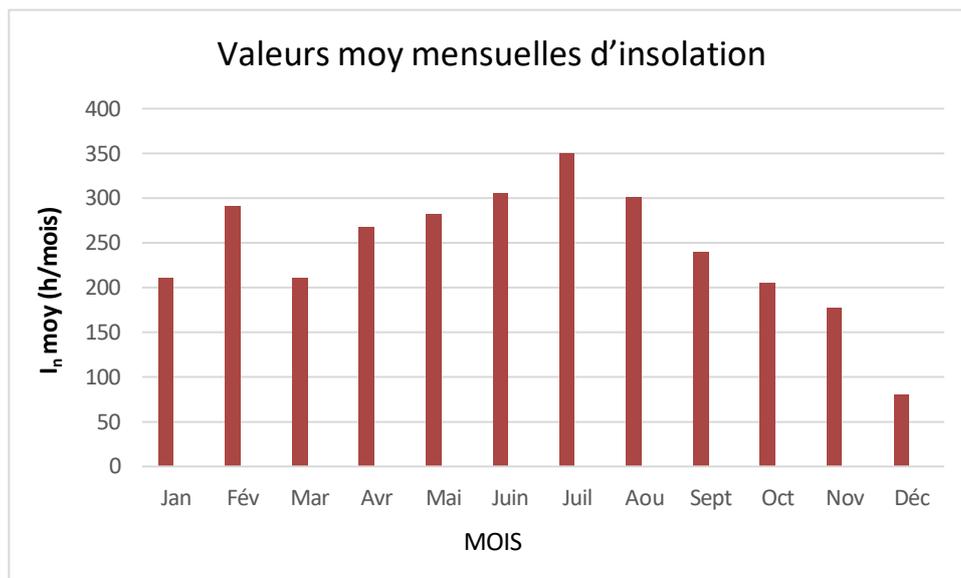


Figure I. 8: Valeurs moy mensuelles d'insolation

I.7.7. Evaporation

Le tableau ci-dessous présente la répartition moyenne mensuelle de l'évaporation.

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

(Source : ONM de MAGHNIA)

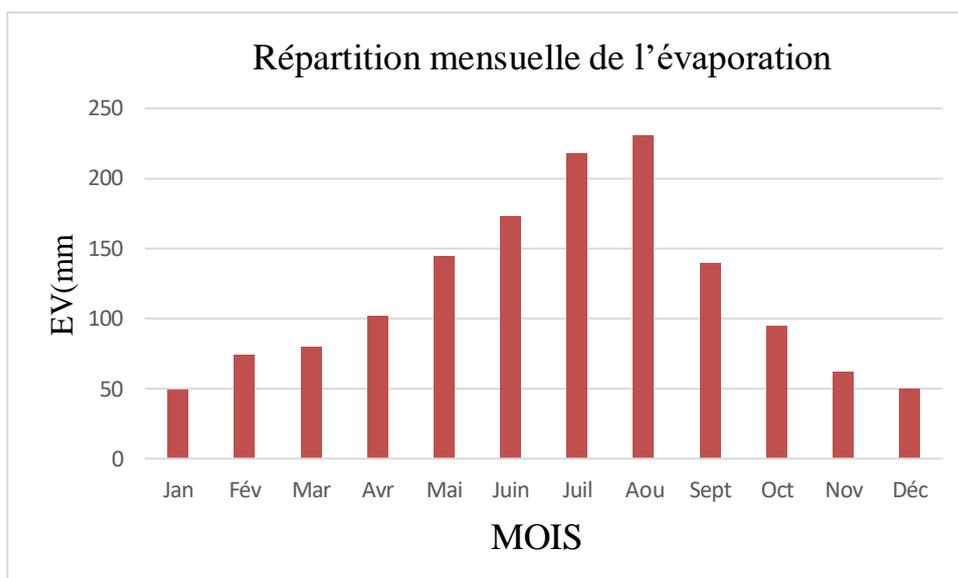


Figure I. 9: Répartition mensuelle de l'évaporation

I.8 Calcul des indices agro-météorologique :

Pour décrire le climat et analyser l'effet des différentes variables climatiques sur la croissance des plantes, deux éléments principaux sont pris en compte : les précipitations et la température.

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

L'indice d'aridité de Martonne est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \quad \text{I.1}$$

Où :

I_A : Indice climatique

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C)

Dans notre situation on aura :

$$IA = \frac{285.18}{18.04 + 10} = 10.17$$

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

En conséquence, le climat de notre zone d'étude se distingue par sa sécheresse, rendant souvent l'irrigation indispensable.

I.8.2. Quotient Ombrothermique D'EMBERGER :

Ce paramètre vise à identifier l'étage bioclimatique et se calcule à l'aide de la formule suivante

$$Q = \frac{1000 \cdot p}{\left(\frac{M+m}{2}\right) \cdot (M-m)} = \frac{2 \cdot 1000 p}{M^2 - m^2} \quad \text{I.2}$$

Avec :

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger.

P : Moyenne de précipitation annuelle (mm) = 285.18 mm

M : moyenne des températures maximales (Kelvin). = 297.88

m : moyenne des températures minimales (Kelvin). = 284.14

On trouve **Q** = 71.19

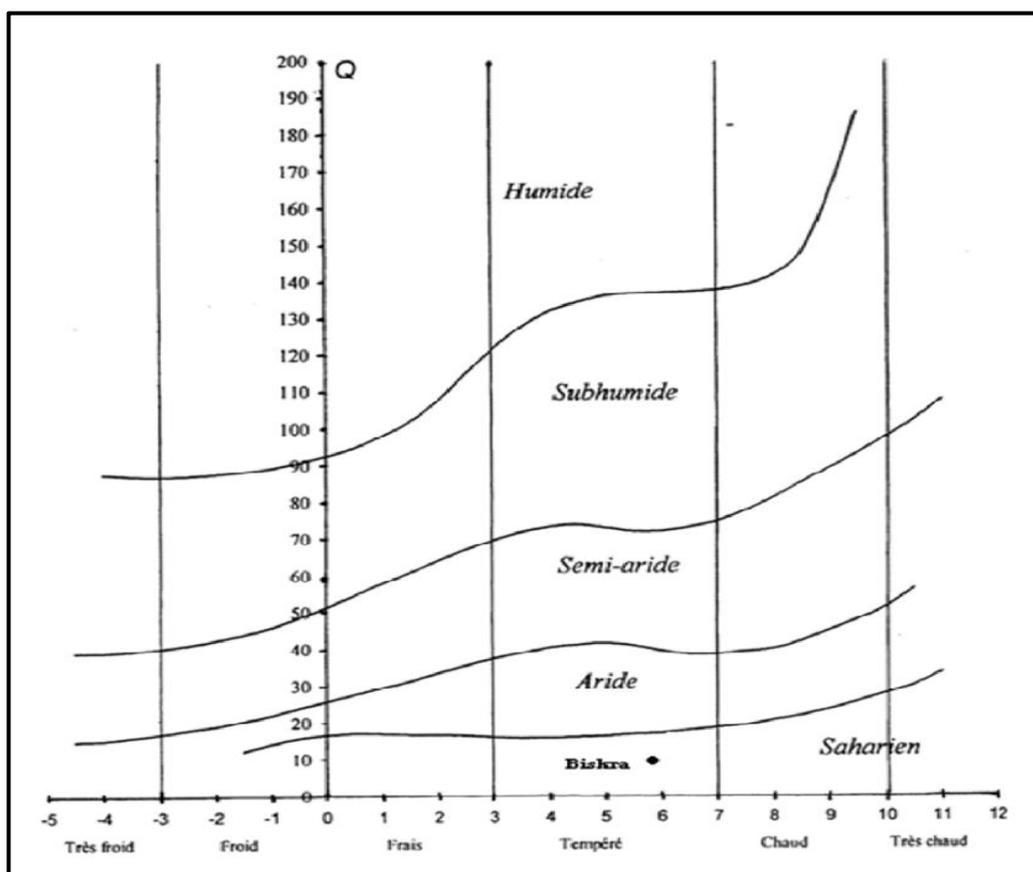


Figure I. 10: Diagramme bioclimatique D'EMBERGER

D'après la classification, le climat de notre région est de type semi-aride, avec des hivers tempérés.

I.8.3. Diagramme Ombre-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Le diagramme ombrothermique développé par F. BAGNOULS et H. GausSEN permet de mettre en évidence la période sèche au cours de l'année. Dans ce diagramme, un mois est considéré comme sec lorsque la quantité de précipitations (en mm) est inférieure ou égale au double de la température (en °C), soit $P \leq 2T$. Autrement dit, cela se produit lorsque la courbe des précipitations se situe en dessous de celle des températures. La durée de la saison sèche correspond à l'intervalle entre les points d'intersection des deux courbes sur l'axe des abscisses

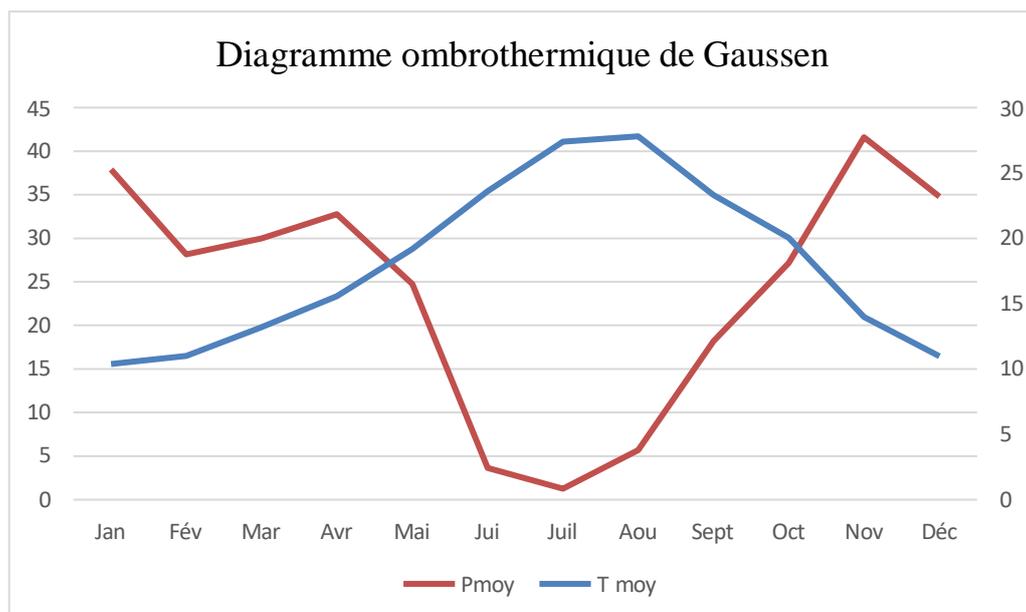


Figure I. 11: Diagramme ombrothermique de Gausson.

La station de MAGHNIA indique que la saison sèche s'étend d'avril à octobre, englobant ainsi les mois d'avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre.

I.9. Etude socio-économique et importance de l'agriculture :

L'agriculture constitue l'activité économique prédominante dans la wilaya de Tlemcen, caractérisée par de petites exploitations privées d'environ 2 hectares. Les terres agricoles, majoritairement situées dans des zones alluviales, sont principalement dédiées à l'arboriculture fruitière, en particulier à la culture de l'olivier, ainsi qu'à un maraîchage diversifié. Sur une superficie totale de 9 893 hectares, 40 % sont consacrés à l'agriculture, avec une superficie agricole utile (SAU) représentant 31 %. Les forêts couvrent 38 % du territoire, tandis que 22 % sont des terres non productives. Le ratio de terres agricoles par habitant est légèrement supérieur à la moyenne régionale, s'établissant à 0,432 hectare par habitant.

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.

Dans la zone étudiée, deux types de cultures sont pratiqués : la monoculture, principalement du blé dur, qui occupe 523,5 ha (81 % de la surface totale), et la polyculture, couvrant 119,5 ha (19 %). Avec l'importance de l'eau disponible du barrage de Hammam Boughrara, il est recommandé de concentrer les efforts d'irrigation sur toutes les cultures actuelles et potentielles afin d'augmenter la production et rentabiliser la zone. Cela impliquerait une redistribution des cultures, notamment les cultures maraîchères, céréalières, fourragères et arboricoles. L'analyse climatique

montre un climat sec, avec des précipitations irrégulières, rendant l'irrigation essentielle pour intensifier les activités agricoles.

I.10 Conclusion

La compréhension des conditions naturelles d'un périmètre est essentielle avant d'entreprendre tout projet hydro-agricole, car elle permet de concevoir un système d'irrigation adapté. Ce chapitre nous a offert un aperçu global de la situation géographique et climatique de notre zone. Les paramètres agrométéorologiques indiquent que la région est soumise à un climat semi-aride, avec une saison sèche s'étendant de mai à septembre et une saison fraîche, tempérée, allant d'octobre à avril. L'analyse des caractéristiques socio-économiques de la région montre que le périmètre présente d'importantes opportunités agricoles à exploiter pour améliorer la production et augmenter les rendements des parcelles.

Chapitre II :

Ressources en sol et en eau

II.1 Introduction

L'étude pédologique permet de connaître les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, ce qui est crucial pour classer le sol et gérer l'irrigation. Ce chapitre explore l'analyse des ressources en eau et en sol pour le projet d'irrigation, en examinant les méthodes d'analyse et les considérations clés pour maximiser les rendements agricoles tout en préservant la durabilité environnementale.

II.2 Ressource en sol

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

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

- L'étude des ressources en sol vise à évaluer la capacité des sols à favoriser la croissance des cultures et à garantir un retour économique satisfaisant .
- Elle inclut la sélection des méthodes d'irrigation adaptées et l'analyse des aptitudes culturales
- Les caractéristiques à considérer sont la profondeur du sol, la texture, et les propriétés chimiques, qui influencent la rétention de l'eau et les possibilités culturales. [2]

II.3. Classification des sols :

La méthodologie de classification utilisée dans cette étude respecte les 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 dans la commune de MAGHNIA a porté sur l'étude agro-pédologique du périmètre de MAGHNIA, répartie en deux lots : le lot 1, couvrant 1500 ha au nord-ouest du périmètre existant de MAGHNIA (4250 ha), et le lot 2, couvrant 1000 ha au sud-est du même périmètre. Cette étude, réalisée à l'échelle du 1/20 000ème, vise à identifier les types de sols et à définir les aménagements nécessaires pour une valorisation judicieuse. [3]

Pour notre projet, nous nous concentrons sur le périmètre sud-est. Cette prospection pédologique, couvrant une superficie d'environ 2620 ha (y compris les agglomérations et autres infrastructures), a identifié huit unités homogènes présentant une aptitude culturale moyenne à bonne.

- L'étude approfondie des sols a révélé trois zones homogènes de mise en valeur. Les zones les plus favorables à l'irrigation, sans contraintes majeures ou avec des contraintes très légères, correspondent aux catégories I et II, où un large éventail de cultures est envisageable. En

revanche, la catégorie III, avec des contraintes modérées, nécessite des aménagements préalables pour sa mise en valeur.

- Les principaux aménagements recommandés dans le périmètre d'étude sont les suivants :
- ✓ Épierrage de la surface pour rendre les sols facilement mécanisables.
- ✓ Sous-solage et labours profonds pour améliorer les structures défavorables des couches exploitées par les racines.
- ✓ Application de pré-irrigations sur les sols rouges non lessivés halomorphes.
- ✓ Amendement des sols par des apports d'engrais organiques et minéraux.
- ✓ Amélioration des pistes existantes et ouverture de nouvelles pistes d'accès aux parcelles.

Le périmètre étudié est divisé en zones homogènes, comprenant trois catégories :

- **Catégorie I** : Cette catégorie couvre une superficie de 427,80 Ha, représentant 16,6 % de la surface totale du périmètre.
- **Catégorie II** : Cette catégorie couvre une superficie de 545,49 Ha, représentant 21,1 % de la surface totale du périmètre.
- **Catégorie III** : Cette catégorie couvre une superficie de 1605,50 Ha, représentant 62,3 % de la surface totale du périmètre. Elle nécessite des aménagements tels que l'épierrage, le sous-solage, ainsi que des amendements organiques et minéraux. [3]

Catégorie	Caractéristiques des zones	Superficie
	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
	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 camelins)) 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 	1605.50 ha

Figure II. 1: Les zones homogènes

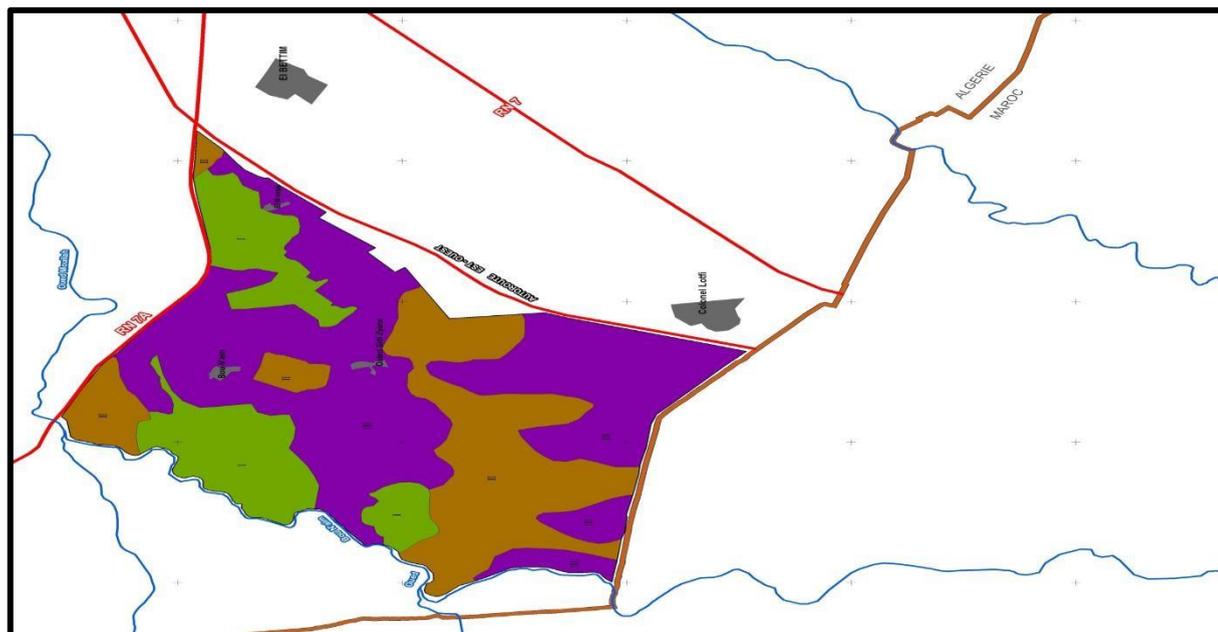


Figure II. 2: Carte des zones homogènes S = 1500 ha

II.4. Caractéristiques morphologiques

Nous avons analysé plusieurs profils en examinant minutieusement leurs caractéristiques. Parmi ceux-ci, nous avons choisi un profil représentatif que nous avons résumé de la manière suivante : la géomorphologie est caractérisée par un glacis, avec une pente variante entre 2,5 % et 6,5 %.

L'aspect de surface présente environ 19 % de galets et de fragments de croûte calcaire. Les coordonnées géographiques de ce profil sont W= 1° 41' 13.6" et N= 34° 46' 33.2". En termes de classification des sols, il appartient à la classe des sols calcimagnésiques, sous-classe des sols carbonatés, groupe des rendzines, et sous-groupe des rendzines sur croûte.

Description morphologique du profil

- **0 - 32 cm** : Le sol est sec, de couleur 7,5YR6/4, avec une texture limono-argilo-sableuse et une structure polyédrique fine. Il contient environ 16 % de fragments de croûte calcaire et de nombreuses racines fines. L'activité biologique est bonne, mais la matière organique n'est pas directement décelable. Le sol est poreux et friable, présentant une forte effervescence à l'HCl. La transition est nette.
- **32 cm** : Croûte calcaire.

II.5. Analyse physico-chimique des sols :

L'analyse physico-chimique réalisée en laboratoire nous a permis de mieux comprendre les propriétés texturales et hydrodynamiques de notre sol. Les résultats de ces analyses sont résumés dans les tableaux suivants:

Tableau II. 1: Les résultats de l'analyse des profils en laboratoire

H1		Horion
0-32		Profondeur (cm)
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		11,2
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

(Source : Laboratoire d'analyse de sols Ain-Defla)

II.5.1. Interprétations et valeur agronomique :

Les rendzines sur croûte, caractérisées par une surface trop caillouteuse, présentent les caractéristiques suivantes:

- Une profondeur faible, ne dépassant pas 38 cm dans les meilleurs des cas, limitée par une croûte calcaire moyennement friable avec des cailloux et des galets calcaires, assimilables à une roche fragmentée.
- Une texture de l'horizon de surface équilibrée, avec une bonne structure et une incorporation des éléments grossiers, rendant ces sols filtrants.
- Des teneurs en calcaire actif inférieures à 16 % dans tous les profils analysés.
- Des taux en matière organique très appréciables, supérieurs à 0.9 % dans tous les profils. [2]

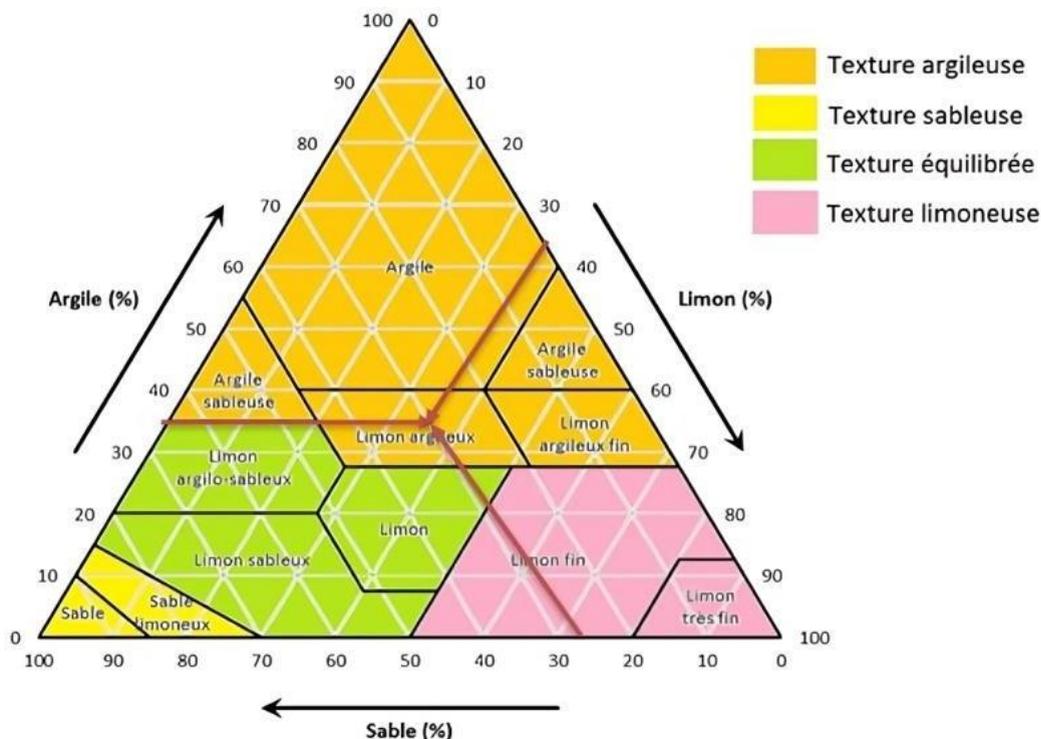


Figure II. 3: Analyse de sols par le triangle de texture USDA

Selon l'analyse physico-chimique réalisée en laboratoire et la projection du triangle de texture des sols, il apparaît que la texture de notre sol est généralement limoneux-argileux.

II.5.2. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

L'étude des caractéristiques hydrodynamiques des sols, complémentaire à l'étude agro-pédologique, est essentielle pour 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)	0,7-0,9
Densité apparente	1,35

II.6. Détermination des aptitudes culturales des sols :

Après avoir analysé les différentes unités pédologiques présentes dans le périmètre d'étude et les contraintes liées à leur mise en valeur, une synthèse de toutes les données exploitées (climatiques, pédologiques, hydrographiques, etc.) sera réalisée. Cette synthèse permettra d'identifier et de délimiter des zones homogènes, reflétant avec précision l'aptitude culturelle de chaque unité pédologique.

Le choix des cultures à introduire sera basé sur les caractéristiques physico-chimiques des sols et les exigences spécifiques de chaque culture en fonction des paramètres mentionnés (profondeur, texture, structure, etc.).

Les aptitudes culturales possibles dans le périmètre sont résumées 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 – pommier – poirier – prunier – agrumes	Bon : olivier – amandier – grenadier – figuier – vigne Moyen : abricotier – pêcher – pommier – prunier	Bon : olivier – grenadier – figuier – vigne Moyen : amandier – abricotier – pêcher
Cultures 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, telles que le maraîchage et les légumineuses, seront bien adaptées sans aucune restriction. Les autres cultures, comme les céréales et les fourrages, pourront également convenir, mais leurs rendements seront moyens, sans générer de revenus significatifs pour l'agriculteur.

II.7. Ressources en eau

Dans la wilaya de Tlemcen, plusieurs infrastructures de mobilisation ont été réalisées pour répondre aux besoins en eau potable, industrielle et agricole. Voici les principales :

II.7.1. Les barrages

➤ BARRAGE MEFFROUCH

Le barrage de MEFFROUCH est situé à une altitude de 1100 mètres, surplombant la ville de Tlemcen. Cet ouvrage est construit dans la daïra de Mansourah, commune de Terny. Le schéma de répartition des eaux est défini de manière à allouer 1 Hm³ pour l'irrigation et 14 Hm³ pour l'alimentation en eau potable (AEP).

La capacité du barrage est de 15 millions de mètres cubes (15 Mm³). Construit entre 1957 et 1963, il assure l'alimentation en eau de la ville de Tlemcen ainsi que l'irrigation d'un petit périmètre de Tlemcen. Le système comprend une conduite de 3 100 mètres linéaires avec un diamètre de 2 000 mm. La station de traitement n°2 a une capacité de 15 840 m³/jour.

➤ **BARRAGE BENI BAHDEL**

Le barrage est situé au confluent des oueds Tafna et Khémis, à 28 km au sud-ouest de Tlemcen, et contrôle un bassin versant de 1 016 km². Initialement conçu pour assurer l'irrigation du périmètre de Maghnia, il a ensuite été décidé de l'utiliser également pour l'alimentation en eau de la ville d'Oran et la production d'énergie hydroélectrique. Pour répondre à ces nouvelles exigences, le volume du réservoir a été augmenté à 63 millions de mètres cubes (63 Mm³) en élevant la hauteur du barrage.

➤ **Barrage de SIDI ABDELLI**

Le barrage de Sidi Abdelli est situé au nord-est de la wilaya, dans la daïra de Ben Sekrane, commune de Sidi Abdelli. Cet ouvrage est construit sur l'oued Issir, un affluent important de l'oued Tafna à Tlemcen, et contrôle un bassin versant de 1 137 km². Le barrage, avec une capacité de 110 millions de mètres cubes, a été mis en exploitation en 1988. Il est actuellement utilisé pour alimenter la ville de Sidi Bel Abbès en eau potable et pour soutenir les débits prélevés au niveau de la prise de la Tafna.

➤ **BARRAGE SEKKAK**

Situé sur Oued Sikkak, en aval du barrage El-Mefrouche, à environ 1 km de la localité d'Ain Youcef, ce barrage contrôle un bassin versant de 326 km² et possède une capacité de 27 millions de mètres cubes. Il est destiné à l'irrigation des zones agricoles situées en aval ainsi qu'à l'alimentation en eau du couloir Ain Youcef-Tlemcen.

➤ **BARRAGE HAMMAM BOUGHRARA**

Le barrage de Hammam Boughrara, situé dans la daïra de Maghnia, Wilaya de Tlemcen, à un kilomètre de la localité du même nom, est un ouvrage stratégique d'importance régionale. D'une capacité de 178 millions de mètres cubes (178 Mm³), il est destiné à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

II.7.2. Ressources en eau non conventionnelles

En ce qui concerne les stations d'épuration, il y a trois stations dans la zone présentée dans le tableau suivant.

Tableau II. 4: les STEP de Tlemcen

Ouvrags	Capacité	Production des eaux usées épurées 2019	Gestionnaire
STEP Aïn El Houtz	31 000 m ³ /j	8 468 635	ON
STEP Maghnia	29 000 m ³ /j	8 926 011	ONA
lagunage de Sidi Snouci	1 440 m ³ /j	416 082	ONA

SOURCE : DRE TLEMCCEN

➤ STEP Maghnia

La station d'épuration de la ville de Maghnia est située à 5 km au nord-ouest de Maghnia. Elle est délimitée par le barrage de Boughrara en aval et par l'oued où les rejets des eaux industrielles et urbaines sont déversés en amont de la station. La station d'épuration de Maghnia couvre une superficie de 11 hectares.

La réhabilitation de la station d'épuration de la ville de Maghnia, d'une capacité nominale de 150 000 Eq/H et d'un débit de 29 000 m³/j, repose sur un procédé à boues activées à faible charge avec aération prolongée. Cette réhabilitation est essentielle pour protéger le Barrage de Hammam Boughrara, lutter contre la prolifération des maladies à transmission hydrique et préserver l'environnement.

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 construction de cet ouvrage a débuté en 1994 et, après cinq ans de travaux, conformément au programme prévoyant un délai de 60 mois pour l'achèvement, le barrage a été mis en service le 11 novembre 1998.

La zone d'étude sera alimentée à partir du bief aval du barrage de Hammam Boughrara.

Le barrage de Hammam Boughrara est situé dans la daïra de Maghnia, Wilaya de Tlemcen, à 1 km de la localité portant le même nom, sur l'oued Tafna. Cet ouvrage stratégique, d'une capacité de 178 millions de mètres cubes (178.106 m³), a un caractère régional et est destiné à l'alimentation en eau

potable et à l'irrigation.

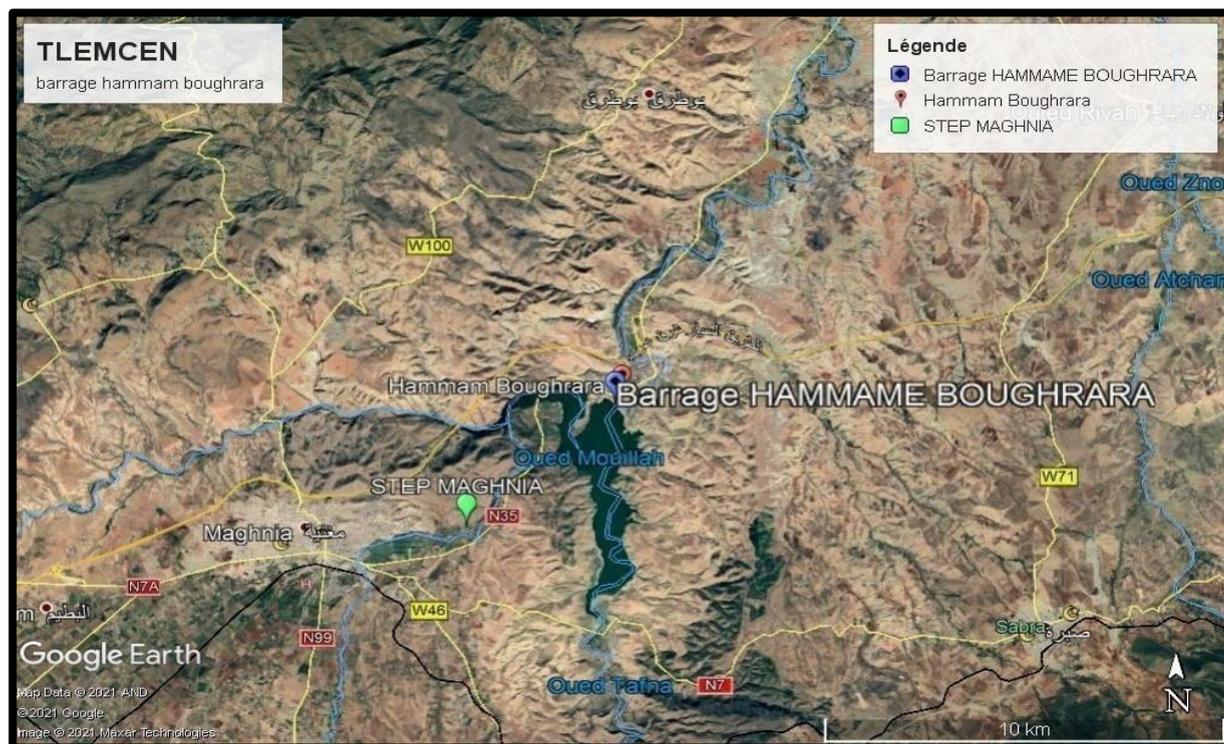


Figure II. 4: Situation géographique du barrage de Bouhrara

Les caractéristiques techniques du Barrage Hammame Bouhrara sont les suivantes :

La retenue du barrage a une capacité de 178 Hm³ et un volume régularisé de 60 Hm³. La digue est de type digue en terre zonée avec un noyau argileux, mesurant 60 m de hauteur, 974 m de longueur en crête et 8,5 m de largeur en crête, avec une côte de la crête à 311,6 m. L'évacuateur de crue principale est un déversoir latéral à seuil libre, conçu pour une crue de projet de 2826 m³/s, avec un front déversant de 170 m de largeur. La galerie de dérivation a un diamètre intérieur de 8x 9 m, une longueur de 215 m et un débit à évacuer de 965 m³/s. La tour de prise est de section circulaire avec un diamètre intérieur de 7 m, comportant quatre prises de 7 m de diamètre chacune. La côte de la crête de la tour de prise est à 311 m, avec des côtes de prise à 299,10 m, 290,12 m, 280,12 m et 272,12 m respectivement pour les première, deuxième, troisième et quatrième prises. La hauteur de prise est de 66,6 m, avec un débit à évacuer par prise de 5,1 m³/s et une vidange de 4,2 x 3 m³/s.



Figure II. 5: Vue du plan d'eau du barrage

II.8.1. Etude de la qualité des eaux d'irrigation :

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre crucial pour le rendement des cultures, la préservation de la productivité du sol, la protection de l'environnement et le bon fonctionnement du système d'irrigation.

Les éléments à vérifier pour évaluer la qualité de l'eau sont les suivants :

- Risque de Salinité.
- Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR.
- La présence éléments toxique

a) Risques dus à la salinité :

Une teneur excessive en sel dans la zone racinaire a des effets néfastes sur les plantes et le sol, entraînant une diminution des rendements et, à long terme, une stérilisation du sol. La concentration en sel est exprimée en grammes de sel par litre d'eau (g/L) et peut également être mesurée par la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (ECi). Cette conductivité est exprimée en millimhos par centimètre (mmhos/cm) ou en milliSiemens par centimètre (mS/cm).

b) Risques d'alcalinisation :

Le sodium échangeable (Na^+) exerce une influence notable sur les propriétés physiques et chimiques des sols. À mesure que la teneur en sodium échangeable augmente, le sol tend à se disperser. Cette dispersion entraîne une dégradation des agrégats du sol. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec), ce qui réduit les vitesses d'infiltration de l'eau et de l'air, affectant ainsi sa structure.

Le risque d'alcalinité d'une eau d'irrigation est exprimé par le SAR (Sodium Absorption Ratio), un indice qui mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Ces résultats correspondent à des prélèvements réalisés en 2013, 2015 et 2020, à différents niveaux de débit, un paramètre qui influence les caractéristiques physiques (transport de solides) et chimiques (matières dissoutes) de l'eau.

Le barrage de Hammam Bougherara, dont le demandeur est l'ANBT, utilise une source probable d'eau prélevée en aval du barrage

Tableau II. 5: Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du Barrage Hammam Bougherara

Paramètre physico-chimique	Unité	Concentration	Normes
PH	/	6.80	6.5-9.5
Température	°C	15.7	<25
Salinité	g/l	14.80	2
Conductivité	µs/cm	24600	2800
Turbidité			
Paramètre de pollution	Unité	Concentration	Normes
Ammonium	Mg/l	0.83	0.5
Nitrite	Mg/l	0.011	0.1
Fer total	Mg/l	0.86	0.3
Phosphate	Mg/l	0.03	0.5

(Source : ANBT)

Tableau II. 6: Résultat d'analyse physico-chimique d'eau du barrage de hammam Bougherara

	janv	Fév	mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Min	Max
T	13.1	13	15	20	24	24	31	30	24	24	21	14.5	13	31
ph	7.5	6	7.7	7.7	8.5	8.4	9.3	8.8	10	9.2	8.5	7.8	6	10
Volume/dé	175.62	175.72	175.61	175.6	175.61	175.7	174.8	173.3	171.7	172.5	175.72	174.52	171.7	175.72
Cond	1173	1167	1176	1186	1196	1173	1161	1167	1199	1196	1192	1194	1161	1199
turb	14	15	5	3	7	23	42	15	11	11	10	10	3	42
Satur. %	44.2	81.1	80.3	6.3	145.4	154.2	172.5	13.6	83.9	93.2	73.4	21	6.3	172.5
O2 dis	4.5	8.3	7	74.2	11.7	12.4	14	9.6	6.7	7.7	6.3	2.1	2.1	74.2
MES 105	21	21	11	11	15	23	41	24	14	15	11	14	11	41
MES 600	9	11	3.6	5	7	15	3	15	7	12	5	5	3	15
Rs 105	941	821	881	870	881	910	881	881	1000	881	881	941	881	1000
Ca	55	56	52	48	43	41	35	67	59	70	72	67	35	72
Mg	41	47	43	54	52	35	28	24	38	31	32	44	24	54
Na	165	167	162	162	162	162	167	202	201	210	187	194	162	210
K	14	14	13	14	10	14	15	11	22	13	16	14	10	22
Cl	244	253	240	243	260	253	234	274	290	314	262	264	234	314
SO4	116	91	94	93	91	92	112	135	140	152	122	198	91	198
CO3	0	0	0	0	20	0	31	46	0	21	28	0	0	46
HCO3	267	252	268	284	161	163	75	127	204	162	216	249	75	284

(SOURCE : ANBT)

L'analyse physico-chimique réalisée par le Laboratoire d'analyse de la qualité N.A **Karaouzene** sur un échantillon d'eau prélevé au niveau du barrage Hammam Boughrara a permis de déterminer les caractéristiques de l'eau d'irrigation, qui sont présentées dans le annexe 1 :

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

➤ Salinité :

Les principaux sels contribuant à 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 salinité élevée indique une forte concentration d'ions en solution, ce qui complique l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par les plantes. Une salinité excessive peut entraîner des brûlures racinaires.

La qualité des eaux d'irrigation est évaluée par la méthode de l'absorption de sodium (S.A.R), qui prend en compte le risque d'alcalinisation des eaux. Le S.A.R est défini comme une mesure de la capacité de remplacement des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par Na^+ dans les argiles et les colloïdes. Il peut être estimé à l'aide de la relation de Richard (1954).

Tableau II. 7:Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR

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

Calcul du SAR :

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

Avec : Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ en mg/l

❖ Les eaux de barrage :

$$S.A.R = 1.04$$

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

L'utilisation continue d'un SAR élevé entraîne une déstructuration du sol. L'eau avec un SAR inférieur à 10 peut généralement être utilisée sur tout type de sol et convient à l'irrigation de presque tous les sols sans causer de problèmes significatifs d'accumulation de sodium.

II.8.3. Commentaire des analyses

D'après ces résultats, il ressort que :

- La conductivité électrique est 1816 $\mu\text{mhos/cm}$.

Cette analyse classe l'eau d'irrigation dans la classe C3S1

- **C3** : eau inutilisable pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, les pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires et seules les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent être cultivées.
- **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.

Cette classification signifie que l'eau est utilisable avec un léger lessivage. Les plantes modérément tolérantes aux sels peuvent généralement se développer sans nécessiter de pratiques spéciales de contrôle de la salinité. De plus, l'eau est adaptée à l'irrigation de presque tous les types de sols avec un faible risque de sodisation, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent nécessiter une gestion particulière.

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

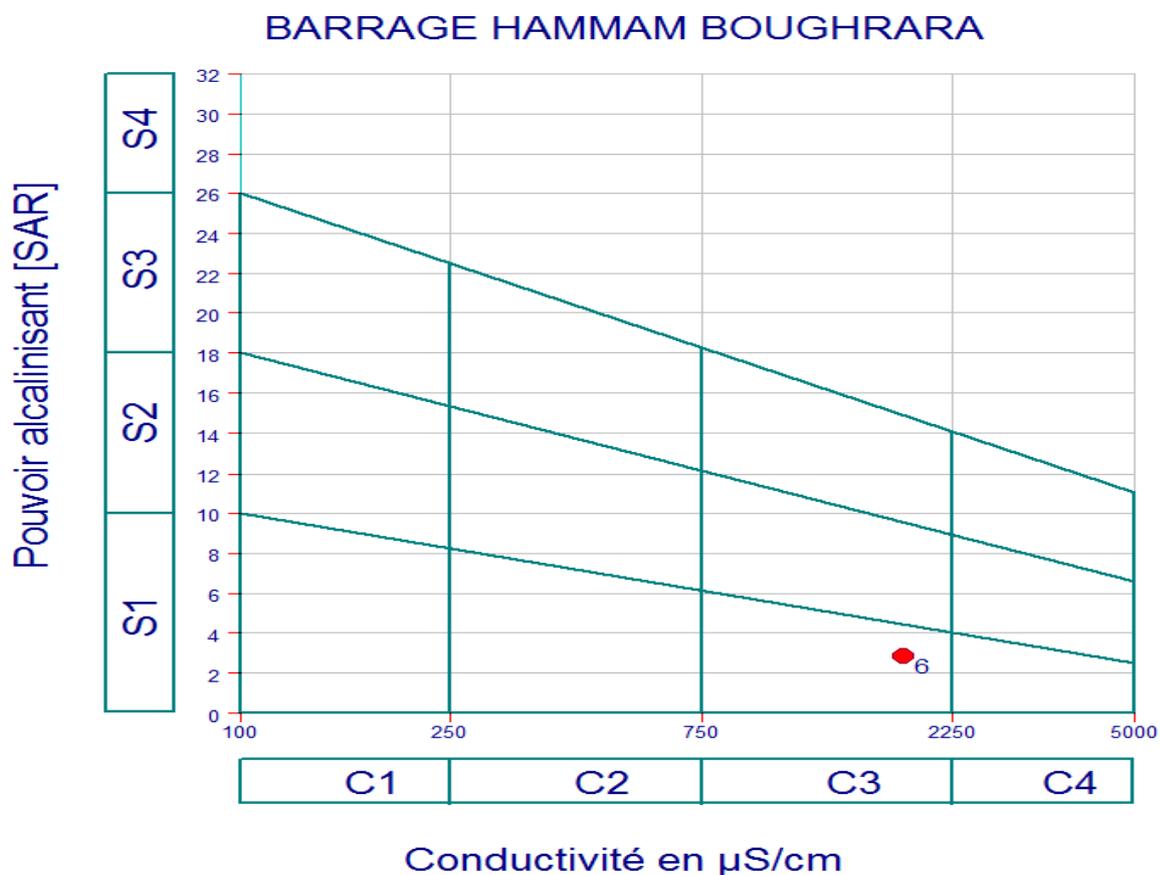


Figure II. 6 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

II.9. Calcul de la pluie :

Le calcul des précipitations est un aspect essentiel dans la planification et la gestion d'un projet d'irrigation durable, car il permet d'évaluer la quantité d'eau naturelle disponible pour l'irrigation et ainsi réduire les coûts

II.9.1. Choix de la station :

Les précipitations sont observées par la station météorologique de l'ONM à MAGHNIA sur la période allant de 1997 à 2020, avec une période d'observation de 1997-2020 soit 23 ans.

Tableau II. 8: caractéristiques principales de la station pluviométriques de MAGHNIA

Nom de la station	Altitude (m)	Coordonnées	
		Longitude	Latitude
MAGHNIA	386	01°74'W	34°83'N

III.9.2. Données de précipitation :

Les données pluviométriques utilisées couvrent la période de 1997 à 2020 pour la station de MAGHNIA. Le tableau suivant présente les précipitations moyennes mensuelles

Tableau II. 9: 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

(SOURCE : STATION METEOROLOGIQUE DE L'O.N.M DE MAGHNIA)

Cette série des précipitations annuelles présente les caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II. 10: Paramètres de la série pluviométrique.

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

II.9.3. Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Il est crucial de vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique avant de déterminer ses caractéristiques. Pour cela, le Test de Mood est utilisé selon la méthode suivante :

Prenons un échantillon de x_1, x_2, \dots, x_n . Après avoir classé ces valeurs par ordre croissant, nous calculons sa médiane M , une constante telle que 50 % des x_i sont inférieurs à M et 50 % sont supérieurs. Ensuite, nous remplaçons les valeurs non classées par une séquence de signes [4] :

- (+) pour $x_i > M$
- (-) pour $x_i < M$

Nous calculons ensuite deux quantités :

- N_s : le nombre total de séries de (+) ou (-).
- T_s : la taille de la plus grande série de (+) ou (-).

Les conditions du test sont établies sur ces paramètres :

$$\frac{1}{2(N+1-1.96\sqrt{N-1})} < N_s \quad m > \frac{1}{2(N+1+1.96\sqrt{N-1})}$$

$$T_s < 3.3(\log 10N + 1)$$

Tableau II. 11: Résultat du test Mood

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				
	-	+	-	-	+				

Avec :

$$\frac{1}{2}(N + 1 - 1,96\sqrt{N-1}) = 9.002 \quad \text{et} \quad \frac{1}{2}(N + 1 + 1,96\sqrt{N-1}) = 18.99$$

Ns=10

Donc

$$7.4 < Ns=10 < 16.6$$

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

Les calculs montrent que les conditions de Mood sont remplies, indiquant ainsi que la série des précipitations moyennes annuelles est homogène.

II.9.4. Ajustement de la série pluviométrique

Il est possible d'ajuster les données pluviométriques en utilisant diverses lois statistiques, mais pour notre projet, nous avons opté pour celle offrant le meilleur ajustement. Les lois les plus fréquemment employées pour l'ajustement des précipitations annuelles sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Galton ou loi log-normale. Pour les calculs,

Nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

II.9.4.1 Ajustement à la loi log normal

La méthode consiste à convertir les données statistiques des précipitations à une échelle différente, en l'occurrence l'échelle log-normale. L'équation de la droite est formulée comme suit :

$$\text{Ln}(Xp\%) = \ln(x) + \delta \text{Ln} \times Up\% \quad \text{II.2}$$

Xp% : précipitation probable à p%

$\ln(x)$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

Up% : variable réduite de Gauss.

δLn : écart type des précipitations observées.

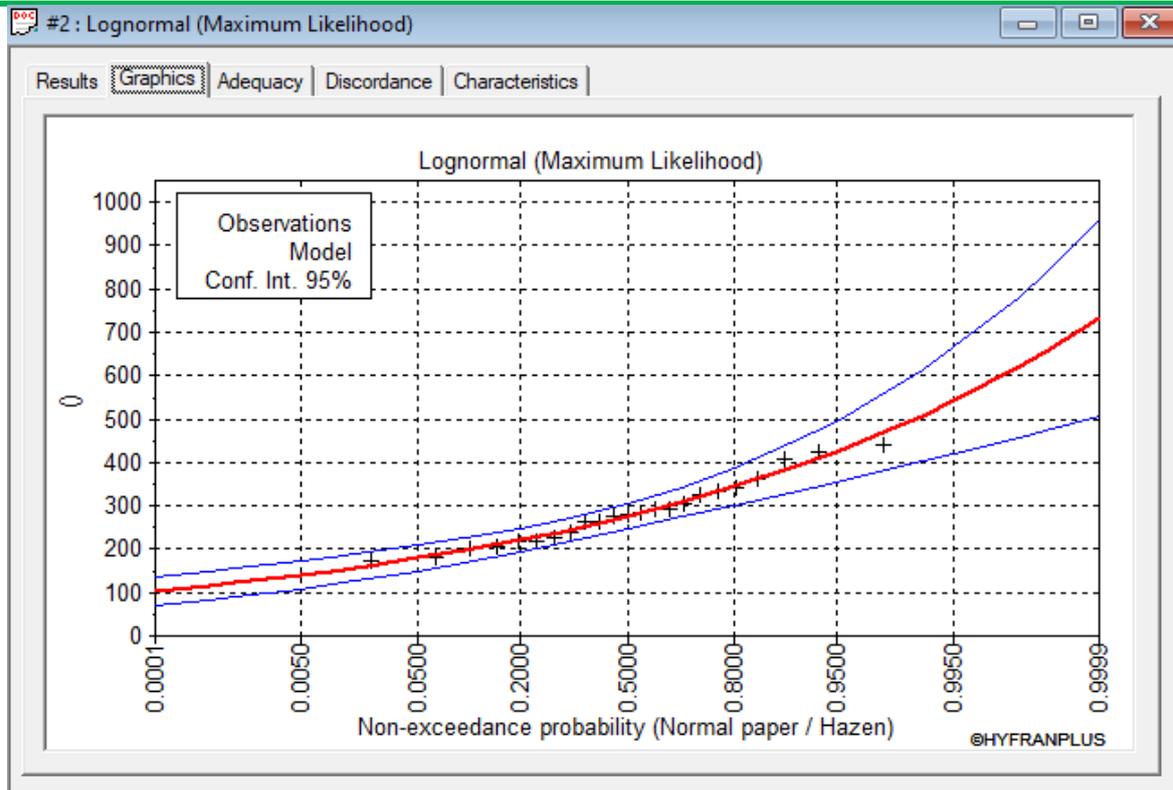


Figure II. 7: Ajustement des pluies annuelles a la log Normale

Tableau II. 12: Résultat de l’ajustement à la loi log-normale (Hyfran).

Période de retour (ans) «T»	Probabilité é «Q»	«Xt»	Ecart- Type	Intervalle de confiance 95%
5	0.8000	344	22.1	301 - 387
2	0.6667	276	15.1	246 - 306
1.25	0.2000	221	14.2	193 - 249

II.9.4.2. Ajustement à la loi normale

Cette méthode statistique repose sur une distribution spécifique des données de précipitations, connue sous le nom de loi normale ou loi de Gauss. Cette distribution est représentée par une courbe en forme de cloche symétrique autour de la moyenne des valeurs. La formule mathématique de cette loi est la suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \tag{II.3}$$

Avec variable réduite de gauss

$$u = \frac{X-x}{\sigma} \tag{II.4}$$

X : Moyenne

σ : L'écart type

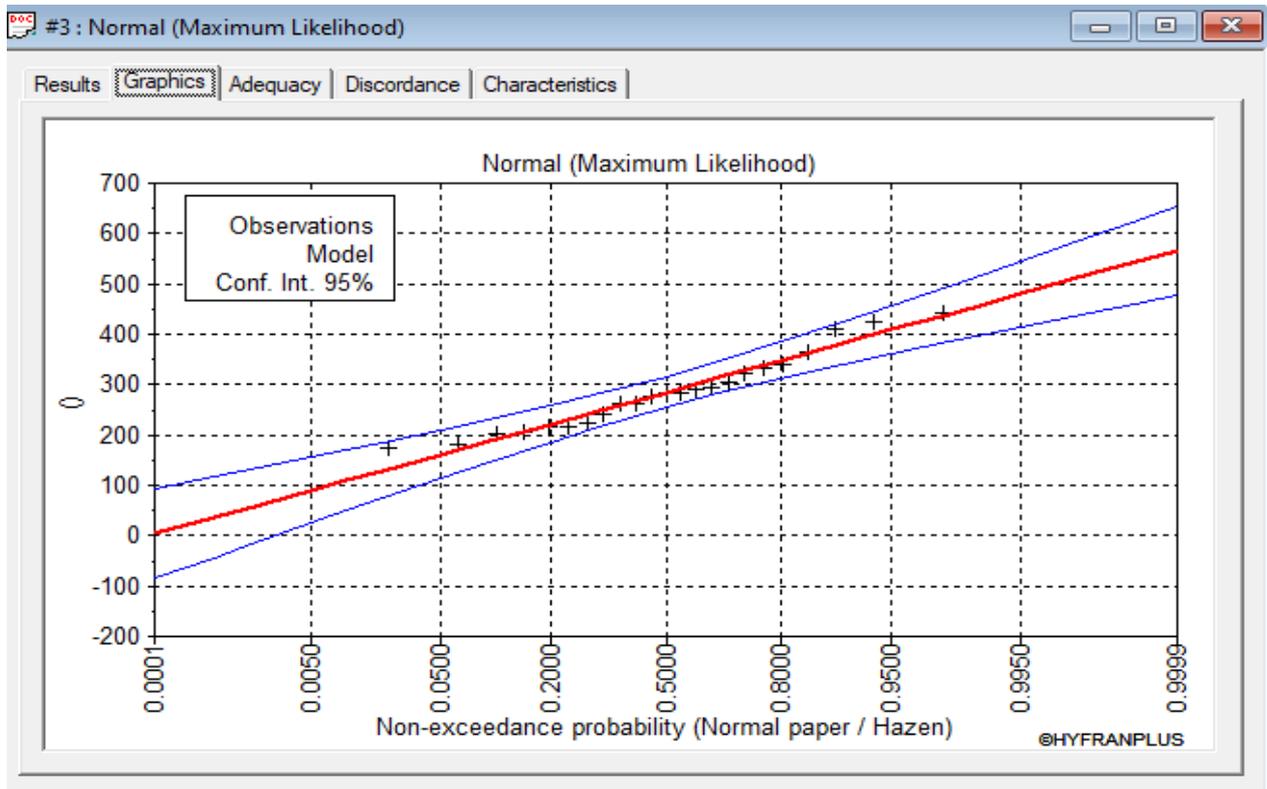


Figure II. 8: Ajustement des pluies annuelles a la loi normale

Nous avons utilisé le logiciel HYFRAN pour réaliser les calculs. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Période de retour (ans) «T»	Probabilité é «Q»	«Xt»	Ecart- Type	Intervalle de confiance 95%
5	0.8000	349	18.4	313 - 385
2	0.5000	285	15.8	254 - 316
1.25	0.2000	222	18.4	185 - 285

II.9.5. Test de validité d'un ajustement

Pour déterminer la meilleure loi d'ajustement des précipitations annuelles, les deux ajustements ont été validés à l'aide du test du chi-carré (χ^2) avec un risque de 5 %. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau II. 13: les paramètres de test de KHI carré

Paramètre	La loi normale	La loi log normal
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	$\chi^2_{calc} < \chi^2_{theorique}$ Condition vérifiée	$\chi^2_{calc} < \chi^2_{theorique}$ Condition vérifiée

Selon les résultats du test du chi-carré présentés dans le tableau on peut conclure que la loi normale offre un ajustement plus adéquat.

II.10. Détermination de l'année de calcul :

L'objectif de la détermination de l'année de référence est d'estimer la quantité de pluie disponible pour les cultures avec une probabilité de 80%. Le calcul se fait de la manière suivante :

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}} \quad \text{II.5}$$

Avec :

$P_{80\% \text{ sec}}$: la précipitation mensuelle de l'année de calcul

$P_{\text{moy}.i}$: La précipitation moyenne mensuelle

$P_{80\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%

$P_{50\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 50%

Les résultats de l'ajustement selon la Loi Normale montrent que :

$P_{\text{théorique (80\%)}} = 231 \text{ mm}$ et $P_{\text{théorique (50\%)}} = 280 \text{ mm}$,

Les précipitations avec une fréquence de 80 %, selon la loi log-normale, sont exprimées comme suit

Tableau II. 14: 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

Conclusion :

L'eau du barrage de Hammam BOUGHERARA, grâce à sa faible salinité, constitue une ressource idéale pour l'irrigation, contribuant à une bonne gestion du sol et de l'eau, sans poser de problèmes pédologiques ou agronomiques. Entre 2000 et 2020, la qualité de cette eau a été influencée par plusieurs facteurs, notamment le climat qui, par l'évapotranspiration, accroît la concentration de minéraux, ainsi que la géologie de la région, marquée par la présence de formations lithologiques calcaires. De plus, l'usage de produits phytosanitaires par les agriculteurs autour de la ressource a eu un impact notable. Une étude réalisée dans le périmètre de BOUNAIM a révélé que la texture limono-argileuse du sol est particulièrement propice aux activités agricoles, renforçant l'importance de l'eau du barrage pour assurer un rendement optimal des cultures. Les analyses de cette eau et les diagrammes de classification confirment qu'elle est parfaitement adaptée à l'irrigation sans risque de toxicité.

CHAPITRE III :

Calcul des besoins en Eau des cultures

III.1. Introduction

La première étape fondamentale de toute planification hydro-agricole consiste à évaluer les besoins en eau d'une zone, après avoir soigneusement sélectionné les cultures. Cela permet une gestion optimale de l'eau en compensant les déficits hydriques au niveau de la couche arable. L'irrigation des plantes est une composante clé de ce processus, impliquant la perte d'eau par transpiration et évaporation. Ce chapitre aborde l'estimation des besoins en eau des cultures, ce qui permettra de dimensionner correctement le réseau d'adduction.

III.2. Besoin en eau du périmètre

Comprendre les besoins en eau des cultures est essentiel pour tout projet d'irrigation. Cette évaluation nécessite une connaissance approfondie de divers paramètres, tels que les spécificités des plantes et les données climatiques et pédologiques de la zone étudiée.

III.2.1. Concept de l'évapotranspiration de référence : (ET₀)

L'évapotranspiration de référence (ET₀) est définie comme la somme des pertes d'eau d'une végétation dense et bien arrosée, comme un gazon, lorsque l'eau est le seul facteur limitant cette évaporation. Elle est mesurée lorsque la végétation atteint son développement foliaire maximal (au stade de pleine croissance), couvrant efficacement le sol, qui est à sa capacité de rétention d'eau maximale. Dans ce contexte, les besoins en eau des cultures sont étroitement liés à l'évapotranspiration du sol. [5]

➤ Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration de référence, étant propre à chaque culture et nécessitant des mesures météorologiques directes complexes comme celles obtenues avec un lysimètre, il est souvent plus pratique d'utiliser des méthodes indirectes.

❖ Les méthodes indirectes

Les méthodes employées permettent de calculer l'ET₀ en utilisant des formules basées sur des paramètres climatiques, telles que celles de Turc, Blaney et Cridle, Thornthwaite, et Penman. Dans notre cas, nous avons utilisé la méthode la plus couramment utilisée et recommandée par la FAO, à savoir la méthode de Penman-Monteith Modifiée.

➤ Formule Modifiée de Penman_ Monteith

Parmi les différentes méthodes d'estimation de l'évapotranspiration, le modèle de Penman-Monteith permet d'estimer l'ET₀ en utilisant des variables climatiques relativement accessibles. Il se base sur des enregistrements de l'ensoleillement, de la température, de l'humidité et de la vitesse du vent pour calculer l'évapotranspiration. La formule est la suivante :

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} \cdot \mu_2(e_s - e_a)}{1 + \gamma(1 + 0.34t\mu_2)} \quad \text{III.1}$$

Avec :

- ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour-1]
- R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m-2 jour-1]
- G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m-2 jour-1]
- T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- μ_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s]
- e_s : Pression de vapeur saturante [kPa]
- e_a : Pression de vapeur réelle [kPa].

Les résultats de l'évapotranspiration de référence (ET_0), calculés à l'aide du logiciel CROPWAT (FAO, 2008) version 8.0 selon la formule de PENMAN-MONTEITH, sont résumés dans le tableau III.1 :

Tableau III. 1: évapotranspiration de référence ET_0 calculée par le logiciel CROPWAT.

Pays : Algérie.				Station : MAGHNIA			
Altitude : 386m.		Latitude : 34°83'N.		Longitude : 01°74'W			
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Inso	Ray.	ET_0
	°C	°C	%	m/s	heur	MJ/m ² /jour	mm/mois
Janvier	4.1	16.6	72	3.6	6.8	10.9	62.42
Février	4.5	17.4	70	3.5	6.6	12.9	67.70
Mars	6.4	20.0	66	3.4	6.8	16.0	100.22
Avril	8.4	22.1	61	3.4	8.9	21.4	129.31
Mai	12.1	26.3	53	3.3	9.1	23.1	171.28
Jun	15.4	31.8	48	3.1	10.2	25.2	203.77
Juillet	19.7	35.1	52	3.2	11.3	26.5	231.34
Août	20.3	35.3	61	3.1	9.7	22.9	203.26
Septembre	16.7	29.9	66	3.4	8.0	18.3	147.97
Octobre	13.1	27.0	73	3.3	6.6	13.7	108.39
Novembre	8.0	20.0	74	3.6	5.9	10.5	70.90
Décembre	4.9	17.0	64	3.3	2.6	6.5	66.82

III.2.2 Calcul des besoins en eau

Les besoins en eau d'une culture sont définis comme la différence entre l'évapotranspiration maximale, qui dépend du climat et des caractéristiques des plantes (ETM),

et les précipitations réelles. Dans ce contexte, il est crucial d'effectuer un bilan hydrique régulier à chaque étape de croissance des végétaux pour évaluer les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation. Pour déterminer les quantités d'eau nécessaires par irrigation, il est nécessaire de réaliser le bilan hydrique suivant pour chaque stade végétatif [6] :

$$B_i = ETM - (P_{\text{eff}} + RS_{i-1}) \quad \text{III.2}$$

Où :

- **ETM** : est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à : $ET_0 * K_c$
- **KC** : le coefficient cultural de la culture considérée.
- **Peff** : est la pluie efficace.
- **RS_{i-1}** : La réserve utile du sol du mois précédent.

III.3. Calcul de la pluie efficace

C'est la fraction des précipitations totales réellement utilisée par la culture, qui dépend des caractéristiques du sol et de l'intensité des pluies. Dans notre cas, la pluie efficace est estimée comme suit :

$$\text{Pluies efficaces (en mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)} \quad \text{III.3}$$

Avec : A : coefficient de pertes généralement égal à 0.7

Tableau III. 2: Pluie efficace.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Pluie(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
Peff(mm)	10.18	15.20	23.29	19.49	20.87	15.76	16.79	18.35	13.85	2.03	0.71	3.18

III.4. Calcul de la réserve en eau du sol restante

C'est la quantité d'eau présente dans la couche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. La formule suivante permet de calculer la réserve en eau du sol du mois précédent :

$$RFU = (h_{cc} - h_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \cdot y \quad \text{III.4}$$

- **hcc** : humidité à la capacité au champ (%)
- **hpf** : humidité au point de flétrissement (%)

- **Z** : profondeur racinaire (en mm),
- **y** : coefficient qui dépend de la nature du sol (on prend $Y=2/3$)
- **Da** : densité apparente du sol

Dans ce cas, la réserve en eau du sol est calculée en multipliant la réserve facilement utilisable (RFU) par un coefficient K

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

III.5

K peut prendre des valeurs de 1, 1/2, ou 1/3 pour les mois humides, et 0 pour les mois où la réserve en eau est nulle (mois secs).

III.5 Choix des cultures

La diversité agricole de la région de MEGHNIA et de ses environs constitue un atout majeur pour l'approvisionnement de la région en produits alimentaires essentiels. Les terres cultivées dans la région sont consacrées à des céréales (blé, orge), des cultures maraîchères (pommes de terre, tomates) et des arbres fruitiers (oliviers, figuiers, agrumes). Plusieurs paramètres influencent le choix des cultures, notamment :

- Le climat de la région
- Le type de sol et les contraintes pédologiques
- La disponibilité des ressources en eau
- La vocation de la région et les contraintes socio-économiques.

III.5.1 Occupation des sols

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est crucial de déterminer d'abord l'occupation des terres et la répartition des cultures dans la région. Le tableau ci-dessous présente l'occupation des sols retenue pour notre projet :

Tableau III. 3: Scénario d'occupation du sol du périmètre BOUNAIM

Type de culture	Céréales	Maraichage	Arboriculture	Fourragère	Total
Surface occupée en %	40	40	10	10	100%
Surface occupée en ha	80	80	20	20	200ha

III.5.2 Cultures proposées

Dans notre cas, nous avons sélectionné les cultures suivantes

Tableau III. 4: système de cultures proposées.

Céréaliculture	Culture maraichères	Culture fourragère	Culture arboricoles
Blé	Pomme de terre	Avoines	Olivier
	L'oignon sec		
	Tomate/ Aubergine		
	Haricot		
	Courgette		

III.5.3 Assolements/rotation des cultures

L'assolement est la succession de plusieurs cultures dans le temps sur une même parcelle. Il est essentiel pour maintenir et améliorer la fertilité des sols et pour éviter les maladies cryptogamiques. L'assolement proposé est un assolement biennal, décrit comme suit :

Tableau III. 5: Assolement proposé pour le périmètre BOUNAIM

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Haricot
Avoine	Courgette
Pomme de terre (AS)	Tomate
Aubergine	Oignon
Tomate	Hors assolement : Olivier
Courgette	/
Hors assolement : Olivier	/

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

Tableau III. 6: le cycle végétatif des cultures envisagées.

Mois	Sep	Oct	nov	Déc	janv	févr	mars	avr	Mai	juin	Juil	Août
Blé			←							→		
Avoine			←							→		
P.D.T (AS)							←				→	
Oignon sec	←			→								
Aubergine								←			→	
Tomate							←				→	
Haricot	←	→										←
Courgette	←			→								
Olivier	←											→

III.6 Estimation des besoins en eau des céréales

- Besoin en eau de blé

Mois	P80% (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97		0.00			0.00	0.00
Octobre	21.72	15.2	108.39		0.00			0.00	0.00
Novembre	33.27	23.29	70.9	0.3	28.00	0.00	0.4	28.36	0.00
Décembre	27.84	19.49	66.82	0.4	37.33	9.33	0.7	46.77	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42	0.5	46.67	12.44	0.85	53.06	0.00
Février	22.51	15.76	67.7	0.6	56.00	15.56	0.95	64.32	33.00
Mars	23.98	16.79	100.22	0.6	56.00	0.00	1	100.22	83.43
Avril	26.22	18.35	129.31	0.6	56.00	0.00	1.05	135.78	117.43
Mai	19.78	13.85	171.28	0.6	56.00	0.00	0.9	154.15	140.30
Juin	2.9	2.03	203.77	0.6	56.00	0.00	0.5	101.89	99.86
Juillet	1.01	0.71	231.34		0.00			0.00	0.00
Août	4.54	3.18	203.26		0.00	0.00		0.00	0.00

- **Besoin en eau de l'avoine :**

Mois	P80% (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM	B net (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97						0.00
Octobre	21.72	15.2	108.39						0.00
Novembre	33.27	23.29	70.9	0.3	28.00	0.00	0.30	21.27	0.00
Décembre	27.84	19.49	66.82	0.5	46.67	9.33	0.70	46.77	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42	0.5	46.67	15.56	0.80	49.94	0.00
Février	22.51	15.76	67.7	0.6	56.00	15.56	1.15	77.86	0.00
Mars	23.98	16.79	100.22	0.6	56.00	0.00	1.00	100.22	83.43
Avril	26.22	18.35	129.31	0.6	56.00	0.00	0.80	103.45	85.10
Mai	19.78	13.85	171.28	0.6	56.00	0.00	0.50	85.64	71.79
Juin	2.9	2.03	203.77						0.00
Juillet	1.01	0.71	231.34						0.00
Août	4.54	3.18	203.26						0.00

III.7 Estimation des besoins en eau des maraichères

- **Besoin en eau de la tomate :**

Mois	P80 (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM	B net (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97		0.00			0.00	0.00
Octobre	21.72	15.2	108.39		0.00			0.00	0.00
Novembre	33.27	23.29	70.9		0.00			0.00	0.00
Décembre	27.84	19.49	66.82		0.00			0.00	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42		0.00			0.00	0.00
Février	22.51	15.76	67.7	0.00	0.00			0.00	0.00
Mars	23.98	16.79	100.22	0.40	37.33	12.44	0.50	50.11	0.00
Avril	26.22	18.35	129.31	0.80	74.67	12.44	0.85	109.91	79.12
Mai	19.78	13.85	171.28	1.10	102.67	0.00	1.15	196.97	183.12
Juin	2.9	2.03	203.77	1.10	102.67	0.00	0.85	173.20	171.17
Juillet	1.01	0.71	231.34					0.00	0.00
Août	4.54	3.18	203.26					0.00	0.00

- **Besoin en eau de la pomme de terre (As)**

Mois	P80 (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97		0.00			0.00	0.00
Octobre	21.72	15.2	108.39		0.00			0.00	0.00
Novembre	33.27	23.29	70.9		0.00	0.00		0.00	0.00
Décembre	27.84	19.49	66.82		0.00	0.00		0.00	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42		0.00			0.00	0.00
Février	22.51	15.76	67.7		0.00			0.00	0.00
Mars	23.98	16.79	100.22	0.20	18.67	6.22	0.50	50.11	27.10
Avril	26.22	18.35	129.31	0.40	37.33	0.00	0.70	90.52	72.17
Mai	19.78	13.85	171.28	0.50	46.67	0.00	1.00	171.28	157.43
Jun	2.9	2.03	203.77	0.50	46.67	0.00	0.75	152.83	150.80
Juillet	1.01	0.71	231.34		0gr0			0.00	0.00
Août	4.54	3.18	203.26		0.00			0.00	0.00

- **Besoin en eau de l'oignon sec**

Mois	P80 (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B _{net} (mm))
Septembre	14.54	10.18	147.97	0.20	18.67	0.00	1.10	162.77	152.59
Octobre	21.72	15.2	108.39	0.30	28.00	0.00	1.10	119.23	104.03
Novembre	33.27	23.29	70.9	0.40	37.33	0.00	0.95	67.36	44.07
Décembre	27.84	19.49	66.82	0.40	37.33	12.44	0.80	53.46	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42					0.00	0.00
Février	22.51	15.76	67.7					0.00	0.00
Mars	23.98	16.79	100.22					0.00	0.00
Avril	26.22	18.35	129.31					0.00	0.00
Mai	19.78	13.85	171.28					0.00	0.00
Jun	2.9	2.03	203.77					0.00	0.00
Juillet	1.01	0.71	231.34					0.00	0.00
Août	4.54	3.18	203.26					0.00	0.00

- **Besoin en eau pour Haricot**

Mois	P80 (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97	0.70	65.33	0.00	0.90	133.17	122.99
Octobre	21.72	15.2	108.39	0.70	65.33	0.00	0.80	86.71	71.51
Novembre	33.27	23.29	70.9		0.00	0.00		0.00	0.00
Décembre	27.84	19.49	66.82		0.00	0.00		0.00	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42		0.00	0.00		0.00	0.00
Février	22.51	15.76	67.7		0.00	0.00		0.00	0.00
Mars	23.98	16.79	100.22		0.00	0.00		0.00	0.00
Avril	26.22	18.35	129.31		0.00	0.00		0.00	0.00
Mai	19.78	13.85	171.28		0.00	0.00		0.00	0.00
Juin	2.9	2.03	203.77		0.00	0.00		0.00	0.00
Juillet	1.01	0.71	231.34	0.50	46.67	0.00	0.60	138.80	138.09
Août	4.54	3.18	203.26	0.50	46.67	0.00	0.85	172.77	169.59

- **Besoin en eau de la courgette**

mois	P80% (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97	0.20	18.67	0.00	0.4	59.19	49.01
Octobre	21.72	15.2	108.39	0.30	28.00	0.00	0.5	54.20	39.00
Novembre	33.27	23.29	70.9	0.40	37.33	0.00	0.8	56.72	33.43
Décembre	27.84	19.49	66.82	0.50	46.67	12.44	0.95	63.48	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42	0.50	46.67	15.56	0.6	37.45	0.00
Février	22.51	15.76	67.7		0.00	0.00		0.00	0.00
Mars	23.98	16.79	100.22		0.00	0.00		0.00	0.00
Avril	26.22	18.35	129.31		0.00	0.00		0.00	0.00
Mai	19.78	13.85	171.28		0.00	0.00		0.00	0.00
Juin	2.9	2.03	203.77		0.00	0.00		0.00	0.00
Juillet	1.01	0.71	231.34		0.00	0.00		0.00	0.00
Août	4.54	3.18	203.26		0.00	0.00		0.00	0.00

- **Besoin en eau de l'Aubergine**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97						0.00
Octobre	21.72	15.2	108.39						0.00
Novembre	33.27	23.29	70.9						0.00
Décembre	27.84	19.49	66.82						0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42						0.00
Février	22.51	15.76	67.7						0.00
Mars	23.98	16.79	100.22						0.00
Avril	26.22	18.35	129.31	0.30	28.00	9.33	0.50	64.66	36.97
Mai	19.78	13.85	171.28	0.40	37.33	0.00	0.60	102.77	88.92
Juin	2.9	2.03	203.77	0.60	56.00	0.00	0.90	183.39	181.36
Juillet	1.01	0.71	231.34	0.60	56.00	0.00	0.60	138.80	138.09
Août	4.54	3.18	203.26		0.00	0.00		0.00	0.00

III.8 Estimation des besoins en eau des cultures arboricoles

- **Besoin en eau des Olivier**

Mois	P80 (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	KC	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Septembre	14.54	10.18	147.97	1.50	140.00	0.00	0.85	125.77	115.59
Octobre	21.72	15.2	108.39	1.50	140.00	0.00	0.85	92.13	76.93
Novembre	33.27	23.29	70.9	1.50	140.00	0.00	0.75	53.18	29.89
Décembre	27.84	19.49	66.82	1.50	140.00	46.67	0.65	43.43	0.00
Janvier	29.81	20.87	62.42	1.50	140.00	70.00	0.65	40.57	0.00
Février	22.51	15.76	67.7	1.50	140.00	70.00	0.65	44.01	0.00
Mars	23.98	16.79	100.22	1.50	140.00	70.00	0.65	65.14	0.00
Avril	26.22	18.35	129.31	1.50	140.00	46.67	0.65	84.05	0.00
Mai	19.78	13.85	171.28	1.50	140.00	0.00	0.65	111.33	97.48
Juin	2.9	2.03	203.77	1.50	140.00	0.00	0.80	163.02	160.99
Juillet	1.01	0.71	231.34	1.50	140.00	0.00	0.85	196.64	195.93
Août	4.54	3.18	203.26	1.50	140.00	0.00	0.85	172.77	169.59

III.9 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :**Tableau III. 7:** Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois \ Cultures	sep	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	Juil	Août
Blé	0	0	0	0	0	33	83.43	117.43	140.3	99.86	0	0
Avoine	0	0	0	0	0	0	83.43	85.1	71.79	0	0	0
P.D.T (AS)	0	0	0	0	0	0	27.1	72.17	157.43	150.8	0	0
Aubergine	0	0	0	0	0	0	0	36.97	88.92	181.36	138.09	0
Tomate	0	0	0	0	0	0	0	79.12	183.12	171.17	0	0
Courgette	49.01	39	33.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olivier	115.59	76.93	29.89	0	0	0	0	0	97.48	160.99	195.93	169.59
Total en (mm)	164.60	115.93	63.32	0.00	0.00	33.00	193.96	390.79	739.04	764.18	334.02	169.59
Total en(m3/ha)	1646	1159.3	633.2	0.0	0.0	330	1939.6	3907.9	7390.4	7641.8	3340.2	1695.9

Tableau III. 8: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2

Mois \ Cultures	sep	oct	nov	déc	janv	févr	mar s	avr	mai	juin	juil	Août
Haricot	122.99	71.51	0	0	0	0	0	0	0	0	138.09	169.59
Courgette	49.01	39	33.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomate	0	0	0	0	0	0	0	79.12	183.12	171.17	0	0
Oignon	152.59	104.03	44.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olivier	115.6	76.9	29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.5	161.0	195.9	169.6
Total en(mm)	440.2	291.5	107.4	0.0	0.0	0.0	0.0	79.1	280.6	332.2	334.0	339.2
Total en(m3/ha)	4401.8	2914.7	1073.9	0.0	0.0	0.0	0.0	791.2	2806	3321.6	3340.2	3391.8

III.10 Calcul du débit spécifique

Le débit fictif continu est la quantité d'eau d'irrigation nécessaire pour répondre aux besoins de pointe, fournie sous forme d'un débit constant (fictif), disponible 22 heures par jour, pour satisfaire les besoins de consommation mensuelle. Dans ce cas, on calcule le débit spécifique en fonction des besoins en eau de chaque culture évaluée auparavant, en se référant à la répartition des cultures. Après avoir analysé les deux tableaux, on choisit le débit spécifique de l'Assolement 1, car il présente les besoins les plus élevés.

$$q_s = \frac{B_{\text{pointe}} \times 10 \times 1000}{3600 \times N_h \times N_j \times K} \quad \text{III.6}$$

Avec :

B : Besoins Net de mois de point 713.23 (mm/mois).

q_s : Débit spécifique (l/s/ha).

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ($k = 0,75$).

N_h : Nombre d'heures d'irrigation = 22 h.

N_j : Nombre de jours par mois = 30 jours.

Application numérique :

$$q_s = \frac{713.23 \times 10 \times 1000}{3600 \times 22 \times 30 \times 0,75} = 4 \text{ l/s/ha}$$

Lorsque le débit spécifique obtenu dépasse 1,5, il existe un risque de surdimensionnement des conduites du réseau d'adduction.

Pour résoudre ce problème, on prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante (olivier, mois de juillet) pour le mois de Pointe, qui est égal a :

$Q_s = 1.02 \text{ l/s/ha}$, on prend un débit spécifique de **$Q_s = 1.1 \text{ l/s/ha}$** .

III.10.1 Évaluation du débit caractéristique :

Le calcul des débits caractéristiques permet de déterminer le débit maximal que le système de desserte devra fournir pour l'irrigation de chaque parcelle. Ce débit est obtenu en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, comme indiqué dans la formule suivante :

$$Q_{\text{car}} = q_s \times S \quad \text{III.7}$$

$$Q_{\text{car}} = 1 \times 200 = 220 \text{ l/s} = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.10.2 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les lâchers d'eau d'un barrage ou d'une retenue et de planifier plus efficacement l'arrosage au niveau d'un périmètre. Le volume estimé des besoins en eau est calculé en multipliant les besoins bruts de la culture (en m³) par la surface cultivée du périmètre. Ces estimations sont présentées dans le tableau III.10 :

Tableau III. 9: Estimation des volumes d'irrigation annuels

Culture	Surface(ha)	Besoins nets(mm)	Besoins bruts(m3)	Volume d'eau (m3)
Blé	80	474.02	6320.27	505621.33
Avoine	20	240.32	3204.27	64085.33
P.D.T (AS)	14	407.50	5433.33	76066.67
Oignon sec	13	300.69	4009.20	52119.60
Aubergine	13	445.34	5937.87	77192.27
Tomate	14	433.41	5778.80	80903.20
Haricot	12	502.18	6695.73	80348.80
Courgette	14	121.44	1619.20	22668.80
Olivier	20	846.40	11285.33	225706.67
Total	200	3771.30	50284.00	1184712.67

Les besoins en eau de notre périmètre sont évalués à près de **1200000 m³/an**

Conclusion :

Le choix des cultures et l'estimation des besoins en eau sont des étapes cruciales dans l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre. Dans ce chapitre, nous avons sélectionné les cultures à implanter dans notre périmètre et évalué leurs besoins en eau pour chaque culture. Cela nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante, à savoir tomate. Ainsi, le débit caractéristique est de 220 l/s. Ensuite, nous avons calculé les besoins totaux en eau du périmètre, qui s'élèvent à environ 1200000 m³/an, et avons conclu que le volume régularisé du Barrage de hammam BOUGHRARA (10 hm³) est largement suffisant pour irriguer le périmètre de BOUNAIM

CHAPITRE IV :

Etude du système

D'adduction-distribution

Introduction

L'irrigation joue un rôle crucial dans l'agriculture, garantissant un apport en eau suffisant pour les cultures, surtout dans les zones arides où les précipitations sont insuffisantes. Diverses méthodes d'irrigation ont été développées pour améliorer la croissance des cultures en l'absence de pluie, chacune étant adaptée à des conditions spécifiques et optimisant la gestion des ressources en eau. Ce chapitre se concentre sur le système hydraulique du périmètre, nécessitant la conception d'un nouveau réseau d'adduction depuis le barrage jusqu'aux parcelles agricoles.

IV.1 : Alimentation en eau du périmètre de BOUNAIM

Le périmètre de BOUNAIM a été alimenté par le barrage de BOUGHRARA, situé à l'est du périmètre, Le volume d'eau du barrage réservé à l'irrigation est de 10 hm³. Les quantités d'eau nécessaires sont transférées par un système intégré comprenant une station de pompage, un réseau de distribution et un ouvrage de stockage.

IV.2 Organisation et structure du périmètre

Un îlot d'irrigation est une unité hydro-agricole constituée de parcelles, alimentée par une borne d'irrigation. Son organisation est influencée par la topographie, les aspects technico-économiques, ainsi que par la taille et le nombre de parcelles. Les recommandations pour une gestion efficace des îlots incluent :

- Une prise par îlot,
- Un maximum de quatre prises par borne,
- L'implantation des bornes aux limites ou au centre des grands îlots.
- La borne d'irrigation est un dispositif économique qui régule le débit,
- Ajuste la pression, et conserve l'eau pour un ou plusieurs utilisateurs. [2]

IV.3 Calcul hydraulique des bornes

La performance hydraulique des bornes est déterminée par le débit qu'elles doivent assurer en amont des parcelles. Le débit nécessaire que chaque borne doit fournir pour alimenter un îlot est défini comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S$$

IV.1

- Q_b = Débit de chaque îlot (l/s)
- q_s = Débit spécifique (l/s/ha)
- S = Superficie de l'îlot (ha)

IV.3.1 Choix du diamètre de la borne

Les diamètres des bornes d'irrigation sont essentiellement déterminés par les débits nécessaires à chaque îlot, comme présenté dans le tableau ci-après :

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

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < (40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s})$	D= 65mm-80mm
$(40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s}) < Q \leq (80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s})$	D= 100mm
$(80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s}) < Q \leq (120 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 33.33 \text{ l/s})$	D= 150mm
$Q > (120 \text{ m}^3 \text{ ou } 33.33) \text{ l/s}$	D= 200mm

IV.3.2 Choix du type de bornes

Le type de borne à utiliser est choisi en fonction de la surface, avec les critères suivants :

- Pour les îlots comprenant entre 4 et 8 parcelles et d'une superficie inférieure à 15 hectares, on utilise une borne à quatre prises (type A4).
- Pour les îlots avec deux parcelles et une surface inférieure à 15 hectares, la borne à deux prises (type A2) est recommandée.
- Si un îlot a deux parcelles et une superficie dépassant 15 hectares, on opte pour une borne à deux prises (type B).
- Pour les grands îlots, des bornes de type C sont prévues.

Les débits des prises et bornes sont précisés dans le tableau IV-2.

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

N° Ilot	Superficie (ha)	Débit (l/s)	Type de la borne	D bornes (mm)
1	14	15.4	A4	100
2	8.7	9.57	A2	100
3	14	15.4	A4	100
4	13	14.3	A4	100
5	8.3	9.13	A2	65
6	14.3	15.73	A4	100
7	14	15.4	A4	100
8	12	13.2	A4	100
9	16.6	18.26	A4	100

10	11.3	12.43	A4	100
11	13.8	15.18	A4	100
12	18.1	19.91	A4	100
13	17.2	18.92	A4	100
14	11.7	12.87	A4	65
15	13	14.3	A4	100

Notre périmètre requiert l'installation de 15 bornes de type A4 et A2 pour assurer la gestion des arrosages au niveau des parcelles.

IV.4 Description de l'aménagement du périmètre de BOUNAIM

L'aménagement hydro-agricole des périmètres d'irrigation dépend de la position du barrage par rapport au périmètre. Pour le barrage BOUGHRARA, une solution mixte a été prévue. Elle consiste en un système de pompage situé en aval du barrage (à une altitude de 275), qui refoule l'eau vers un réservoir placé à une altitude de 431 m. Ensuite, une conduite principale partant du réservoir alimente par gravité les parcelles de chaque îlot en aval, assurant ainsi l'approvisionnement de l'ensemble du périmètre avec des pressions adéquates.

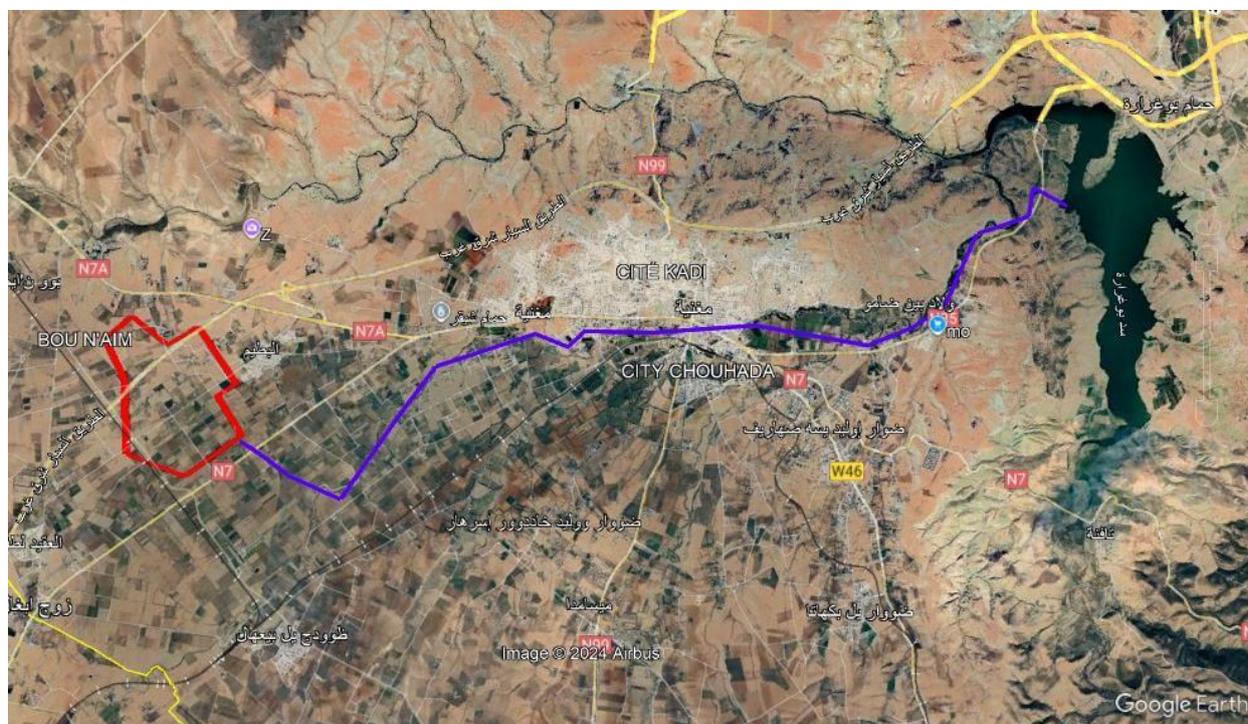


Figure IV. 1: Schéma de l'extension du périmètre de BOUNAIM (Google Earth, juin 2024)

IV.5 Etude du système de pompage

IV.5.1 Généralités sur les pompes

Les pompes sont des dispositifs conçus pour transférer un liquide d'un endroit à un autre en le propulsant. Elles sont utilisées pour déplacer divers fluides tels que l'eau, les gaz ou d'autres liquides. Leur fonctionnement repose sur la création d'un mouvement mécanique qui augmente la pression du fluide, permettant ainsi sa circulation à travers un système. Les principes physiques de ces appareils reposent sur la création de variations de pression pour déplacer les liquides. Il existe différents types de pompes, comme les pompes centrifuges, les pompes volumétriques et les pompes à engrenages, chacune ayant ses propres caractéristiques et avantages.

IV.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

Nous prévoyons de poser une canalisation sur une distance de 10 km, avec une élévation de 43 mètres et un débit de 41,4 litres par seconde

$$\text{HMT} = (\text{Ha} + \text{Href}) + \text{J} + \text{Pr} \quad \text{IV.2}$$

Avec :

- HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).
- Ha : Hauteur d'aspiration ;
- Href : Hauteur de refoulement (m)
- Hg : Hauteur géométrique en (m) = hauteur d'aspiration+ hauteur de refoulement ;
- J : Perte de charge fonction de la longueur du tuyau, des accessoires (vanne, coudes) ;
- Pr : Pression résiduelle, pression à la sortie du tube de refoulement (0.5 – 1m).

IV.5.2.1 Calcul de la hauteur géométrique Hg

- Hr : Cote du réservoir = 431 m
- Hb : Cote bache : 388m
- Donc Hg = 431-388=43m.

IV.5.2.2 Calcul des pertes de charge totale

- Calcul perte de charge linéaire :

Les pertes des charges linéaires sont calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams.

$$\Delta H_L = j = \left(\frac{3,592}{C} \right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q \quad \text{IV.3}$$

- ΔH_L : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite, en m
- Q : Débit, en m³/s.
- D : Diamètre, en m.
- C : Coefficient de Hazen -Williams =130 pour la fonte.

- Calcul des pertes de charge singulière.

Nous estimons les pertes de charge singulière de 10% des pertes de charge linéaire :

$$\Delta H_S = 0.1 \Delta H_L \quad \text{IV.4}$$

Les pertes de charge totale :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \quad \text{IV.5}$$

Calcul du débit à refouler :

$$Q = Q_S \times \text{Stot} = 1.1 \times 200 = 220 \text{ l/s} = 0.21 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{IV.6}$$

$$Q_{\text{forcé}} = Q_C \times 1.05 = 0.21 \times 1.05 = 0.2205 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{IV.7}$$

Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt{Q_{\text{ref}}} = \sqrt{0.2205} = 0.47 \text{ m} = 470 \text{ mm} \quad \text{IV.8}$$

Les résultats du calcul des hauteurs manométriques totales pour les différents diamètres des conduites en fonte sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV. 3: Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.

Débit (m ³ /s)	Diamètre (m)	V(m/s)	Linéaire	P.charges linéaire	P.charges singulière	P.charges Totale	HMT (m)
0.2205	0.3	3.12	10200	283.447	28.345	311.792	354.792
0.2205	0.4	1.76	10200	69.827	6.983	76.809	119.809
0.2205	0.5	1.12	10200	23.554	2.355	25.910	68.910
0.2205	0.6	0.78	10200	9.693	0.969	10.662	53.662
0.2205	0.7	0.57	10200	4.575	0.458	5.033	48.033

Le diamètre de la conduite de refoulement est choisi sur la base d'une analyse technico-économique : $S = \text{coût d'investissement} + \text{coût d'exploitation}$.

IV.6 Calcul des frais d'amortissement

- **Amortissement annuel**

Les coûts d'amortissement annuels dépendent principalement de deux facteurs: la durée d'amortissement de la conduite et le taux d'annuité. Cette relation se calcule de la manière suivante

$$F = \text{Prc} \times A \quad \text{IV.9}$$

Avec :

- **Prc**: Prix de la conduite en (DA) ;
- **A**: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$\frac{i}{1+(1+i)^{-n}} \quad \text{IV.10}$$

- **A** : frais d'amortissement (Da).

- i : Taux d'annuité ; $i = 8\%$.
- n : Durée de l'amortissement de la conduite, $n = 30$ ans.

$$A = \frac{0.08}{1 - (1 + 0.08)^{-30}} \quad A \cdot 0.088 = 8.88$$

Tableau IV. 4: Calcul de frais d'investissement.

Diamètre (mm)	Prix de pose (DA)	Prix de ml (DA)	L(m)	Prix total (DA)	A	Frais d'amortissement (DA)
300	500	6500	10200	71 400 000	0.0888	6340320
400	650	7490	10200	83 028 000	0.0888	1 968 271,54
500	880	9300	10200	103 836 000	0.0888	2 461 548,43
600	950	12000	10200	132 090 000	0.0888	3 131 341,08
700	1100	15700	10200	171 360 000	0.0888	4 062 280,32

IV.6.1 Calcul des frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont déterminés en fonction de l'énergie électrique consommée lors du pompage, pour la gamme de diamètres obtenue. Ils sont donnés par la formule suivante :

$$F_{exp} = E \times e$$

Avec :

- F_{exp} : Frais d'exploitation (DA) ;
 - E : Énergie totale dépensée par la pompe (Kwh) ;
 - e : Le prix unitaire d'un kilowatt imposé par Sonalgaz ($e = 4,68$ DA).
- **Puissance absorbée par la pompe**

La puissance fournie à la pompe peut être exprimée selon la formulation suivante :

$$P = \frac{(\rho \times g \times Q \times HMT)}{\eta} \quad \text{IV.11}$$

- η : Rendement de la pompe en pourcentage ($\eta = 76\%$)
 - Q : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m^3/s)
 - g : Accélération due à la pesanteur ($9,81 m/s^2$)
 - ρ : Masse volumique de l'eau (kg/m^3)
- **Energie consommée par la pompe**

Le calcul de l'énergie consommée par la pompe s'effectue de la manière suivante :

$$E = P * t * 365 \text{ [kW/ans]}$$

- t : c'est le temps de pompage par jour en (heure); est de 22 heures dans notre cas
- P : puissance de la pompe en (kW).

Tableau IV. 5: Calcul des frais d'exploitation.

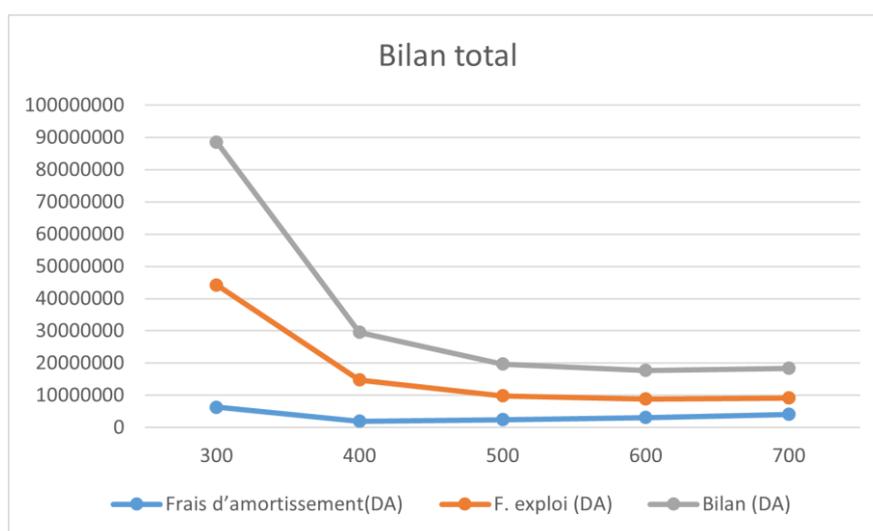
Diamètre (mm)	HMT	P (K Watt)	E (KWh/an)	F. exploi (DA)
300	354.792	1009.80572	8108740	37948903.0
400	119.809	340.999272	2738224.2	12814889.1
500	68.91	196.131007	1574932	7370681.7
600	53.662	152.73229	1226440.3	5739740.6
700	48.033	136.711082	1097790	5137657.2

IV.6.3 Bilan total des frais et Choix du diamètre

Les frais d'exploitation et d'amortissement sont calculés pour déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

Tableau IV. 6: Bilan total des diamètres choisis

Diamètre(mm)	Frais inv(DA)	Frais exp (DA)	Bilan (DA)
300	6340320	37948903.0	44289223.0
400	1 968 271,54	12814889.1	14783160.6
500	2 461 548,43	7370681.7	9832230.1
600	3 131 341,08	5739740.6	8871081.6
700	4 062 280,32	5137657.2	9199937.5

**Figure IV.1:** Bilan total des frais en fonction des diamètres.

Interprétation

En se basant sur l'analyse technico-économique du graphe IV.1, il est clair que le diamètre optimal est de 600 mm, avec un débit de refoulement de 0,2205 m³/s et une hauteur manométrique totale (HMT) de 53,662 m.

IV.7 Choix de nombre et de type de pompe

La détermination du nombre et du type de pompes à utiliser repose sur plusieurs facteurs essentiels, tels que le débit requis, la hauteur de refoulement, le rendement, la puissance absorbée, etc.

Avant de déterminer le nombre de pompes à utiliser, il est important de prendre en compte les critères suivants :

- Nombre minimal de pompes.
- Puissance absorbée minimale.
- (NPSH) r minimal. • Meilleur rendement.
- Vitesse de rotation élevée.

Pour sélectionner le type et le nombre de pompes répondant aux conditions mentionnées précédemment, nous avons utilisé le logiciel Caprari.

Voici les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Tableau IV. 7: Résultats de choix de pompe

Nombre Des Pompes	Débit Demandé (l/s)	HMT Demandé (m)	Type de Pompe	Q pompe (l/s)	HMT Pompe (m)	Puissance (KW)	η (%)	NPSH (m)
1	220.5	53.662	-	-	-	-	-	-
2	110.25	53.662	PM 150	109	55.8	78.7	72.6	4.24
3	73.50	53.662	MEC A3 125	71.5	50.8	48.7	76.1	3.45
4	55.12	53.662	MEC A4 100	52.4	48.6	32.5	78.5	3.52

D'après les résultats obtenus avec le logiciel CAPRARI, le système de pompage destiné à l'irrigation de l'extension du périmètre de BOUNAIM est composé de deux pompes centrifuges de type PM150. L'irrigation dans ce périmètre est assurée par un système de pompage comprenant deux pompes en service et une pompe de secours.

IV.8 Vérification du risque de la cavitation

La cavitation se produit lorsque la pression absolue chute en dessous de la tension de vapeur de l'eau, perturbant l'écoulement à l'entrée de la pompe. Dans les pompes centrifuges, elle résulte d'un manque d'énergie NPSH à l'admission. Pour éviter la cavitation, le NPSH disponible doit être supérieur au NPSH requis.

$$\mathbf{NPSH_r < NPSH_d}$$

Avec :

- **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.

On peut calculer le (NPSH)_d en utilisant la relation suivante :

$$\mathbf{NPSH_d = \frac{Pat}{\rho g} - ZE - \Delta H_{asp} - \frac{Pv}{\rho g} - \frac{v_{asp}^2}{2g}} \quad \text{IV.12}$$

$\frac{Pat}{\rho g}$: La hauteur de pression atmosphérique calculée en mce, en fonction de la position de la

station de pompage. Il est égal à 10.33 m.

ZE : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.

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 une valeur de Pv = 20 hPa, ce qui correspond à une valeur de Pv/ρg = 0.24.

V (m/s) : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration.

ΔH_{asp} : perte de charge à l'aspiration.

Les pertes de charges linéaires sont utilisées pour la conduite d'aspiration. 4m à 1000m.

Longueur asp = 4m, donc ΔH apparente = 0,016m.

Il existe trois pompes, ce qui signifie que le débit d'aspiration est divisé en trois parties.

On trouve que : **D** = 200 mm.

$$\Rightarrow \mathbf{V = 4 \times 0.2205 / (\pi \times 0.0314) = 7.01 \text{ m/s, D'où } V^2/2g = 2.810.}$$

Finalement : **NPSH_d** = 5,56 > **NPSH_r** = 4.24 + 0,5 ⇒ Condition vérifiée.

IV.8 Dimensionnement du Réservoir de stockage

Pour assurer un approvisionnement en eau d'irrigation au moment adéquat et maintenir une pression hydraulique suffisante, il est essentiel d'installer un réservoir de stockage. Le calcul du volume de ce réservoir se réalise de la manière suivante

$$V \text{ réservoir} = Q_f \times T_{nf} \quad \text{IV.13}$$

Avec :

- V réservoir: Volume d'eau d'irrigation (m³).
- Q_f : débit forcé (m³/h), $Q_f = 0.2205 \text{ m}^3/\text{h}$.
- T_{nf} : temps de non fonctionnement, égal à 1 heure.

$$\text{A.N : } V_{\text{réservoir}} = 0.21 \times 3600 \times 1 = 793.8 \text{ m}^3$$

Nous choisissons un réservoir circulaire d'une capacité de 800 m³ et fixons sa hauteur à 4 mètres, ce qui implique :

$$\sqrt{\frac{4 \times v}{\pi \times h}} = 16 \text{ m} \quad \text{IV.14}$$

Le réservoir projeté sera de forme circulaire, en béton armé, avec une capacité de 800 m³. Ses dimensions sont les suivantes :

Tableau IV. 8: Dimensions du réservoir de stockage projeté

Volume (m ³)	800
Hauteur (m)	4
Diamètre (m)	16
Côte du radier du réservoir (m)	431
Côte trop pleine du réservoir (m)	435

IV.9 descriptions du réseau d'adduction-distribution

Le périmètre de BOUNAIM est alimenté par un système gravitaire reliant le réservoir de stockage au point le plus éloigné via un réseau de conduites. Le choix du matériau de ces conduites dépend de divers paramètres

IV.10 Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau pour les canalisations vise à assurer une exploitation fiable et continue tout en optimisant les investissements. Il doit répondre à des critères de débit, de pression, de disponibilité, et de rentabilité. Les conduites en fonte sont robustes, résistantes à la corrosion, mais lourdes et coûteuses. Les conduites en PEHD sont flexibles, résistantes aux pressions

élevées, mais sensibles aux défauts de soudure et à l'écrasement. Dans ce cas, les conduites en PEHD sont privilégiées pour des diamètres inférieurs ou égaux à 315 mm, au-delà desquels la fonte est choisie.

IV.11 Dimensionnement du réseau de distribution

IV.11.1 Vitesses admissibles

L'établissement d'une limite de vitesse admissible dans les conduites présente plusieurs avantages techniques :

- Il permet de déterminer un diamètre optimal, réduisant ainsi les coûts des canalisations.
- Il minimise les risques liés à des vitesses inadéquates : des vitesses trop élevées peuvent provoquer de l'érosion, tandis que des vitesses trop faibles favorisent l'accumulation de dépôts solides.

En général, la vitesse autorisée se situe entre 1,0 m/s et 2,0 m/s, avec une limite maximale fixée à 1,5 m/s dans notre réseau.

IV.11.2 Calcul des diamètres

Les diamètres sont déterminés en fonction des débits circulant dans le tronçon de conduite ainsi que des vitesses d'écoulement. La formule de continuité de Chezy est utilisée pour calculer un diamètre théorique, qui est ensuite ajusté pour correspondre à un diamètre nominal standard des conduites.

$$\sqrt{\frac{4 \times Q}{v_{adm} \times \pi}} \times 1000 \quad \text{IV.15}$$

Avec :

- Q : débit exprimé en m³/s,
- D : diamètre exprimé en mm ;
- V adm : vitesse admissible = 1.5 m/s.

IV.11.3 Calcul des pressions

Les pressions sont déterminées en appliquant le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre deux points, le point 1 et le point 2.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \quad \text{IV.16}$$

- Z1 et Z2 : Côte terrain naturel (m) aux points 1 et 2 (en m)
- P1 et P2 : La hauteur de la pression (m) aux points 1 et 2

- $\frac{v_1^2}{2g}$ et $\frac{v_2^2}{2g}$: La hauteur représentative de la vitesse d'écoulement (m) aux points 1 et 2

- ΔH : Les pertes de charges totales (m) entre les 2 point 1 et 2

IV.11.4 Estimation des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires sont déterminées à l'aide de la formule de Hazen-Williams.

$$\Delta H_L = j = \left(\frac{10.67}{C} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{IV.17}$$

Avec :

- ΔH_L : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite, en m
- Q : Débit, en m³ /s
- D : Diamètre, en m
- C : Coefficient de Hazen -Williams c=130

Les pertes de charge totales incluent les pertes linéaires majorées de 10% pour tenir compte des pertes de charge singulières. Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci-après

Tableau IV. 9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.

N° du tronçon	longueur (m)	Superficie (ha)	Débit (l/s)	Diamètre calculé (mm)	Dénormalisé (mm)	Matériau	Vitesse (m/s)	P.d.c total(m)	Cote terrain aval	Cote piézomé aval	Pression en bars
R-EP	1922	200	220	432.25	500	FORTE	1.12	5.08	378.50	426.60	4.81
EP-N1	55.55	200	220	432.25	500	PEHD	1.12	0.15	379.40	426.49	4.71
N1-B1	92.4	14	15.4	114.36	125	PEHD	1.26	1.52	377.00	425.22	4.82
N1-N2	218.46	186	204.6	416.84	500	PEHD	1.04	0.51	381.50	425.41	4.39
N2-B2	82.94	8.7	9.57	90.15	110	PEHD	1.01	1.05	382.10	423.22	4.11
N2-N3	477.07	177.3	195.03	406.98	500	PEHD	0.99	1.01	389.95	420.99	3.10
N3-B3	121	14	15.4	114.36	125	PEHD	1.26	1.99	389.00	419.20	3.02
N3-N4	65.692	163.3	179.63	390.58	400	PEHD	1.43	0.35	391.70	420.73	2.90
N4-B4	74.36	13	14.3	110.20	125	PEHD	1.17	1.06	392.10	419.67	2.76
N4-N5	213.4	150.3	165.33	374.71	400	PEHD	1.32	0.99	397.45	419.99	2.25
N5-B5	113.63	8.3	9.13	88.06	90	PEHD	1.44	3.51	391.40	417.74	2.63
N5-N6	68.2	142	156.2	364.22	400	PEHD	1.24	0.28	400.40	419.77	1.94
N6-N7	376.2	28.3	31.13	162.60	200	PEHD	0.99	2.31	406.70	417.80	1.11
N7-B6	78.98	14.3	15.73	115.58	125	PEHD	1.28	1.35	402.25	416.62	1.44
N7-N8	339.9	14	15.4	114.36	125	PEHD	1.26	5.58	400.20	413.12	1.29
N8-B7	78.98	14	15.4	114.36	125	PEHD	1.26	1.30	397.75	412.03	1.43
N6-N9	170.5	113.7	125.07	325.91	400	PEHD	1.00	0.47	395.20	419.41	2.42
N9-B8	123.42	12	13.2	105.88	125	PEHD	1.08	1.52	393.50	417.89	2.44
N9-N10	28.6	101.7	111.87	308.23	400	PEHD	0.89	0.06	394.00	419.25	2.53
N10-B9	124.3	16.6	18.26	124.53	125	PEHD	1.49	2.80	396.10	416.81	2.07
N10-N11	319	85.1	93.61	281.96	315	PEHD	1.20	1.64	391.00	417.96	2.70
N11-B10	121	11.3	12.43	102.74	125	PEHD	1.01	1.34	390.60	416.03	2.54
N11-N12	281.05	73.8	81.18	262.57	315	PEHD	1.04	1.11	389.70	416.98	2.73

N° du tronçon	longueur (m)	Superficie (ha)	Débit (l/s)	Diamètre calculé (mm)	Dénormalisé (mm)	Matériau	Vitesse (m/s)	P.d.c total(m)	Cote terrain aval	Cote piézomé aval	Pression en bars
N12-N13	169.84	49.1	54.01	214.17	250	PEHD	1.10	0.97	391.70	416.21	2.45
N13-B11	74.8	13.8	15.18	113.54	125	PEHD	1.24	1.20	392.40	414.55	2.22
N13-N14	374	35.3	38.83	181.59	200	PEHD	1.24	3.45	399.00	413.41	1.44
N14-B12	77	18.1	19.91	130.03	160	PEHD	0.99	0.61	400.10	412.92	1.28
N14-N15	195.8	17.2	18.92	126.76	160	PEHD	0.94	1.42	400.30	412.24	1.19
N15-B13	97.9	17.2	18.92	126.76	160	PEHD	0.94	0.71	400.80	411.65	1.09
N12-N16	257.4	24.7	27.17	151.90	200	PEHD	0.87	1.23	390.90	415.68	2.48
N16-B14	88.22	11.7	12.87	104.55	125	PEHD	1.05	1.04	389.80	413.63	2.38
N16-N17	341	13	14.3	110.20	160	PEHD	0.71	1.47	392.30	412.90	2.06
N17-B15	76.45	13	14.3	110.20	125	PEHD	1.17	1.09	391.60	412.20	2.06

Conclusion

La conception d'un réseau d'irrigation requiert une méthodologie rationnelle pour garantir une distribution efficace de l'eau dans les exploitations agricoles. Ce processus prend en compte divers éléments tels que la source d'eau, les réservoirs, les conduites, les bornes d'irrigation et les caractéristiques du système d'irrigation. Il est également crucial de considérer les exigences spécifiques de chaque projet lors du choix des matériaux et des composants du réseau. Ainsi, le système d'adduction projeté permettra l'utilisation de divers systèmes d'irrigation, y compris ceux nécessitant des pressions élevées, comme l'aspersion. Cela favorisera également la diversification des cultures, contribuant ainsi à une amélioration globale des rendements agricoles.

CHAPITRE V :

Choix de la technique d'irrigation

V.1 Introduction

Le choix du système d'irrigation est crucial pour une gestion optimale des ressources en eau, permettant de répondre de manière raisonnée aux besoins hydriques des cultures. Il est essentiel de maîtriser les principes théoriques des différentes techniques d'arrosage pour sélectionner la méthode la plus appropriée. Notre but sera de déterminer la méthode d'irrigation la mieux adaptée aux particularités de notre zone d'étude.

V.2 Classification des techniques d'irrigation

Les techniques d'irrigation se divisent en trois catégories selon le mode d'arrosage utilisé :

- L'irrigation de surface (ou gravitaire)
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée (comme le goutte-à-goutte) [7]

V.2.1 L'irrigation de surface (gravitaire)

Les techniques d'irrigation de surface consistent à distribuer l'eau sur la parcelle en la faisant s'écouler à la surface du sol, en fonction de la pente naturelle. Cette méthode utilise la topographie du terrain et les propriétés hydriques du sol, comme le ruissellement et l'infiltration, pour assurer la répartition de l'eau

V.2.2 Irrigation par ruissèlement

Dans cette méthode, l'eau s'écoule naturellement à la surface du sol, facilitant ainsi une infiltration en profondeur. Il est crucial que l'écoulement dure assez longtemps pour permettre au sol de s'imbiber jusqu'à la profondeur des racines des cultures. [7]

V.2.3 Irrigation par infiltration (à la raie)

Ce type d'irrigation repose sur l'utilisation de rigoles ou de sillons pour acheminer l'eau à un débit relativement faible par rapport à d'autres méthodes. Seule une partie du sol est arrosée directement, tandis que le reste est humidifié par infiltration, assurant ainsi une hydratation globale du sol.

V.2.4 Irrigation par submersion

Dans ce mode d'irrigation, une quantité d'eau adéquate est appliquée sur le sol, formant une couche d'épaisseur variable. Cette eau est ensuite laissée en place suffisamment longtemps pour qu'elle puisse s'infiltrer jusqu'à la profondeur requise, créant ainsi une réserve d'eau indispensable pour soutenir la croissance des cultures. [8]



Figure V. 1: Irrigation par ruissèlement



Figure V. 2: Irrigation par bassins



Figure V. 3: Irrigation par planche.

V.2.4.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface

Tableau V. 1: Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement relativement bas. • Faibles besoins en énergie. • L'irrigation n'est pas affectée par le vent. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite une main-d'œuvre importante. • En général, l'efficacité de l'irrigation au niveau des parcelles est faible. • Un nivellement préalable des parcelles est requis. • Les systèmes de canaux entraînent des pertes d'eau significatives.

V.2.5 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion imite le processus naturel de la pluie en apportant de l'eau aux cultures à l'aide de dispositifs de projection fonctionnant sous pression. Ces équipements sont choisis et placés avec soin pour assurer une distribution uniforme de l'eau.

V.2.5.1 Irrigation par asperseur

L'irrigation par aspersion imite la pluie en répartissant l'eau sur les plantes via des dispositifs rotatifs fonctionnant sous pression, qui diffusent l'eau en fines gouttelettes pour garantir une couverture uniforme du sol.

V.2.5.2 Irrigation par pivot

L'irrigation par pivots est une méthode d'irrigation aérienne qui simule la pluie artificielle pour de vastes zones, pouvant aller jusqu'à 100 hectares. Ce système se compose de plusieurs segments de tuyaux, appelés travées, mesurant entre 30 et 60 mètres de longueur. Il existe deux types de rampes d'irrigation : les rampes pivotantes et les rampes frontales. [8]



Figure V. 4: Irrigation par des asperseurs

V.2.5.3 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion**Tableau V. 2 :** Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Convient à la plupart des types de sols. • Aucun pré-aménagement de la surface à irriguer n'est nécessaire. • Des installations mobiles peuvent être mises en place et déplacées selon le type de culture, facilitant ainsi les rotations des cultures. • Certains équipements sont entièrement automatisés, permettant des arrosages avec des doses précises. 	<ul style="list-style-type: none"> • La consommation d'énergie est souvent élevée, ce qui représente une contrainte financière. • L'irrigation par aspersion peut être difficile à utiliser et moins efficace dans les zones exposées au vent.

V.2.6 L'irrigation localisée (goutte à goutte)

Les systèmes d'irrigation conçus pour les zones arides afin de conserver l'eau utilisent un débit très faible pour fournir de l'eau directement aux racines via des goutteurs ou des diffuseurs. L'irrigation au goutte-à-goutte consiste à faire passer de l'eau sous pression à travers un réseau de tuyaux, généralement en PVC ou PEHD. Cette eau est ensuite répartie sur le champ grâce à de nombreux goutteurs disposés le long des rangées de plantations, garantissant que seule la zone proche des racines des plantes reste humide. [8]

V.2.6.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée**Tableau V. 3:** Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Elle assure une efficacité d'arrosage optimale au niveau de la parcelle. • Les cultures profitent d'un rendement maximal grâce à une maîtrise parfaite de la technique. • Les coûts de maintenance sont réduits. • Elle évite l'humidification du feuillage et limite la croissance des mauvaises herbes. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'installation initiale nécessite un investissement relativement élevé. • Une maintenance rigoureuse est nécessaire pour prévenir les risques d'obstruction des goutteurs. • La filtration de l'eau d'irrigation est indispensable.



Figure V. 5 : Système d'irrigation goutte à goutte.

V. 3. Choix de la technique d'arrosage pour la zone d'étude :

Le choix de la technique d'irrigation dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions météorologiques (comme l'évaporation et les vents), la texture et la structure du sol, la topographie (comme la pente) et les types de cultures. Parmi les méthodes d'irrigation, le goutte-à-goutte et l'aspersion se distinguent par leurs avantages et répondent bien aux exigences de notre région d'étude.

- Pour les cultures arboricoles et maraîchères, l'irrigation par goutte-à-goutte est particulièrement avantageuse, car elle permet de contrôler le débit et les volumes d'eau utilisés.
- Pour les cultures céréalières, l'irrigation par aspersion est recommandée en raison de sa capacité à délivrer des doses précises.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné en profondeur les différents systèmes d'irrigation, en évaluant leurs caractéristiques, avantages et inconvénients. Les techniques de goutte-à-goutte et d'aspersion se distinguent comme étant particulièrement avantageuses par rapport à d'autres méthodes d'irrigation. Nous avons opté pour des méthodes modernes dans notre étude, en choisissant l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et l'irrigation par goutte-à-goutte pour les cultures maraîchères et arboricoles.

Chapitre VI :
Dimensionnement à la parcelle

VI.1 Introduction

Pour répondre aux besoins en eau de chaque culture, des irrigations sont effectuées sur chaque parcelle tout au long du cycle végétatif. Le dimensionnement de la parcelle implique d'abord la collecte d'informations essentielles, telles que la superficie de la parcelle, la pression de service nécessaire, les exigences en eau des cultures et la durée maximale quotidienne de fonctionnement du système.

VI.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte

VI.2.1 Données générales

Le système d'irrigation goutte à goutte sera installé sur la parcelle numéro 14, alimentée par la borne B-14. La pression prévue est d'environ 2,4 bars, ce qui est largement suffisant pour un réseau de goutte à goutte. L'exploitation agricole, d'une superficie d'un hectare, a une forme globalement rectangulaire et est dédiée à la culture des oliviers. En juillet, elle nécessite un apport maximal de 195,9 mm d'eau. Les caractéristiques de la surface cultivée sont les suivantes :

- Longueur : 125 m
- Largeur : 80 m

Caractéristiques du goutteur

Chaque arbre est équipé de deux goutteurs, avec un débit nominal de 4 litres par heure. La distance entre les goutteurs varie entre 1 et 2 mètres, assurant une répartition optimale de l'eau pour chaque arbre.

VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

a) Influence du taux de couverture du sol

Dans un système d'irrigation par goutte-à-goutte, l'eau est délivrée de manière ciblée sur une zone restreinte, ce qui permet de réduire considérablement l'évaporation directe depuis le sol. Pour refléter cette diminution, un coefficient de réduction, appelé K_r , est appliqué à l'Évapotranspiration Potentielle de la Culture (ETM). Ce coefficient dépend du pourcentage de la surface du sol recouverte par les plantes matures, généralement d'environ 60 %. Le calcul du K_r peut être effectué à l'aide de diverses formules ; dans notre cas, nous l'avons déterminé de la manière suivante [1]:

c) La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5 \cdot (1 - C_s) \quad \text{VI.1}$$

Dans notre situation, la valeur estimée de K_r est de 0,8.

$$\text{Donc :} \quad B_{jl} = B_j \cdot K_r \quad \text{VI.2}$$

$$B_j = ETM_c = B_{\text{pointe}}/30 = 6,53 \text{ mm/j et } B_{jl} = 5,224 \text{ mm/j.}$$

VI.2.3 Dose nette pratique

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, il est essentiel de calculer une fraction ou un pourcentage d'humidification dans la zone des racines. La dose d'humidification (RFU) correspond à la hauteur d'eau P, qui représente la quantité nécessaire pour maintenir le sol à un niveau d'humidité optimal favorisant la croissance des plantes.

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P\% = RFU \cdot P\% \quad \text{VI.3}$$

L'humidité à la capacité au champ (H_{cc}) est de 26%, tandis que l'humidité au point de flétrissement (H_{pf}) est de 16%. Le degré d'extraction de l'eau du sol (Y) est de $2/3$, et la profondeur d'enracinement (Z) est de 1,5 mètre. La densité apparente (d_a) est d'environ 1,4.

➤ P : Pourcentage du sol humidifié :

$$P = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{S_a \cdot S_r} \quad \text{VI.4}$$

- N : Nombre de points de distribution (goutteurs) par arbre = 2
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisins sur le même arbre = 1,5 m
- Sh : Largeur de la bande humidifiée, d'après la table, = 1 m
- Sr : Écartement entre les rangs d'arbres = 4 m
- Sa : Espacement des arbres sur un même rang = 4 m

$$P = \frac{2 \times 1,5 \times 1}{4 \times 4} \approx 19\%$$

$$D_p = \frac{26 - 16}{100} \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1,4 \times 0,19 = 26,6 \text{ mm}$$

VI.2.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)

$$Tr = \frac{\text{Dose nette}}{B_j} \quad \text{VI.5}$$

$$Tr = \frac{26,6}{5,224} = 5,09$$

Donc on prend un Tour d'eau 5 j

VI.2.5. Calcul de la dose réelle

Nous procédons au recalcul de la nouvelle dose réelle :

$$D_r = B_{jm} \times Tr \quad \text{VI.6}$$

$$D_r = 5,224 \times 5 = 26,12 \text{ mm}$$

VI.2.6 Calcul de la dose brute

$$D\text{-brute} = \frac{D_r}{Eff \times Cu} \quad \text{VI.7}$$

Avec :

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

$$\mathbf{Dbrute} = \frac{26.12}{0,9 \times 0,9} = 32.24 \text{ mm}$$

VI.2.7 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)

$$\theta = \frac{Dbrute * Sd * Sr}{n * Qg} \quad \text{VI.8}$$

Alors :

$$\theta = \frac{32.24 \times 4 \times 1,5}{2 \times 4} = 24.18 \text{ h}$$

VI.3 Calcul Hydraulique

La règle de Christiansen stipule que la variation maximale du débit entre les goutteurs ne doit pas excéder 10 %.

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

L'écart maximal de pression:

$$dq = K. xH^{x-1}. dH \quad \text{VI.9}$$

Avec: $x = 0.5$ (caractéristique du goutteur) ; $q = K.hx$

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \quad \text{VI.10}$$

H(n) pression nominale $x = 0.5$ donc $0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max)}{10}$

$$\Delta H(\max) = 1/0.5 = 2 \text{ mce}$$

Selon la règle de Christiansen, une variation de 10 % dans les ΔH singuliers correspond à 0,2 m, tandis qu'une variation de 1,8 ΔH linéaire équivaut à 1,8 m. Par conséquent, pour les rampes, on obtient 2/3 de 1,8 m, soit 1,2 m, et pour le porte-rampe, cela représente 1/3 de 1,8 m, soit 0,6 m.

VI.3.1 Les débits de rampes et la porte rampe

Débit de la rampe : $Q_r = N_g \times Q_{gr} \quad \text{VI.11}$

Débit de la porte rampe : $Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad \text{VI.12}$

➤ Nombre des arbres par rampe

$$N_{A/r} = \frac{L_r}{E_a} = \frac{125}{4} = 31 \text{ arbres} \quad \text{VI.13}$$

➤ Nombre des goutteurs par rampe

$$N = N_{A/r} \times N_g = 31 \times 2 = 62 \quad \text{VI.14}$$

➤ Nombre des rampes

$$N_r = \frac{L_{\text{terrain}}}{E_a} = \frac{80}{4} = 20 \quad \text{VI.15}$$

Alors : $Q_r = N_g \times Q_{gr} = 62 \times 4 = 248 \text{ l/h} \quad \text{VI.16}$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 248 \times 20 = 4960 \text{ l/h} \quad \text{VI.17}$$

VI.3.2 Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe

➤ Diamètre de la rampe

On calcule le diamètre d'une rampe de la manière suivante :

$$\varnothing_r = \left[\frac{p.d.c(r).2,75}{0,478.Q r} \right]^{(-\frac{1}{4,75})} L(r) \quad \text{VI.18}$$

Avec :

Bien sûr ! Voici une reformulation du paragraphe avec un style clair et cohérent :

- Pdc(r)** : perte de charge au niveau de la rampe
- Q(r)** : débit de la rampe en litres par heure (l/h)
- L(r)** : longueur de la rampe en mètres (m), soit 80 m pour les rampes et 125 m pour les porte-rampe
- \varnothing_r (cal)** : diamètre des rampes
- \varnothing_{pr} (cal)** : diamètre des porte-rampe

$$\varnothing_r = \left(\frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times 248^{1,75} \times 80} \right)^{(-\frac{1}{4,75})} = 12,78 \text{ mm}$$

Nous employons un diamètre normalisé : **DN = 16 mm.**

➤ Diamètre de porte rampe

$$\varnothing_{pr} = \left[\frac{p.d.c(r).2,75}{0,478.Q pr} \right]^{(-\frac{1}{4,75})} L(pr) \quad \text{VI.19}$$

$$D = \left[\frac{0,6 \times 2,75}{0,478 \times 4960^{1,75} \times 125} \right]^{(-\frac{1}{4,75})} = 48,94 \text{ mm}$$

Nous utilisons un diamètre normalisé : **DN = 63 mm.**

VI.3.3 Vérification des pertes de charges

Les pertes de charge selon la méthode de Hazen-Williams

$$\Delta H = \left(\frac{3,592}{c} \right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \quad \text{VI.20}$$

- ΔH_L : perte de charge linéaire

- Q : Débit (m^3/s)
- D : Diamètre(m)
- C : Coefficient de Hazen -Williams $c=130$.

➤ **Pour les rampes**

On observe que ΔH rampe est de 0,68 m, ce qui est inférieur à 1,2 m (vérifié).

➤ **Pour les porte-rampes**

On observe que ΔH porte -rampe est de 0,12 m, ce qui est inférieur à 1,2 m (vérifié).

Tableau VI. 1: Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte

Conduites	Longueur(m)	Diamètre(mm)	Débit (l/h)	Pertes de charge(m)
La rampe	80	16	248	0.68
Porte rampe	125	63	4960	0.12

VI.3.4. Calcul de la pression requise :

La pression totale requise est la somme de la pression nominale de 10 mce et des pertes de charge accumulées sur le trajet depuis la borne d'irrigation jusqu'au goutteur présentant la perte la plus significative. Ainsi, on calcule la pression nécessaire comme suit : $\Delta H_t = 0,68 + 0,12 + 10 = 10,8$ bar, soit 1,08 bar. On constate que la pression calculée nécessaire est de 1,08 bar, ce qui est conforme aux limites définies par la règle de Christiansen pour la pression au niveau de la borne.

VI.4 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

Le système d'irrigation par aspersion fonctionne en alimentant des rampes munies de dispositifs d'aspersion depuis un point de prélèvement d'eau à l'aide d'un réseau de canalisations. Avant de concevoir ce système, il est crucial d'évaluer plusieurs facteurs, tels que le type de culture à irriguer et les caractéristiques spécifiques de la parcelle. Ces informations permettent de déterminer la configuration optimale des asperseurs, assurant ainsi une répartition uniforme de l'eau sur la surface cultivée.

VI.4.1 Choix de la culture

La culture choisie est la tomate en raison de ses avantages économiques et agronomiques. La tomate requiert un apport en eau de mars à juillet, avec un besoin net maximal en mai, atteignant 183,12 mm par mois.

VI.4.2 Choix de parcelle

la parcelle choisie pour l'irrigation par aspersion est la parcelle P2, située dans l'ilot N07, et couvre une superficie de 1,2 hectare. Cette parcelle a une forme rectangulaire, avec des dimensions de 125 mètres sur 80 mètres, et est alimentée par la borne N°07, offrant une pression supérieure à 1,43 bars. Remarque : Le travail est prévu pour une durée de 18 heures par jour, sur une période de 26 jours par mois.

VI.4.3 Calcul de la Dose pratique RFU

$$\mathbf{RFU = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z} \quad \mathbf{VI.21}$$

Pour le calcul des besoins en irrigation des tomates, il est essentiel de prendre en compte plusieurs paramètres clés. Le degré de tarissement, noté Y, est fixé à 2/3. La densité apparente, représentée par D_a , est égale à 1,4. La profondeur d'enracinement, symbolisée par Z, est de 50 cm (soit 500 mm). En ce qui concerne l'humidité, H_{cc} correspond à l'humidité à la capacité au champ, qui est de 26%, tandis que H_{pf} désigne l'humidité au point de flétrissement, fixée à 16%. Ces valeurs permettent de déterminer avec précision les besoins en irrigation des tomates en fonction des conditions spécifiques de leur culture.

$$\text{A.N :} \quad \mathbf{RFU = \frac{2}{3} \times (0.26 - 0.16) \times 1.4 \times 500 = 46.7 \text{ mm}}$$

VI.4.4 Dimensionnement de l'asperseur

VI.4.4.1 Choix du diamètre de la buse

➤ 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

$$P = \frac{1.5d}{1.04} \quad \mathbf{VI.22}$$

Selon la fiche technique de l'arroseur Perrot, le diamètre de la buse ne doit pas excéder 6,24 mm. Pour optimiser l'économie, nous avons opté pour un diamètre de 4,5 mm sous une pression de 2,5 bars. Cette configuration permet une portée théorique de 14,6 mètres, selon la fiche technique mise à jour du modèle Pierrot.

VI.4.4.2 Calcul de la portée du jet (L)

La portée des asperseurs représente la distance maximale qu'ils peuvent atteindre en projetant de l'eau. Elle est déterminée à l'aide de la formule empirique suivante

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \quad \mathbf{VI.23}$$

Avec :

- d : diamètre de la buse (mm)
- h : pression à la buse (m)

$$L = 3.5 \times 4.5^{0.5} \times 30^{0.25} = 14.89 \text{ m, d'après Perrot } L=15 \text{ m.}$$

VI.4.4.3 Écartement entre les rampes et arroseurs

Selon les normes américaines, l'écartement maximal entre les lignes d'arrosage, qui varie en fonction de la vitesse du vent, est défini comme suit. En tenant compte des vents caractéristiques de notre région d'étude, nous avons calculé les valeurs suivantes : pour E1, nous obtenons 1,2 fois 15, soit 18 mètres ; et pour Ea, nous obtenons 0,8 fois 15, soit 12 mètres. Par conséquent, le réseau d'irrigation par aspersion présente un écartement final de 12 mètres sur 18 mètres.

Tableau VI. 2: Asperseur de type Perrot (nouvelle gamme)

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) 4,5			
	Portée en m					Distance entre arroseurs PR 24											
mm						15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12
3,5	13,8	14,2	14,7	15,1	15,4	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12
4,2	14,3	14,9	15,5	15,9	16,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,5	14,6	15,2	15,8	16,3	16,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,8	14,8	15,5	16,0	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,0	15,1	15,8	16,4	16,9	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,2	15,3	16,0	16,6	17,1	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6,0**	15,9	16,4	17,2	17,5	17,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7,0**	16,3	16,8	17,6	18,3	18,7	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
Consommation d'eau du PR 24 W																	
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)												
3,5	0,77	0,84	0,91	0,97	1,03												
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33												
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53												
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74												
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89												
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04												
Consommation d'eau du PR 24																	
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	Precipitations											
3,5x2,4	1,09	1,20	1,29	1,38	1,47	5,2	7,0	5,7	7,7	6,2	8,3	6,6	8,9	7,0	9,4		
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	6,8	9,2	7,4	10,0	8,0	10,8	8,5	11,5	9,1	12,3		
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0	5,3	4,3	5,7	4,5	6,0		
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4	5,9	4,7	6,3	5,0	6,7		
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7	6,3	5,1	6,8	5,4	7,2		
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0	6,7	5,4	7,2	5,7	7,6		
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4	8,6	6,9	9,2	7,3	9,7		
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,5	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7		

VI.4.4.4 Vérification de la pluviométrie de la buse

➤ **Débit de l'asperseur**

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} \tag{VI.24}$$

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.5 \times 10^{-5})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 25} \quad Q = 1.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Vérification de la pluviométrie de l'asperseur**

Cette relation permet d'évaluer la pluviométrie horaire ppp en millimètres par heure (mm/h)

$$P = \frac{Q}{Er \times Er} \dots\dots\dots \text{I.25}$$

$$P = \frac{1.32 \times 1000}{18 \times 12} = 5.55 \text{ mm}$$

Le diamètre de la buse sera sélectionné de manière à assurer une pluviométrie de P = 5,55 mm/h,

VI.4.4.5 Détermination des paramètres d'arrosage

➤ Calcul du tour d'eau

La durée du tour d'eau indique le temps requis pour irriguer toutes les parcelles.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{dose } p \times Nj}{Bbp} \quad \text{VI.25}$$

Avec :

- $Nj = 26$ jours
- Besoin de pointe = 183.12 mm
- Dose nette pratique = 46.7 mm

Donc :

$$T_{\text{eau}} = \frac{46.7 \times 26}{183.12} = 6.63 \text{ jours.}$$

Le calcul montre que chaque cycle d'irrigation dure 7 jours, ce qui équivaut à 4 irrigations par mois.

➤ Calcul de la dose réelle

$$D_r = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière} \quad \text{VI.26}$$

$$\text{A.N : } D_r = 7 \times \frac{183.12}{30} = 42.728 \text{ mm}$$

➤ Calcul de la dose brute

$$D_b = \frac{D_r}{\text{eff}} \quad \text{VI.27}$$

$$D_b = 56,97 \text{ mm}$$

➤ Temps d'arrosage

$$T = \frac{D_b}{p} \quad \text{VI.28}$$

$$\text{A.N : } T = \frac{56.97}{6.63} = 8.59 \text{ h/j}$$

Étant donné que le temps d'arrosage est de 8 heures par jour, chaque asperseur sera programmé pour couvrir un seul poste.

➤ Calcul du débit d'équipement

$$Q_{\text{éq}} = \frac{S \times B \times 10}{Nj \times n \times T \times \text{eff}} \quad \text{VI.29}$$

- $Q_{\text{éq}}$: débit d'équipement en m^3/h .
- S : Surface de parcelle en ha.
- B : besoin net de mois de point de mois de la culture choisi.
- T : Tour d'eau en heures.
- N : nombre de position d'un asperseur par jour.

Chapitre VI : $\frac{1 \times 183,12 \times 10}{26 \times 3 \times 8 \times 0,75} = 3,91 \text{ m}^3/\text{h}$. Nous prenons **Q = 4 m³/h.** Dimensionnement à la parcelle

VI.4.5 Calculs hydrauliques

VI.4.5.1 Dimensionnement hydraulique des rampes

$$L_r = \text{largeur du terrain} - Ea/2 \quad \text{VI.30}$$

- **L_r** : Longueur de la rampe (en mètres).
- **Ea** : Distance entre les asperseurs sur la même rampe (en mètres).

A.N : $L_r = 74$

➤ Nombre d'asperseurs par rampe

$$N_{asp/r} = \frac{L_r}{Ea} \quad \text{VI.31}$$

A.N : $N_{asp/r} = \frac{74}{12} = 6 \text{ asperseurs/rampe}$

➤ Nombre de rampe

On travaille avec une rampe

❖ Débit de la rampe

$$Q_r = Q_{asp} \times N_{asp} \quad \text{VI.32}$$

A.N : $Q_r = 1.2 \times 6 = 7.2 \text{ m}^3/h = 0.002 \text{ m}^3/s$

❖ Calcul du Diamètre de la rampe

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \quad \text{VI.33}$$

Vitesse de l'écoulement à travers la rampe : $V \leq V_{adm}$, où V_{adm} est compris entre 0,5 et 2,5 m/s.

En prenant $v = 1,5 \text{ m/s}$, nous calculons D_{pr} . Ainsi, $D_{pr} = 41 \text{ mm}$. Le diamètre normalisé sélectionné est de 50 mm.

VI.4.5.2. Dimensionnement de la porte rampe

➤ Longueur de la porte Rampe

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - \frac{Er}{2} = 125 - \frac{18}{2} = 119\text{m} \quad \text{VI.34}$$

➤ Débit de porte rampe

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times N_{asp/rampe} \times N_{rampe} \quad \text{VI.35}$$

$$Q_{pr} = 0.002 \text{ m}^3/s.$$

➤ Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \quad \text{VI.36}$$

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.002}{\pi \times 1.5}} = 41\text{mm}$$

Le diamètre normalisé optimal est de 50 mm.

VI.4.5.3 Calcul des pertes de charge

Les pertes de charge seront calculées en appliquant la formule de Hazen-Williams.

$$J = \frac{\left(\frac{3.592}{ch}\right)^{1.852} \times L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \quad \text{VI.37}$$

Avec :

- J=Perte de charges linéaire en m ;
 - CH : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
 - D : Diamètre en m ;
 - L : longueur de la conduite en m.
- ✓ les rampes : $J_r = 5.51$ m
- ✓ les porte rampes : $J_{pr} = 2.59$ m

Tableau VI. 3: Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

Conduites	La rampe	Porte rampe
Longueur(m)	74	119
Diamètre(m)	50	50
Débit (m ³ /s)	0.002	0.002
Pertes de charge(m)	2.25	3.3

D'après le tableau VI-3, les pertes de charge totales dans l'ensemble du réseau s'élèvent à 5,82 m, ce qui représente 19 % de la pression de service de 25 m (soit 2,5 bars). La règle de Christiansen est donc respectée.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné la mise en place de deux systèmes d'irrigation distincts : le goutte-à-goutte pour les oliviers et l'asperseur pour les tomates. Ces méthodes d'irrigation sont conçues pour maximiser l'efficacité de l'arrosage en répondant aux besoins spécifiques de chaque culture.

En conclusion, l'adoption de ces systèmes marque une avancée importante vers une agriculture durable. En utilisant ces deux techniques d'irrigation, nous répondons aux défis liés à la gestion des ressources en eau tout en augmentant les rendements agricoles, ce qui garantit une meilleure rentabilité pour les agriculteurs.

Chapitre VII :
Calcul
Technico-économique

VII.1 Introduction :

L'objectif de ce chapitre est d'estimer le coût économique de l'aménagement hydro-agricole en prenant en compte les différentes charges liées au projet.

VII.2. Différents travaux à entreprendre**VII.2.1. Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution**

Les tâches à réaliser pour l'installation du système d'adduction et du réseau de distribution sont les suivantes :

1. Exécution des tranchées

Le processus de terrassement (déblais) consiste à réaliser des excavations à l'aide d'une pelle hydraulique. Les matériaux excavés seront déposés d'un côté de la tranchée, tandis que l'autre côté sera réservé à l'installation des conduites.

2. Pose du lit de sable

Cette opération consiste à installer un lit de sable de 12 cm d'épaisseur au fond de la tranchée.

3. Pose des conduits

Avant d'installer les conduites dans la tranchée, un tri rigoureux est effectué afin d'écarter celles ayant subi des chocs. Elles sont ensuite descendues lentement au fond de la tranchée à l'aide d'un engin de levage. Pendant la pose, l'alignement des tuyaux est vérifié régulièrement afin de faciliter leur raccordement.

4. Epreuve de joint et de la canalisation

Pour assurer une meilleure sécurité, le test de pression des conduites et des joints est réalisé avant le remblaiement. Ce test est effectué à l'aide d'une pompe d'essai qui remplit la conduite d'eau sous une pression équivalente à 1,8 fois la pression de service à laquelle la conduite sera exposée en fonctionnement.

5. Remblayage des tranchées

Il s'agit d'un procédé de terrassement où la conduite est enterrée en utilisant le remblai provenant de l'excavation.

6. Nivellement et compactage

Après le remblai, on réalise le nivellement, qui consiste à étaler les amas de terre. Ensuite, le compactage est effectué pour augmenter la densité du sol et prévenir tout affaissement ultérieur

VII.3. Calcul des volumes des travaux de l'adduction**VII.3.1. Calcul du volume de terrassement****a. Largeur du fond de la tranchée**

La largeur d'ouverture de la tranchée est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$B = d + 0.6$$

Avec :

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

b. Profondeur de la tranchée

La profondeur de la canalisation doit être suffisante pour assurer le bon raccordement des branchements individuels et éviter toute interconnexion avec les autres canalisations.

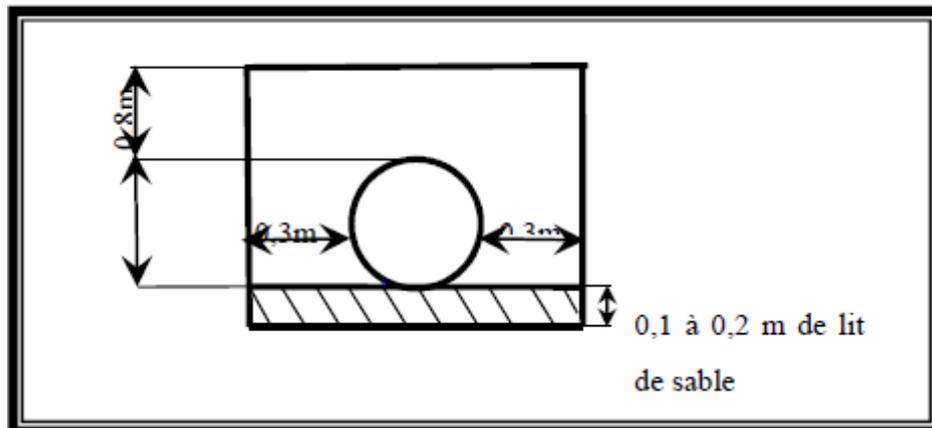


Figure VII. 1: Disposition de la conduite dans une tranchée

$$H = e + d + h \text{ (m)}$$

Avec :

- H : Profondeur de la tranchée (en mètres).
- e : Hauteur du lit de pose (en mètres).
- d : Diamètre de la conduite (en mètres).
- h : Hauteur du remblai situé au-dessus de la conduite (en mètres).

VII.3.2. Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est une surface rectangulaire, déterminée par la formule suivante : $S = B \times H$.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau VII-1.

Tableau VII. 1: calcul du volume de déblai de conduite de refoulement

	Diamètre (mm)	Longueur de la conduite (m)	Largueur de la tranchée b :(m)	Hauteur de la tranchée(m)	Volume de déblai (m ³)
La conduite de Refoulement	600	10200	1.2	1.5	18360

VII.3.3. Calcul du volume de lit de sable

Ce lit est constitué d'une couche de sable de 20 cm d'épaisseur sur le fond de la tranchée. Cette épaisseur est uniforme sur toute la longueur de la tranchée. Pour calculer la surface de cette couche, nous utilisons la formule suivante :

$$V = e \times b \times L$$

VII.1**Tableau VII. 2:** calcul du volume de sable

	e (m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m³)
C. refoulement	0.2	10200	1.2	2448.000

VII.3.4. Calcul du volume de remblai

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qu'occupent la conduite et le volume occupé par le lit de sable.

V : Volume occupé par la conduite (m³)

$$V = \frac{\pi}{4} \times (\pi \times D^2)$$

VII.2

- Vr : Volume du remblai compacté (m³) $V_r = V_d - (V + V_s)$
- Vd : Volume du déblai (m³)
- Vs : Volume du sable (m³)
- L : Longueur de la conduite (m)
- D : Diamètre de la conduite (m)

Les volumes des travaux relatifs à la conduite sont détaillés dans le tableau VII-3.

Tableau VII. 3: Calcul du volume de remblai

	Diamètre (mm)	V(Déblai) (m³)	V(Conduite) (m³)	V(Sable) (m³)	V (Remblai) (m³)
La conduit de Refoulement	600	18360.000	4804.200	2448.000	11107.8

VII.3.5. Estimation du cout de pose de conduites d'adduction**Tableau VII. 4:** Estimation du coût d'installation des canalisations pour l'adduction d'eau.

Désignation des travaux	Unité	Quantité m ³	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai	(m ³)	18360.000	300	5508000
2) remblai	(m ³)	11107.800	310	3443418
3) lit de sable	(m ³)	2448.000	3000	7344000
Total				16295418
TVA (19%)				3096129.42
Montant TTC (DA)				19391547.42

VII.4. Calcul des volumes des travaux de distribution

Pour obtenir les mêmes valeurs de (h, m) que celles utilisées pour l'adduction, il suffit simplement de calculer les valeurs de b pour les différentes gammes de diamètres du réseau d'irrigation. Le tableau ci-dessous indique le volume des travaux de distribution en fonction des différents diamètres présents dans le réseau, en prenant H=1.2 m.

VII.4.1. Déblais d'excavation

Les résultats des calculs effectués pour les volumes des déblais d'excavation ont été récapitulés comme suit :

Tableau VII. 5:. Calcul du volume de déblai.

Diametre	Largueur (m)	Profondeur(m)	Longueur(m)	V deb
90	0.690	0.990	114	77.621
110	0.710	1.010	83	59.476
125	0.725	1.025	1394	1035.775
140	0.740	1.040	712	547.724
200	0.800	1.100	1008	886.688
250	0.850	1.150	169.84	166.019
315	0.915	1.215	600.05	667.091
400	1.000	1.300	546.392	710.310
500	1.100	1.400	2673	4116.543
Somme				8267.246

VII.4.2. Pose du lit de sable

Le tableau VII.6 présente un récapitulatif des volumes de sable calculés pour différents diamètres de réseau.

Tableau VII. 6: calcul du volume du lit de sable.

Diametre	Largueur (m)	Profondeur(m)	Longueur(m)	V lit de sable
90	0.690	0.990	114	15.681
110	0.710	1.010	83	11.777
125	0.725	1.025	1394	202.102
140	0.740	1.040	712	105.332
200	0.800	1.100	1008	161.216
250	0.850	1.150	169.84	28.873
315	0.915	1.215	600.05	109.809
400	1.000	1.300	546.392	109.278
500	1.100	1.400	2673	588.078
SOMME				1332.146

VII.4.3. Remblai compacté

Pour chaque diamètre du réseau, le volume du remblai compacté est déterminé en se basant sur les résultats des deux tableaux précédents. Le tableau VII.7 résume les résultats des calculs de volume du remblai compacté pour les différents diamètres du réseau.

Tableau VII. 7:calcul du volume du remblai compact

Diametre	Largueur (m)	Profondeur(m)	Longueur(m)	V remblai
90	0.690	0.990	114	53.912
110	0.710	1.010	83	40.537
125	0.725	1.025	1394	696.905
140	0.740	1.040	712	364.177
200	0.800	1.100	1008	567.279
250	0.850	1.150	169.84	103.815
315	0.915	1.215	600.05	408.904
400	1.000	1.300	546.392	429.464
500	1.100	1.400	2673	2479.282
SOMME				5144.274

Le tableau VII.8 présente un résumé des résultats concernant le calcul des volumes de travaux de terrassement pour le réseau d'irrigation."

Tableau VII. 8: Estimation du coût pour l'installation des canalisations de distribution

Désignation des travaux	Unité	Quantité m ³	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai	(m3)	8267.246	300	2480173.88
2) remblai	(m3)	5144.274	310	1594724.925
3) lit de sable	(m3)	1332.146	3000	3996439.26
Total				8071338.072
TVA (19%)				1533554.234
Montant TTC (DA)				9604892.306

VII.5. Estimation du cout du réseau

Tableau VII. 9: Factures pro forma pour les pièces du réseau

Diametre	Type	Unité de mesure	Prix unitaire (DA)	Quantité ml	Prix (DA)
90	PEHD	ml	490.8	114	55769.604
110	PEHD	ml	778.6	83	64577.084
125	PEHD	ml	1100	1394	1533191
140	PEHD	ml	1700	712	1209890
200	PEHD	ml	3200	1008	3224320
250	PEHD	ml	4500	170	764280
315	PEHD	ml	10100	600	6060505
400	PEHD	ml	7900	546.392	4316496.8
500	Fonte	ml	8560	2673.08	22881564.8
600	FONTE	ml	10638.6	10200	108513720
Total					148 624314.29
TVA(19%)					28 238 619.71
Montant TTC					176 862 934.00

VII.6. Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales**Tableau VII. 10:** Estimation du cout des bornes et pièces d'irrigation.

Les bornes	prix unitaire da	Quantité	prix des Trav
A4	20000	13	260000
A2	13400	2	26800
Coudes 90	1290	2	2580
coude 45°	1180	3	3540
Vannes	12780	7	89460
Vanne sectionnement	21600	3	64800
Te	1190	5	5950
Bouchons	850	4	3400
Total HT			456530
TVA 19%			86740.7
TOTAL TTC			543270.7

Le coût total des bornes et des pièces spéciales en irrigation s'élève à **543270.7 DA**.

VII.7. Le réservoir de stockage

Le réservoir est dimensionné pour une capacité de $V=800 \text{ m}^3$, avec un diamètre de $D=16 \text{ m}$ et une hauteur de $H=4 \text{ m}$.

Les estimations détaillées des différents travaux sont présentées dans le tableau VII.11 :

Tableau VII. 11: Estimation de cout de réservoir de stockage

Designation des travaux	unite	Quantité	Prix Unitaire	Montant
<u>Terrassement</u>				
Déblai	M3	95	610	57950
Remblai	M3	70	640	44800
Béton arme et coffrage	M3	120	12 100	1452000
Aménagement extérieur et Divers				
Portail métallique	U	1	240000	240000
Mur de cloture	M2	48	3300	158400
Revêtement	M2	260	1100	286000
Total HT				2239150
TVA 19%				425438.5
Total TTC				2 664 588.5

Le cout du réservoir de stockage est de : **2 664 588.5 DA**

VII.8. La station de pompage

Résumé détaillé des coûts estimés pour les travaux du système de pompage, avec une estimation précise des dépenses totales prévues.

Tableau VII. 12: récapitule Le détail estimatif des travaux de système de pompage

Designation des travaux	Unite	Quantité	Prix Unitaire	Montant
<u>1)Terrassement</u>				
Déblai	M ³	100	610	61 000
Remblais	M ³	40	660	26 400
<u>2)Maçonneries</u>				
Béton arme	M ³	78	12500	975 000
Revêtement	M ²	40	1000	40 000
<u>3)travaux divers</u>				
Armoire électrique	U	1	155000	155 000
<u>4)Aménagement extérieur</u>				
Mur de clôture	Forfait	1	200 000	200 000
Loge de gardien				
<u>5)Equipements hydromécaniques</u>				
Pompes	U	3	700000	2 100 000
Anti-Belier	U	1	200 000	200 000
Clapet anti retour	U	1	120000	120 000
Total HT				3 877 400.0
TVA 19%				736 706.0
Total TTC				4 614 106.0

Le coût total de la station de pompage s'élève à : **4 614 106.0 DA**

VII.9. Devis estimatif du projet

Le devis total des travaux est présenté en détail dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII. 13: Devis estimatif total

Travaux	Montant (DA)
Terrassement	28996439.73
Pose des conduites	176 862 934.00
Bornes d'irrigation et pièces spéciales	543270.7
Réservoir de stockage	2 664 588.5
Station de pompage	4 614 106.0
Montant TTC	2131 338.9

Conclusion

Après avoir examiné minutieusement toutes les étapes du projet et calculé le volume de travail associé à chaque tâche, ainsi qu'en estimant le coût unitaire de chacune d'entre elles, nous avons pu déterminer le coût total du projet. Cette analyse a inclus une évaluation détaillée des ressources nécessaires, y compris les matériaux, la main-d'œuvre, les équipements et les services externes. En tenant compte de ces éléments, nous avons estimé que le montant total nécessaire pour compléter le projet s'élève à 213 681 338.9 dinars algériens, soit deux cent treize millions six cent quatre-vingt-un mille trois cent trente-huit dinars et quatre-vingt-dix centimes. Ce montant reflète une estimation précise et réaliste des coûts, basée sur des données actuelles et des projections fiables, afin de garantir la réussite du projet dans les délais et les budgets prévus.

Conclusion générale

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre d'une réflexion approfondie sur le dimensionnement hydro-agricole du périmètre de BOUNAIM, en mettant en lumière les défis et opportunités liés à la gestion de l'eau dans un contexte semi-aride. À travers une étude exhaustive des conditions climatiques, pédologiques, et des ressources en eau disponibles, nous avons pu élaborer un projet cohérent et durable.

L'analyse des données agrométéorologiques nous a permis de comprendre l'importance cruciale de la gestion de l'eau pour soutenir l'agriculture dans la région. En raison des variations climatiques et de la texture spécifique des sols, le choix des cultures et des systèmes d'irrigation adaptés est une étape déterminante pour maximiser les rendements. La qualité de l'eau du barrage de Hammam BOUGHERARA, avec sa faible salinité, s'est révélée être un atout majeur pour la fertilité des sols et le développement durable des cultures.

Dans l'optique de moderniser les techniques agricoles, les systèmes d'irrigation par goutte-à-goutte et aspersion ont été retenus. Ces méthodes ont été choisies en raison de leur capacité à répondre efficacement aux besoins des cultures tout en optimisant l'utilisation des ressources en eau. Le projet met en avant l'importance d'une approche technologique dans la gestion de l'irrigation, garantissant ainsi des performances agricoles accrues et une gestion rationnelle des ressources hydriques.

Enfin, ce travail souligne l'importance d'une planification méthodique et d'une évaluation minutieuse des coûts et ressources nécessaires pour mener à bien le projet. La mise en place d'infrastructures adaptées, combinée à une gestion raisonnée de l'eau et des cultures, ouvre des perspectives prometteuses pour le développement agricole de la région. En adoptant ces solutions innovantes, le périmètre de BOUNAIM pourra non seulement améliorer ses rendements, mais également contribuer à la sécurité alimentaire et à la rentabilité économique à long terme, tout en s'adaptant aux défis climatiques et environnementaux.

Références Bibliographiques

[1] LEBOURGEOIS François, 2010: Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers
EquipeEcologie Forestière, ENGREF – 14 rue Girardet – 54042.Nancy Cedex.

[2] BROUWER, C., et al. Méthodes d'irrigation. FAO, Italy, 1990.

[3] Monographie de la wilaya de Tlemcen, 2018

[4] Touaibia 2004 : Manuel d'hydrologie.

[5] FAO 1975. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24.

[6] Mathieu C., P Audoye, J. Chossat Bases techniques de l'irrigation par
aspersion, EditionsLavoisier France, 2007.

[7] Benharzallah, Djamel Abdelnaceur. (2015). "Étude du périmètre d'irrigation d'El Assafia
450ha à partir de la station d'épuration de Laghouat (W.Laghouat)."

[8] Hettak, Nesrine. (2020). "Étude d'Aménagement hydroagricole du périmètre Achaacha à
partir du Barrage Kramis (W. Mostaganem)."

ANNEXE 1

Résultats d'analyse physico-chimique d'eau du barrage Hammam BOUGHRARA
Octobre 2020

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 boughrara 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 Nom ou raison sociale du demandeur : B.E.C.E BENZEMAMMOUCHE SALAH	Ref. client: A-E-163-R
--	------------------------

Paramètres	Réf.méthode	Résultats	Seuils limites
PH à 20°C	N.A.751	8,2	6,5 - 8,5
Conductivité à 25°C (µS/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.

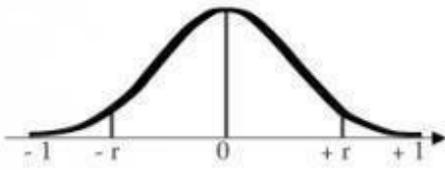
OBSERVATION :

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

Bulletin établi le : 28-10-2020

Laboratoire d'Analyse de la Qualité
N. KARAOUZENE N. B.
N°926 « D », cité les oliviers, KIFFANE TLEMCEM

Annexe 2 : Tableau de calcul de Khi carré théorique



d.d.l.	α	0,10	0,05	0,02	0,01
	1		0,9877	0,9969	0,9995
2		0,9000	0,9500	0,9800	0,9900
3		0,8054	0,8783	0,9343	0,9587
4		0,7293	0,8114	0,8822	0,9172
5		0,6694	0,7545	0,8329	0,8745
6		0,6215	0,7067	0,7887	0,8343
7		0,5822	0,6664	0,7498	0,7977
8		0,5494	0,6319	0,7155	0,7646
9		0,5214	0,6021	0,6851	0,7348
10		0,4973	0,5760	0,6581	0,7079
11		0,4762	0,5529	0,6339	0,6835
12		0,4575	0,5324	0,6120	0,6614
13		0,4409	0,5139	0,5923	0,6411
14		0,4259	0,4973	0,5742	0,6226
15		0,4124	0,4821	0,5577	0,6055
16		0,4000	0,4683	0,5425	0,5897
17		0,3887	0,4555	0,5285	0,5751
18		0,3783	0,4438	0,5155	0,5614
19		0,3687	0,4329	0,5034	0,5487
20		0,3598	0,4227	0,4921	0,5368
25		0,3233	0,3809	0,4451	0,4869
30		0,2960	0,3494	0,4093	0,4487
35		0,2746	0,3246	0,3810	0,4182
40		0,2573	0,3044	0,3578	0,3932
45		0,2428	0,2875	0,3384	0,3721
50		0,2306	0,2732	0,3218	0,3541
60		0,2108	0,2500	0,2948	0,3248
70		0,1954	0,2319	0,2737	0,3017
80		0,1829	0,2172	0,2565	0,2830
90		0,1726	0,2050	0,2422	0,2673
100		0,1638	0,1946	0,2301	0,2540

PM 150/ 2 D

Caractéristiques requises

Débit	110 l/s
Hauteur de refoulement	53.7 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1

Caractéristiques de la pompe

Débit	109 l/s
Hauteur de refoulement	52.8 m
Puissance absorbée	78.7 kW
Rendement	72.6%
Hauteur manométrique H(Q=0)	85.9 m
Orif. de refoulement	150 mm

Caractéristiques moteur

Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	1750 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	90 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55

Limites opérationnelles

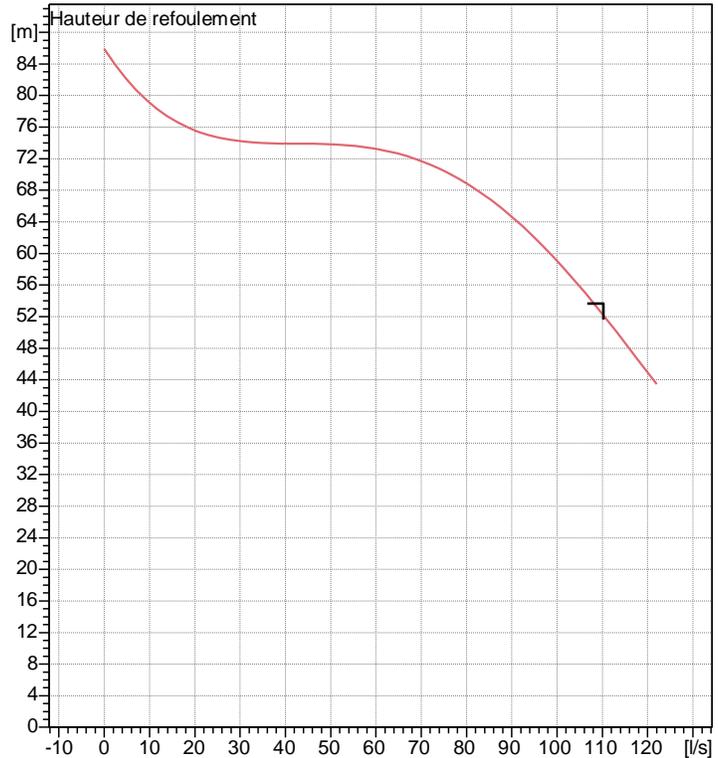
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s

Caractéristiques générales

Poids	Sur dem. kg
-------	-------------

Matériaux

Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



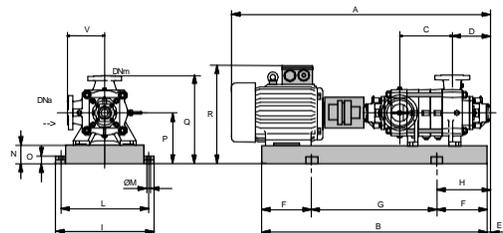
Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

B = 1741
C = 360
D = 351
DNa = 200
DNm = 150
E = 241
F = 300
G = 1141
H = 541
I = 870
L = 820
M = 20
N = 160
O = 42
P = 475
Q = 845
V = 370



Notes:

Date

Page

Offre n°

Pos.N°

