



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'aménagement hydro-agricole de l'extension du
Périmètre de MAGHNIA 202,5ha à partir du barrage
boughrara(W. Tlemcen)**

Présenté par :

MADOUI Nouara

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms

Grade

Qualité

KAHLERRAS Djilali

M.C. A

Président

BENKACI ALI Tarek

M.C. B

Examineur

BOUZIANE Omar

M.A. A

Examineur

MEDDI Mohamed

Professeur

Promoteur

Session 2023

REMERCIEMENT

Je commence par remercier ALLAH, le Créateur de tout ce qui existe, pour m'avoir accordé la force, la persévérance et l'inspiration nécessaires pour mener à bien cette recherche. C'est grâce à sa lumière que j'ai pu naviguer à travers les défis et les doutes qui ont jalonné ce voyage académique.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance envers mon directeur de mémoire, **Mr MEDDI Mohamed** pour sa guidance experte, ses conseils éclairés, et sa patience tout au long de ce processus. Son expertise et son engagement dans le travail ont été essentiels pour son aboutissement.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour les membres de jury pour le temps et l'attention qu'ils ont consacrés pour l'évaluation de ce mémoire. Vos commentaires et suggestions sont inestimables pour enrichir ce travail. Votre expertise est une source d'inspiration, et j'espère que mon travail répond à vos attentes. Votre contribution est essentielle pour mon développement académique, et je vous remercie sincèrement pour votre précieuse contribution à la réussite de mon projet. Je reste reconnaissante envers vous pour cette expérience significative.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mes amis qui ont été à mes côtés tout au long de ce parcours académique. Leur soutien inconditionnel, leurs encouragements et leurs précieux conseils ont été une source d'inspiration et de motivation inestimable pour moi.

À **Ahlem, Khaoula, Yasmina, Khawla** et à tous les autres qui ont partagé cette aventure avec moi, je vous remercie du fond du cœur pour votre présence, votre amitié et votre soutien. Vos encouragements ont été une bouée de sauvetage dans les moments difficiles, et vos célébrations ont rendu les succès encore plus significatifs.

Que notre amitié continue à grandir et à s'épanouir au-delà de ces années d'études. Je suis reconnaissante d'avoir des amis aussi exceptionnels, et je vous porte dans mon cœur alors que nous continuons à avancer dans nos vies respectives.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers tous ceux et celles qui me sont chers et ceux dont je n'ai pu mentionner les noms, mais qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce mémoire et dont le soutien m'a été indispensable.

Dédicace

*Ce travail est dédié avec amour à la mémoire de mon cher père, **MADOUI Yahia** Dans les doux souvenirs de mon enfance, tu demeures une présence immuable, une lumière qui éclaire mon chemin. Même si tu as rejoint l'éternité, ta mémoire demeure vivante en moi, tissée dans les fibres de mon être. Ce mémoire est bien plus qu'un simple accomplissement académique ; c'est un hommage à l'homme extraordinaire que tu étais. Tes enseignements, ta force et ton amour ont été les fondations sur lesquelles j'ai construit ma vie et mes réalisations.*

Dans chaque ligne, je célèbre ton héritage, reconnaissant(e) de l'impact profond que tu as eu sur moi. Ta sagesse continue de guider mes pas, et ton amour nourrit mon âme.

À toi, mon cher père, que le paradis soit ton éternelle demeure.

Je souhaite également dédier ce travail à ma mère . Son amour inconditionnel, son soutien indéfectible et ses sacrifices ont été les fondations de ma vie. Chacun de mes succès est en grande partie le reflet de ton éducation, de tes valeurs et de tes enseignements. Tu m'a montré la signification du dévouement, du travail acharné et de l'amour familial. Même lorsque les mots ne suffisent pas à exprimer ma reconnaissance, sache que chaque page de ce travail porte ton influence et votre amour. Tu es ma boussole morale et mon modèle de vie.

*À mes frères bien-aimée **M'hammed, Omar ,Slimane , Hamza** , et à ma chère sœur , **Faiza** , ma nièce **Ratil** , mes neveux **Yahia** et **Zakaria**, je veux exprimer ma gratitude pour nos liens indéfectibles. Votre présence dans ma vie a été une source de joie, d'inspiration et de soutien. Nous avons partagé des moments de bonheur et de défis, et cela a enrichi ma vie de manière inestimable.*

Que ce travail soit un hommage à vous tous, un rappel de votre impact positif dans ma vie et une manière d'exprimer ma reconnaissance pour tout ce que vous avez fait. Même si la vie nous sépare, notre lien reste fort et éternel.

Je vous aime profondément, et je porte votre influence et vos enseignements avec moi à chaque étape de ma vie.

Avec tout mon amour et ma gratitude éternelle.

NOUARA

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد حجم شبكة السقي لمحيط مغنية بولاية تلمسان والتي تمتد على مساحة 202,5 هكتار. وسيتم سقي هذا المحيط من سد حمام بوغرارة. يتضمن هذا المشروع دراسة تفصيلية للمنطقة من حيث المناخ، التربة والمياه لتقدير احتياجات المحاصيل من أجل تصميم شبكة سقي مناسبة. ولهذا الغرض يمكن استخدام تقنيتين للسقي، الرش ونظام التنقيط نظرا لكفاءتهما الهيدروليكية والزراعية.

Résumé :

Le présent mémoire de fin d'étude a pour finalité de définir la gestion des périmètres irrigués et ayant pour objectif la réalisation d'un aménagement hydro-agricole du périmètre Maghnia (202.5ha) situé dans la wilaya de Tlemcen à partir du barrage boughrara.

L'analyse des études climatologiques, pédologiques et agronomiques nous ont permis de définir d'une manière judicieuse le choix des cultures à introduire, ainsi que la quantité des besoins en eau nécessaires, dans le but d'une projection d'un système d'adduction adéquat. Le choix de techniques d'irrigation modernes : aspersion et goutte à goutte aura pour objectif la modernisation du système de distribution et l'intensification des rendements des cultures et donc une rentabilisation du projet d'aménagement du périmètre à moyen et à long terme.

Abstract:

This dissertation aims to define the management of the irrigated perimeter Maghnia (202.5ha) situated in the Tlemcen city near Boughrara dam.

The analysis of the climatological, pedological and the agronomical survey has permitted us to define wisely the crop to introduce, thus the required quantity of water, with the aim of installing a sufficient water adduction system. The choice of modern irrigation techniques: sprinkle or drip watering system will permit the modernization of water distribution and increase of agricultural yields, these investment projects imply a medium and long-term return on investment.

Tables des matières

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Introduction	1
I.1 Présentation générale de la wilaya de Tlemcen	1
I.1.1 Situation géographique	1
I.1.2 Présentation du périmètre d'étude	1
I.2 Etude géologique	3
I.2.1 Les formations géologiques antéquatérnaires	3
I.3 Géomorphologie/Relief	4
I.4 Réseau hydrographique	5
I.5 Etude climatologique	5
I.5.1 Choix de la station de référence	5
I.5.2 Les Températures	6
I.5.3 Pluies mensuelles	7
I.5.4 L'évaporation	8
I.5.5 L'humidité relative	8
I.5.6 Le vent	9
I.5.7 L'insolation	10
I.5.8 Autres paramètres climatologiques	10
I.5.9 Calcul des indices Agro-météorologiques	10
I.5.9.1 Quotient Ombrothermique d'Emberger:	11
I.5.9.2 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen	13
I.6 Etude socio-economique	13
I.6.1 Agriculture	13
Conclusion.....	14

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Introduction	15
II.1 Ressources en sol.....	15
II.1.1 But de l'étude pédologique	15
II.1.2 Description et classification des sols du périmètre	15
II.1.3 Caractéristiques hydrodynamiques des sols.....	18
II.1.4 Détermination des aptitudes culturales des sols.....	19
II.2 Ressources en eau.....	20

II.2.1	Etude de la qualité de l'eau d'irrigation	21
II.2.2	Classification des eaux d'irrigation.....	22
II.2.2.1	La concentration totale des sels solubles	22
II.2.2.2	Le SAR (Sodium Absorption Ratio).....	22
II.3	Calcul de la pluie de projet.....	24
II.3.1	Choix de la station.....	24
II.3.2	Répartition de la pluie moyenne annuelle	25
II.3.3	Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique	26
II.3.3.1	Teste de Mood :(Paul Meylan, 2008)	26
II.4	Ajustement des pluies annuelles.....	27
II.4.1	Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale	27
II.4.2	Test de validité d'un ajustement	28
II.4.3	Détermination de l'année de calcul	30
Conclusion.....		31

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Introduction		32
III.1	Besoin en eau du périmètre	32
III.1.1	Calcul des besoins en eau d'irrigation.....	32
III.1.2	Calcul de l'évapotranspiration référence (ET ₀).....	32
III.1.3	Calcul de l'évapotranspiration de référence.....	32
III.2	Calcul de la pluie efficace	35
III.3	Calcul de la réserve en eau du sol	35
III.4	Choix des cultures	36
III.4.1	Occupation des sols.....	36
III.4.2	Assolements des cultures	36
III.5	Estimation des coefficients culturaux (K _c)	37
III.6	Estimation des besoins en eau des cultures choisies	38
III.6.1	Estimation des besoins en eau des céréales.....	38
III.6.1.1	Estimation des besoins en eau des maraîchages	40
III.6.2	Estimation des besoins en eau des arboricultures	45
III.7	Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2	47
III.7.1	Calcul du débit spécifique	48
III.7.2	Evaluation du débit caractéristique	49

III.7.3	Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	49
Conclusion.....		50

Chapitre IV : Étude de système d'adduction et distribution

Introduction.....		51
IV.1	Alimentation en eau du périmètre.....	51
IV.2	Choix de la variante d'adduction.....	51
IV.3	Le réseau d'adduction.....	51
IV.3.1	Le diamètre optimal économique de la conduite d'adduction.....	52
IV.4	Le réseau de Distribution.....	52
IV.4.1	Organisation et l'aménagement du périmètre	52
IV.4.2	Découpage des Ilots	52
IV.4.3	Bornes d'irrigation (rôle et fonction):.....	53
IV.4.4	Tracé du réseau d'irrigation	54
IV.4.5	Calcul du débit aux bornes.....	55
IV.4.6	Choix du diamètre et de type de la borne.....	55
IV.5	Matériaux de construction des canalisations	57
IV.5.1	Etude de système de pompage	58
IV.5.2	Types des pompes utilisées	59
IV.5.3	Hauteur manométrique totale.....	59
IV.5.4	Nombre et choix des pompes	60
IV.6	Dimensionnement des canalisations	61
IV.6.1	La vitesse admissible:	61
IV.6.2	Calcul du diamètre économique.....	61
IV.6.3	Évaluation des pertes de charge	62
IV.6.4	Calcul des pressions aux bornes.....	62
Conclusion.....		66

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Introduction.....		67
V.	1Les différentes techniques d'irrigation	67
V.1.1	Irrigation par Aspersion.....	67
V.1.2	Irrigation par goutte à goutte (localisée)	68
V.1.3	Irrigation par gravité (surface).....	70
V.1.4	Irrigation par pivot central.....	73
Conclusion.....		74

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Introduction	75
VI.1 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion:.....	75
VI.2 Dimensionnement théorique.....	76
VI.3 Dimensionnement hydraulique des rampes.....	79
VI.3.1 Longueur de la rampe:	79
VI.3.2 Dimensionnement de la rampe (Q_r):.....	80
VI.3.3 Calcul du diamètre de la rampe	80
VI.3.4 Calcul des pertes de charge	81
VI.4 Dimensionnement de la porte rampe.....	81
VI.4.1 Longueur de la porte rampe	81
VI.4.2 Débit de la porte rampe	81
VI.4.3 Calcul du diamètre de la porte rampe	82
VI.4.4 Calcul de la perte de charge de la porte rampe	82
VI.4.5 Calcul de la pression en tête de réseau:.....	83
VI.5 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte	83
VI.5.1 Données générales.....	84
VI.5.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	84
VI.5.3 Dose nette pratique.....	85
VI.5.4 Fréquence et espacement des arrosages (Fr).....	86
VI.5.5 Calcul de la dose brute	86
VI.5.6 La dose brute réelle	86
VI.5.7 Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures)	86
VI.5.8 Durée d'arrosage journalier	87
VI.5.9 Nombre d'arbre par hectare	87
VI.5.10 Nombre d'arbre par rampe	87
VI.5.11 Nombre des goutteurs par rampe	87
VI.5.12 Débit d'une rampe.....	87
VI.5.13 Nombre de rampes	87
VI.5.14 Débit de porte rampe.....	88
VI.6 Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte	88
VI.6.1 Diamètre de la rampe	88
VI.6.2 Diamètre de la porte rampes	89
VI.7 Calcul de la pression en tête du réseau.....	89
Conclusion.....	90

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

Introduction	91
VII.1 Différents travaux à entreprendre.....	91
VII.1.1 Exécution des tranchées	91
VII.1.2 Pose du lit de sable.....	91
VII.1.3 Mise en place des canalisations	92
VII.1.4 Assemblage des conduites en PEHD	92
VII.1.5 Epreuve de joint et de la canalisation.....	93
VII.1.6 Nivellement et compactage	93
VII.1.7 Choix des engins du chantier	94
VII.2 Évaluation financière des divers types de conduites et des travaux associés.....	94
VII.2.1 Évaluation des volumes et coûts des travaux d'excavation et de remblayage.....	96
VII.2.2 Devis des volumes de remblai et de déblai	98
Conclusion.....	98

Listes de figures

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Figure I. 1 : Carte de situation de la wilaya de Tlemcen (Manographie,2011).....	1
Figure I. 2 : Carte satellitaire du périmètre du MAGHNIA (Source :google Earth,2020).....	2
Figure I. 3 : Réseau hydrographique de sous bassin du Barrage Hammam Bougherara	5
Figure I. 4 : Répartition des températures mensuelles.	6
Figure I. 5 : Précipitations moyennes mensuelles (mm).	7
Figure I. 6 : Répartition mensuelle de l'évaporation.....	8
Figure I. 7 : Humidité relative Moyenne	9
Figure I. 8 : Variation de vent moyenne mensuelle	10
Figure I. 9 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.	12
Figure I. 10 : Diagramme ombrothermique de Gaussen.	13

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Figure II. 1 : Analyse texturale des sols étudiés.....	18
Figure II. 2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	24
Figure II. 3 : Période de retour et intervalle de confiance obtenus par le logiciel HYFRAN.	28
Figure II. 4 : Teste de khi deux obtenus par le logiciel HYFRAN.....	29
Figure II. 5 : L'ajustement par la loi normale obtenue par le logiciel HYFRAN.....	30

Chapitre IV : Étude de système d'adduction et distribution

Figure IV. 1 : Courbe de fonctionnement de la pompe choisie.....	61
--	----

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Figure V. 1 : L'irrigation par aspersion.	67
Figure V. 2 : L'irrigation par goutte à goutte	69
Figure V. 3 : L'irrigation par gravité.....	70
Figure V. 4 : irrigation par submersion.	72
Figure V. 5 : irrigation par submersion.	72
Figure V. 6 : l'Irrigation par pivot central.....	73

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Figure VI. 1: Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.....	80
---	----

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

Figure VII. 1 : Disposition de la conduite dans une tranchée	96
--	----

Listes des tableaux

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Tableau I. 1 : Caractéristiques géographiques de la station de Mostaganem.....	5
Tableau I. 2 : Répartition des températures moyennes interannuelles en (C°).....	6
Tableau I. 3 : Caractéristiques géographiques de la station météorologique de l'O.M.M de maghnia	7
Tableau I. 4 : les pluies moyennes mensuelles en (mm).	7
Tableau I. 5 : Evaporation mensuelle en (mm).	8
Tableau I. 6 :Humidité relative de l'air en (%).	9
Tableau I. 7 : Répartition moyenne mensuelle des vitesses du vent en (m/s).	9
Tableau I. 8 :Valeurs moyennes des durées d'insolation mensuelles.	10
Tableau I. 9 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne	11

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Tableau II. 1 : Analyse physico-chimiques des profils étudiés.....	17
Tableau II. 2 : Propriétés hydrodynamiques des sols.....	18
Tableau II. 3 : Les espèces culturelles.....	19
Tableau II. 4 : Caractéristiques du barrage hammam boughrara.....	20
Tableau II. 5 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation	21

Tableau II. 6 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	22
Tableau II. 7 : Risque d'alcalinisation en fonction du SAR.....	23
Tableau II. 8 : caractéristique principales de la station pluviométrique.....	24
Tableau II. 9 : Précipitations moyennes mensuelles	25
Tableau II. 10 : Caractéristiques de la série pluviométrique.	26
Tableau II. 11 : résultat du test Mood.	27
Tableau II. 12 : la pluie en fonction de la période de retour.	30
Tableau II. 13 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).....	31

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III. 1 : Evapotranspiration de référence ET0 calculée par le logiciel CROPWAT. ...	34
Tableau III. 2 : Calcul des pluies efficaces.	35
Tableau III. 3 : Surfaces occupées par les différentes cultures.	36
Tableau III. 4 : Assolement proposé pour le périmètre MAGHNIA.....	37
Tableau III. 5 : Coefficients culturaux des cultures	37
Tableau III. 6 : Calcul des besoins en eau pour le Blé.	38
Tableau III. 7 : Calcul des besoins en eau pour le blé d'hiver	38
Tableau III. 8 : Calcul des besoins en eau pour l'orge en grain.	39
Tableau III. 9 : Calcul des besoins en eau pour l'orge vert.	40
Tableau III. 10 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS).....	40
Tableau III. 11 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (Saison)	41
Tableau III. 12 : Calcul des besoins en eau pour la tomate.....	41
Tableau III. 13 : Calcul des besoins en eau pour la Bettrave	42
Tableau III. 14 : Calcul des besoins en eau pour la courgette.....	43
Tableau III. 15 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.	43
Tableau III. 16 : Calcul des besoins en eau pour l'Ail.	44
Tableau III. 17 : Calcul des besoins en eau pour l'haricot.	44
Tableau III. 18 : Calcul des besoins en eau pour la vigne.....	45
Tableau III. 19 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier.....	46
Tableau III. 20 : Calcul des besoins en eau pour les Agrumes.	46
Tableau III. 21 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.	47
Tableau III. 22 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.	48
Tableau III. 23 : volume d'eau d'irrigation.	49

Chapitre IV : Étude de système d'adduction et distribution

Tableau IV. 1 : Calcul du diamètre économique de la conduite d'adduction.	52
Tableau IV. 2 : Les différents ilots du périmètre	53
Tableau IV. 3 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	55
Tableau IV. 4 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.	56
Tableau IV. 5 : Choix du nombre de pompes de secours.....	60
Tableau IV. 6 : Choix de nombre de pompes.....	60

Tableau IV. 7 : Les résultats de calculs.....	62
---	----

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI. 1 : Résultat de calcul pratique d'aspersion.....	83
Tableau VI. 2 : Caractéristiques des rampes.....	88
Tableau VI. 3 : Caractéristiques des portes rampes	89

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

Tableau VII. 1 : Tarifs des conduites du réseau d'adduction et de distribution.....	94
Tableau VII. 2 : Tarifs des équipements de protection.	95
Tableau VII. 3 : Tarifs des systèmes d'irrigation.....	95
Tableau VII. 4 : Les volumes de remblai et de déblai.....	97
Tableau VII. 5 : Tarifs des travaux de terrassement	98

Liste des Annexes

Annexe 1 : Différentes Barrages et Retenues collinaires

Annexe 2 : χ^2 *theorique*

Annexe 3 : Caractéristiques hydriques de quelques sols

Annexe 4 : Coefficients culturaux (Kc)

Annexe 5 : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures.

Annexe 6 : Les caractéristiques des pompes.

Annexe 7 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD.

Annexe 8 : La fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot.

Liste des planches

Planche 1 : Plan de situation

Planche 2 : Plan d'occupation du sol

Planche 3 : Profil en long de la conduite de distribution

Planche 4 : Plan d'irrigation (par aspersion , Goutte a Goutte)

Introduction

Générale

Introduction générale :

Vu les aléas climatiques, et leurs impacts sur l'agriculture, le recours à l'irrigation est dans la plupart des cas nécessaire pour garantir le maintien d'une production suffisante dans de nombreuses régions. Sachons que l'irrigation doit combler les insuffisances des précipitations lors des périodes de développement des plantes cultivées. Dans ce cas, il est important de maîtriser les quantités d'eaux nécessaires à l'irrigation.

L'objet de l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre est l'amélioration du rendement des cultures, en choisissant le système convenable pour la région d'étude après l'analyse de toutes les conditions nécessaires dans l'élaboration du projet.

Le périmètre d'étude de MAGHNIA , couvrant une superficie de 2500 hectares répartis en 02 grandes zones "Nord ouest" et "sud est", comprend plusieurs secteurs agricoles de tailles variables et une diversité de cultures. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la politique de développement rural durable promue par les décideurs, visant à valoriser les ressources naturelles (eau et sol) et humaines disponibles pour améliorer les conditions de vie des populations rurales et contribuer à l'augmentation de la production agricole nationale.

Notre sujet d'étude concerne l'aménagement du périmètre de « MAGHNIA », et entre dans ce contexte, il vise à mobiliser l'eau du barrage de « Hammam Bougherara », qui va permettre la mise en place d'un système d'adduction et de distribution en introduisant des systèmes d'irrigation modernes et performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

Ce mémoire est structuré en sept chapitres, qui comprennent notamment une présentation des caractéristiques géographiques et physiques de la zone d'étude, une analyse socio-économique, la définition des ressources en eau et en sol, une étude hydrologique, une évaluation des besoins en eau pour l'irrigation, la proposition de schémas d'aménagement hydraulique, le dimensionnement d'un système d'irrigation efficace et la réalisation d'une évaluation économique du projet. L'objectif ultime de ce mémoire est de diversifier les cultures et d'accroître les rendements agricoles de la zone en mettant en place un réseau d'irrigation sous pression et en utilisant des techniques modernes telles que l'aspersion et le système goutte à goutte.

Chapitre I :

Analyse des

Conditions Naturelles

Introduction :

Avant de procéder à la planification d'un système d'irrigation, il est essentiel de mener une analyse approfondie des conditions climatiques afin de comprendre les besoins en eau et de concevoir un réseau hydraulique adapté. De plus, il est tout aussi crucial d'examiner les conditions géographiques et géologiques de la région, car elles ont un impact significatif sur la façon dont les infrastructures réagiront.

Le principal objectif de ce chapitre est d'explorer en détail les divers aspects des conditions géographiques, géologiques et climatologiques de la zone d'étude. Cela nous permettra ultérieurement de prendre des décisions éclairées concernant les cultures à cultiver dans cette région.

I.1 Présentation générale de la wilaya de Tlemcen :

I.1.1 Situation géographique :

La wilaya de Tlemcen est située à l'extrême ouest de l'Algérie, à proximité de la frontière avec le Maroc. Elle est bordée par la mer Méditerranée au nord, ce qui lui confère un accès à la côte. Tlemcen partage également des frontières terrestres avec d'autres wilayas algériennes, notamment la wilaya de Sidi Bel Abbès à l'est, la wilaya de Saïda au sud-est, et elle partage une frontière internationale avec le Maroc à l'ouest.

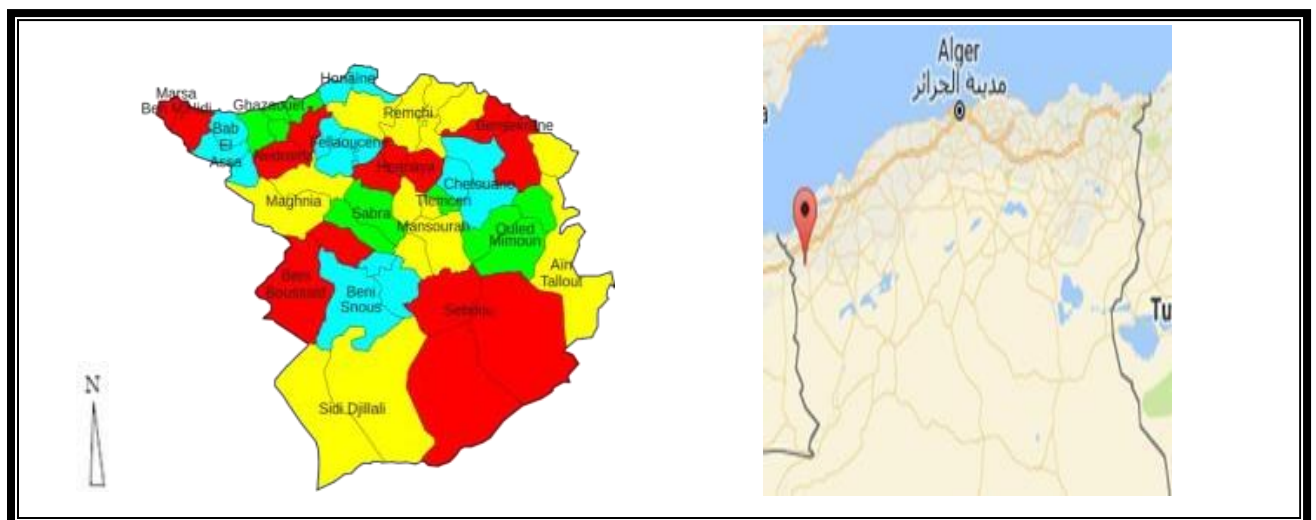


Figure I. 1 : Carte de situation de la wilaya de Tlemcen (Manographie,2011) .

I.1.2 Présentation du périmètre d'étude :

L'extension de périmètre Maghnia est divisée en deux zones.

La zone d'extension Nord-Ouest de grand périmètre de Maghnia (1500ha) est limitée :

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

- Au Nord par la route national N°07 et Oued El Mouilah (Bounaim).
- Au Sud par la frontière Algéro-Marocaine et GPI.
- A l'Ouest par l'oued El Mouilah (Bounaim) et la frontière Algéro-Marocaine.
- A l'Est par le GPI et la route national N°07.

La zone d'extension Sud-est de grand périmètre de Maghnia (1000ha) est limitée :

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

On s'intéresse dans notre étude au périmètre de la zone d'extension sud-est de grand périmètre Maghnia (1000ha) d'une superficie 200ha

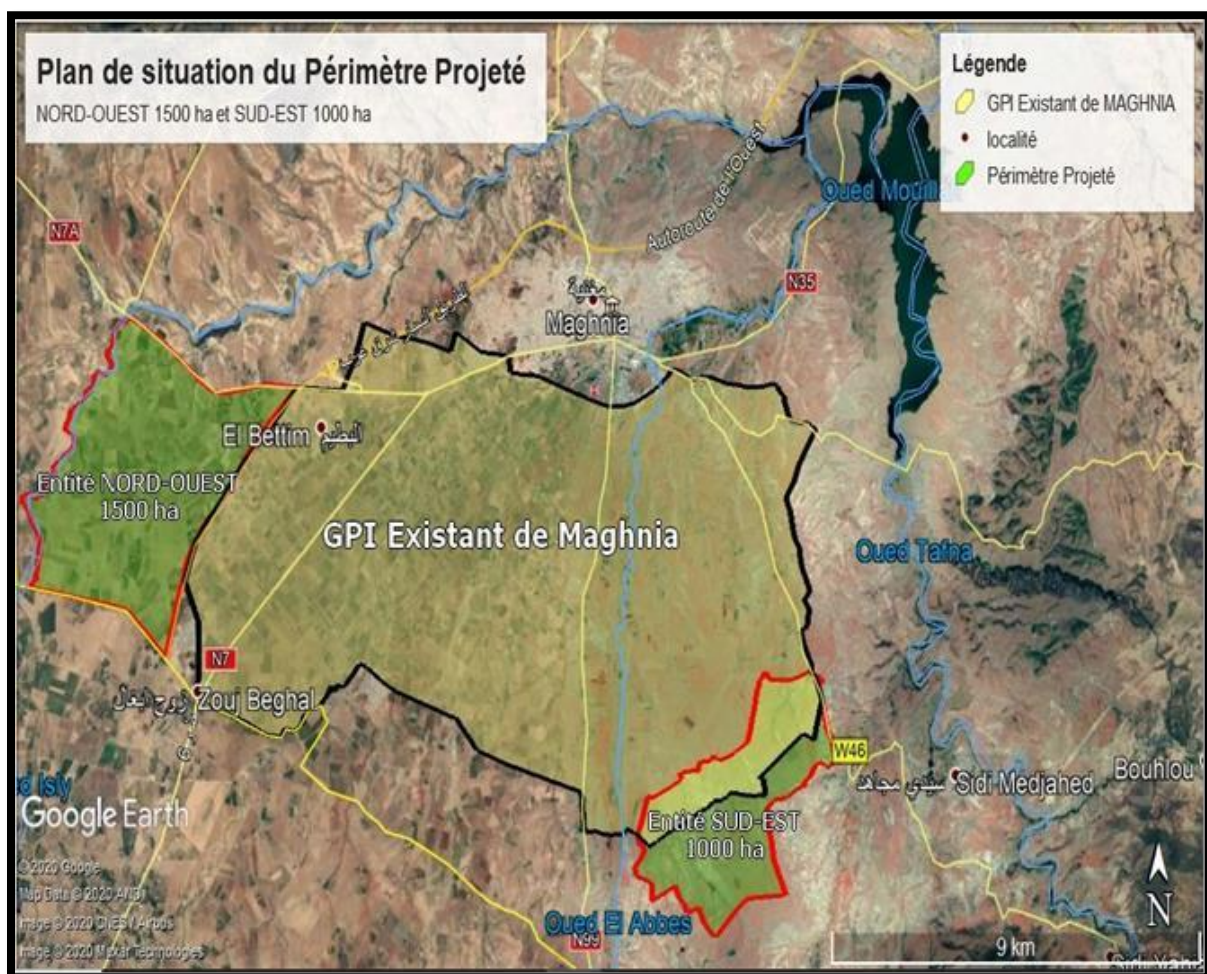


Figure I. 2 : Carte satellitaire du périmètre du MAGHNIA (Source :google Earth,2020).

I.2 Etude géologique :

La géologie est définie comme la discipline scientifique qui se consacre à l'exploration de la croûte terrestre, en examinant ses composants, son évolution au fil du temps, et les processus responsables de sa formation. Les terrains de notre région affichent une diversité de formations qui s'étendent depuis l'ère tertiaire jusqu'à l'ère quaternaire.

I.2.1 Les formations géologiques antéquaternaires

Les formations géologiques qui affleurent dans l'ensemble du bassin versant du Barrage Hammam Bouhrara du plus récent au plus ancien sont.

Le Crétacé : Il s'agit d'une succession de formations géologiques composées de matériaux marneux et marno-calcaires riches en gypse, qui alternent avec des roches gréseuses ayant une texture quartzite. Cette unité géologique est recouverte par des dépôts quaternaires et se trouve uniquement à la périphérie montagneuse sud de la zone géographique.

Le Miocène : Ce sont des formations sédimentaires qui reposent en discordance angulaire sur des grès du Jurassique Supérieur. Le Miocène inférieur débute à sa base par des grès carbonatés massifs et des conglomérats, qui passent plus haut suivant la coupe à une puissante assise d'argiles carbonatées et des marnes avec des passés de grès de faible puissance. La partie supérieure de la coupe est constituée par des argiles carbonatées, sub-bentonitiques grises avec une teinte verdâtre. Les formations du miocène supérieur se développent largement sur les carrières d'argiles bentonitiques de Hammam Bouhrara. La base de la coupe est représentée par une assise de poudingues et de conglomérats et plus haut suivant la coupe des pyroclastites fin.

Le Pliocène :

Dans la plaine de Maghnia, les formations du Pliocène reposent en discordance angulaire sur celles du miocène et consistent en des formations continentales composées des argiles, silstones, des grès et des matériaux argilo gréseux avec des lentilles de poudingues et conglomérats compacts. La puissance varie de quelques mètres jusqu'à 50 - 60 m dans la partie Nord-Ouest, et atteint parfois 80-100 m dans la partie Sud-Est de la carrière Roussel¹. Les terrains continentaux recouvrent en discordance les terrains pyroclastiques du miocène supérieur.

Les formations quaternaires :

Le Quaternaire est représenté par des formations alluviales qui englobent de puissants dépôts à gros galets et blocs plus ou moins consolidés, provenant de l'ancienne terrasse de l'oued Tafna. Il est recoupé par des necks (petites cheminées) de basaltes. Leur

épaisseur atteint 30 à 40 m. Les basaltes du quaternaire qui recoupent les formations du miocène et le pliocène se rencontrent sous forme de petites nappes dans les carrières Dar M'Barek, Roussel 1 et Roussel 2.

I.3 Géomorphologie/Relief :

Les formes actuelles du relief superficiel de la plaine de Maghnia résultent des apports et des creusements successifs des oueds provenant des montagnes périphériques et qui rejoignent la Tafna à quelques kilomètres à l'est de la ville de Maghnia. Cinq niveaux successifs ont été reconnus :

- ☐ **Niveau IV** : Phase d'alluvionnement comblant partiellement les creux érosifs, avec une fine croûte calcaire en surface et des sols rouges décalcifiés.
- ☐ **Niveau III** : Alluvions ayant subi une évolution pédologique notable, sans formation de croûte calcaire épaisse, apparaissant sous forme de dos de terrain partiellement recouverts par les alluvions du Niveau II.
- ☐ **Niveau II** : Dépôts alluvionnaires récents, peu évolués et très épais, ayant produit les meilleurs sols entre Maghnia et la frontière marocaine, ainsi que dans la vallée de l'oued Abbès.
- ☐ **Niveau I** : Dépôts sableux du lit majeur des ou

I.4 Réseau hydrographique

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

L'étude hydrologique de la commune de MAGHNIA consiste en une analyse approfondie des ressources en eau disponibles dans la région d'étude en tenant compte des caractéristiques géologiques, la pluviométrie, l'évapotranspiration et les débits des cours d'eau, dont l'objectif est la bonne gestion des ressources en eau. La zone d'étude est traversée par un ensemble important d'oued. (Voir Annexe 1).

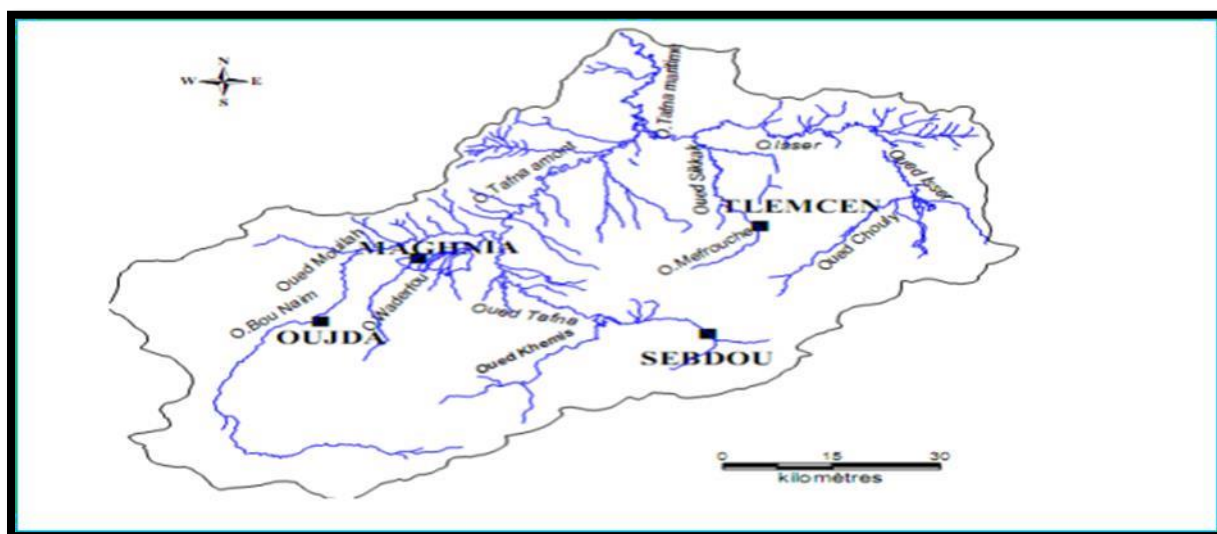


Figure I. 3 : Réseau hydrographique de sous bassin du Barrage Hammam Bougherara.

I.5 Etude climatologique

La climatologie est une discipline scientifique centrée sur l'analyse et la catégorisation des types de climats. De plus, les caractéristiques climatiques figurent parmi les paramètres fondamentaux influençant la détermination des exigences des cultures et le mode d'irrigation approprié.

I.5.1 Choix de la station de référence

Pour obtenir des données climatiques précises, la sélection de la station de référence est cruciale, et elle repose sur le recours à la station météorologique la plus proche du périmètre. Dans ce contexte, nous avons utilisé les informations provenant de la station météorologique de l'OMM à Maghnia.

Tableau I. 1 : Caractéristiques géographiques de la station de Mostaganem.

Nom de la station	Altitude	Période d'observation	Années d'observation
MAGHNIA60522	428m	1997- 2020	24Aans

(Source : station météorologique de l'O.M.M de maghnia)

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I.5.2 Les Températures :

La température de l'air joue un rôle météorologique essentiel en influençant la croissance des végétaux et en déterminant leurs besoins en matière d'irrigation.

Dans le Tableau I.3 on indique les valeurs moyennes, minimales et maximales mensuelles des températures pour la période 1997-2020.

Tableau I. 2 / : Répartition des températures moyennes interannuelles en (C °).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Température min (°C)	4.12	4.59	6.35	8.41	12.05	15.40	19.71	20.31	16.68	13.11	8.01	4.92
Température max (°C)	16.64	17.41	20.03	22.10	26.33	31.80	35.09	35.29	29.94	26.97	19.97	17.04
Température moy (°C)	10.38	11.00	13.9	15.56	19.19	23.60	27.40	27.80	23.31	20.04	13.99	10.98

(Source : station météorologique de l'O.M.M de maghnia)

L'analyse de ce tableau met en évidence que la température moyenne annuelle varie entre 10.38°C et 27.4 °C dans cette région. Le mois le plus froid est celui de janvier (la température moyenne oscille entre 4.12 et 10.38 °C) ; le mois le plus chaud est celui d'Aout (température moyenne entre 20.31 et 35 °C).

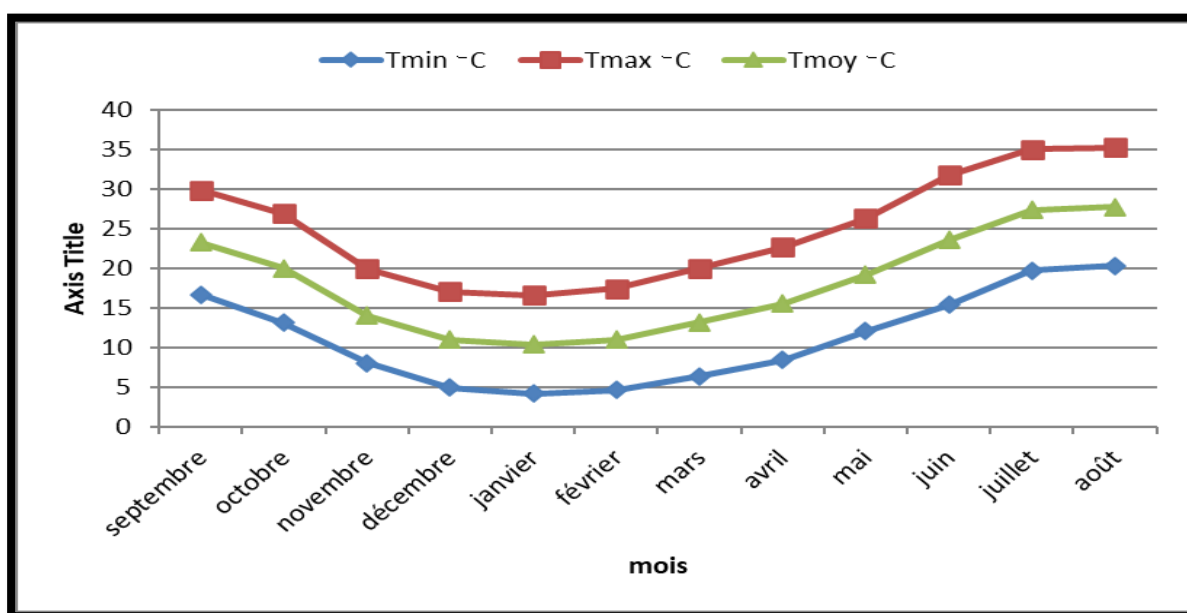


Figure I. 4 : Répartition des températures mensuelles.

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I.5.3 Pluies mensuelles

L'importance des précipitations mensuelles en irrigation réside dans leur capacité à aider à évaluer le bilan hydrique nécessaire pour calculer les quantités et les besoins d'irrigation. Pour obtenir des données fiables sur les précipitations mensuelles, nous avons utilisé les informations de la station météorologique de l'OMM à Maghnia, où la période d'observation des précipitations est plus étendue (1997-2020).

Les caractéristiques de la station météorologique de l'O.M.M de MAGHNIA sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I. 3 : Caractéristiques géographiques de la station météorologique de l'O.M.M de maghnia.

Nom de la station	Code	Altitude	Période d'observation	Nombre d'années
MAGHNIA l'O.M.M	60522	428	1997-2020	24

Tableau I. 4 : les pluies moyennes mensuelles en (mm).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Année
P _{moy} (mm)	18.17	27.15	41.59	34.80	37.26	28.14	29.97	32.78	24.73	3.63	1.26	5.68	285.18

Source : station météorologique de l'O.M.M de
maghnia

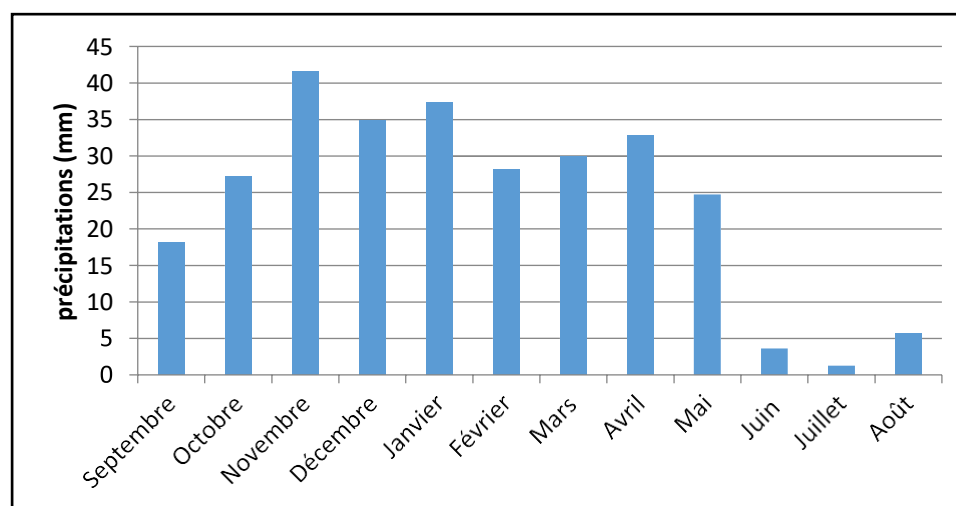


Figure I. 5 : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

D'après les données de tableau on remarque que mm les mois les plus pluvieux sont les mois de Novembre, Décembre, Janvier et les plus secs sont Juin, Juillet et Aout.

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I.5.4 L'évaporation :

L'évaporation est un processus graduel qui transforme un liquide en gaz, et son effet consiste à abaisser la température de l'entourage.

Les variations de l'évaporation mensuelle sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I. 5 : Evaporation mensuelle en (mm).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Evaporation (mm)	140	95	62	50	49	74	80	102	145	173	218	231

(Source : station météorologique de
l'O.M.M de maghnia)

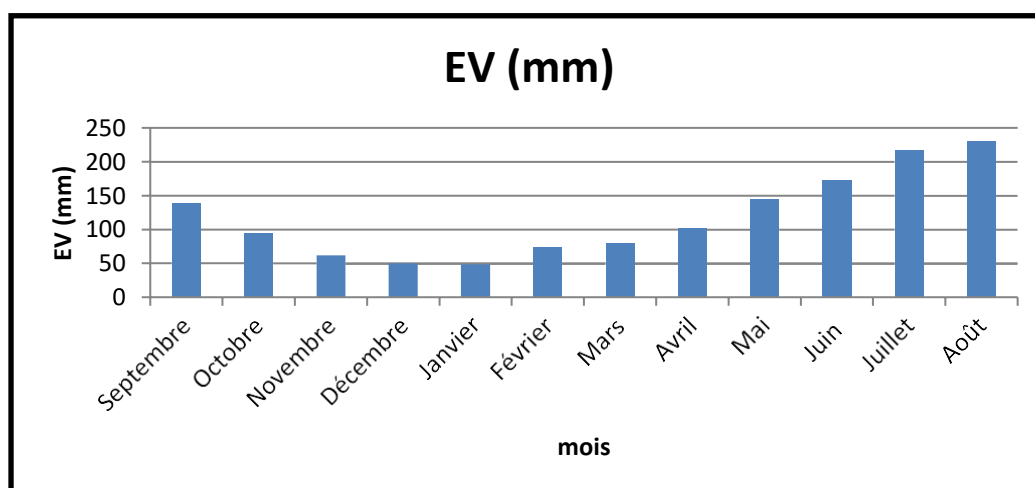


Figure I. 6 : Répartition mensuelle de l'évaporation.

D'après le tableau I.5, on remarque que l'évaporation mensuelle varie de 50 à 240 mm entre janvier et Août. Sa répartition Mensuelle montre une croissance régulière d'avril à Août.

L'évaporation moyenne Annuelle varie entre 1400 et 1500 mm.

I.5.5 L'humidité relative

L'humidité relative, également appelée état hygrométrique (exprimée en pourcentage), représente la relation entre la tension de vapeur actuelle et la tension maximale possible. C'est un élément crucial du cycle hydrologique qui évolue en fonction de la température de l'air et des caractéristiques des masses d'air locales.. Le tableau suivant présente les valeurs de l'humidité moyenne en pourcentage de la région de Maghnia.

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Tableau I. 6 :Humidité relative de l'air en (%).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Annuelle
Humidité(%)	66	73	74	64	72	70	66	61	53	48	52	61	63

(Source : station météorologique de l'O.M.M de maghnia)

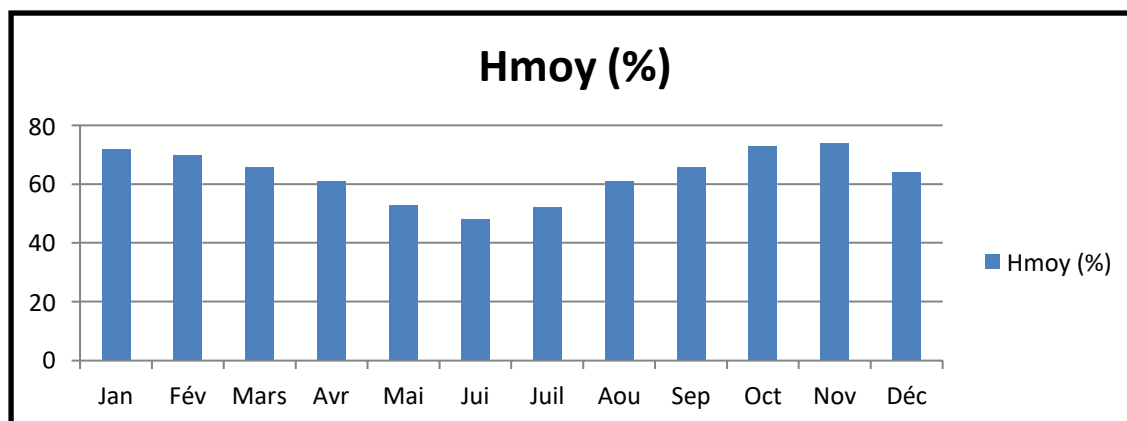


Figure I. 7 : Humidité relative Moyenne.

D'après le tableau I.6, La valeur 48 % à l'été est la plus petite dans des quatre saisons mais l'hiver prenant la première place avec la valeur de 74%.

I.5.6 Le vent :

Le vent constitue l'un des paramètres distinctifs du climat, et il exerce une influence significative sur les cultures ainsi que sur le choix du système d'irrigation.

Le tableau I.7 présente la répartition moyenne mensuelle des vitesses du vent.

Tableau I. 7 : Répartition moyenne mensuelle des vitesses du vent en (m/s).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
V (m/s)	3.44	3.27	3.56	3.33	3.60	3.46	3.35	3.35	3.25	3.12	3.20	3.09

(Source : station météorologique de l'O.M.M de maghnia)

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

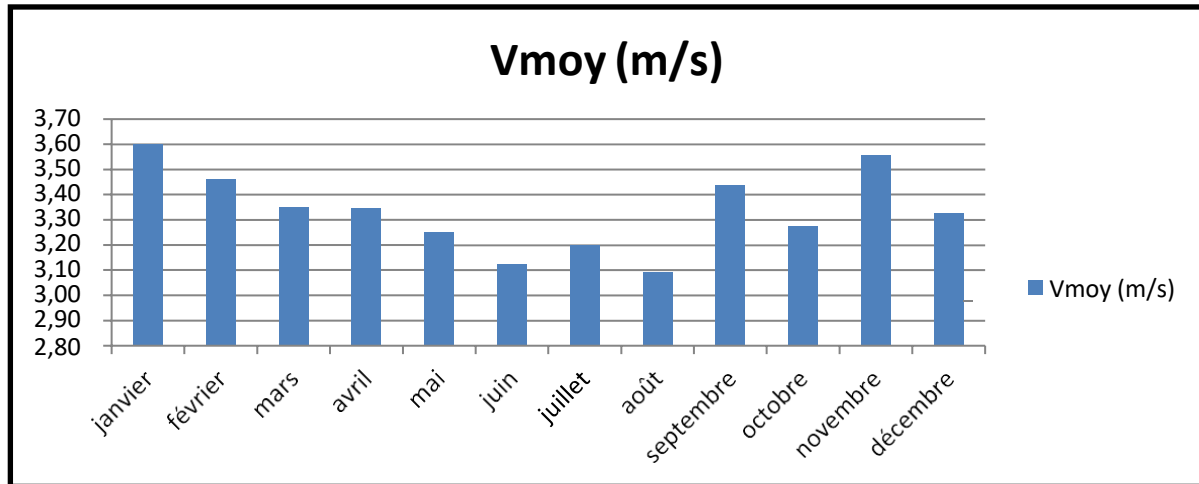


Figure I. 8 : Variation de vent moyenne mensuelle.

D'après le tableau les vitesses moyennes du vent présentent une petite variation durant l'année en oscillation entre une valeur minimale de 3.09 m/s en Août, et une valeur maximale de 3.60 m/s en janvier.

I.5.7 L'insolation.

L'intensité de l'insolation est conditionnée par des facteurs tels que la latitude, la saison, l'orientation par rapport au soleil, et le degré de couverture nuageuse, ce qui engendre des différences dans les niveaux d'insolation observés d'un endroit à un autre.

Le Tableau I.8 indique les valeurs moyennes mensuelles de durée d'insolation.

Tableau I. 8 : Valeurs moyennes des durées d'insolation mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Insolation (heures)	264.5	360.9	196.5	202.8	206.5	201.4	243.2	255.4	292.6	491.1	483.4	603

(Source : station météorologique de l'O.M.M de maghnia)

L'analyse de ce tableau montre l'importance de l'insolation dans cette région 317 heures/mois.

I.5.8 Autres paramètres climatologiques :

Pour la zone d'étude, la gelée se présente en hiver avec une valeur maximum en janvier de presque 6 jours par mois. Le sirocco, la grêle sont peu fréquents.

I.5.9 Calcul des indices Agro-météorologiques :

Pour déterminer le type du climat et l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes, nous avons deux facteurs essentiels :

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

la pluviométrie et la température.

Indice d'aridité de MARTONE

Il permet de connaître le degré de sécheresse de la région. Plus l'indice d'aridité est élevé plus le mois est humide et inversement.

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

Avec :

- IA : indice climatique
- P : précipitation moyenne annuelle (mm)
- T : température moyenne annuelle (°C)

A.N:

$$I_A = 285,18 / 18,04 + 10$$

$$I_A = 10,17$$

Tableau I. 9 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.

Valeur de IA	Type de climat	Irrigation
$IA \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < IA \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < IA \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < IA \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$IA > 30$	Humide	Inutile

IA = 10.17 donc $10 < IA \leq 20$ d'où notre climat est sec, alors l'irrigation est Souvent indispensable

I.5.9.1 Quotient Ombrothermique d'Emberger:

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

$$Q = \frac{1000 \cdot P}{(M + m)(M - m)/2} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot P}{M^2 - m^2} \dots \text{(I.2)}$$

Avec :

- Q : Coefficient Ombrothermique d'Emberger.
- P : Précipitation moyenne annuelle (mm).
- M : moyenne des températures maximales (Kelvin).
- m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

$$\text{Pour : } P=285.18\text{mm ; et } M=24.88^\circ\text{C , } m=11.14^\circ\text{C}$$

D'où Q=71.19

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (11.14°C), on peut confirmer que notre région se situe dans :

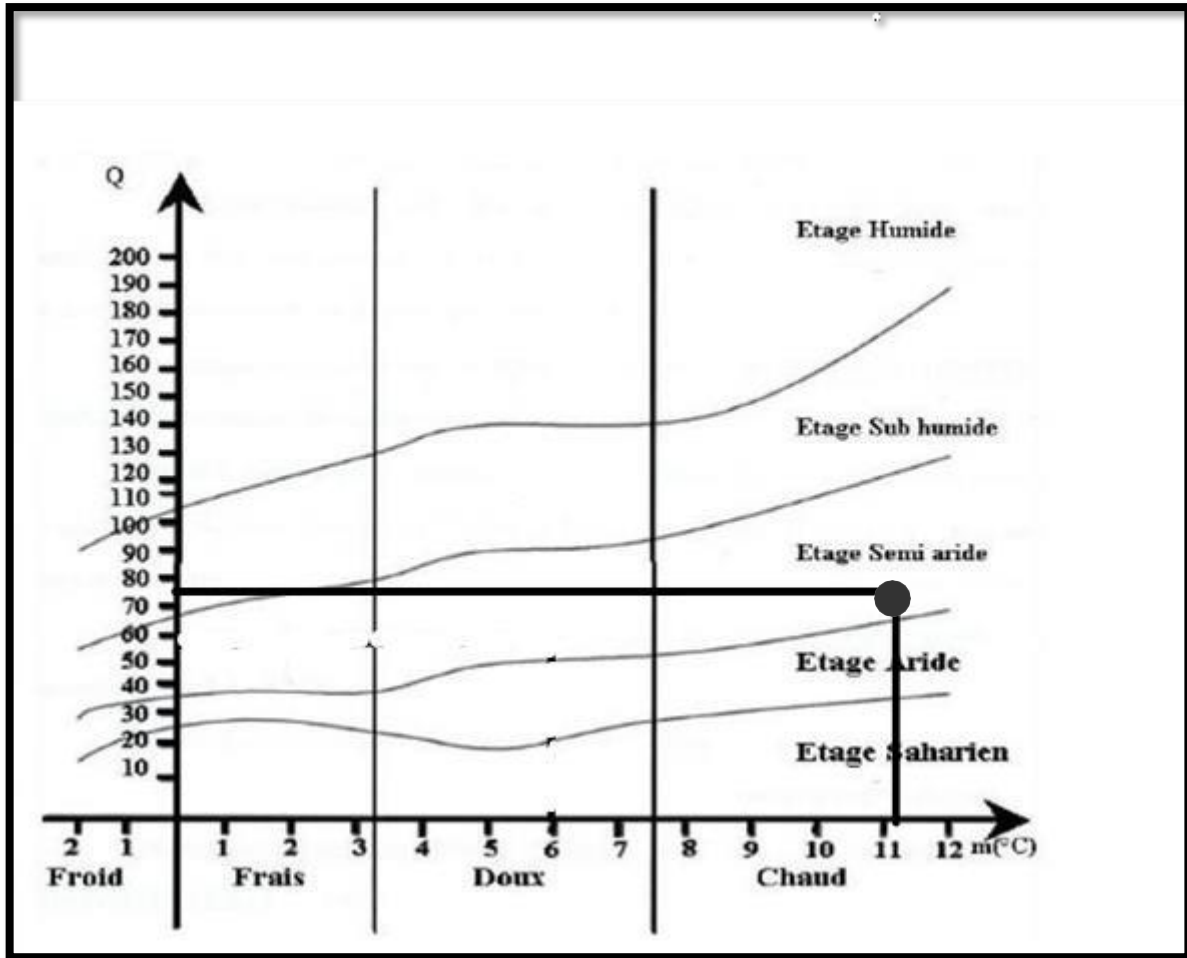


Figure I. 9 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.

- ❖ L'étage bioclimatique : semi aride
- ❖ Sous étage : Hiver Chaud.

I.5.9.2 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussen ont établi des diagrammes ombrothermiques pour évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche pendant l'année. Les mois secs sont définis, quand la courbe des précipitations est située au-dessous de celle des températures moyennes

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

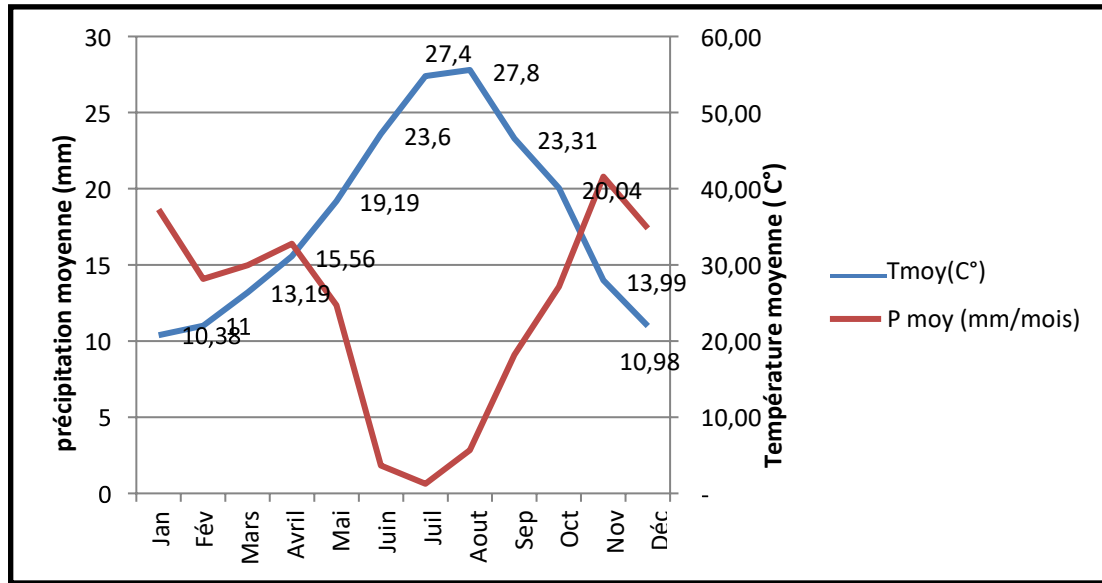


Figure I. 10 : Diagramme ombrothermique de Gausse.

Description du graphe :

D'après le graphe on remarque que la saison sèche s'étale du mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre, et la la saison humide du mois d'Octobre jusqu'à le mois d'avril.

I.6 Etude socio-economique

L'analyse agro-socio-économique vise à examiner les contraintes socio-économiques ainsi que les éléments qui impactent la production agricole, tant végétale que animale, et à formuler des orientations pour le développement agricole en vue d'exploiter au mieux la zone concernée. La wilaya de Tlemcen, demeure une région à vocation agricole, caractérisée par d'importantes ressources. Elle a généré une valeur de production de 93,4 milliards de dinars, contribuant ainsi significativement à un taux de croissance de 13,06 %.

I.6.1 Agriculture

La wilaya de Tlemcen s'étend sur une superficie totale de 901 769 hectares, répartis entre 537 301 hectares de superficie agricole totale, représentant ainsi 59,58% de la superficie totale, et 350 312 hectares de superficie agricole utile (SAU). Cette zone compte 35 072 exploitations agricoles avec un total de 46 791 exploitants, englobant à la fois des propriétaires privés, des fermes pilotes, des concessions agricoles, des EAC (Entreprises Agricoles Collectives), des EAI (Exploitations Agricoles Individuelles), et des APFA (Associations de Producteurs de Fruits et Légumes). De plus, il y a 8 fermes pilotes couvrant une superficie totale de 6 320,50 hectares, dont 5 747 hectares sont considérés comme utilisables.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné les caractéristiques climatiques dominantes de notre région d'étude.

Après avoir analysé les données, il est apparu que notre région bénéficie d'un climat sec avec des précipitations variables en termes de quantité et de répartition dans le temps.

L'année se caractérise par des hivers pluvieux, des printemps généralement humides et des étés secs.

Cette distribution saisonnière des précipitations favorise la croissance des cultures hivernales, tandis que les cultures printanières dépendent largement de l'irrigation.

L'introduction de systèmes d'irrigation efficaces pourrait conduire à une augmentation significative des rendements de ces cultures.

Chapitre II:

Ressources en sol et
ressources en eau

Introduction

Ce chapitre se concentrera sur l'étude des caractéristiques des ressources en sol et en eau de notre périmètre, qui jouent un rôle indispensable dans tout développement agricole.

II.1 Ressources en sol

L'analyse des ressources en sol a pour but d'identifier et de dégager les meilleures potentialités en terres irrigables de la région.

II.1.1 But de l'étude pédologique

Le but de l'étude pédologique est de localiser les sols qui ont une bonne potentialité agronomique pour qu'ils soient exploités dans un éventuel aménagement hydro-agricole.

II.1.2 Description et classification des sols du périmètre

La classification utilisée dans le cadre de la présente étude est celle de la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S).

Dans cette classification, les sols sont groupés en fonction d'une hiérarchie de critères représentée par des unités supérieures (classe, sous-classe, groupe, sous- groupe) ainsi que les unités inférieures (famille et série) et donne aux utilisateurs un outil commode pour l'évaluation des caractères fonctionnels. La prospection pédologique et l'analyse des paramètres physico chimiques, ont permis de reconnaître au niveau du périmètre de Maghnia huit unités cartographiques homogènes réparties dans 3 grandes classes à savoir :

- Classe des sols calcimagnésiques
- Classe des sols isohumiques
- Classe des à sesquioxydes de fer

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Description des horizons :

Les Horizons sont définis selon les profondeurs :

- **0 – 37 cm** : Cet horizon est caractérisée par

Couleur : brown

Texture : limono argilo sableuse

Structure : polyédrique fine, présence d'environ 2% de cailloux calcaires, nombreuses racines fines, bonne activité biologique, matière organique non directement décelable, poreux, friable, faible effervescence à Hcl, transition nette.

- **37 – 84 cm** : Cet horizon est caractérisée par

Couleur :gris rosé

Texture : limono argileuse

Structure : polyédrique moyenne, présence d'environ 5% de fragments de croûte calcaire, pas de racines, activité biologique nulle, matière organique non directement décelable, porosité moyenne, peu compact, effervescence moyenne à Hcl, transition nette.

- **84– 115 cm** : Cet horizon est caractérisé par

Couleur :brun clair

Texture : limono argileuse

Structure : polyédrique moyenne, présence d'environ 10% de fragments de croûte calcaire, pas de racines, activité biologique nulle, matière organique non directement décelable, faible porosité compact, forte effervescence à Hcl, transition nette

Cette analyse se fait généralement au laboratoire après sélection des échantillons de chaque horizon du sol.

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Tableau II. 1 : Analyse physico-chimiques des profils étudiés.

Horizons		Horizon1	Horizon2	Horizon3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-37	37-84	84-115
Granulométrie	Sable [%]	21	32	40
	Limon [%]	43	30	26
	Argile [%]	36	38	34
Matière organique	Matière organique [%]	1,1	0,89	0,42
	Carbone C [mg/kgdesol]	6.39	2.28	0.65
	Azote N [mg/kgdesol]	0,63	0,26	0,08
	Rapport C/N	10.1	8.8	7.9
	CE(1/5)	0.45	0.43	1
	PH eau(1/5)	7.85	8.04	8.1
	Salinité(g/l)	0.2	0.3	0.6
Réserve minérales	SDT(mg/l)	618	640	986
	CaCO ₃ Total %	15.3	26	32
	CaCO ₃ Actif[%]	6.8	12.7	14.6
	P ₂ O ₅ Assimilé [ppm]	65	28	22
	P ₂ O ₅ Total[mg /kgsol]	7	0.1	1.1
	K ₂ O [mg /kgsol]	18	11	3.2

(Source : LABORATOIRE DES SOLS AIN-DEFLA)

Interprétation :

D'après les Analyse physico-chimiques des profils détaillés dans le tableau II.1, on voit que la texture est limono-argileuse selon la projection du triangle de texture (USDA).

Les sols sont relativement pauvres en matière organique, mais les réserves minérales sont importantes. Vu la conductivité électrique des profils, les sols ne présentent aucun excès de salinité.

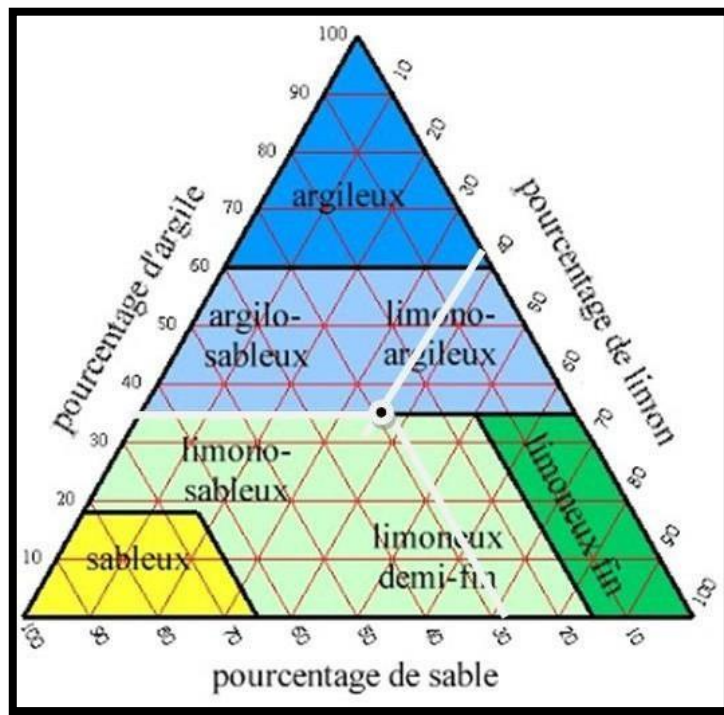


Figure II. 1 : Analyse texturale des sols étudiés.

II.1.3 Caractéristiques hydrodynamiques des sols

Le sol est caractérisé par des paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres varient généralement en fonctions de la structure et de la texture du sol.

Les paramètres hydrodynamiques, qui interviennent dans le calcul de la dose d'irrigation sont résumés dans le tableau II.2 :

Tableau II. 2 : Propriétés hydrodynamiques des sols.

Paramètres	Unité	Valeur moyenne
Texture	-----	Limono-argileux
Densité apparente (Da)	g/cm ³	1.42
Densité réelle (Dr)	g/m ³	2,6
Perméabilité Porchet (K)	mm/h	9 à 20
Point de flétrissement hpf	%	15%
La capacité au champ hcc	%	28- 26%
La porosité	%	40

II.1.4 Détermination des aptitudes culturelles des sols :

L'aptitude culturelle des sols est une notion importante dans le domaine de l'agriculture, c'est la capacité du sol à répondre aux besoins physiques, chimiques et biologiques nécessaires à la croissance des plantes, pour leur productivité, leur reproduction et leur qualité de manière adaptée au type de plante et au type de sol et aux conditions climatiques.

Dans le cas de notre périmètre d'étude, nous avons :

Tableau II. 3 : Les espèces culturelles.

Cultures	Catégories	Bon sols pour	Moyens sols pour
Céréalicul- ture et Cultures fourragères	I	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C9	C8-C10
	II	C1-C2-C3-C4-C7-C9	C6-C8-C10
	III	C1-C4-C5-C6-C7-C10	C2-C3-C5-C8-C9
Légumineuses	I	L1-L2-L3-L5-	L4-L6
	II	L1-L2-L3	L4-L5-L6
	III	L1-L2-L6	L3-L4
Arboricul- ture fruitière	I	A1-A2-A3-A4-A5-A6-	A7-A9- A8-A10-A12
	II	A1-A2-A3-A4-A5	A6-A10-A7-A8
	III	A1-A3-A4	A1-A2-A5-A6-A7
Cultures maraichères	I	M2-M3-M4-M7-M8-M9-M10- M11- M12-M13-M14-M15	M1-M5-M6 - M16-M17- M18-M19-M20-M21
	II	M2-M3-M4-M7-M8-M9-M10- M11- M12-M13-M14-M15	M1-M5-M6 - M16-M17- M18-M19
	III	M7-M8-M9-M13-M14-M15	M1-M2-M3-M4-M10- M16- M17
Cultures industrielles	I	I3-I4	I1-I2
	II	I4	I3
	III	I3	I4

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Céréaliculture et Cultures fourragères

1-Blé dur 2-blé tendre 3-Vesce Avoine 4-orge 5-mais 6-sorgho 7-berسيم
8-fétuque 9-Ray gras 10-Trèfle

Légumineuses

1-fèves 2-Petit poids 3-vesce 4-pois chiche 5-luzerne 6-lentille

Arboriculture fruitière

1-olivier 2-amandier 3-grenadier 4-figuier 5-vigne 6-abricotier 7-pêcher 8-pommier
9-poirier 10-Prunier 11- framboisier 12-agrumes

Cultures maraichères

1-Pomme de terre 2-courgette 3-Tomate 4-haricot 5-carotte 6-navet 7- laitue
8-Piment 9-Poivron 10-épinard 11-Aubergine 12-Gombo 13-Ail 14-Oignon 15-
poireau 16-Pastèque 17-melon 18-choux 19-concombre 20- artichaut 21-fraisier

Cultures industrielles

1-coton 2-Betterave 3-Tournesol 4-tabac 5-lin

II.2 Ressources en eau :

Notre zone d'étude sera irriguée à partir du barrage de **Hamam Boughrara**. Le barrage De Hamam Boughrara à une capacité de 177 Hm³, la côte du lit de l'Oued est environ 259 m au dessus du niveau de la mer. En amont du barrage, se déverse l'oued Mouilah, ce cours d'eau draine la plaine de Maghnia en Algérie , et la plaine des Angades (Oujda, Maroc), il prend sa source à 60 km au sud ouest à des côtes dépassant 1300 m.

Les principales caractéristiques morphologiques et hydrographiques du bassin versant du Barrage Hamam Boughrara sont données dans le tableau suivant :

Tableau II. 4 : Caractéristiques du barrage hammam boughrara .

Nom du sous bassin versant du barrage	HAMMAM BOUGHRARA
Code du barrage	160501
Nom de l'oued	Muoilah
Superficie du bassin versant (km ²)	4000
Périmètre du bassin versant (km)	285
Longueur de l'oued (km)	87

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Pente moyenne du bassin versant (‰)		18
Altitude (m)	Min.	259
	Moy.	1000
	Max.	1824
Densité de drainage (km/km ²)		2,4

(Source : Monographie barrage Hammam Bougherara sur l'oued de Tafna.)

II.2.1 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation

Avant tout projet d'aménagement agricole il est important d'avoir une quantité satisfaisante de réserve d'eau pour l'irrigation, cette eau doit être de bonne qualité, pour cela il faut faire son diagnostic afin de rechercher les éléments dont leur excès peut nuire aux cultures.

Les facteurs qu'on doit vérifier pour étudier la qualité de l'eau sont :

- Risque de Salinité Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR) ;
- Le pH
- Toxicité

Les caractéristiques de l'eau d'irrigation d'après l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés à la station hydrométrique de Hammam Boughrara code (160501) sont données dans le tableau suivant :

Tableau II. 5 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation .

Paramètre	Valeur moyenne
Conductivité en μ s/ cm	1816
PH	8.2
CL ⁻ en mg/l	236
Na ⁺ en mg/l	46
Ca ⁺⁺ en mg/l	92.8
Mg ⁺⁺ en mg/l	62.69
K ⁺ en mg/l	15
SO ₄ ²⁻ en mg/l	198.9
HCO ³⁻ en mg/l	344.04

(Agence National des Barrages ANBT)

II.2.2 Classification des eaux d'irrigation :

Pour déterminer la qualité de l'eau et savoir si on peut irriguer avec cette eau, deux principaux éléments doivent être étudiés :

- La concentration totale de sels solubles (conductivité électrique)
- Le SAR (Sodium Absorption Ration)

II.2.2.1 La concentration totale des sels solubles

La classification de l'eau d'irrigation est basée sur sa teneur en sels. Pour évaluer cette teneur, on mesure sa conductivité électrique, qui est une propriété liée à la mobilité des ions et exprimée en mmhos/cm à 25°C. Plus la concentration de sels dans l'eau est élevée, plus la conductivité électrique sera élevée .

Il existe quatre classes de salinité de l'eau en fonction de sa conductivité électrique, qui déterminent le niveau de danger potentiel pour l'irrigation

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

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux	Cultures
C1	$CE \geq 0.25$	Risque faible de salinité	Pour toutes les cultures
C2	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Risque moyen de salinité	pour les plantes moyennement tolérantes.
C3	$0.75 \leq CE \leq 2.25$	Risque élevé de salinité	ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
C4	$CE > 2.25$	Risque très élevé de salinité	eau difficilement utilisable

Donc la conductivité électrique **CE = 1.816mmhos/cm**.

Selon cette classification, notre eau appartient à la catégorie C3, ce qui indique un niveau élevé de salinité de l'eau, présentant ainsi un risque élevé.

II.2.2.2 Le SAR (Sodium Absorption Ration)

La concentration du sodium dans l'eau dépend des concentrations en calcium et en magnésium, si l'eau est riche en sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculation, et influencer négativement sur les propriétés des sols, qui deviennent très compactes.

Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na^+ et celle en ions Ca^{++} et Mg^{++} , la relation qui a entre ces trois éléments est le SAR (sodium absorption ration) :

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

$$SAR = \frac{Na}{\frac{\sqrt{Ca+Mg}}{2}} \dots\dots\dots \text{I. 1}$$

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies.

Tableau II. 7 : Risque d'alcalinisation en fonction du SAR.

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

Dans notre cas :

$$SAR = \frac{46}{\frac{\sqrt{92,8+62,69}}{2}} = 5,2$$

D'après cette classification, notre eau est de classe S1 avec un Risque faible d'alcalisation.

Et en se référant au diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut conclure que cette eau est caractérisée par risque élevé de salinité et un moyen degré d'alcalinité (C3-S2).

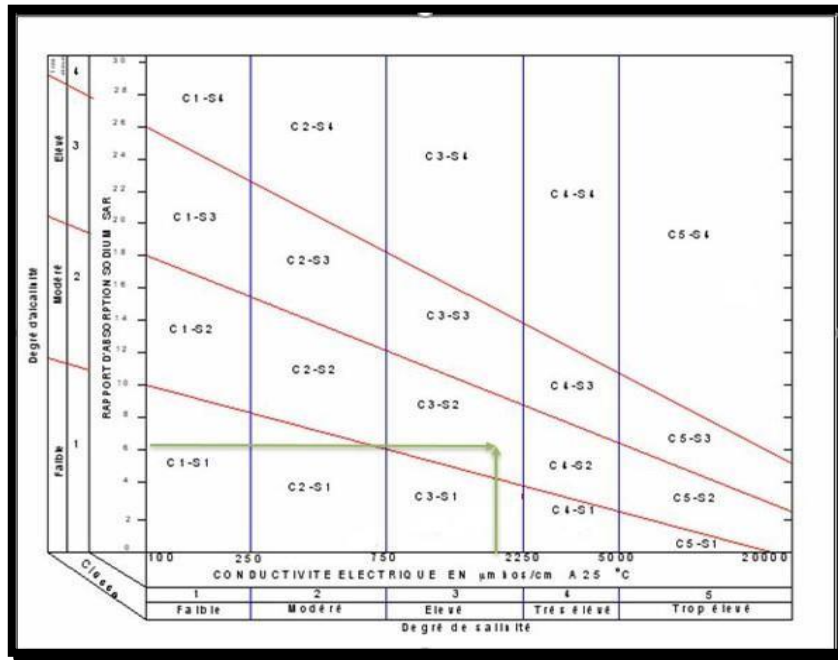


Figure II. 2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

II.3 Calcul de la pluie de projet :

L'analyse des pluies a pour but de définir les précipitations de courte et de longue durée qui peuvent inonder le périmètre à étudier.

II.3.1 Choix de la station :

Nous avons pris la station météorologique de l'O.M.M de Maghnia comme station de référence dont les caractéristiques sont :

Tableau II. 8 : caractéristique principales de la station pluviométrique .

Nom de la station	Latitude	Longitude	Altitude	Période d'observation	Années d'observation
MAGHNIA60522	34°80'N	01°79'W	428m	1997- 2020	24ans

(Source : station météorologique de l'O.M.M de maghnia)

II.3.2 Répartition de la pluie moyenne annuelle :

Nous disposons d'un échantillon de pluies mensuelles qui va de 1997 jusqu'à 2020. Ces pluies sont représentées dans le tableau suivant :

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Tableau II. 9 : Précipitations moyennes mensuelles .

Année	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	année
1997	48.00	0.00	12.00	51.00	15.00	2.00	1.70	32.80	52.00	15.30	17.70	56.00	303.50
1998	28.00	41.00	29.10	19.00	40.00	1.00	1.00	2.00	9.00	2.00	40.00	10.00	222.10
1999	59.00	37.00	63.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	26.00	17.00	47.00	54.00	304.00
2000	5.00	0.00	3.00	8.00	14.00	2.00	0.00	2.00	16.00	90.00	50.00	15.70	205.70
2001	50.00	30.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	1.00	14.00	22.00	116.00	30.00	275.00
2002	1.00	5.00	35.00	62.00	33.00	2.00	0.00	28.00	0.00	17.00	53.00	21.00	257.00
2003	96.00	66.00	20.00	38.00	20.00	4.00	2.00	1.00	5.00	35.00	33.00	39.00	359.00
2004	15.00	18.00	101.00	20.00	92.00	2.00	0.00	4.00	0.00	25.00	15.00	35.00	327.00
2005	19.00	52.00	29.00	10.00	1.00	0.00	0.00	0.50	7.00	12.00	26.00	16.00	172.50
2006	52.00	37.00	18.00	19.00	47.00	0.00	13.00	0.00	27.00	21.00	10.00	24.00	268.00
2007	7.00	18.00	34.00	87.00	1.00	0.00	0.00	0.00	9.00	35.00	66.00	19.00	276.00
2008	31.00	31.00	7.00	6.00	17.00	3.00	0.00	0.00	33.00	89.00	68.00	102.00	387.00
2009	94.00	18.00	16.00	18.00	5.00	3.00	1.00	1.00	81.00	6.00	28.00	23.00	294.00
2010	80.00	36.00	59.00	64.00	9.00	16.00	1.00	27.00	6.00	60.00	17.00	12.00	387.00
2011	13.00	19.00	22.00	38.00	68.00	11.00	0.00	21.00	2.00	50.00	84.00	24.00	352.00
2012	14.00	42.00	24.00	25.00	12.00	1.00	1.00	0.00	13.00	33.00	137.00	13.00	315.00
2013	66.00	50.00	32.00	21.00	40.00	0.00	0.00	8.00	6.00	0.00	36.00	90.00	349.00
2014	66.00	19.00	30.00	13.00	16.00	12.00	0.00	0.00	30.00	9.00	49.00	82.00	326.00
2015	43.00	36.00	17.00	12.00	34.00	1.00	0.00	0.00	30.00	22.00	4.00	0.00	199.00
2016	11.00	35.00	36.00	18.40	44.00	8.00	0.00	0.60	15.00	20.00	37.30	41.00	266.30
2017	56.64	47.94	33.97	25.08	10.02	4.20	6.20	0.25	0.00	17.02	0.00	46.00	247.32
2018	18.56	12.44	66.29	69.86	17.63	13.00	0.00	3.05	19.65	38.70	25.49	23.05	307.72
2019	17.01	25.08	7.87	14.73	24.89	1.02	3.40	4.06	35.52	15.02	32.87	14.99	196.46
2020	4.06	0	20.16	143.76	28.91	0	0	0	0	0.51	5.81	44.54	247.75
P													
Moy	37.26	28.14	29.97	32.78	24.73	3.63	1.26	5.68	18.17	27.15	41.59	34.80	285.18
(mm)													

Source : station météorologique de l'O.M.M de maghnia.

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II. 10 : Caractéristiques de la série pluviométrique.

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Moyenne	285.18 mm
Ecart type	29.31
Cv	0.37
P _{min}	172.50mm
P _{max}	387mm

II.3.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Avant toute exploitation des données hydrologiques il faut s'assurer de l'homogénéité de ces données, car il arrive que la station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, ce qui rend leur utilisation difficile. Pour cela un test de Mood est nécessaire pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique.

II.3.3.1 Teste de Mood :(Paul Meylan, 2008)

Le test de Mood permet de savoir si la série de données pluviométrique est homogène ou non, cette méthode repose sur le procédé suivant :

Soit un échantillon $x_1, x_2, \dots, x_n$. Déterminons sa médiane M après avoir classé l'échantillon par ordre croissant.

La médiane M est une constante de telle sorte que 50% de x_i soient inférieures et 50% des x_i lui soient supérieures.

Remplaçons donc la série des valeurs non classées par une suite de signe

+ pour le $x_i > M$

- Pour le $x_i < M$

Calculons les quantités N_s et T_s avec :

N_s : nombre totale de séries de + ou de - .

T_s : taille de la plus grande série de + ou de -.

Les conditions du test sont les suivantes :

$$N_s > \frac{1}{2} (N + 1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1})$$

$$N_s < \frac{1}{2} (N + 1 + u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1})$$

$$T_s < 3.3(\log_{10} N + 1)$$

Dans le cas de notre série :

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Tableau II. 11 : résultat du test Mood.

Pmoy	303.50	222.10	304.00	205.7	275.00	257.00	359.00	327.00	172.50
	+	-	+	-	-	-	+	+	-
P moy	268.00	276.00	387.00	294.00	387.00	352.00	315.00	349.00	326.00
	-	-	+	+	+	+	+	+	+
P moy	199.00	266.30	247.32	307.72	196.46	247.75			
	-	-	-	+	-	-			

On a :

$$1/2(N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) = 7.8 \quad \text{et} \quad 1/2(N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1}) = 17.19$$

$$N_s = 12 \quad \text{et} \quad 7.8 < N_s = 12 < 17.19$$

Et d'autre part :

$$3.3(\log_{10} N + 1) = 8 \quad \text{et} \quad T_s = 7 \quad \text{et} \quad 7 < 8$$

Conclusion :

Les deux conditions sont vérifiées, donc la série est homogène.

II.4 Ajustement des pluies annuelles :

Lors de l'analyse des données de pluies annuelles, il est courant d'ajuster ces données à différentes lois statistiques pour déterminer celle qui offre le meilleur ajustement possible.

II.4.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale :

Une variable est considérée comme suivant une distribution normale lorsque sa fonction de répartition présente la forme suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \dots \dots \dots \text{I. 2}$$

"u représente la variable réduite de Gauss, et elle est définie par :"

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \dots \dots \dots \text{I. 3}$$

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Le processus d'ajustement comporte les étapes suivantes :

1. Tri des valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
2. Attribution d'un numéro d'ordre à chaque valeur triée.
3. Calcul de la fréquence expérimentale.
4. Calcul de la variable réduite de Gauss, u .
5. Calcul des caractéristiques empiriques de la distribution, telles que la moyenne arithmétique $\bar{x}$, la variance σ , le coefficient de variation Cv , et le coefficient d'asymétrie Cs .
6. Traçage de la droite de Henry sur un graphique de probabilité gaussienne. Avec :

L'équation de la droite de Henry est : $x_{p\%} = \bar{x} + u_{p\%} \sigma$ **I. 4**

$x_{p\%}$: Précipitation de probabilité $P\%$.

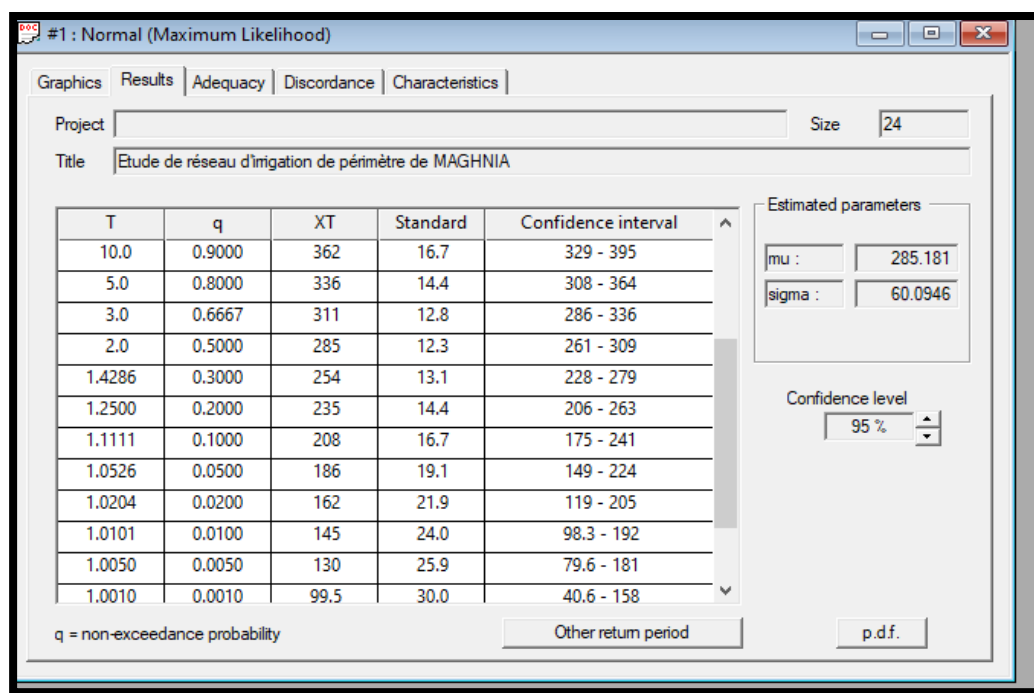


Figure II. 3 : Période de retour et intervalle de confiance obtenus par le logiciel HYFRAN.

II.4.2 Test de validité d'un ajustement :

Lorsqu'on sélectionne une distribution pour ajuster la distribution statistique d'un échantillon, cette distribution est une approximation de l'échantillon étudié. L'erreur commise en choisissant une distribution particulière est une erreur d'adéquation. Il est donc essentiel de

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

comparer l'adéquation de différentes distributions pour choisir la meilleure. L'un des tests les plus couramment utilisés à cet effet est le test du chi-carré (χ^2).

Prenons un échantillon de N valeurs, triées par ordre croissant ou décroissant, que nous souhaitons analyser, et supposons qu'une distribution F(X) ait été déterminée pour cet échantillon. Nous divisons cet échantillon en K classes, chaque classe contenant N_i valeurs observées. Le nombre V_i représente le nombre attendu de valeurs dans la classe i, sur un échantillon de N valeurs, tel que prédit par la distribution F(X), et est donné par la relation suivante :

$$p_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots \text{I. 5}$$

f(X) : étant la fonction de densité de probabilité associée à la distribution théorique.

La variable aléatoire χ^2 , dont la distribution a été analysée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n_i^f)^2}{n_i^f} \dots\dots\dots \text{I. 6}$$

On détermine la valeur de χ^2 et le nombre de degrés de liberté est calculé comme suit :

$$\gamma = k - 1 - m \dots\dots\dots \text{I. 7}$$

On obtient la valeur de χ^2 théorique à partir de la table de Pearson.

Avec :

- m : Le nombre de paramètres de la distribution sur laquelle dépend la loi de répartition (m=2).

La distribution est considérée appropriée à un niveau de confiance de $\alpha = 0.05$ si et seulement si : χ^2 calculé < χ^2 théorique

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

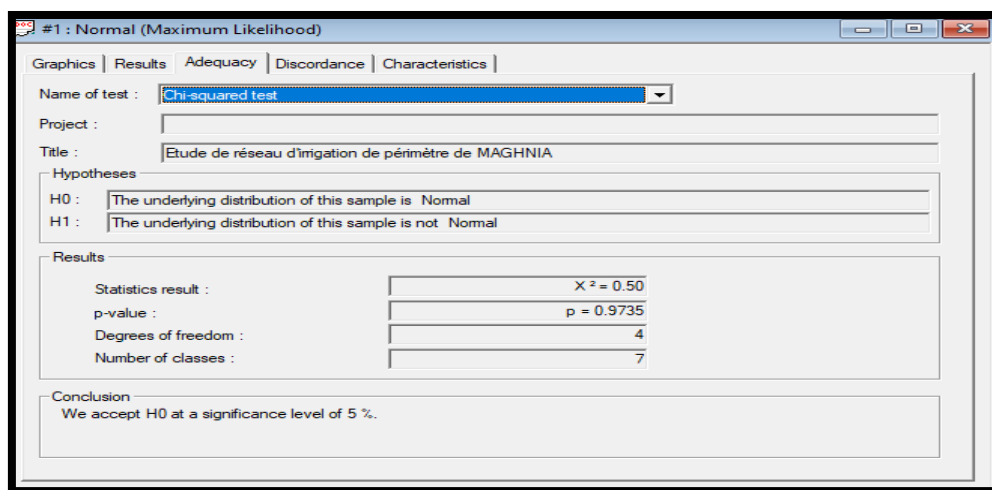


Figure II. 4 : Teste de khi deux obtenus par le logiciel HYFRAN.

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Suite à l'analyse des ajustements effectués, il apparaît qu'il y a une bonne adéquation avec la distribution normale pour la série des précipitations annuelles de la station de Pontéba.

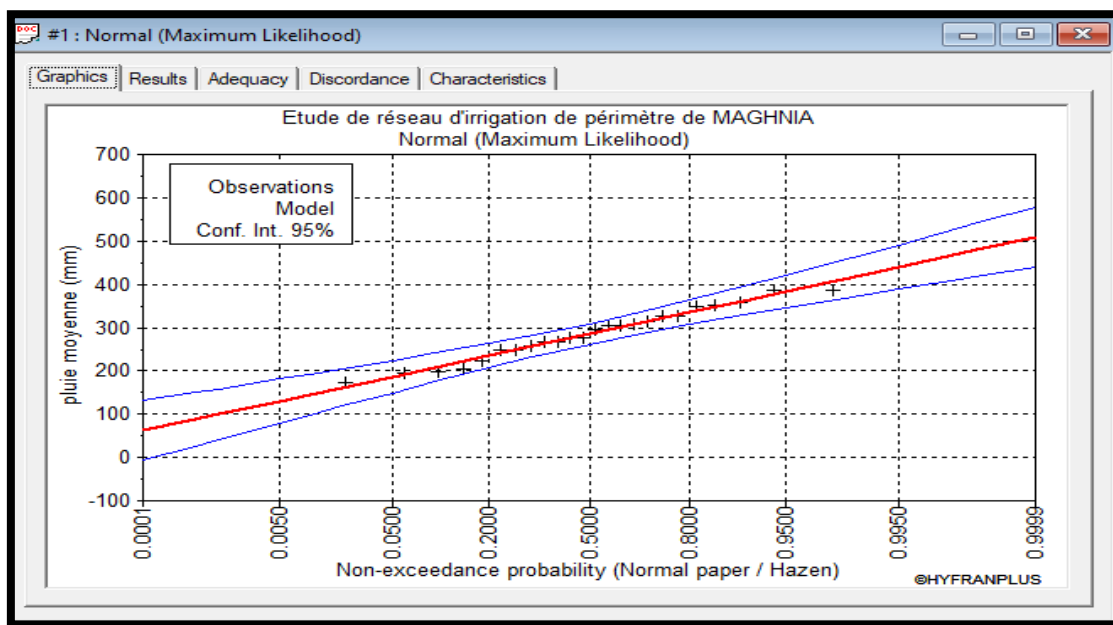


Figure II. 5 : L'ajustement par la loi normale obtenue par le logiciel HYFRAN.

II.4.3 Détermination de l'année de calcul :

Étant donné que la distribution normale est la plus appropriée pour modéliser la distribution des précipitations, nous l'adoptons pour estimer la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région, avec un niveau de confiance de 80%.

Tableau II. 12 : la pluie en fonction de la période de retour.

T (ans)	Fréquence	XT (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
10.0	0.90	362	16.7	455 – 608
5.0	0.80	336	14.4	415 – 507
2.0	0.50	285	12.3	332 – 410
1.25	0.20	235	14.14	235 – 326

La probabilité à laquelle on garantit l'irrigation est généralement établie à une fréquence de 80%.

$$P_{\text{moy } 80\%} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \left(\frac{P_{\text{thé (80\%)}} \text{ annuelle}}{P_{\text{thé (50\%)}} \text{ annuelle}} \right)$$

..... II. 8

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

On a :

$P_{\text{théorique}} (80\%) \text{ annuelle} = 336$, $P_{\text{théorique}} (50\%) \text{ annuelle} = 285$.

$P_{\text{moy}} 80\% = 235/285 \times P_{\text{moy}} \text{ de chaque mois} = 0.82 \times P_{\text{moy}} \text{ de chaque mois}$.

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

Tableau II. 13 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).

Mois	Sep	oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P_{moy} (mm/mois)	18.17	27.15	41.59	34.80	37.26	28.14	29.97	32.78	24.73	3.63	1.26	5.68
$P_{\text{moy}80\%}$ (mm/mois)	14.9	22.26	34.10	28.54	30.55	23.07	24.57	26.88	20.28	2.98	1.033	4.66

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné les ressources en sol de la région d'étude, ainsi que les ressources en eau disponibles, éléments essentiels pour tout projet d'irrigation. Nous avons classifié les sols de la région du MAGHNIA en trois catégories : sols iso-humiques, sols calcimagnésiques et sesquioxides de fer . En ce qui concerne l'eau destinée à l'irrigation, elle est classée comme étant de qualité (C3-S2).

Chapitre III :

Besoins en eau des cultures

Introduction

Il est crucial d'acquérir une compréhension approfondie des besoins en eau d'une zone lors de la planification d'un projet d'aménagement hydro-agricole. Ce chapitre se consacrera à l'estimation du volume global nécessaire en eau pour les cultures, en prenant en considération les variables climatiques, les caractéristiques du sol, ainsi que la qualité de l'eau d'irrigation. Ces données ont été précédemment détaillées dans les chapitres antérieurs.

III.1 Besoin en eau du périmètre

Les besoins en eau se définissent comme la quantité d'eau nécessaire à fournir par irrigation pour compenser le déficit par rapport à l'apport de précipitations. Avant d'estimer les besoins en eau des cultures, il est essentiel d'acquérir des informations sur les caractéristiques des plantes, ainsi que les données météorologiques et les propriétés du sol de la zone concernée.

III.1.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation

Le calcul des besoins en d'irrigation à apporter pour la culture est réalisé en effectuant le bilan hydrique suivant :

$$B_i = ETM - (Pe_{eff} + K.RFUi - 1) \dots \dots \dots I. 1$$

Avec :

- ETM est l'évapotranspiration potentielle de référence en mm/mois.
- Pe_{eff} représente la pluie efficace en mm.
- RFU est la réserve du sol facilement utilisable disponible au début de la période.
 - K est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.

III.1.2 Calcul de l'évapotranspiration référence (ET_0) :

L'évapotranspiration de référence représente la quantité maximale d'eau évaporée par un gazon ras recouvrant entièrement le sol, bien alimenté en eau, en pleine croissance active et situé dans une zone suffisamment vaste.

III.1.3 Calcul de l'évapotranspiration de référence :

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

Les méthodes directes et les méthodes indirectes.

❖ Les méthodes directes :

- La cuve lysimétrique.
- Le bac évaporant.

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

❖ Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent de calculer l'ET₀ à partir de formules basées sur des paramètres climatiques qu'on appelle des formules empiriques dont les principales sont :

- Prinstley- Taylor.
- Makkink – Turc.
- Hargreaves.
- Blaney – Cridle.
- Thornthwaite.
- Penman et Monteith Modifiée.

Dans notre cas, nous l'avons évaluée par la méthode la plus utilisée la méthode de Penman_Monteith Modifiée.

— Formule Modifiée de Penman_Monteith

En 1948, Penman et Monteith ont combiné un bilan énergétique en utilisant une méthode de transfert de masse, et ils ont eu une équation pour calculer l'évapotranspiration d'une surface libre d'eau à partir des enregistrements climatologiques de l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent. La formule de Penman-Monteith modifiée est la formule la plus utilisée depuis 1948 et elle est recommandée par le FAO, détaillée comme suit :

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

Avec:

- ET₀ : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
- R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],
- G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],
- T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- u₂ : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],
- e_s : pression de vapeur saturante [kPa],
- e_a : pression de vapeur réelle [kPa],
- e_s-e_a : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],
- D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹],
- g : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Nous avons effectué le calcul de l'évapotranspiration de référence par le logiciel CROPWAT (FAO, 2008), fondé sur la méthode de Mr Penman et Monteith, où nous avons introduit les données mensuelles:

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 selon la formule de Penman&Monteith, modifiée sont récapitulés dans le tableau ci-après

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

Mois	Température Minimum	Température Maximum	Humidité	Vitesse du Vent	Insolation	Rayonnement	ET_0
	C°	C°	%	m/s	Heure	MJ /m ² /jour	Mm/mois
Janvier	4.12	16.64	72	3.6	6.5	10.7	52.45
Février	4.59	17.41	70	3.46	7.1	13.4	58.28
Mars	6.35	20.03	66	3.35	7.5	17.1	92.24
Avril	8.41	22.10	61	3.35	7.7	20.7	116.35
Mai	12.05	26.33	53	3.25	8.1	23.5	157.85
Juin	15.4	31.80	48	3.12	8.9	34.0	216.91
Juillet	19.7	35.09	52	3.20	8.6	32.6	239.62
Aout	20.31	35.29	61	3.09	8.5	36.4	243.25
Septembre	16.68	29.94	66	3.44	7.9	19.2	138.48
Octobre	13.11	26.97	73	3.27	7.6	19.1	107.63
Novembre	8.01	19.97	74	3.56	6.7	10.9	61.67
Décembre	4.92	17.04	64	3.33	6.1	9.7	59.06
Moyenne	11.14	24.88	73	3.33	7.6	20.6	1543.77

III.2 Calcul de la pluie efficace

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend de la région concernée, de la nature de la pluie et du type de sol.

Plusieurs méthodes permettent d'estimer les pluies, dans notre étude nous avons utilisé la méthode du pourcentage fixe, détaillée comme suit.

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A \cdot \text{Pluies totales (mm/mois)} \dots \text{I. 3}$$

Avec :

- A : coefficient de pertes généralement égal à 0.8.

Le résultat de calcul par cette méthode est donné dans le tableau III.2

Tableau III. 2 : Calcul des pluies efficaces.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
$P_{\text{moy}} 80\%$ (mm)	14.9	22.26	34.1	28.54	30.55	23.07	24.57	26.88	20.28	2.98	1.033	4.66
P_{eff}	11.92	17.81	27.28	28.83	24.44	18.46	19.66	21.504	16.22	2.38	0.826	3.72

Dans le cas où les pluies efficaces sont inférieures à 2 mm, elles sont considérées comme nulles.

III.3 Calcul de la réserve en eau du sol

C'est la quantité d'eau contenue dans la tranche du sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement.

La réserve facilement utilisable (RFU) se calcul par la formule suivante.

$$RFU = (hcc - hpf)Y \cdot Da \cdot Z \dots \text{III. 4}$$

Avec :

- **hcc** : humidité à la capacité au champ
- **hpf** : humidité au point de flétrissement
- **Z** : profondeur racinaire,
- **Y** : coefficient qui dépend de la nature du sol (on prend $Y=2/3$)
- **Da** : densité apparente du sol ,

Dans notre cas, la réserve en eau du sol du mois i-1 est égal à:

$$Rs = KRFU \dots \text{I. 5}$$

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

- K est coefficient =1, ou 1/2, 1/3 ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle.

III.4 Choix des cultures :

Plusieurs paramètres entrent dans la décision de choix des cultures à mettre en place, ces paramètres sont :

- L'emplacement naturel de l'exploitation.
- L'emplacement économique de l'exploitation.
- Choisir les productions en fonction de la situation économique
- Tenir compte des possibilités de l'exploitation.

III.4.1 Occupation des sols

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes d'ordre climatique, social, agro pédologique.

Tableau III. 3 : Surfaces occupées par les différentes cultures.

Type de culture	Surface Occupée (ha)	Surface (%)
Blé	37.1	18.31
Orge grain	35.81	17.67
Oignon	15.76	7.78
Ail	8.55	4.22
P.Terre (S)	22.36	11.04
P.terre(AS)	13.83	6.83
Tomate	16.35	8.07
Vigne	13.2	6.52
Olivier	22.35	11.03
Agrumes	17.28	8.53
Somme	202.59	100

III.4.2 Assolements des cultures :

L'assolement désigne la succession de plusieurs cultures dans le temps sur le même champ. Cette technique agricole permet de maintenir et améliorer la fertilité des sols au fil des saisons. On le définit aussi comme étant la diversité géographique des cultures à un moment donné.

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III. 4 : Assolement proposé pour le périmètre MAGHNIA.

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Orge grain	Blé d'hiver
Oignon	Tomate
Ail	Betterave
Pomme de terre (S)	Haricot (s)
Pomme de terre (AS)	Courgette
Tomate	Oignon
Arboriculturevigne olivier Agrumes	Arboriculturevigne olivier Agrumes

III.5 Estimation des coefficients cultureux (K_c) :

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties selon les valeurs établies par Doorenbos (**FAO, 2003**), en fonction du stade végétatif de la plante, et du climat considéré : ils sont représentés dans le tableau III.5

Tableau III. 5 : Coefficients cultureux des cultures.

Culture	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Blé	-	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0	1.2	0.87	0.23	-	-
Blé d'hiver	-	0.25	0.40	0.70	0.85	0.95	1.00	0.85	0.70	0.35	-	-
Orge	-	-	0.3	0.4	0.70	0.85	0.95	0.75	0.55	-	-	-
Oignon	-	0.5	0.75	0.95	0.90	0.70	-	-	-	-	-	-
Ail	-	0.5	0.75	0.85	0.90	0.70	0.55	-	-	-	-	-
Pomme deterre (As)	0.50	0.70	0.95	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-
Pomme deterre (S)	-	-	-	-	-	0.50	0.70	1.00	0.75	-	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	0.50	0.85	1.15	0.85	-	-
Bettrave	-	-	0.4	0.5	0.7	0.8	0.95	0.6	-	-	-	-
Haricots	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.65	0.95
Courgette	0.40	0.50	0.80	0.95	0.60	-	-	-	-	-	-	-
Vigne	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.45	0.60	0.70	0.70	0.45
Olivier	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85
Agrumes	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.6 Estimation des besoins en eau des cultures choisies :

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant son stade végétatif :

III.6.1 Estimation des besoins en eau des céréales :

Tableau III. 6 : Calcul des besoins en eau pour le Blé.

Mois	Pe _{eff} (mm)	E _{to} (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU _{reelle} (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0,3	32,289	0,1	13,25333	0			
Nov	27,28	61,67	0,4	24,668	0,3	39,76	13,25333			
Dec	28,83	59,06	0,6	35,436	0,5	66,26667	22,08889			
Jan	24,44	52,45	0,6	31,47	0,6	79,52	26,50667			
Fev	18,46	58,28	0,6	34,968	0,6	79,52	26,50667			
Mars	19,66	92,24	1	92,24	0,6	79,52	26,50667	46,07333	614,3111	0,258548
Avr	21,504	116,35	1,2	139,62	0,6	79,52	26,50667	91,60933	1221,458	0,514082
Mai	16,22	157,85	0,87	137,3295	0,6	79,52	26,50667	94,60283	1261,371	0,53088
Juin	2,38	216,91	0,23	49,8893	0,6	79,52	0	47,5093	633,4573	0,266607
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

$$q_s = 0.53 \text{ l/s/ha}$$

Tableau III. 7 : Calcul des besoins en eau pour le blé d'hiver.

Mois	Pe _{eff} (mm)	E _{to} (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU _{reelle} (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0,25	26,9075	0,1	13,25333	0			
Nov	27,28	61,67	0,4	24,668	0,3	39,76	13,25333			
Dec	28,83	59,06	0,7	41,342	0,5	66,26667	22,08889			
Jan	24,44	52,45	0,85	44,5825	0,6	79,52	26,50667			
Fev	18,46	58,28	0,95	55,366	0,6	79,52	26,50667			

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Mars	19,66	92,24	1	92,24	0,6	79,52	26,50667	46,07333	614,3111	0,258548
Avr	21,504	116,35	0,85	98,8975	0,6	79,52	26,50667	50,88683	678,4911	0,28556
Mai	16,22	157,85	0,7	110,495	0,6	79,52	26,50667	67,76833	903,5778	0,380294
Juin	2,38	216,91	0,35	75,9185	0,6	79,52	0	73,5385	980,5133	0,412674
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

$$q_s = 0.41 \text{ l/s/ha}$$

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

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z	RFU_reelle	RS	B _{net}	B _{brute}	(q _s)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3)	l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0	0	0,1	13,25333	0			
Nov	27,28	61,67	0,4	24,668	0,3	39,76	13,25333			
Dec	28,83	59,06	0,6	35,436	0,5	66,26667	22,08889			
Jan	24,44	52,45	0,75	39,3375	0,6	79,52	26,50667			
Fev	18,46	58,28	0,9	52,452	0,6	79,52	26,50667			
Mars	19,66	92,24	0,95	87,628	0,6	79,52	26,50667	41,46133	552,8178	0,232667
Avr	21,504	116,35	0,75	87,2625	0,6	79,52	26,50667	39,25183	523,3578	0,220268
Mai	16,22	157,85	0,6	94,71	0,6	79,52	26,50667	51,98333	693,1111	0,291713
Juin	2,38	216,91	0,4	86,764	0,6	79,52	0	84,384	1125,12	0,473535
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

$$q_s = 0.47 \text{ l/s/ha}$$

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

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z	RFU_reelle	RS	B _{net}	B _{brute}	(q _s)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3)	l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0	0	0	0	0			
Nov	27,28	61,67	0,3	18,501	0,2	26,50667	8,835556			

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Dec	28,83	59,06	0,4	23,624	0,45	59,64	19,88			
Jan	24,44	52,45	0,7	36,715	0,6	79,52	26,50667			
Fev	18,46	58,28	0,85	49,538	0,6	79,52	26,50667			
Mars	19,66	92,24	0,95	87,628	0,6	79,52	26,50667	41,46133	552,8178	0,232667
Avr	21,504	116,35	0,75	87,2625	0,6	79,52	26,50667	39,25183	523,3578	0,220268
Mai	16,22	157,85	0,55	86,8175	0,6	79,52	26,50667	44,09083	587,8778	0,247423
Juin	2,38	216,91	0	0	0	0	0			
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

qs=0.23 l/s/ha

III.6.1.1 Estimation des besoins en eau des maraîchages :

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

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z	RFU_reelle	RS	B _{net}	B _{brute}	(q _s)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(m3)	l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0,5	69,24	0,2	26,50667	0	57,32	764,2667	0,321661
Oct	17,81	107,63	0,7	75,341	0,4	53,01333	0	57,531	767,08	0,322845
Nov	27,28	61,67	0,95	58,5865	0,5	66,26667	22,08889			
Dec	28,83	59,06	0,75	44,295	0,5	66,26667	22,08889			
Jan	24,44	52,45	0	0	0	0	0			
Fev	18,46	58,28	0	0	0	0	0			
Mars	19,66	92,24	0	0	0	0	0			
Avr	21,504	116,35	0	0	0	0	0			
Mai	16,22	157,85	0	0	0	0	0			
Juin	2,38	216,91	0	0	0	0	0			
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

qs= 0.32 l/s/ha

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III. 11 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (Saison).

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0	0	0	0	0			
Nov	27,28	61,67	0	0	0	0	0			
Dec	28,83	59,06	0	0	0	0	0			
Jan	24,44	52,45	0	0	0	0	0			
Fev	18,46	58,28	0,5	29,14	0,25	33,13333	11,04444			
Mars	19,66	92,24	0,7	64,568	0,5	66,26667	22,08889	22,81911	304,2548	0,128053
Avr	21,504	116,35	1	116,35	0,5	66,26667	22,08889	72,75711	970,0948	0,408289
Mai	16,22	157,85	0,75	118,3875	0,5	66,26667	22,08889	80,07861	1067,715	0,449375
Juin	2,38	216,91	0	0	0	0	0			
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

qs=0.45l/s/ha

Tableau III. 12 : Calcul des besoins en eau pour la tomate.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0	0	0	0	0			
Nov	27,28	61,67	0	0	0	0	0			
Dec	28,83	59,06	0	0	0	0	0			
Jan	24,44	52,45	0	0	0	0	0			
Fev	18,46	58,28	0	0	0	0	0			
Mars	19,66	92,24	0,5	46,12	0,6	79,52	26,50667			
Avr	21,504	116,35	0,85	98,8975	0,9	119,28	39,76	37,6335	501,78	0,211187
Mai	16,22	157,85	1,15	181,5275	1,2	159,04	53,01333	112,2942	1497,256	0,630158
Juin	2,38	216,91	0,85	184,3735	1,2	159,04	0	181,9935	2426,58	1,021288

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

qs= 1.02 l/s/ha

Tableau III. 13 : Calcul des besoins en eau pour la Betterave .

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0	0	0	0	0			
Nov	27,28	61,67	0,4	24,668	0,5	66,26667	22,08889			
Dec	28,83	59,06	0,5	29,53	0,9	119,28	39,76			
Jan	24,44	52,45	0,7	36,715	0,9	119,28	39,76			
Fev	18,46	58,28	0,8	46,624	0,95	125,9067	41,96889			
Mars	19,66	92,24	0,95	87,628	0,9	119,28	39,76	28,208	376,1067	0,158294
Avr	21,504	116,35	0,6	69,81	0,7	92,77333	30,92444	17,38156	231,7541	0,09754
Mai	16,22	157,85	0	0	0	0	0			
Juin	2,38	216,91	0	0	0	0	0			
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

qs=0.16 l/s/ha

Tableau III. 14 : Calcul des besoins en eau pour la courgette.

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/ mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_reelle (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0,4	55,392	0,5	66,26667	0	43,472	579,6267	0,243951
Oct	17,81	107,63	0,5	53,815	0,5	66,26667	0	36,005	480,0667	0,202048
Nov	27,28	61,67	0,8	49,336	0,5	66,26667	22,08889			
Dec	28,83	59,06	0,95	56,107	0,5	66,26667	22,08889			
Jan	24,44	52,45	0,6	31,47	0,5	66,26667	22,08889			

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Fev	18,46	58,28	0	0	0	0	0			
Mars	19,66	92,24	0	0	0	0	0			
Avr	21,504	116,35	0	0	0	0	0			
Mai	16,22	157,85	0	0	0	0	0			
Juin	2,38	216,91	0	0	0	0	0			
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

qs=0.24 l/s/ha

Tableau III. 15 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z (m)	RFU_reelle	RS	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q_s) l/s/ha
	(mm)	(mm/ mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)			
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0,5	43,052	0,2	26,50667	0	25,242	336,56	0,202048
Nov	27,28	61,67	0,75	46,2525	0,4	53,01333	17,67111			
Dec	28,83	59,06	0,95	56,107	0,4	53,01333	17,67111			
Jan	24,44	52,45	0,9	47,205	0,4	53,01333	17,67111			
Fev	18,46	58,28	0,7	40,796	0	0	0			
Mars	19,66	92,24	0	0	0	0	0			
Avr	21,504	116,35	0	0	0	0	0			
Mai	16,22	157,85	0	0	0	0	0			
Juin	2,38	216,91	0	0	0	0	0			
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

qs=0.20 l/s/ha

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III. 16 : Calcul des besoins en eau pour l'Ail.

Mois	Pe _{eff} (mm)	E _{to} (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU _{reelle} (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0	0	0	0	0			
Oct	17,81	107,63	0,5	53,815	0,2	26,50667	0	36,005	480,0667	0,202048
Nov	27,28	61,67	0,75	46,2525	0,2	26,50667	8,835556			
Dec	28,83	59,06	0,85	50,201	0,4	53,01333	17,67111			
Jan	24,44	52,45	0,9	47,205	0,4	53,01333	17,67111			
Fev	18,46	58,28	0,7	40,796	0,4	53,01333	17,67111			
Mars	19,66	92,24	0,55	50,732	0,4	53,01333	17,67111			
Avr	21,504	116,35	0	0	0	0	0			
Mai	16,22	157,85	0	0	0	0	0			
Juin	2,38	216,91	0	0	0	0	0			
Juill	0,826	239,62	0	0	0	0	0			
Aout	3,72	243,25	0	0	0	0	0			

q_s=0.20 l/s/ha

Tableau III. 17 : Calcul des besoins en eau pour l'haricot.

Mois	Pe _{eff} (mm)	E _{to} (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU _{reelle} (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0,85	117,708	0,7	92,77333	0	105,788	1410,507	0,593648
Oct	17,81	107,63	0	0	0	0	0			
Nov	27,28	61,67	0	0	0	0	0			
Dec	28,83	59,06	0	0	0	0	0			
Jan	24,44	52,45	0	0	0	0	0			
Fev	18,46	58,28	0	0	0	0	0			
Mars	19,66	92,24	0	0	0	0	0			
Avr	21,504	116,35	0	0	0	0	0			
Mai	16,22	157,85	0	0	0	0	0			

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Juin	2,38	216,91	0,5	108,455	0,5	66,26667	0	106,075	1414,333	0,595258
Juill	0,826	239,62	0,65	155,753	0,5	66,26667	0	154,927	2065,693	0,8694
Aout	3,72	243,25	1,1	267,575	0,7	92,77333	0	263,855	3518,067	1,480668

$$q_s = 1.48 \text{ l/s/ha}$$

III.6.2 Estimation des besoins en eau des arboricultures :

Tableau III. 18 : Calcul des besoins en eau pour la vigne.

Mois	Pe _{eff} (mm)	E _{to} (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU _{reelle} (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0,4	55,392	1,5	198,8	0	43,472	579,6267	0,243951
Oct	17,81	107,63	0,4	43,052	1,5	198,8	0	25,242	336,56	0,14165
Nov	27,28	61,67	0	0	1,5	198,8	66,26667			
Dec	28,83	59,06	0	0	1,5	198,8	66,26667			
Jan	24,44	52,45	0	0	1,5	198,8	66,26667			
Fev	18,46	58,28	0	0	1,5	198,8	66,26667			
Mars	19,66	92,24	0,15	13,836	1,5	198,8	66,26667			
Avr	21,504	116,35	0,45	52,3575	1,5	198,8	66,26667			
Mai	16,22	157,85	0,6	94,71	1,5	198,8	66,26667	12,22333		
Juin	2,38	216,91	0,7	151,837	1,5	198,8	0	149,457	1992,76	0,838704
Juill	0,826	239,62	0,7	167,734	1,5	198,8	0	166,908	2225,44	0,936633
Aout	3,72	243,25	0,45	109,4625	1,5	198,8	0	105,7425	1409,9	0,593392

$$q_s = 0.936 \text{ l/s/ha}$$

Tableau III. 19 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier.

Mois	Pe _{eff} (mm)	E _{to} (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU _{reelle} (mm)	RS (mm)	B _{net} (mm)	B _{brute} (m3)	(q _s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0,75	103,86	1,5	198,8	0	91,94	1225,867	0,515937
Oct	17,81	107,63	0,75	80,7225	1,5	198,8	0	62,9125	838,8333	0,353044

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Nov	27,28	61,67	0,75	46,2525	1,5	198,8	66,26667			
Dec	28,83	59,06	0,65	38,389	1,5	198,8	66,26667			
Jan	24,44	52,45	0,65	34,0925	1,5	198,8	66,26667			
Fev	18,46	58,28	0,65	37,882	1,5	198,8	66,26667			
Mars	19,66	92,24	0,65	59,956	1,5	198,8	66,26667			
Avr	21,504	116,35	0,65	75,6275	1,5	198,8	66,26667			
Mai	16,22	157,85	0,75	118,3875	1,5	198,8	66,26667			
Juin	2,38	216,91	0,85	184,3735	1,5	198,8	0	181,9935	2426,58	1,021288
Juill	0,826	239,62	0,85	203,677	1,5	198,8	0	202,851	2704,68	1,138333
Aout	3,72	243,25	0,85	206,7625	1,5	198,8	0	203,0425	2707,233	1,139408

qs=1.14 l/s/ha

Tableau III. 20 : Calcul des besoins en eau pour les Agrumes.

Mois	Pe_{eff} (mm)	E_{to} (mm/ mois)	K_c	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_{reelle} (mm)	RS (mm)	B_{net} (mm)	B_{brute} (m3)	(q_s) l/s/ha
Sep	11,92	138,48	0,75	103,86	1,5	198,8	0	91,94	1225,867	0,515937
Oct	17,81	107,63	0,75	80,7225	1,5	198,8	0	62,9125	838,8333	0,353044
Nov	27,28	61,67	0,75	46,2525	1,5	198,8	66,26667			
Dec	28,83	59,06	0,65	38,389	1,5	198,8	66,26667			
Jan	24,44	52,45	0,65	34,0925	1,5	198,8	66,26667			
Fev	18,46	58,28	0,65	37,882	1,5	198,8	66,26667			
Mars	19,66	92,24	0,65	59,956	1,5	198,8	66,26667			
Avr	21,504	116,35	0,65	75,6275	1,5	198,8	66,26667			
Mai	16,22	157,85	0,65	102,6025	1,5	198,8	66,26667			
Juin	2,38	216,91	0,65	140,9915	1,5	198,8	0	138,6115	1848,153	0,777842
Juill	0,826	239,62	0,75	179,715	1,5	198,8	0	178,889	2385,187	1,003866
Aout	3,72	243,25	0,75	182,4375	1,5	198,8	0	178,7175	2382,9	1,002904

qs=1 l/s/ha

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.7 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :

Tableau III. 21 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.

Mois	Blé	Orge	Oignon	Ail	Pomme De terre (As)	Pomme De terre (S)	Tomate	Vigne	Olivier	Agrumes	Totale
Sept					57.32			43.47	91.94	91.94	284.67
Oct	0.00		25.24	36.00	57.53			25.242	62.91	62.91	269.83
Nov	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0
Déc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0
Jan	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.00	0
Fév	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00	0.00	0.00	0
Mar	46.07	41.46				22.82	0.00	0.00	0.00	0.00	110.35
Avr	91.61	39.25				72.75	37.63	0.00	0.00	0.00	241.24
Mai	94.60	51.98				80.08	112.29	0.00	0.00	0.00	338.95
Jui	47.51	84.38					181.99	149.46	181.99	138.61	783.94
Juill								166.908	202.85	178.89	548.648
Août								105.74	203.04	178.72	4857.5

Tableau III. 22 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.

Mois	Orge en Vert	Blé d'hiver	Tomate	Betterave	Haricots	Courgette	Oignon	Vigne	Olivier	agrumes	Total
Sept					105.788	43.47		43.47	91.94	91.94	376.52
Oct		0.00				36.005	25.24	25.242	62.91	62.91	187.065
Nov	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Déc	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jan	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fév	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Mar	41.46	46.07	0.00	23.21				0.00	0.00	0.00	110.74
Avr	39.25	50.88	37.63	17.38				0.00	0.00	0.00	145.14
Mai	44.09	67.76	112.29					0.00	0.00	0.00	224.14
Jui		73.53	181.99		106.07			149.46	181.99	138.61	831.65
Juill					154.93			166.908	202.85	178.89	703.58
Août					263.85			105.74	203.04	178.72	751.35

III.7.1 Calcul du débit spécifique

Le débit spécifique se calcul par la formule suivantes :

$$Q_s = (B_{net}) / (N_j * N_i * 3600 * E_i) \dots\dots\dots \mathbf{I. 6}$$

Avec:

- Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- Ni : nombre des heures d'irrigation=22h ;
- Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours ;
- Ei : Efficience d'irrigation que nous avons estimée à 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 2)

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de juin :

$$\mathbf{B_{net} = 831.65mm/mois.}$$

$$\mathbf{q_s=4.66l/s/ha >1.5 \text{ l/s/ha}}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5, il y'a un risque de sur dimensionnement des conduites.

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures.
- Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
- On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Dans notre cas, on choisit le débit spécifique de la culture la plus exigeante qui est l'haricot au mois de juillet, qui, il est égal à :

$$\mathbf{Q_{sp} = 1,48 \text{ l/s/ha}}$$

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.7.2 Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir

$$Q_{car} = q_s * S \dots \dots \dots \text{I. 7}$$

Avec :

- **qs** : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)
- **S** : la superficie nette à irriguer = 202,49ha

$$Q_{car} = q_s. S = 1,48.202,49 = 299,685 \text{ l/s}$$

III.7.3 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Le volume des besoins en eau = Besoins bruts de la culture (m³) * la surface..III.8

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau III-23.

Tableau III. 23 : volume d'eau d'irrigation.

Type de culture	Surface(ha)	Besoins nets(mm)	Besoins bruts(m ³ /ha)	Besoins totaux (m ³)
Blé	37.1	94.60	3730.60	138405.26
Orge grain	35.81	84.38	2894.41	103648.82
Oignon	15.76	25.24	336.56	5304.19
Ail	8.55	36.00	480.067	4104.56
P.Terre (S)	22.36	80.08	2342.064	52368.55
P.terre(AS)	13.83	57.53	1531.35	21178.57
tomate	16.35	181.99	4425.62	72358.89
Vigne	13.1	166.91	6544.29	85730.199
Olivier	22.35	203.04	9903.19	221336.30
Agrumes	17.28	178.89	8680.94	150006.64
Somme	202.49	//	//	854441.982

Les besoins en eau totaux du périmètre sont de : **854441.982m**

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré la phase la plus cruciale d'un projet d'irrigation : déterminer les besoins en eau spécifiques à chaque culture. Après des calculs théoriques, nous avons évalué ces besoins pour chaque type de culture, ce qui nous a permis de calculer le débit nécessaire pour dimensionner le réseau d'irrigation de notre zone.

Nous avons noté que le mois de août représente le pic de demande, particulièrement pendant la période de culture des oliviers. Nos estimations indiquent que les besoins totaux en eau pour cette zone s'élèvent à **854441.982m3**.

Chapitre IV :

Etude de système d'adduction et distribution

Introduction :

L'étude du réseau d'adduction et de distribution dans une zone d'irrigation nécessite l'évaluation de plusieurs aspects tels que la source d'eau, les canalisations, les dispositifs de pompage, les réservoirs et les mécanismes de contrôle. L'objectif est d'identifier des améliorations potentielles pour accroître l'efficacité et la rentabilité du système tout en réduisant les pertes d'eau. Dans cette partie, nous examinerons les différents éléments qui composent notre système d'approvisionnement et de distribution pour la zone d'irrigation, tout en proposant des stratégies pour optimiser leur fonctionnement.

IV.1 Alimentation en eau du périmètre :

L'approvisionnement en eau de notre périmètre d'irrigation sera assuré par un piquage de 630mm à partir de conduite principale qui se trouve à 2210 mètres du bassin géo-membrane ayant une capacité de stockage de 20 000 mètres cubes d'eau. Étant donné qu'elle garantit une disponibilité en eau adéquate pour répondre aux besoins de la culture pendant toute la période de croissance. Ce bassin sera connecté à une station surpression.

IV.2 Choix de la variante d'adduction :

Pour le choix de la variante la plus appropriée est effectué en prenant en compte les pertes de charge minimale ainsi que le tracé économique optimal. Ainsi, la décision finale est prise en faveur de la variante qui s'adapte mieux à ces critères.

Il y a trois variantes disponibles pour irrigation du périmètre :

- **Variante 1**, consiste à utiliser le piquage existant pour irriguer directement le périmètre.
- **Variante 2**, installation du bassin géo-membrane à partir d'un piquage ensuite une petite station de surpression pour assurer une alimentation en charge pour tout le périmètre.
- **Variante 3**, implique l'utilisation un réservoir en tête du périmètre pour permettre une alimentation gravitaire.

Dans notre cas, il faut prendre en considération la variante 2, car nous utilisant un bassin géo-membrane situé dans notre périmètre. Par conséquent nous avons besoin d'une petite station de surpression pour assurer l'alimentation en eau des bornes d'irrigation.

IV.3 Le réseau d'adduction :

Le réseau d'adduction présente la conduite qui refoule les eaux à partir d'un piquage dans le réservoir (le bassin géo-membrane).

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

IV.3.1 Le diamètre optimal économique de la conduite d'adduction :

Le diamètre économique est calculé par la relation de LABYE comme suit :

$$D = \sqrt{(4 * Q) / (\pi * V)} * 1000 \dots\dots\dots V. 1$$

Tell-que :

- Q : le débit mesuré en mètres cube par seconde (m³/s),
- D : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de l'ordre de 1,5 m/s.

Ci-dessous, vous trouverez le tableau qui présente les résultats des calculs de diamètre économique du tronçon :

Tableau IV. 1 : Calcul du diamètre économique de la conduite d'adduction.

Tronçon	L (m)	Q (l/s)	Diamètre Cal.(mm)	DiamètreN. (mm)	Epaisseur (mm)	Matériau	PN	V (m/s)
piquage	2210	380.5	568.3	630	24.1	FONTE	6	1,22

IV.4 Le réseau de Distribution :

Le réseau de distribution englobe la dissémination de l'eau d'irrigation depuis le bassin-géo membrane, en passant par la station de surpression, jusqu'aux bornes d'irrigation des îlots du périmètre.

IV.4.1 Organisation et l'aménagement du périmètre :

Notre périmètre englobe 12 îlots dont la superficie varie de 8.55ha à 22,86ha, et chaque îlot est à son tour discrétisé en deux à trois parcelles.

IV.4.2 Découpage des Ilots :

Un îlot représente une zone définie à l'intérieur d'un système d'irrigation où l'eau est distribuée de façon précise pour répondre aux besoins spécifiques en eau des cultures.

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

Tableau IV. 2 : Les différents îlots du périmètre.

Culture	Îlots	Nombre de parcelle	Surface
Agrumes	Îlot 1	4	17.28
Vigne	Îlot 2	3	13.10
Olivier	Îlot 3	4	22.35
Orge grain	Îlot 4	4	22.86
	Îlot 5	3	12.95
Blé	Îlot 6	4	20.3
	Îlot 7	4	16.80
Pomme de terre (S)	Îlot 8	4	22.36
Pomme de terre (AS)	Îlot 9	4	13.83
Tomate	Îlot 10	4	16.35
Ail	Îlot 11	2	8.55
Oignon	Îlot 12	4	15.76

IV.4.3 Bornes d'irrigation (rôle et fonction):

Une borne d'irrigation constitue un dispositif essentiel dans les systèmes d'irrigation agricole, servant à contrôler et réguler l'approvisionnement en eau. Elle est généralement positionnée le long des lignes d'irrigation, permettant une distribution ciblée de l'eau vers les différentes zones ou parcelles. Pour les exploitations de taille moyenne à petite, certaines normes d'installation sont généralement suivies, telles que :

- Une prise par îlot d'exploitations.
- Un maximum de quatre prises sur une même borne.
- Les bornes sont implantées en limites d'îlots ou au centre pour les îlots de grande taille.

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

Les bornes d'irrigation assument diverses fonctions cruciales dans le système global :

- **Distribution contrôlée :** Elles assurent une distribution régulée de l'eau vers les différentes zones ou parcelles.
- **Contrôle du débit :** Équipées de vannes, elles permettent de réguler le débit d'eau, s'adaptant ainsi aux besoins spécifiques des cultures ou espaces verts.
- **Répartition équitable :** En limitant le nombre de prises par borne, elles contribuent à garantir une répartition juste de l'eau entre les différentes utilisations, évitant les disparités.
- **Contrôle de la pression :** Certaines bornes intègrent des régulateurs de pression, maintenant une pression constante dans le système d'irrigation pour une distribution uniforme de l'eau.
- **Mesure de l'eau :** Certaines bornes sont dotées de compteurs d'eau, permettant de mesurer la quantité utilisée, ce qui facilite la surveillance de la consommation, l'évaluation de l'efficacité de l'irrigation, voire la facturation dans certains cas.

IV.4.4 Tracé du réseau d'irrigation :

Le tracé des canalisations de distribution est conçu en considérant une variété de paramètres techniques, topographiques, géologiques et géographiques afin de garantir un flux contrôlé.

Ces éléments incluent :

1. La topographie du terrain.
2. La pédologie, telles que sa structure, texture, capacité de rétention et humidité.
3. Les données climatiques locales, comme l'évapotranspiration potentielle (ETP) et Réelle (ETR).
4. Les types de cultures à irriguer.
5. Le choix du système d'irrigation sous pression.
6. La recherche d'un profil en long de la conduite qui évite les contrepentes.
7. La réduction de la longueur du projet pour minimiser les coûts.
8. L'importance d'éviter les obstacles naturels ou artificiels lors du tracé.

IV.4.5 Calcul du débit aux bornes:

Le débit spécifique est déterminé en fonction des besoins en eau spécifiques à chaque culture, évalués préalablement en se basant sur la répartition des cultures.

Le calcul du débit alloué à chaque borne destinée à desservir un îlot est réalisé de la manière suivante :

Débit aux bornes

$$Qb = qs.S \dots\dots\dots V. 2$$

Avec :

- **Qb:** Débit de chaque ilot (l/s)
- **qs:** Débit spécifique (l/s/ha)
- **S :** Superficie de l'îlot (ha)

IV.4.6 Choix du diamètre et de type de la borne :

Le choix du type de borne dépend de la taille de l'îlot et du nombre de parcelles. En général, les considérations suivantes s'appliquent :

- Pour les îlots comprenant entre 4 et 8 parcelles, avec une superficie inférieure à 15 hectares, une borne à quatre prises (Borne de type A4) est utilisée.
- Pour les îlots comprenant deux parcelles et une superficie inférieure à 15 hectares, une borne à deux prises (Borne de type A2) .
- Dans le cas d'îlots comprenant deux parcelles avec une superficie égale ou supérieure à 15 hectares, une borne à deux prises (Borne de type B) .
- Pour les grands îlots, avec une superficie dépassant 50 hectares, l'utilisation de bornes de type C.

Tableau IV. 3 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots.

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie
Type A2	Q<40 m ³ /h (11,11) l/s	1 Entrée Ø 80,100	2 sorties Ø 65

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h} (11,11) \text{ l/s}$	2 Entrée $\varnothing 80,100$	4 sorties $\varnothing 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h} (22,22 \text{ l/s}) < Q < 80 \text{ m}^3/\text{h} (33,33 \text{ l/s})$	2 Entrée $\varnothing 80,100,125$	2 sorties $\varnothing 100$
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h} (33,33 \text{ l/s})$	2 Entrée $\varnothing 80,100,125$	1 sortie $\varnothing 150$

Tableau IV. 4 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.

Culture	Ilot	Nombre de parcelles	Surface (ha)	Qsp l/s/ha	Q borne l/s	Type de la borne	Matériaux	Diamètre
Agrumes	Ilot 1	4	17.28	1,48	25.574	B	FONTE	200
Vigne	Ilot 2	3	13.1		19.388	A4	FONTE	100
Olivier	Ilot 3	4	22.35		33.078	B	FONTE	200
Ogre grain	Ilot 4	4	22.86		33.833	C	FONTE	200
	Ilot 5	3	12.95		19.166	A4	FONTE	100
Blé	Ilot 6	4	20.30		30.044	B	FONTE	200
	Ilot 7	4	16.8		24.864	B	FONTE	150

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

Culture	Ilots	Nombre de parcelles	Surface (ha)	Qsp l/s/ha	Q borne l/s	Type de la borne	Matériaux	Diamètre
Pomme de terre (s)	Ilot 8	4	22.36		33.093	B	FONTE	200
Pomme de terre (as)	Ilot 9	4	13.83		20.468	A4	FONTE	150
Tomates	Ilot 10	4	16.35		24.198	B	FONTE	150
Ail	Ilot 11	2	8.55		12.654	A4	FONTE	100
Oignon	Ilot 12	4	15.76		23.325	B	FONTE	150

IV.5 Matériaux de construction des canalisations :

Le choix du matériau est influencé par divers éléments tels que la pression à supporter, la nature corrosive du sol, les aspects économiques (coût et disponibilité sur le marché local, ainsi que la production en Algérie) et la compatibilité avec les accessoires associés (joints, coudes, vannes, etc.). Parmi les options de matériaux couramment employées, on peut mentionner la fonte, le PEHD, le PVC et l'acier.

A) Conduite en PEHD : Les tuyaux en PEHD offrent plusieurs atouts, notamment :

- Ils sont caractérisés par leur légèreté et leur facilité de découpe.
- Ils présentent d'excellentes propriétés hydrauliques.
- Leur disponibilité sur le marché et leur facilité d'installation en font un choix pratique.
- Ils sont relativement abordables.

Cependant, il est important de noter le risque de rupture en cas de soudure défectueuse.

B) Conduite en Fonte : Les tuyaux en fonte présentent plusieurs avantages, tels que :

- Une bonne résistance aux forces internes.

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

- Une notable résistance à la corrosion.
- Leur rigidité et solidité élevées.

Cependant, leur principal inconvénient réside dans leur coût relativement élevé.

C) Conduite en Acier : Les tuyaux en acier offrent divers avantages, parmi lesquels :

- Une légèreté supérieure par rapport à la fonte, entraînant des économies de transport et d'installation.
- Une résistance élevée aux contraintes comme les chocs et l'écrasement.

Cependant, il est important de considérer le risque potentiel de corrosion.

D) Conduite en PVC : Les tuyaux en PVC présentent plusieurs points forts, notamment :

- Une résistance notable à la corrosion.
- Leur disponibilité sur le marché.
- Une facilité d'installation en tant que canalisations.

Cependant, il est crucial de prendre en compte le risque éventuel de rupture.

IV.5.1 Etude de système de pompage :

Le système de pompage en irrigation englobe une série de dispositifs et d'équipements déployés afin d'extraire de l'eau à partir de sources telles que des puits, des rivières ou des réservoirs, puis de la transporter vers les zones agricoles ou les systèmes d'irrigation. Son objectif est d'assurer l'approvisionnement en eau nécessaire aux cultures et de garantir une répartition appropriée dans les champs.

Les composants du système de pompage en irrigation incluent généralement les éléments suivants :

- **La pompe :** constitue le composant principal du système de pompage.
- **La source d'eau :** qui peut prendre la forme d'un puits, d'une rivière, d'un lac ou d'un autre réservoir d'eau à proximité de la zone à irriguer.
- **Des conduites et des tuyaux :** sont utilisés pour acheminer l'eau de la source vers les champs ou les systèmes d'irrigation.
- **Un réservoir :** de stockage est parfois intégré pour entreposer l'eau pompée avant sa distribution dans les champs.

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

- **Un système de contrôle :** peut être incorporé pour réguler le fonctionnement de la pompe et surveiller des paramètres tels que la pression de l'eau, le débit et la température.

IV.5.2 Types des pompes utilisées :

Les pompes axiales, à écoulement radial ; les pompes semi axiales :

- **Les pompes axiales :**

Les pompes axiales sont des équipements de type hélice où les pales sont agencées sous forme de surfaces inclinées. Elles sont spécialement conçues pour le pompage de grands débits d'eau avec des hauteurs faibles.

- **Les pompes semi-axiales :**

Les pompes semi-axiales sont élaborées de manière particulière pour acheminer des débits importants avec une élévation minimale, tout en maintenant les vitesses d'entrée à des niveaux bas. En raison de la faible hauteur de refoulement, le diamètre de sortie est relativement restreint, imposant ainsi la construction de pompes hélico-centrifuges de dimensions importantes.

- **Les pompes à écoulement radial :**

Les pompes à écoulement radial, qui appartiennent à la catégorie des pompes centrifuges classiques, sont spécifiquement destinées au pompage de faibles débits sur des hauteurs considérables. La hauteur de refoulement est directement liée au diamètre externe de la roue. Dans cette configuration, le flux est essentiellement radial, avec des pales configurées en surfaces planes.

IV.5.3 Hauteur manométrique totale :

La formule qui permet de déterminer la hauteur manométrique :

$$HMT = H_g + \Delta H \dots\dots\dots V. 3$$

En utilisant les notations suivantes :

- HMT pour la hauteur manométrique totale exprimée en mètres (m)
- H_g pour la hauteur géométrique exprimée en mètres (m), où dans notre situation

$$H_g = H_r - H_a$$

- ΔH pour la perte de charge totale exprimée en mètres (m).

Avec ces valeurs, on peut établir les relations suivantes :

- $H_a = H_{bach} = 452 \text{ m.}$

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

- $H_r = 481\text{m}$ (élévation du point le plus défavorable B5).
- $H_g = 29\text{ m}$.
- $\Delta H = 64.79\text{mCE}$ Calculé par la méthode de LECHAPT et CALMON (voir tableau IV.7)
- $HMT = 94\text{m}$.

IV.5.4 Nombre et choix des pompes :

Pour sélectionner le nombre de pompes approprié, plusieurs critères sont pris en compte:

- Le nombre minimal de pompes.
- Le rendement optimal.
- Le niveau minimal de charge nette d'aspiration requise (NPSH). La puissance absorbée minimale.

Tableau IV. 5 : Choix du nombre de pompes de secours.

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
$N_p < 4$	1pompe de secours
$4 < N_p < 6$	2pompes de secours
$N_p > 6$	3pompes de secours

Dans notre situation, nous avons employé le logiciel Caprari pour établir le type et le nombre de pompes à utiliser.

Tableau IV. 6 : Choix de nombre de pompes.

N	Q(l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	$\eta(\%)$	N (tr/min)	Pabs (KW)	NPSHr	Ø (mm)
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	100	93.99	PM 150/ 4 A	74.9	1450	122	5.42	150
4	77.5	129	PM 150/ 4 C	79.2	1450	95.6	2.79	150

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

Nous avons comparé les caractéristiques des différentes options de pompes et de la raison technique et économique, nous avons opté pour une variante comprenant 4 pompes identique (+2 pompe de secours) avec les spécifications suivantes :

Données technique / Caractéristiques :

- Rendement : 79.2
- Puissance absorbée : 95.6 kW (**Annexe 06**)

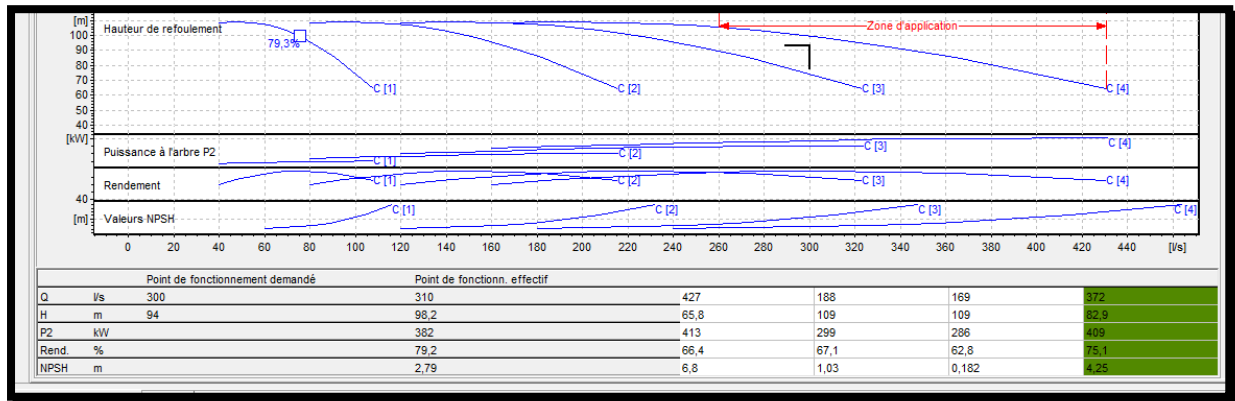


Figure IV . 1 : Courbe de fonctionnement de la pompe choisie.

IV.6 Dimensionnement des canalisations :

L'ingénieur est confronté à la problématique du dimensionnement optimal, qui nécessite dépendre en compte à la fois des considérations techniques et économiques. Les dimensions des conduites doivent être conformes aux normes hydrauliques afin d'assurer un fonctionnement efficace.

IV.6.1 La vitesse admissible:

La plage de vitesse admissible se situe entre 0,5 m/s en tant que vitesse minimale et 2,5 m/s en tant que vitesse maximale.

Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi une vitesse de 1,5 m/s.

IV.6.2 Calcul du diamètre économique :

Le diamètre économique est calculé par la relation de LABYE comme suit :

$$D = \sqrt{(4 * Q *) / (\pi * V)} * 1000. V. 4$$

Tell-que :

- Q : le débit en mètre cube par second m³/s,
- D : le diamètre exprimé en mm,

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

- V : la vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

IV.6.3 Évaluation des pertes de charge :

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

$$\Delta H = (3.592/CHW)^{1.852} (L/D^{4.87}) Q^{1.852} \dots\dots\dots V. 5$$

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 : 130-140.

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

IV.6.4 Calcul des pressions aux bornes

L'estimation des pressions des bornes est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \quad \dots\dots\dots \text{IV. 6}$$

Où :

- h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions
- V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.
- ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci dessous:

Tableau IV. 7 : Les résultats de calculs.

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

N° Tronçon	Long L (m)	Débit (l/s)	Diamètre cal(mm)	Diameter N. (mm)	Epaisseur (mm)	Diameter interieur (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain (m)	C. Pièzo (m)	Pression (bar)
SP-N1	85	299.685	504,49	500	19.1	461,8	FONTE	1,79	0,46	459.9	509.6	4.97
N1-N2	379	299.675	504,48	500	19.1	461,8	FONTE	1,79	2,05	471.6	509.8	3,8
N2-R3	256	299.675	504,48	500	19.1	461,8	FONTE	1,79	1,39	478.5	520.6	4.21
R3-R4	71	246.124	457,19	500	19.1	461,8	FONTE	1,47	0,27	478.09	524.7	4.67
R4-R5	279	49.210	204,43	200	7.7	184,6	PEHD	1,84	5,64	480.69	523.59	4.29
R4-R6	859	196.914	408,94	400	15.3	369,4	FONTE	1,84	7,73	459.58	501.28	4.17
R6-R7	21	105.139	298,81	315	12.1	290,8	PEHD	1,58	0,19	459.75	502.05	4.23
R7-R8	511	105.139	298,81	315	12.1	290,8	PEHD	1,58	4,61	467.86	512.26	4.44
R8-R9	150	61.553	228,64	250	9.6	230,8	PEHD	1,47	1,55	466.07	516.47	5.04

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

N° Tronçon	Long L (m)	Débit (l/s)	Diamètre cal(mm)	Diameter N. (mm)	Epaisseur (mm)	Diameter interieur (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain (m)	C. Pièzo (m)	Pression (bar)
R9-R10	146	61.553	228,64	250	9.6	230,8	PEHD	1,47	1,51	468.5	504.6	3.61
R10-R11	63	35.979	174,80	200	7.7	184,6	PEHD	1,34	0,71	468.9	507	3.81
R11-R12	110	35.979	174,80	200	7.7	184,6	PEHD	1,34	1,25	464	504.6	4.06
R12-B12	71	23.325	140,74	160	6.2	147,6	PEHD	1,36	1,07	466	516.1	5.01
R12-B11	81	12.654	103,67	110	4.2	101,6	PEHD	1,56	2,43	464	515	5.1
R10-B1	406	25.574	147,37	160	6.2	147,6	PEHD	1,50	7,26	467.3	515.2	4,79
R8-B10	91	24.198	143,35	160	6.2	147,6	PEHD	1,41	1,47	468	507	3,9
R8-B2	61	19.388	128,32	125	4.8	115,4	PEHD	1,85	2,17	456	498.1	4,21
R6-B3	99	33.078	167,61	160	6.2	147,6	PEHD	1,93	2,85	459.6	497.2	3,76

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

N° Tronçon	Long L (m)	Débit (l/s)	Diamètre cal(mm)	Diameter N. (mm)	Epaisseur (mm)	Diameter interieur (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain (m)	C. Pièzo (m)	Pression (bar)
R6-B7	117	24.864	145,31	160	6.2	147,6	PEHD	1,45	1,99	461.60	504.6	4,30
R6-B4	100	33.833	169,51	160	6.2	147,6	PEHD	1,98	3,00	465	509.4	4,44
R5-B5	59	19.166	127,58	125	4.8	115,4	PEHD	1,83	2,05	480.69	523.69	4,3
R5-B6	80	30.044	159,73	160	6.2	147,6	PEHD	1,76	1,93	479.9	525.9	4,6
R3-B9	204	20.468	131,84	125	4.8	115,4	PEHD	1,96	8,01	473	525	5,2
R3-B8	111	33.093	167,64	160	6.2	147,6	PEHD	1,94	3,20	475	511.1	3,56

1) Vitesse (m/s) :

Les vitesses de l'eau dans le réseau de distribution varient dans une plage allant de 1,34 à 1,96 m/s. Ces valeurs de vitesse sont considérées comme idéales pour l'irrigation.

2) Pression (bar) :

La pression aux bornes d'irrigation oscille entre 4 et 5.2 bars. Ces valeurs de pression sont jugées adéquates pour alimenter les asperseurs et les goutteurs.

- Irrigation par aspersion : Une pression d'eau située entre 2 et 4 bars est généralement recommandée pour une irrigation par aspersion efficace.

Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution

- Irrigation localisée (goutte à goutte) : Dans le cas de l'irrigation localisée, comme l'irrigation au goutte-à-goutte, une pression d'environ 1 bar est couramment utilisée.

Une plage de pression de 4.0 à 5.22 bars est généralement suffisante pour garantir le bon fonctionnement du réseau, toutefois, les vannes de régulation de pression seront exclusivement utilisées pour les réseaux d'irrigation goutte-à-goutte.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la conception du système de distribution, ce qui comprend le calcul du débit aux bornes, la détermination du diamètre du réseau, la prise en compte des pertes de charge et la vérification de la pression.

Le périmètre est divisé en 12 îlots et 44 parcelles. Chaque îlot est alimenté par une borne d'irrigation, et la superficie totale nette irriguée s'élève à 202.49 hectares.

Les pressions obtenues sont généralement satisfaisantes et, dans certains cas, elles dépassent les 4 bars. Cela permet la mise en place de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte-à-goutte.

Chapitre V :

Choix de la technique d'irrigation

Introduction :

Le choix du système d'irrigation dépend de plusieurs facteurs tels que le type de culture, le climat local, la composition du sol, la topographie du terrain et les ressources financières disponibles. Il est essentiel de sélectionner un système qui garantit un approvisionnement en eau suffisant tout en réduisant les pertes liées à l'évaporation ou à l'infiltration. De plus, la facilité d'installation, d'entretien et de réparation du système est cruciale pour optimiser son efficacité et minimiser les coûts à long terme.

V.1 Les différentes techniques d'irrigation :

Il existe Cinq principales techniques d'irrigation utilisées dans l'agriculture et l'aménagement paysager :

1. L'irrigation par aspersion.
2. L'irrigation par goutte à goutte.
3. L'irrigation par gravité.
4. L'irrigation par submersion.
5. L'irrigation par pivot central.

V.1.1 Irrigation par Aspersion :

L'irrigation par aspersion figure parmi les méthodes d'irrigation les plus répandues, impliquant l'arrosage des cultures par la dispersion d'eau sous forme de fines gouttelettes. .



Figure V. 1 : L'irrigation par aspersion.

Source : interplast.com

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

➤ Les Avantages :

- Tout nivellement de sol est supprimé.
- C'est la seule méthode permettant d'arroser convenablement, les sols trop perméables pour être irrigués par ruissellement.
- Elle permet un dosage précis, d'où économie d'eau.
- L'eau pulvérisée est plus oxygénée.
- L'arrosage antigel est possible.
- Elle permet une économie de main d'œuvre.
- des conditions d'arrosage très souples.

➤ Les Inconvénients :

- Le coût élevé des installations.
- La mauvaise répartition de l'eau par temps agité.
- Le mouillage des feuilles.
- L'eau doit être de bonne qualité.
- Sensibilité au vent
- Plusieurs parties mécaniques nécessite une entretien qualifier
- La totalité des sols sont mouillées
- exige un choix judicieux des époques d'irrigation.
- Impacte important des gouttelettes d'eau sur les fouillages et les fleurs
- Pert d'eau par évaporation
- Risque sanitaire importante pour les eaux non conventionnelles
- N'est pas adéquat pour les eaux non conventionnelles
- N'est pas adéquat pour les soles peu perméables
- Fourniture d'énergie indispensable.

V.1.2 Irrigation par goutte à goutte (localisée) :

Dans l'irrigation goutte à goutte, l'eau est livrée à la plante à faible dose entraînant ainsi l'humidification d'une fraction du sol. Ceci permet de limiter les pertes par évaporation et percolation. Elle permet aussi de réduire le développement des mauvaises herbes. Elle met également en œuvre des équipements fixes et légers, et permet la fertilisation.

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Dans la plupart des cas, elle exige une automatisation à travers des contrôleurs associés à des vannes volumétriques et/ou hydrauliques et des électrovannes.



Figure V. 2 : L'irrigation par goutte à goutte

agrimaroc.net

➤ Les Avantages :

- Possibilité, voire nécessité, de l'automatisation du système.
- Economie de l'eau, de main d'œuvre, d'énergie et facilité de travail.
- Feuillage sec, donc réduction des maladies cryptogamiques.
- Humidité du sol constante à cause de la continuité d'arrosage.
- Réduction du développement des mauvaises herbes.
- Grande efficacité de la fertilisation à cause de l'absence de lessivage.
- Les activités culturales ne sont pas gênées par les arrosages (surface de sol toujours sèche). Ces activités sont très réduites à cause de l'absence des adventices, de croutage en surface et d'érosion.
- Possibilité de l'irrigation fertilisante (fertigation).
- Contrôle précis des quantités d'eau et de fertilisants apportés.

➤ Les Inconvénients :

- Système peu esthétique : les tuyaux courent à même le sol
- Les goutteurs peuvent se boucher
- Installation des tuyauteries importantes
- N'est pas adéquat aux cultures couvrantes (carotte ; radier....)
- N'est pas adéquat aux sols trop perméables

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

- Les arbres irrigués par ce système sont sensibles au vent à cause du système des racines superficielles
- Accumulation des selles en surface
- Formation des croûtes en calcaire sous les racines.
- Nécessite de surveillance fréquente
- Uniformité d'irrigation sensible ou moyenne
- Activité culturale limitée ou difficile.

V.1.3 Irrigation par gravité (surface) :

C'est une technique d'irrigation qui fait ruisseler l'eau sur le sol avant qu'elle ne s'infiltre. Dans ce cas, le ruissellement s'effectue entièrement à l'air libre, par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée par la topographie du terrain. C'est la plus ancienne technique d'irrigation.



Figure V. 3 : L'irrigation par gravité

Source : Ecosources.org

➤ Les Avantages :

- techniques anciennes, bien connues.
- coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur.
- pas d'apport énergétique extérieur.
- alimentation des nappes phréatiques.
- augmentation de la biodiversité.
- La terre reste sèche entre les sillons, ce qui facilite les travaux (irrigation à la raie).

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

- L'eau n'atteint pas les tiges des plantes, ce qui évite les maladies des plantes (irrigation à la raie).
- Insensibilité au vent.

➤ Les Inconvénients :

- temps de main d'œuvre pour la répartition et la surveillance important.
- coûts importants en cas d'ouvrages d'art (aqueduc, galerie)
- "pertes" d'eau importantes dans les canaux selon la nature du sol : nécessité d'étanchéifier les lits des branches principales.
- Débits important
- lieu de points de distribution fixe, parcellaire relativement figé.
- nécessité un terrain plat ou un nivellement.
- faible efficacité.
- estimation du volume réellement consommé difficile.
- pollution possible par déversement.
- Mouillage des feuilles des plantes basses
- Terrain inaccessible pendant l'irrigation
- Développement et propagation des herbes
- Risque de contamination biologique des récoltes en cas d'irrigation avec des eaux non conventionnelles.
- Limite et/ou interdiction des circulations des machines agricoles.
- Difficile et coûteux au niveau des terrains en pente.
- Automatisation difficile et/ou impossible.
- Travaux de préparation initiale des sols importants
- Nécessite une bonne imperméabilité des sols
- N'est pas adéquate aux sols peu perméables
- La majorité de la surface des sols sont mouillés
- Perte des surfaces irrigables sous forme de diguettes et des canaux des distributions
- Erosion des sols sont possible
- Répartition des fertilisants mal connus.
- Dégradation et la perte de la récolte tombée sur des sols mouillés

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

V.1.4 Irrigation par submersion :

Ce type d'irrigation fait partie des procédés traditionnels encore employés de nos jours notamment dans les rizières et dans les oasis. Le principe de cette technique consiste à créer une nappe épaisse en inondant temporairement toute la surface à pente nulle.

Lorsque la pente naturelle est nulle ou presque, le ruissellement devient impossible. Un débit supérieur à la perméabilité du sol devient nécessaire pour conduire l'eau à l'extrémité des parcelles. L'eau s'accumule alors en une nappe de quelques cm qui s'infiltre peu à peu.

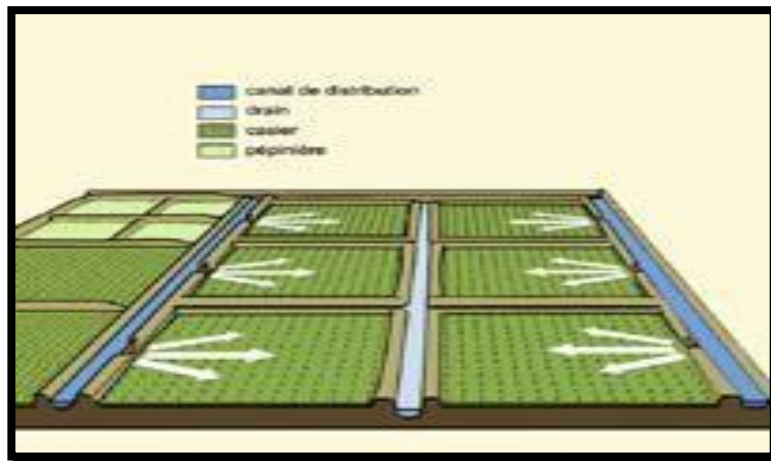


Figure V. 4 : irrigation par submersion.

Source: Lavoisier.fr



Figure V. 5 : irrigation par submersion.

Source: Lavoisier.fr

➤ Les Avantages :

1. Offre un approvisionnement continu en eau directement aux racines des plantes, pouvant ainsi améliorer la croissance et le rendement des cultures.
2. Une faible consommation d'énergie et favorise la fertilisation naturelle du sol.

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

➤ Les Inconvénients :

- 1- Cette méthode peut occasionner des pertes d'eau liées à l'évaporation.
- 2- Elle peut également entraîner une accumulation excessive de sels dans le sol.

V.1.4 Irrigation par pivot central :

L'irrigation par pivot central est une technique d'irrigation moderne qui implique l'utilisation d'un système pivotant pour arroser de grandes surfaces de terres cultivées. Cette technique consiste en un tuyau principal qui est fixé à une tour centrale et qui est équipé de buses pour pulvériser de l'eau sur les cultures.

Le système de pivotement est alimenté par un moteur électrique, un moteur à essence ou un générateur solaire, qui déplace le tuyau principal en cercles complets autour de la tour centrale. Cette technique permet d'irriguer des surfaces de terrain de forme circulaire et peut être utilisée pour arroser une grande variété de cultures, notamment les céréales, les légumes, les fruits et les cultures fourragères.



Figure V. 6 : l'Irrigation par pivot central

Source: ics-agri.com

➤ Les Avantages :

- 1) Cette technique d'irrigation par pivot central se démarque par son efficacité à assurer une répartition homogène de l'eau sur les cultures.
- 2) Elle se caractérise également par une consommation réduite en énergie.

➤ Les Inconvénients :

- 1) L'installation et la maintenance d'un système d'irrigation par pivot central peuvent être coûteuses.
- 2) Cette méthode peut ne pas être adaptée aux terrains accidentés ou irréguliers.

Conclusion :

Ce chapitre traite des diverses méthodes d'irrigation disponibles, en mettant en évidence leurs avantages et inconvénients, dans le but de choisir judicieusement la méthode la mieux adaptée aux conditions climatiques de notre zone d'étude.

Après avoir soigneusement examiné les options, nous avons opté pour deux systèmes d'irrigation spécifiques : l'irrigation par aspersion et l'irrigation par goutte-à-goutte.

Chapitre VI :

Dimensionnement à la parcelle

Introduction :

L'étape de détermination de la taille des parcelles revêt une importance capitale lors de l'élaboration d'un plan d'aménagement, et cette dimension est largement conditionnée par le choix de la méthode d'irrigation sélectionnée. Dans cette section, nous mettrons l'accent sur la procédure de détermination de la taille optimale des parcelles, en prenant en compte la technique d'irrigation choisie, ainsi que les critères et les limitations spécifiques à la région géographique examinée dans le périmètre d'étude.

VI.1 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion:

- **Choix de culture :** Nous avons sélectionné la pratique de l'irrigation pour la culture de Blé, une culture céréales qui offre des bénéfices notables tant du point de vue agronomique que sur le plan économique.
- **Choix des parcelles de l'ilot :** Le réseau d'irrigation par aspersion est mis en place sur la parcelle P1 (Ilot 07), qui a une superficie de 2,6 hectares. La parcelle est alimentée par la borne B07, et les pressions calculées pour cette borne sont d'environ 4.3bars.

Ces valeurs de pression sont largement adéquates pour assurer l'approvisionnement en eau de la parcelle.

- **Longueur** $L = 206$ m
- **Largeur** $b = 128$ m
- **Texture** = Limono-argileux
- **Efficence d'irrigation** $E_{as} = 75$ %
- **Temps de travail** : 20heures par jour, et 26 jours par mois.
- **Besoins de pointe:** 94,60mm/mois pour le mois de pointe (Mai).
- **Perméabilité du sol** : Le sol est de type avec une perméabilité estimée à :
- $K = 9$ mm/h

Dose pratique :

RFU: $Y (H_{cc} - H_{pf})$. Da. Z..... VI. 1

- **Y:** degré de tarissement : égal à 2/3.
- **Da:** densité apparente : égale à 1.42.
- **Surface de la parcelle** : $S = 2,6$ ha.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

- **Type de culture** : Blé.
- **Z**: profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le Blé)
- **Hcc**: humidité à la capacité au champ (28%).
- **Hpf** : humidité au point de flétrissement (15%).

$$RFU = \frac{2}{3} (28 - 15)/100 * 1.42 * 0.6 * 1000 = 73.8mm$$

VI.2 Dimensionnement théorique

a) Calcul du diamètre de l'ajutage

La perméabilité du sol $K = 9\text{mm/h}$; On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse .

$$P = \frac{(1.5*d)}{1.04} \dots\dots\dots \text{VI.2}$$

Avec :

- P : La pluviométrie de la buse en mm.
- d : Le diamètre de la buse en mm.

D'où :

$$d = \frac{9 * 1.04}{1.5} = 6.24 \text{ mm}$$

En se référant à la documentation technique relative à l'arroseur PERROT (**comme indiqué dans l'Annexe 4**), il est à noter que le diamètre de la buse normalisée le plus proche est de 6 mm.

b) Calcule de la portée de jet (L)

La portée de projection représente la distance entre l'appareil émetteur et le point d'impact du jet, ce paramètre permet de délimiter la zone circulaire irriguée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante:

$$L = 3. d^{0.5}. h^{0.25} \dots\dots\dots \text{VI.3}$$

Avec :

- d : le diamètre de la buse (mm)
- h : pression à la buse (m), dans notre cas $P = 4,3\text{bars}$, hauteur d'eau = 43m.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Pour le diamètre de la buse de 6.24mm à une pression de 4 bars la portée sera de l'ordre de 17 m au minimum, D'après la fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot (**Voir Annexe 05**)

c) Ecartements entre les rampes et arroseurs

En accord avec les directives émises par les normes américaines, l'écartement maximal est préconisé en corrélation avec la vitesse du vent tel que :

- E_l entre les lignes d'arrosage: 1,25L (vent faible) à 1,02L (vent fort).
- E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8L (vent faible) à 0,5L (vent fort).

Les valeurs maximales sont associées à des conditions de vent de faible intensité, soit (<10 Km/h).

Les vitesses du vent dans notre cas sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année.

Dans notre zone d'investigation, les vitesses maximales du vent sont d'environ 3,9m/s, équivalant à 14,04 km/h. Par conséquent, nous utilisons les valeurs suivantes :

- $E_l = 1,3 \times 17 = 22.1\text{m}$
- $E_a = 0,75 \times 17 = 12.75\text{m}$

Les valeurs standardisées des écartements se présentent comme suit :

- $E_l = 18\text{m}$
- $E_a = 18\text{m}$
- La surface mouillée = **324 m²**

c) Débit de l'asperseur

Le calcul du débit d'un asperseur s'effectue à l'aide de la relation suivante :

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \dots\dots\dots \text{VI. 4}$$

- $q = 0.95 \cdot (\pi \cdot 0.006^2 / 4) \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 40}$
- $q = 0.00024 \text{ m}^3/\text{s}$
- $q = 0.86 \text{ m}^3/\text{h}$

Avec :

- **q**: le débit de l'asperseur (m^3/s)

e) Vérification de la pluviométrie de la buse

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

En supposant que l'écartement soit proportionnel à la portée, la pluviométrie horaire, notée p (en mm/h), peut être estimée à l'aide de la relation suivante :

$$P = Q_{asp} / (El * Ea) \dots\dots\dots VI. 5$$

- Q : est le débit de l'asperseur choisi, $q=2,4.10^{-4}= 0,86 \text{ m}^3/\text{h}$

D'où

$$P = 0.86 / (18 * 18) = 2,65 \text{ mm/h}$$

Par conséquent, la sélection du diamètre de la buse garantira une pluviométrie $P \leq K = 9 \text{ mm/h}$

f) Calcul du tour d'eau :

La durée du tour d'eau correspond à la période requise pour l'arrosage complet de toutes les parcelles.

$$T_{eau} = \frac{DoseRFU}{B_{mp}} Nj \dots\dots\dots VI. 6$$

- $T_{eau} = (73,8 * 26) / 94,6 = 19,28 \text{ jours} = 19 \text{ jours}$
- On prend un tour d'eau de 20 jours.
- On irrigue $30 / 19 = 2$ fois par mois.

g) La dose réelle:

- $Dr = T_{eau}$.la dose journalière
- Tel que : la dose journalière = $94,60 / 30 = 3,15 \text{ mm/jour}$.
- $Dr = 19 \times 3,15 = 59,85 \text{ mm}$
- $Dr = 59,85 \text{ mm}$

h) la dose brute :

$$Db = \frac{ladoseréele}{0.75} = \frac{59.85}{0.75} = 79.8 \text{ mm}$$

i) Temps d'arrosage :

Le temps T nécessaire pour appliquer une dose d'eau par un asperseur sans excéder la capacité d'infiltration est déterminé en utilisant la relation suivante :

$$Ta = \frac{doseréellebrute}{pluviometrie} = \frac{79,8}{9} = 8,87 \text{ h}$$

- $Ta = 9 \text{ h}$

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Par conséquent, il sera possible d'ajuster deux cycles par jour pour un asperseur, ce qui équivaut à une durée de fonctionnement totale de 20 heures.

j) Calcul de l'unité d'arrosage (SU) :

La zone ou la surface arrosée par unité de mesure :

$$SU = \frac{S}{T_{eau} \cdot n} = \frac{2,6}{19 \cdot 2} = 0,07 \text{ ha}$$

k) Calcul du débit d'équipement :

Le calcul de l'unité d'arrosage se fait par la relation suivante :

$$Q_{eq} = (S \cdot Bmp \cdot 10) / (Ta \cdot Np \cdot Nj \cdot 0.75) \dots\dots\dots VI. 7$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Q_{eq} = (2.6 \cdot 94,6 \cdot 10) / (9 \cdot 2 \cdot 26 \cdot 0.75) = 7 \text{ m}^3/\text{h}.$$

l) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

Le calcul du volume fourni par un asperseur par mois se fait par la relation suivante :

$$V = Q_{asp} \cdot Np \cdot Ta \cdot Nj \dots\dots\dots VI. 8$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$V = 0.86 \cdot 9 \cdot 2 \cdot 26 = 402.5 \text{ m}^3$$

m) Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :

Le calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle se fait par la relation suivante :

$$V_t = Bmp \cdot \text{Largeur terrain} \cdot \text{Longueur terrain} / 1000 \dots\dots\dots VI. 9$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$V_t = 94,6 \cdot 128 \cdot 206 / 1000 = 2494.4 \text{ m}^3.$$

n) Nombre d'asperseur requis (N_{asp}):

$$= 2$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

- 2 Asperseurs pour 0,07 ha.

VI.3 Dimensionnement hydraulique des rampes :

VI.3.1 Longueur de la rampe:

Cette phase de dimensionnement varie d'une parcelle à l'autre en fonction des dimensions de la parcelle ainsi que de la manière dont la projection du réseau d'aspersion est réalisée.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Il est envisagé deux méthodes d'installation des dispositifs d'installations des aspersions sur la rampe .

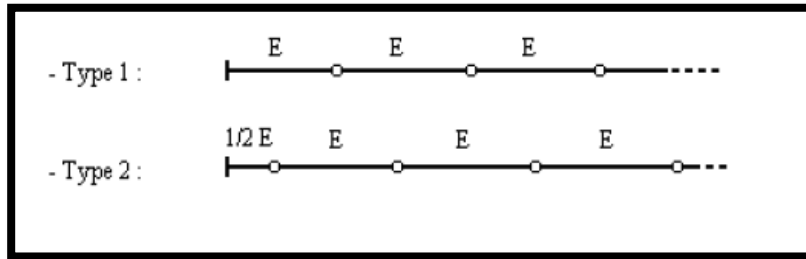


Figure VI. 1: Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est donc :

- Pour le type 1 : $L = n.E$
- Pour le type 2: $L = (n+0.5)*E$

D'où :

$$Lr = \frac{\text{largeur de terrain}}{2} - \frac{E_a}{2} = \frac{128}{2} - \frac{18}{2} = 55 \text{ m}$$

Le nombre d'asperseurs par rampe peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$N_{asp} = \frac{\text{largeur}}{E_a} = \frac{Lr}{E_a} = \frac{55}{18} = 3 \text{ asperseurs}$$

VI.3.2 Dimensionnement de la rampe (Q_r):

QR = le débit de l'asperseur x le nombre d'asperseur/rampe VI. 10

Le débit au niveau de la rampe

- $Q_r = 0,86 \times 3 = 2,58 \text{ m}^3/\text{h} = 7,17 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Le nombre de configurations possibles des rampes :

- $N_r = \frac{Lr}{El} = \frac{206}{18} = 11,44 = 11 \text{ rampes.}$

VI.3.3 Calcule du diamètre de la rampe :

- Diamètre de la rampe : $D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi.V}}$

Avec :

- V: vitesse de l'écoulement à travers la rampe

Ou : $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0, 5 \text{ m/s}]$

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Nous faisons l'hypothèse que $V = 1,5$ m/s et on calcule D_R

$$\bullet \quad D_R = \sqrt{\frac{4 * 0,00086}{\pi * 1,5}} = 0,02701 \text{ m} = \mathbf{27,01 \text{ mm}}$$

Les tuyauteries en PEHD disponibles sur le marché présentent les diamètres suivants : 50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 ; et 200 mm

- Le diamètre normalisé ($D_r = 32$ mm)

$$\bullet \quad V = \frac{4 * Q}{\pi * d^2}$$

$$\bullet \quad V = \frac{4 * 0,00086}{\pi * (32 * 10^{-3})^2} = \mathbf{1,069 \text{ m/s}}$$

VI.3.4 Calcule des pertes de charge :

La formule habituelle pour calculer l'expression générale des pertes de charge linéaires dans les conduites est basée sur le modèle Hazan Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852} \dots\dots\dots \text{VI. 11}$$

Avec :

- J: représente la perte de charge linéaire en m,
- CH: est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD)
- D : correspond au diamètre de la canalisation (m)
- L : représente la mesure de la longueur de la conduite (m)
- Q: est le débit en $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$\bullet \quad J = (3.592 / 140)^{1.852} * (55 / 0.032^{4.87}) * 0.00086^{1.852} = 2,5 \text{ m.}$$

VI.4 Dimensionnement de la porte rampe :

VI.4.1 Longueur de la porte rampe :

La mesure de la longueur de la porte de la rampe est déterminée par :

$$\bullet \quad L_{pr} = 206 - \frac{18}{2} = \mathbf{197 \text{ m}}$$

VI.4.2 Débit de la porte rampe :

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r \dots\dots\dots \text{VI. 12}$$

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

- $Q_{pr} = 2,58 * 11 = 28,38 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$.

VI.4.3 Calcul du diamètre de la porte rampe :

Le calcul du diamètre de la porte rampe se fait par la relation suivante :

$$D_{pr} = \sqrt{(4 * Q_{pr}) / (\pi * V)} \dots\dots\dots \text{VI. 13}$$

Avec :

- Q_{pr} : le débit exprimé m^3/s ,
- D_r : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de 2 m/s.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

- $D_{pr} = 70 = 75 \text{ mm}$.

On choisit un diamètre normalisé de 90 mm pour une conduite en PEHD, afin de minimiser les pertes de charges.

D'où :

$$V = (4 * Q_{pr}) / (\pi * D_r^2) \dots\dots\dots \text{VI. 14}$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

- $V = (4 * 0,0078) / (\pi * 0,075^2) = 1,76 \text{ m/s}$.

VI.4.4 Calcul de la perte de charge de la porte rampe

La formule habituelle pour calculer l'expression générale des pertes de charge linéaires dans les conduites est basée sur le modèle Hazan Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852} \dots\dots\dots \text{VI. 15}$$

Avec :

- J : représente la perte de charge linéaire en m,
- CH : est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD)
- D : correspond au diamètre de la canalisation (m)
- L : représente la mesure de la longueur de la conduite (m)
- Q : est le débit en m^3/s .

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

- $J = (3.592 / 140)^{1.852} * (197 / 0,075^{4.87}) * 0,0078^{1.852} = 8,37 \text{ m}$.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI. 1 : Résultat de calcul pratique d'aspersion.

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	197	55
Diamètre (mm)	75	32
Débit (m^3/h)	0,0078	0,00086
Vitesse (m/s)	1,76	1,069
Perte de charge totale (m)	8,37	2,5

$\Delta H_t = 8,37 + 2,5 = 10,37$ m de perte charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VI.4.5 Calcul de la pression en tête de réseau:

Il s'agit de la pression requise pour garantir le fonctionnement optimal du dernier asperseur.

- $H = H_1 + H_2 + H_3$
- H : pression à la tête de la parcelle
- H_1 : La pression requise pour assurer le fonctionnement optimal d'un asperseur est de (3 bars)
- H_2 : perte de charge totale de la rampe.
- H_3 : la dénivelée (0 m. Terrain relativement plat)
- $H = 25 + 10,37 + 0 = 35,37$ m.

$P = 3.5$ bars, Cela est parfaitement adéquat compte tenu de la pression disponible à la borne, qui est de 4,2 bars

VI.5 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

Dans cette section, nous concentrerons notre attention sur le dimensionnement d'un système d'irrigation localisé (le système goutte à goutte), pour lequel il est essentiel de disposer de données fondamentales telles que la superficie de la parcelle, les besoins journaliers en eau et la durée maximale de fonctionnement journalier de travail.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.5.1 Données générales :

Le système d'irrigation sera mis en place sur la parcelle P 01 de l'îlot3, approvisionnée par la borne B3, avec des pressions calculées d'environ 3,76 bars. La superficie totale de l'exploitation s'étend sur 4,1 hectares et présente une configuration relativement rectangulaire.

- **Culture** : Olivier
- **Besoin de pointe** : 203,04 mm
- **Organisation du réseau goutte à goutte** : Avec un espacement de 4 mètres par 4 mètres (4*4).
- ✓ Surface: **4,1** ha
- ✓ Longueur: **265** m.
- ✓ Largeur: **158**m.

Caractéristiques du goutteur :

- ✓ Débit nominal : 4 l/h ; Pression nominale : 10m.c.e
- ✓ Le nombre de goutteurs par arbre : 2
- ✓ Espacement des goutteurs $\approx [1 - 2]$ m

VI.5.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

a) Influence du taux de couverture du sol :

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, l'eau est apportée de manière ciblée sur une petite zone de la surface, ce qui réduit considérablement la quantité d'eau évaporée directement du sol. Pour prendre en compte cet effet, un coefficient de réduction, appelé Kr, est appliqué à l'ETM. La valeur de Kr dépend du pourcentage de la surface du sol couverte par les plantes adultes, qui est généralement de 60%. Il peut être calculé à l'aide de diverses formules disponibles comme suit :

Keller et Karmeli (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0,85} \dots\dots\dots \text{VI. 16}$$

La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs) \dots\dots\dots \text{VI. 17}$$

Nous supposons qu'un taux de couverture de 60 % est atteint pour les arbres adultes, ce qui signifie que

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

- ✓ $K_r = 0.80$ selon Keller et Karmeli
- ✓ $K_r = 0.70$ selon Freeman et Garzoli

Nous utiliserons un facteur K_r égal à 0,80

Donc :

$$B_{net} = B_j \times K_r \dots\dots\dots VI. 18$$

- $B_{net} = (203,04/30) \times 0,8 = 5,41 \text{ mm/j}$

VI.5.3 Dose nette pratique :

Une fois les besoins journaliers calculés, il est nécessaire de préciser une fraction ou un pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. La dose (RFU) est déterminée en fonction de la hauteur d'eau P :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P\% = RFU \times P\% \dots\dots\dots VI. 19$$

Tels que :

- H_{cc} : la hauteur d'eau de capacité au champ (28%),
- H_{pf} : la hauteur d'eau du point de flétrissement permanent (15%),
- d_a : densité apparente a une valeur de 1.42,
- Y : a une valeur de 2/3,
- Z : représente la profondeur des racines de la plante 1500 mm,
- P : représente le taux de saturation du sol en eau.

La valeur de $P\%$ est calculée en utilisant l'équation :

$$P\% = (N \times S_{pd} \times S_h) / (S_a \times S_r) \dots\dots\dots VI. 20$$

Avec:

- P : le volume de sol humidifié,
- N : le nombre de points de distribution par arbre,
- S_{pd} : la distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (m),
- S_h : la largeur de la bande humidifiée,
- S_r : étant l'écartement entre les rangs d'arbres,
- S_a : l'espacement des arbres sur les rangs.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

On aboutit à:

- $P\% = (2 \times 2 \times 1) / (4 \times 4) = 25\%$
- $RFU = (0,28 - 0,15) \times 1500 \times (2/3) \times 1,42 = 184,6 \text{ mm}$

Et:

- $D_{nette} = 184,6 \times 0,25 = 46,15 \text{ mm.}$

VI.5.4 Fréquence et espacement des arrosages (Fr):

L'intervalle entre deux arrosages (tour d'eau) est déterminé par la formule suivante :

- $Fr = 46,15 / 5,41 = 8,53 \text{ jours}$

Ainsi, nous choisissons une période de 8 jours pour un cycle d'irrigation (Tour = 8 jours).

- 4 irrigation par mois.

VI.5.5 Calcul de la dose brute:

Nous réévaluons la dose réelle :

$$Dr = Bil \times Fr \dots\dots\dots VI. 21$$

- $Dr = 5,41 \times 8 = 43,28 \text{ mm}$

VI.5.6 La dose brute réelle :

$$Dbute = Dp' / (Eff \times Cu) \dots\dots\dots VI. 22$$

- Eff : Efficience du réseau d'irrigation $Eff = 90\%$

Tel que : C_u :coefficient d'uniformité $C_u = 90\%$

- $D_{brute} = 43,28 / (0,9 \times 0,9) = 53,43 \text{ mm}$

VI.5.7 Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures) :

$$h = (Dbute \times Sa \times Sr) / (n \times Qg) \dots\dots\dots VI. 23$$

- $Dbute$: le besoin brut calculé précédemment (26.11mm),
- Sa et Sr : l'espacement entre les arbres, les rangs,
- N : le nombre de goutteurs (2),
- Qg : le débit du goutteur (4 l/h).
- $h = (53,43 \times 4 \times 4) / (2 \times 4) = 106,86 \text{ h/mois}$

VI.5.8 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \text{Durée d'arrosage} / Fr \dots\dots\dots VI. 24$$

- $D_j = 106,86/8 = 13.36 \text{ h/jour.}$

VI.5.9 Nombre d'arbre par hectare:

La formule pour calculer le nombre d'arbre par hectare est la suivante :

$$N_{arbr} = 1ha / Sa * Sr \dots\dots\dots VI. 25$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

- $N_{arbr} = 10000 / (4*4) = 625 \text{ arbres.}$

VI.5.10 Nombre d'arbre par rampe :

La formule pour calculer le nombre d'arbre par rampe est la suivante :

$$N_{rmp} = L_{rgp} / Sa \dots\dots\dots VI. 26$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

- $N_{rmp} = 158/4 = 40 \text{ arbres.}$

VI.5.11 Nombre des goutteurs par rampe :

La formule pour calculer le nombre des goutteurs par rampe est la suivante :

$$N_g = (L_{rgp} / Sa) * 2 \dots\dots\dots VI. 27$$

En appliquant ces données à l'équation :

- $N_g = 40*2 = 80 \text{ goutteurs.}$

VI.5.12 Débit d'une rampe :

La méthode permettant de déterminer le débit d'une rampe est la suivante :

$$Q_{rmp} = N_g * q_g \dots\dots\dots VI. 28$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

- $Q_{rmp} = 80*4 = 320 \text{ l/h.}$

VI.5.13 Nombre de rampes :

La méthode permettant de déterminer le nombre de rampes est la suivante :

$$N_{rmp} = L_{ngp} / Sr \dots\dots\dots VI. 29$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

- $N_{rmp} = 265/4 = 66 \text{ rampes}$

VI.5.14 Débit de porte rampe :

La méthode permettant de déterminer le Débit de porte rampe est la suivante :

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Q_{prmp} = Q_{rmp} * N_{rmp} \dots\dots\dots VI. 30$$

- $Q_{prmp} = 320 * 66 = 21120 \text{ l/h}$

VI.6 Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte :

L'évaluation des paramètres hydrauliques, tels que les dimensions, les niveaux de pression et les pertes de charge, est essentielle dans le calcul hydraulique du système d'irrigation goutte à goutte afin d'assurer une performance optimale du réseau.

VI.6.1 Diamètre de la rampe :

La formule permettant de déterminer le diamètre de la rampe est la suivante :

$$D_{rmp} = ((J_{th} * 2.75) / (0.478 * Q_{rmp}^{1.75} * L_{rgp}))^{(-1 / 4.75)} \dots\dots\dots VI. 31$$

En utilisant ces données dans l'équation, on parvient à :

- $D_{rmp} = ((1.4 * 2.75) / (0.478 * 320^{1.75} * 158))^{(-1 / 4.75)} = 15.67 \text{ mm.}$

On prend DN =16 mm.

Calcule de pertes de charge de la rampe :

$$J_{cal} = 0.478 * L_{rgp} * D_{rmp}^{-4.75} * Q_{rmp}^{1.75} / 2.75 \dots\dots\dots VI. 32$$

En utilisant ces données dans l'équation, on parvient à :

- $J_{cal} = (0.478 * 158 * 16^{-4.75} * 320^{1.75}) / 2.75 = 1.26 \text{ m.}$

Pdc= 1.2 m < 1.4 la condition est vérifiée.

Tableau VI . 2 : Caractéristiques des rampes.

Cultures	L'olivier
Lrgp(m)	158
Ng	80
Qrmp(l/h)	320
J th (m)	1.4
Dcalcu (mm)	15.46
Dn (mm)	16
J calculé (m)	1.26

VI.6.2 Diamètre de la porte rampes :

La formule pour calculer le diamètre de la rampe est la suivante :

$$D_{prmp} = ((J_{th} * 2.75) / (0.478 * Q_{prmp}^{1.75} * L_{ngp}))^{(-1 / 4.75)} \dots\dots\dots VI. 33$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$D_{prmp} = ((0.9 * 2.75) / (0.478 * 21120^{1.75} * 265))^{(-1 / 4.75)} = 89 \text{ mm.}$$

On prend DN =90 mm.

Calcul de pertes de charge de la porte rampe :

$$J_{cal} = 0.478 * L_{ngp} * D_{prmp}^{-4.75} * Q_{prmp}^{1.75} / 2.75 \dots\dots\dots VI. 34$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J_{cal} = 0.478 * 265 * 90^{-4.75} * 21120^{1.75} / 2.75 = 0.8.$$

✓ $J_{cal} = 0.8 \text{ m} < 0.9$ la condition est vérifiée.

Tableau VI . 3 : Caractéristiques des portes rampes.

Cultures	L'olivier
$L_{ngp}(m)$	265
N_r	66
$Q_{prmp}(l/h)$	21120
$J_{th} (m)$	0.9
$D_{calcu} (mm)$	89
$D_n (mm)$	90
$J_{calculé} (m)$	0.8

VI.7 Calcul de la pression en tête du réseau :

Pour déterminer la pression totale nécessaire au fonctionnement du système d'irrigation goutte à goutte, on additionne les pertes de charge à travers l'ensemble du réseau et on y ajoute la pression spécifique requise pour chaque goutteur.

$$H = H_1 + H_2 \dots\dots\dots VI. 35$$

Avec :

- H représente la pression à la tête de la parcelle,
- H_1 est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un goutteur (1 bars),
- H_2 est la perte de charge totale,

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

En se basant sur les valeurs indiquées :

- ($H_1 = 1 \text{ bar}$, $H_2 = 0.8 + 1.26 \text{ m}$)

Nous obtenons :

- $H = 10 + 2,06 = 12,06 \text{ m} = 1.2 \text{ bar}$.

Donc, la pression de 3,76 bars est largement suffisante pour alimenter les goutteurs et assurer leur bon fonctionnement.

Conclusion :

Dans cette section, nous avons exploré le processus de dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion pour la culture du blé et un réseau d'irrigation goutte à goutte pour la culture de l'olivier.

L'utilisation de ces systèmes a pour but d'Économiser l'eau d'irrigation et aussi d'Améliorer les rendements des cultures.

Chapitre VII :

**Calcul technico-
économique
et
organisation du chantier**

Introduction :

Dans ce chapitre, en étudiant le devis quantitatif et la liste prévisionnelle, nous avons pu estimer le coût de mise en œuvre du projet d'irrigation proposé. Cette évaluation inclut la détermination de la quantité de matériaux nécessaires ainsi que les différentes opérations à réaliser sur place. Plus spécifiquement, cela concerne :

1. Le réseau de distribution : Cela englobe tous les éléments nécessaires pour distribuer l'eau de manière efficace et ciblée aux différentes zones de la parcelle.
2. Le réseau d'irrigation (par aspersion et gout à gout) : Dans ce cas, il s'agit de mettre en place un système d'irrigation par aspersion, comprenant les tuyaux, les asperseurs, les pompes, les vannes et autres équipements nécessaires pour fournir de manière uniforme et contrôlée l'eau aux cultures.

VII.1 Différents travaux à entreprendre :

Travaux concernant le réseau distribution.

Les travaux à réaliser par le réseau de distribution comprennent les tâches suivantes :

VII.1.1 Exécution des tranchées :

La réalisation des travaux de terrassement dépend des caractéristiques du terrain et l'excavation est généralement effectuée mécaniquement à l'aide d'une pelle mécanique. La profondeur minimale de la tranchée à creuser est fixée à 1 mètre, tandis que la largeur de la tranchée doit permettre à un travailleur d'effectuer ses tâches sans difficulté. Cette largeur augmente en fonction du diamètre des conduites qui seront installées.

L'excavation des tranchées est réalisée par sections successives, ce qui permet de progresser étape par étape tout au long du tracé.

VII.1.2 Pose du lit de sable :

Le lit de pose a pour principale fonction de répartir uniformément les charges sur la zone de support. Par conséquent, il est important de poser les tuyaux de manière à éviter tout appui linéaire ou ponctuel.

Avant d'effectuer la pose des conduites, plusieurs opérations préliminaires sont réalisées :

- Élimination des grosses pierres présentes sur les talus de la tranchée.
- Respect des dimensions spécifiées dans le profil en long du projet.
- Nivellement minutieux du fond de la tranchée pour assurer une surface plane.
- Création d'un lit de pose en utilisant du sable.

Dans notre cas, une épaisseur de 10 cm est prévue pour le lit de pose.

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

Ces mesures garantissent une base solide et uniforme pour la pose des conduites, assurant ainsi une répartition adéquate des charges sur toute la longueur du réseau.

Le lit de pose en sable permet de stabiliser les conduites et de réduire les risques de déformation ou de dommage pendant leur utilisation.

VII.1.3 Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites implique les opérations suivantes :

- Les éléments sont positionnés en commençant par l'extrémité aval, et l'emboîture des tuyaux est orientée vers l'amont.
- Chaque élément est posé avec précaution dans la tranchée, en s'alignant avec l'élément précédemment installé.
- Un fond de fouille rectiligne est réalisé afin que les tuyaux reposent sur toute leur longueur, et les grosses pierres sur les talus de la tranchée sont éliminées.
- Une excavation est réalisée à côté de l'emboîtement afin d'éviter que celui-ci ne repose directement sur le sol.
- Si possible, un appui est créé pour que le tuyau repose sur un arc représentant au moins le quart de sa circonférence extérieure.

Ces mesures permettent une installation précise et stable des conduites, en garantissant un alignement correct et un support adéquat. En respectant ces étapes lors de la mise en place des conduites, on assure un bon fonctionnement du réseau d'irrigation et une durabilité accrue de l'ensemble du système.

VII.1.4 Assemblage des conduites en PEHD :

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être fournies sous forme de barres de 6 à 12 mètres ou en couronnes de longueurs de 50 à 100 mètres.

Pour le raccordement de ces conduites, deux méthodes sont utilisées :

1. Raccordement mécanique par emboîtement : Jusqu'au diamètre 63, les conduites sont raccordées mécaniquement en les emboîtant les unes dans les autres. Ce procédé permet une connexion solide et fiable entre les conduites.
2. Raccordement électro-soudable : Pour les conduites de plus grand diamètre, le raccordement se fait par soudage électro-soudable.

Les raccords électro-soudables en PEHD avec un emboîtement femelle sont équipés d'une résistance chauffante à l'intérieur de leur diamètre. Les extrémités de cette résistance sont connectées à des bornes situées à l'entrée de chaque emboîtement.

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

Le processus de soudage prend environ une minute, suivi d'une période de refroidissement d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, il est important d'assurer le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et des accessoires en polyéthylène à l'aide de positionneurs appropriés.

Ces méthodes de raccordement garantissent une connexion étanche et durable entre les conduites en PEHD, assurant ainsi l'intégrité du réseau d'irrigation. Il est essentiel de suivre les procédures spécifiques de raccordement et d'utiliser les équipements appropriés pour assurer des connexions fiables et résistantes aux fuites [9].

VII.1.5 Epreuve de joint et de la canalisation :

Pour garantir la sécurité et la fiabilité des conduites, il est essentiel de procéder à un test de pression avant le remblayage des tuyaux et des joints.

Ce test est réalisé à l'aide d'une pompe d'essai, consistant à remplir la conduite d'eau sous une pression équivalant à 1,8 fois la pression de service à laquelle la conduite sera soumise pendant son utilisation normale. La durée de cet essai est d'environ 30 minutes, et pendant cette période, la variation de pression ne doit pas dépasser 0,2 bar. Ce test de pression permet de vérifier l'intégrité des conduites et des joints, en s'assurant qu'ils sont capables de résister à la pression de service sans fuites ni défaillances.

Il constitue une étape importante du processus d'installation, permettant de détecter d'éventuels problèmes avant la mise en service du système d'irrigation.

En respectant ces normes de test, on s'assure que les conduites sont prêtes à fonctionner de manière sûre et efficace, minimisant ainsi les risques de pertes d'eau ou de dommages ultérieurs.

VII.1.6 Nivellement et compactage :

Le nivellement est essentiel pour obtenir une surface plane et uniforme, assurant ainsi une stabilité adéquate du sol autour des conduites enterrées. L'épandage uniforme du sol permet d'éviter les inégalités et les poches d'air qui pourraient compromettre la solidité et la durabilité de l'ensemble du système d'irrigation.

Après avoir épandu le sol, il est crucial de procéder au compactage, ce qui implique de comprimer le sol de manière à augmenter sa densité. Cela garantit une meilleure stabilité et réduit les risques de Le nivellement est essentiel pour obtenir une surface plane et uniforme, assurant ainsi une stabilité adéquate du sol autour des conduites enterrées. L'épandage uniforme du sol permet d'éviter les inégalités et les poches d'air qui pourraient compromettre la solidité et la durabilité de l'ensemble du système d'irrigation. Après avoir épandu le sol, Il est crucial de

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

procéder au compactage, ce qui implique de comprimer le sol de manière à augmenter sa densité.

Cela garantit une meilleure stabilité et réduit les risques de tassement ou de mouvement du sol au fil du temps, ou de mouvement du sol au fil du temps.

VII.1.7 Choix des engins du chantier :

Lors de la planification des travaux, il est crucial de sélectionner les engins et le matériel les plus appropriés pour chaque type de tâche, afin d'optimiser l'efficacité et la productivité.

Dans notre situation, nous avons pris en compte différents engins classiques de chantier, qui est récapitulés ci-dessous :

- 1) Un camion : Evacuee les déblais,
- 2) Une pelle mécanique : Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai,
- 3) Un chargeur : Charger les déblais excédentaires dans les camions,
- 4) Un compacteur à rouleau : Compacter la couche de sable de 10 cm,
- 5) Appareil de soudure : Assurer l'assemblage des conduites,
- 6) Sonde battu : Contrôler le compactage des tranchées,
- 7) Une dame sauteuse : Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.

VII.2 Évaluation financière des divers types de conduites et des travaux associés :

L'objectif de cette évaluation est d'obtenir une estimation précise des dépenses requises pour la réalisation du projet. Cela permet de prendre des décisions éclairées concernant le budget alloué au projet, d'évaluer sa rentabilité et de garantir une gestion financière efficace tout au long du processus.

1) Présentation des tarifs des conduites :

Tableau VII. 1 : Tarifs des conduites du réseau d'adduction et de distribution.

Conduites	Type De Conduites	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire	Montant DA
500	Fonte	ML	791	8 398,00	6642818
400	Fonte	ML	859	6733,57	5784136,63
315	PEHD	ML	532	4189,86	2229005,52

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

Conduites	Type De Conduites	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire	Montant DA
250	PEHD	ML	296	2449,71	725114,16
200	PEHD	ML	452	1750,43	791194,36
160	PEHD	ML	1075	1105,71	1188638,25
125	PEHD	ML	263	644,11	169400,93
110	PEHD	ML	81	541,16	43833,96
//	//	//	//	Total :	17574141,81
//	//	//	//	Tva19%:	3339086,944
//	//	//	//	TCC :	20913228,75

2) Présentation des équipements de protection :

Tableau VII. 2 : Tarifs des équipements de protection.

Equipements	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire(DA)	Montant(DA)
Vannes	U	12	12000	144000
Borne	U	20	50000	1000000
Venthaus	U	1	13000	130000
//	//	//	Total :	1170000
//	//	//	Tva 19% :	2223000
//	//	//	TCC :	33930000

3) Présentation des équipements des systèmes d'irrigation :

Tableau VII. 3 : Tarifs des systèmes d'irrigation.

systèmes d'irrigation	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire(DA)	Montant(DA)
Les Asperseurs	U	3	600	1800
Les Rampes 32mm	ML	605	70,77	42815,85

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

systèmes d'irrigation	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire(DA)	Montant(DA)
Les Portes Rampes 75mm	ML	197	387,33	76304,01
Les Goutteurs	U	5280	45	237600
Les Rampes 16mm	ML	10428	55,87	582612,4
Les Portes Rampes 110mm	ML	265	812,5	215312,5
Vanne	U	2	1400	2800
//	//	//	Total :	1159245
//	//	//	Tva 19% :	2202565
//	//	//	TCC :	3361810

VII.2.1 Évaluation des volumes et coûts des travaux d'excavation et de remblayage :

- a) La dimension du fond de tranchée : La largeur de la tranchée est déterminée selon la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3) \dots\dots\dots I. 1$$

Avec :

- D : représente le diamètre de la conduite en mètres.

- b) La profondeur de la tranchée : La conduite doit être installée à la profondeur appropriée.

$$H = D + 0.8 + e \dots\dots\dots I. 2$$

Avec :

- e : correspond à la hauteur du lit de pose en mètres.

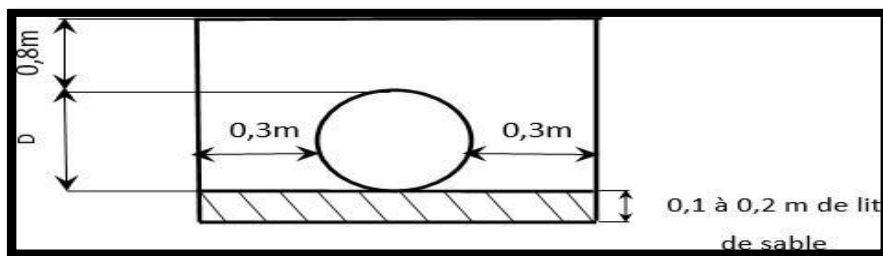


Figure VII. 1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

c) Le calcul du volume de remblai se fait de la manière suivante :

Le calcul du volume de l'excavation est effectué à l'aide de l'équation :

$$V_d = B \times H \times L \dots\dots\dots I. 3$$

Avec :

- L: représente la longueur de la conduite en mètres.

Le volume occupé par la conduite est calculé par la formule :

$$V_c = L \times ((\pi \times D^2) / 4) \dots\dots\dots I. 4$$

Avec :

- D : étant le diamètre de la conduite.

Le volume de sable est calculé par la formule :

$$V_s = e \times L \times B \dots\dots\dots I. 5$$

Avec :

- e : représente la hauteur du lit de pose.

Ainsi, le volume de remblai est donné par :

$$V_r = V_d - V_c - V_s \dots\dots\dots I. 6$$

Ces calculs permettent de déterminer les volumes de terre nécessaires pour les travaux de remblayage, en prenant en compte les dimensions de la tranchée, la conduite et le lit de pose.

Tableau VII. 4 : Les volumes de remblai et de déblai.

Conduites	Longueur (m)	largeur (m)	profondeur (m)	V déblai (m3)	V sable (m3)	V conduites (m3)	V remblai (m3)
500	791	1	1,3	1218,14	158,2	487,433975	540,866025
400	859	0,915	1,215	1116,7	157,197	338,775856	616,195919
315	532	0,85	1,15	591,4377	90,44	130,1164017	389,9135983
250	296	0,8	1,1	289,34	47,36	45,60065	214,87935
200	452	0,76	1,06	397,76	68,704	44,565392	319,565808

Chapitre VII : Calcul technico-économique et organisation du chantier

160	1075	0,725	1,025	866,02	155,87 5	67,834048	731,025327
125	263	0,71	1,01	195,441875	37,346	10,129198 44	178,468101 6
110	81	0,69	0,99	58,0851	11,178	2,41584849	52,9152515 1
//	//	//	Total :	3514,78467 5	726,3	1126,87137	3043,82938

VII.2.2 Devis des volumes de remblai et de déblai :

Tableau VII. 5 : Tarifs des travaux de terrassement.

Volumes	Quantité (m3)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	3514,78	250	878695
Remblai	3043,83	350	1065340,5
Pose de lit de sable	726,3	2500	1815750
//	//	Total :	3759785,5
//	//	Tva 19% :	714359,245
//	//	TCC :	4474144,745

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les étapes essentielles de la pose des canalisations de notre réseau d'irrigation, ainsi que les calculs associés aux volumes de terrassement nécessaires. Le coût total du projet, toutes taxes comprises, s'élève à environ **32 142 184 DA** (trente-deux millions cent quarante-deux mille cent quatre-vingt-quatre de dinars Algérien).

Le projet offre d'importants avantages économiques et environnementaux. Il permettra une utilisation plus efficiente des ressources en eau, une amélioration des rendements agricoles et une optimisation des besoins en irrigation. Ces bénéfices contribueront à la rentabilité du projet sur le long terme.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce mémoire, où un projet d'irrigation a été élaboré dans le périmètre de MAGHNIA dans la wilaya de TLEMCEN à partir du barrage Hammam Bouhrara. Le périmètre couvre une superficie de 200 ha. Cette étude a permis d'arriver aux conclusions suivantes:

- La région est caractérisée par un climat SEMI-ARIDE AVEC UN hiver doux, à pluviométrie moyenne annuelle de 285.2 mm, insuffisante et irrégulière ce qui démontre la nécessité de l'irrigation.
- L'analyse du sol montre que le périmètre est dominé par des sols à texture « Limoneux-argileux, idéale pour la croissance des cultures.
- L'eau du Barrage est caractérisée par un risque élevé de salinité et un degré moyen d'alcalinité (C3-S2), une conductivité de 1816 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qu'il lui permet d'être considérée comme eau bonne pour l'irrigation.
- Le dimensionnement du réseau du périmètre s'est basé sur les besoins en eau de chaque culture, conduisant à la conception d'un réseau d'irrigation par îlots alimentés par des bornes, couvrant 202.49 hectares superficie nette à irriguer. Deux techniques d'irrigation ont été retenues à savoir : par goutte à goutte et par aspersion.
- Concernant la vérification de la vitesse d'écoulement et la pression ou niveau des bornes on a trouvé les résultats suivants :
 - ✓ La vitesse d'écoulement varie entre 1.34 et 1.96 m/s,
 - ✓ La pression varie entre 4 et 5.2 bars.
- Nous avons examiné les phases cruciales liées à l'installation des conduites dans notre système d'irrigation, tout en prenant en compte les calculs relatifs aux volumes de terrassement requis.
- Le montant global du projet, atteint approximativement (trente-deux millions cent quarante-deux mille cent quatre-vingt-quatre de dinars Algérien).

Cette étude a englobé tous les aspects du projet, de l'analyse climatique et pédologique à la conception du système d'irrigation, pour améliorer la productivité agricole et préserver les ressources naturelles dans la wilaya de TLEMCEN .

Références bibliographiques

ONID. La situation socio-économique de la wilaya de TLEMCEN (Document)

DRE. Analyse des ressources en eau

Le laboratoire d'analyses des sols AIN DEFLA. Étude pédologique de la commune MAGHNIA à TLEMCEN Octobre 2020.

Le laboratoire d'analyse de la qualité N.A KARAOUZENE EP
BONDIMERAD .Bulletin d'annalyse physico-chimique n° 330/20

IBOUCHOUKENE Leila (ENSH 2018) . Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre TAFNA ISSER W.TLEMCEN.

HETTAK Nesrine. Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre achaacha à partir du barrage kramis (W.MOSTAGANEM)

KAHLERRAS.D. Cours Protection et sécurité de travail.

BENKACI. A. Cours d'irrigation (irrigation par aspersion)

B.E.E.C le bureau des études et consultations sur l'eau . Etude d'Avant-projet détaillé d'aménagement Hydro-Agricole de l'extension du périmètre de Maghnia sur une superficie total de 2.500 ha

AOUDJ AHMED (ENSH 2012). Dimensionnement du réseau goutte à goutte dans le périmètre irrigue à partir de la step de MAGHNIA (W. TLEMCEN)

Annexes

Annexe 1

Différentes Barrages et Retenues collinaires

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

Source : DRE TLEMCEM

Annexe 2

χ^2 theorique

χ^2 / y	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

Annexe 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 4

Coefficients culturaux (Kc) (Bulletin FAO d'irrigation et drainage)

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

Premier chiffre: avec forte humidité (HR min > 70%) et vent faible (U < 5 m/s).

Second chiffre: avec faible humidité (HR min < 20%) et vent fort (> 5 m/s).

μ

Annexe 5

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

Annexe 6 : Caractéristique de la pompe

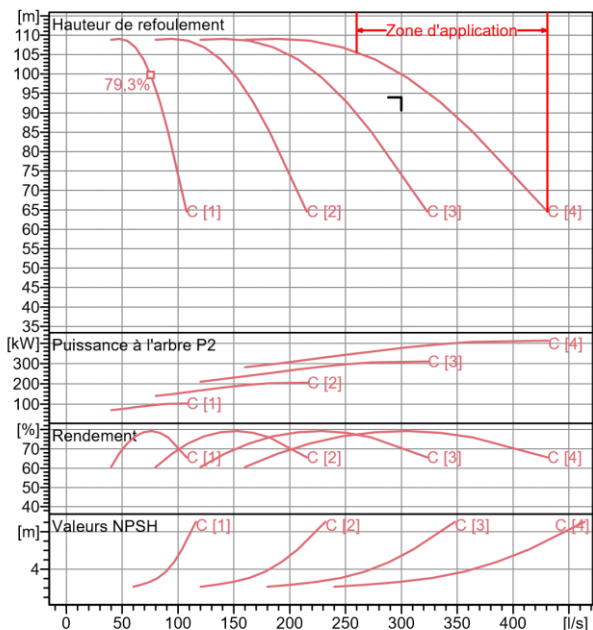


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

PM 150/ 4 C	
Caractéristiques requises	
Débit	300 l/s
Hauteur de refoulement	94 m
Fluide	Eau potable Température 290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	4
Caractéristiques de la pompe	
Débit	76,8 l/s
Hauteur de refoulement	98,7 m
Puissance absorbée	95,2 kW
Rendement	79,3%
Hauteur manométrique H(Q=0) 129 m Orif. de refoulement 150 mm	
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	110 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/m³	
Densité max.	998 kg/m³
Viscosité maxi.	1 mm²/s
Caractéristiques générales	
Poids	1720 kg

Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étagé	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

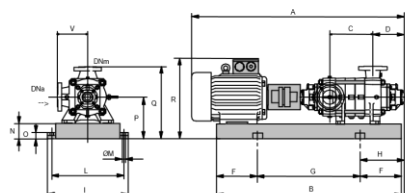


Caractéristiques de fonctionnement UN/ISO 2548/C

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

Dimensions mm

A = 2565
B = 2115
C = 610
D = 351
DNa = 200
DNm = 150
E = 241
F = 350
G = 1415
H = 591
I = 870
L = 820
M = 20
N = 160
O = 42
P = 475
Q = 845
R = 941
V = 370



Annexe 7

SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD

(SETIF PIPE. SOCIÉTÉ DE TRANSFORMATION PLASTIQUE)

GAMME DES PRODUITS

PRESSION DIAMETRES	PN6 SDR26	PN10 SDR17	PN16 SDR11	PN20 SDR9	PN25 SDR7.4
20	***	***	2.0	2.3	3.0
25	***	***	2.3	3.0	3.5
32	***	2.0	3.0	3.6	4.4
40	1.8	2.4	3.7	4.5	5.5
50	2.0	3.0	4.6	5.6	6.9
63	2.5	3.8	5.8	7.1	8.6
75	2.9	4.5	6.8	8.4	10.3
90	3.5	5.4	8.2	10.1	12.3
110	4.2	6.6	10.0	12.3	15.1
125	4.8	7.4	11.4	14.0	17.1
160	6.2	9.5	14.6	17.9	21.9
200	7.7	11.9	18.2	22.4	27.4
250	9.6	14.8	22.7	27.9	34.2
315	12.1	18.7	28.6	35.2	43.1
400	15.3	23.7	36.3	44.7	54.7
500	19.1	29.7	45.4	55.8	***
630	24.1	37.4	57.2	70.3	***
710	27.2	42.1	64.5	79.3	***
800	30.6	47.4	72.6	89.3	***

Annexe 8

La fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot

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
mm	Portée en m					Distances entre arroseurs				
4,2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18
4,5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18
4,8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18
5,0	15,8	15,9	16,3	16,7	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18
5,2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18
6,0	16,4	16,5	16,7	17,2	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18
7,0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18
ZB 22/ZB 22W						Précipitations				
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33	2,3	3,1	2,5	3,4	2,7
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	2,6	3,5	2,9	3,9	3,1
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74	3,0	4,0	3,3	4,4	3,5
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04	3,5	4,7	3,9	5,2	4,2
6,0	1,89	2,07	2,24	2,39	2,54	4,7	6,3	5,1	6,9	5,6
7,0**	2,53	2,77	2,99	3,19	3,39	6,4	8,5	7,0	9,3	7,5
ZB 22D						Précipitations				
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	3,1	4,1	3,3	4,4	3,6
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,4	8,4

Caractéristiques du canon ZB22

Image 5 sur 11



Abréviation

DRE : Direction des Ressources en Eau.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

PEHD : Polyéthylène haute densité.