



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Dimensionnement du réseau d'irrigation de la Ferme Pilote
BESSAMI a partir d'un forage (120ha) wilaya de AIN DEFLA

Présenté par :

BOURAOUI Abdenmour Ayoub

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examinateur
KERID Rachid	M.C.A	Examinateur
SAIL Nadhira	M.C.B	Examinateur
ALI TARIK BENKACI	M.C.A	Promoteur

Session Septembre 2025

Remerciements

Je rends tout d'abord grâce à Allah, qui a éclairé mon chemin, m'a soutenu par Son courage et Sa bienveillance tout au long de mon parcours universitaire, et m'a permis d'accomplir ce modeste travail .

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenu et accompagné de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire.

*Je adresse mes remerciements les plus sincères à mon promoteur, Monsieur **BENKACI Tarik**, pour ses précieux conseils, sa disponibilité et les efforts qu'il a consacrés pour guider ce travail vers son aboutissement.*

Je remercie chaleureusement le président et les membres du jury qui ont accepté d'évaluer mon travail et de m'honorer de leur présence.

Je tiens également à témoigner de mon respect à l'ensemble des enseignants qui m'ont formé et transmis leur savoir tout au long de mon parcours.

*Une pensée toute particulière va à ma chère **mère** et à mon cher **père**, ainsi qu'à mes **sœurs** et mon **frère**. Leur soutien indéfectible, qu'il soit moral, psychologique, financier ou matériel, a été mon pilier depuis la définition de mon projet. Si je suis parvenu à ce jour, c'est par la Grâce d'Allah et grâce à vous.*

*Enfin, à tous ceux qui, de manière directe ou indirecte, ont contribué à la réalisation de ce projet, je vous dis un grand **Merci**.*

A. bouraoui

Dédicace

Je dédie ce travail ...

À ma très chère mère,

Aucun mot ne sera jamais à la hauteur de l'amour, du respect et de la gratitude que je te porte. Ce modeste travail est le fruit de tes innombrables sacrifices, de ton dévouement sans faille pour mon instruction et mon bien-être. Merci pour tout l'amour que tu m'as donné depuis toujours. Puissent tes prières continuer à me protéger. Puisse Dieu le Très-Haut t'accorder une longue vie pleine de santé et de bonheur, te réserver le Paradis, et faire de moi une source de fierté qui ne te décevra jamais. Je t'aime, Maman.

À mon très cher père,

Tu es celui qui m'a guidé vers le plus précieux des trésors : le savoir. Tu as toujours été, à mes yeux, le meilleur des pères. Merci de m'avoir entouré d'affection, de m'avoir inculqué les valeurs de l'honnêteté et du sens des responsabilités. Que Dieu te préserve et t'accorde Sa grâce.

À mes chères sœurs, à mon cher frère,

À toute ma famille, grande et petite,

À tous mes amis,

Et enfin, à tous ceux qui me connaissent,

A. bouraoui

ملخص:

في عورشم اذه جردني لفدلا نيع ةيلاوب ةعقاو لا "ي ماسب" ةعرزم طيحم ةنيهت ةسارد وه ةحورطلا اذه نم ي سينرلا فدهلا ي عارزلا عباطلا تاذا ةيلاو لا هذبه ةيجذومنا عرازملا قراد ا راطا فدهي امك ةيزاو ترلا رابلا ي لء اءامءعا ةيناملا دراوملا قراد ا نيسحت لاخ نم ي رلا ةمظنا ثيدحت ي لا ةنيهتلا عورشم فدهي نم ديدعلا ي فاهتيلاعف تانبأ ي تلاو ،ش رلا ي رلاو طيقتلاب ي رلا لثم ،ةثيدح ي رلا ةمظنا ءامءعا ي عارزلا ليصاحملا فيثكت ي لا ةي عارزلا تا حاسملا ل ماكل ي رلا تا جايءا ةيبلت ديدجلا ماسقلا ءايمل عيزوت ةكبش ميمصت "ي ماسب" ةيجذومنا ةعرزملا ي ر عورشم بآطت طيحملا

Résumé:

L'objectif principal de ce mémoire est l'étude d'aménagement du périmètre de la Ferme Bessami située dans la wilaya de Ain Defla qui entre dans le cadre de gestion des fermes pilotes dans cette wilaya agricole.

Le projet d'aménagement vise à moderniser les systèmes d'irrigation à travers une meilleure gestion des ressources en eau à partir de forages et d'intensifier les rendements agricoles par des systèmes d'irrigation modernes, tels que l'irrigation goutte à goutte et l'aspersion qui ont démontré leur efficacité dans de nombreux périmètres.

Le projet d'irrigation de la ferme Pilote Bessami a nécessité la projection du réseau de distribution d'eau sur les nouvelles parcelles afin de satisfaire les besoins en eau d'irrigation de tout le périmètre.

Mots clé : Ferme Bessami, systèmes d'irrigation, aménagement hydro-agricole, besoins en eau, Forage.

Abstract :

The primary objective of this thesis is the development study of the perimeter of the Bessami Farm, located in the wilaya of Ain Defla. This project is part of the management of pilot farms in this agricultural region.

The development project aims to modernize irrigation systems through improved management of water resources sourced from boreholes. It also seeks to intensify agricultural yields by adopting modern irrigation systems, such as drip irrigation and sprinklers, which have proven their efficiency in numerous agricultural perimeters.

The irrigation project for the Bessami Pilot Farm required the design of a water distribution network for the new plots to meet the irrigation water needs of the entire perimeter.

Table des matières

Introduction Générale	15
Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles	13
I.2. Localisation de la wilaya de Ain Defla:	13
I.3 Présentation du périmètre d'étude:.....	14
I.4. Géomorphologie/Relief :	15
I.5.Etude climatologique:.....	16
I.5.1. Pluviométrie :	16
I.5.2. Choix de la station climatologique :	16
I.5.3. Températures de l'air	17
I.5.4. L'évaporation :	18
I.5.5. Insolation.....	18
I.5.6. L'humidité relative :	18
I.5.7 Le vent :	19
I.5.8. Le Sirocco :	19
I.5.9. Les Gelées :	19
I.6. Calcul des indices Agro-météorologiques :	20
I.6.1. Indice De Martonne	20
I.6.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger :	20
I.6.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :	22
I.6.4. Interprétation:	22
I.7. Etude socio-économique	22
I.7.1. Agriculture :	23
I.8.Conclusion :	23
Chapitre II : Ressources en sol-Ressources en eau.....	25
II.I.1Introduction:.....	25
II.2 Etude des profils pédologiques :	25
II.2.1.Classification des sols de périmètre	25
II.3 Analyse de la texture de sol :	27
II.4 Caractéristiques hydrodynamique de sol :	27
II.5 Aptitude culturales des sols irrigués:	28
II.II.1 Ressources en eau :	28
II.2 Hydrogéologie de la zone d'étude :	29
II.3 Ressources en eau du périmètre :	29
II.4 Étude de la piézométrie :	29
II.5 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :	30

II.II.6 Classification des eaux pour l'irrigation :	31
II.II.7 La Conductivité électrique (CE) :	31
II.II.8 Le SAR ou risque d'alcalinité :	32
II.II.9 Hydrologie :	33
II.II.9.1 Calcul de la pluie de projet :	33
II.II.9.2 Choix de la station et des données pluviométriques :	33
II.II.9.3 Répartition de la pluie moyenne annuelle :	34
II.II.9.4 Analyse de l'Homogénéité de la série pluviométrique :	35
II.II.9.5. Ajustement des pluies annuelles :	36
II.II.9.6. Ajustement selon la loi normale :	36
II.II.9.7. Ajustement selon la loi log-normale	36
II.II.9.8. Test de fiabilité des ajustements :	37
II.II.9.9. Détermination de l'année de calcul	38
II.10 Conclusion	39
Chapitre III :	40
Calcul des besoins en eau du périmètre	40
Chapitre III : Calcul des besoins en eau du périmètre	41
III.1 Introduction :	41
III.2 Besoins en eau des cultures :	41
III.3 Evaluation des besoins en eau des cultures	41
III.3.1 L'évapotranspiration :	41
III.3.2 Calcul des besoins en eau des cultures	42
III.3.3 Méthodes d'évaluation de L'évapotranspiration référence (ET ₀) :	42
III.4 Formule Modifiée de Penman_Monteith	43
III.5 Calcul de la pluie efficace :	44
III.6 Calcul de la réserve en eau du sol :	44
III.7 Choix de cultures	45
III.7.1 Occupation des sols :	45
III.7.2 Estimation des coefficients culturaux (K _c) :	46
III.8 Assolement des cultures	46
III.9 Calcul des besoins en eau des cultures :	48
III.10 Calcul du débit spécifique :	57
III.11 Evaluation du débit caractéristique :	57
III.11.1 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	58
III.12 Conclusion :	59
Chapitre IV : Etude du système d'adduction	61
IV.1. Introduction :	61

IV.2Alimentation en eau du périmètre :	61
IV.3Organisation du périmètre :	61
IV.3.1Ilots et bornes d'irrigation :	61
IV.3.2Rôle et fonction de la borne d'irrigation :	62
IV.3.3Calcul du débit aux bornes :	62
IV.3.4Choix du diamètre et du type des bornes :	62
IV.3.5 Description du système d'adduction :	63
IV.4 Etude du système de pompage :	64
IV.5 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation :	64
IV.5.1 Calcul de la hauteur géométrique H_g :	65
IV.5.2 Calcul des pertes de charge totales	65
IV.5.3 Calcul des pertes de charge singulière	65
IV.5.4 Calcul du débit de refoulement.....	65
IV.5.5 Calcul du diamètre approximatif	65
IV.5.8 Calcul du coefficient de frottement (f) par Colebrook-White	66
IV.6Calcul des frais d'investissement	66
IV.7 Calcul des frais d'exploitation.....	67
IV.8 Calcul de l'énergie consommée.....	67
IV.9Calcul du Bilan total des frais	68
IV.10Choix du nombre et du type de pompes :	69
IV.11 Dimensionnement du bassin de l'alimentation	71
IV.12 Protection contre de la cavitation :	71
IV.13 Etude du système de distribution.....	72
IV.13.1 Calcul des diamètres :	72
IV.14 Calcul des pressions des nœuds et des bornes :	72
IV.15 Conclusion :	78
Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation	80
V.1. Introduction :	80
V.2 Choix des techniques d'irrigation :	80
V.2.1 Différentes techniques d'arrosages :	80
V.2.1.1 Irrigation gravitaire :	80
V.2.1.2 Irrigation sou pression :	83
V.2.1.2.1Irrigation par aspersion :	83
V.2.1.3.1 Irrigation par enrouleur.....	84
V.2.3.2. Irrigation localisée (Goutte à goutte)	86
V.4.Conclusion :	87
Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle.....	89

VI.1.	Introduction.....	89
VI.2	Dimensionnement d'un réseau d'irrigation au goutte à goutte :	89
VI.2.1	Données générales :	89
VI.2.2	Calcul de l'évapotranspiration corrigée :	90
VI.2.3	Calcul de la dose d'irrigation corrigée	90
VI.2.4	Détermination de la fréquence d'irrigation.....	91
VI.2.5	Calcul des doses d'irrigation réelle et brute.....	91
VI.2.6	Calcul de la dose brute d'irrigation	91
VI.2.7	Calcul de la durée d'irrigation	92
VI.2.8	Calcul hydraulique des rampes et des portes rampes	92
VI.2.8.1	Les débits :	92
VI.2.8.2	Diamètre des rampes et la porte rampe :	93
VI.2.9.	Vérification des pertes de charge :	93
VI.2.10	Dimensionnement de la conduite tertiaire :	93
VI.2.11	Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte :	94
VI.3	Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	94
VI.3.1	Données générales :	94
VI.3.2	Calcul de la dose pratique :	95
VI.3.3	Dimensionnement de l'asperseur :	95
VI.3.3.1	Calcul de la portée :	95
VI.3.3.2	Calcul des écartements :	95
VI.3.3.3	Vérification de la pluviométrie de la buse :	96
VI.3.4	Détermination des paramètres d'arrosages :	96
VI.3.4.1	Calcul du tour d'eau :	96
VI.3.4.2	Dose réelle :	96
VI.3.4.3	Dose brute :	97
VI.3.4.4	Temps d'arrosage :	97
VI.3.4.5	Débit d'équipements :	97
VI.3.5	Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe :	97
VI.3.5.1	Calcul de la longueur du la rampe :	97
VI.3.5.2	Nombre des asperseurs par rampe :	98
VI.3.5.3	Nombre/Debit des rampes :	98
VI.3.5.4	Diamètre de la rampe :	98
VI.3.5.6	Débit de la porte rampe :	98
VI.3.5.7	Diamètre de la porte rampe :	98
VI.3.6	Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte rampe :	99
VI.3.7	Dimensionnement de la conduite tertiaire :	99

VI.3.8 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion :	99
VI.4 Conclusion :	100
Chapitre VII : Calcul technico-économique	102
VII.1 Introduction :	102
VII.2 Travaux à réaliser :	102
VII.3 Calcul des volumes des travaux d'adduction et de distribution	103
VII.3.1 Calcul du volume de terrassement.....	103
VII.3.2 Calcul des volumes	105
VII.3.4 Cout des travaux de terrassement :	106
VII.3.5 Estimation du cout des travaux du réseau d'adduction :	106
VII.4 Accessoires du réseau de distribution	107
VII.5 Estimation du cout du système de pompage :	107
VII.6 Estimation du cout de forage.	108
VII.7 Devis estimatif total:.....	108
VII.8 Conclusion :	109
Conclusion générale.....	111
Annexe 3.....	117

Liste des tableaux

Chapitre I

TABEAU I. 1: CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES LA STATION BORDJ EMIR KHALED	16
TABEAU I. 2: PLUIES MOYENNES MENSUELLES (1994-2018).....	16
TABEAU I. 4: L'EVAPORATION MOYENNE MENSUELLE	18
TABEAU I. 5: INSOLATIONS MOYENNES MENSUELLES	18
TABEAU I. 6: HUMIDITE RELATIVE.....	18
TABEAU I. 7: VITESSES MOYENNES MENSUELLES DES VENTS	19
TABEAU I. 8: NOMBRE MOYEN ANNUEL DE JOURS DE GELEES	19
TABEAU I. 9: LIMITE DES CLIMATS D'APRES L'INDICE CLIMATIQUE DE MARTONNE	20

Chapitre II

TABEAU.II. 1: RESULTATS DES ANALYSES DES ECHANTILLONS DU SOL DU PROFIL 1	26
TABEAU.II. 2: PROPRIETES HYDRODYNAMIQUES DES SOLS.	28
TABEAU.II. 3: CARACTERISTIQUES DES FORAGES.	29
TABEAU.II. 4: PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LA NAPPE	30
TABEAU.II. 5.: CARACTERISTIQUES CHIMIQUE DE L'EAU DE FORAGE	31
TABEAU.II. 6: CARACTERISTIQUE PRINCIPALES DE LA STATION PLUVIOMETRIQUE.....	34
TABEAU.II. 7: REPARTITION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS (MM).	34
TABEAU.II. 8: RESULTAT DE TEST D'ADEQUATION DES DEUX LOIS.....	37
TABEAU.II. 9: RESULTAT DE L'AJUSTEMENT A LA LOI LOG-NORMALE.....	38
TABEAU.II. 10 : LES PLUIES MOYENNES MENSUELLES POUR L'ANNEE SECHE (80%).....	38

Chapitre III

TABEAU.III. 1: CALCUL DE L'ETO PAR LE LOGICIEL CROPWAT	44
TABEAU.III. 2: SCENARIOS D'OCCUPATION DU SOL PAR L'ENSEMBLE DE L'EXPLOITATION DU PERIMETRE	45
TABEAU.III. 3: CULTURES PROPOSEES.	46
TABEAU.III. 4: COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc) DES DIFFERENTES CULTURES.	46
TABEAU.III. 5: LES ASSOLEMENTS PROPOSES.....	47
TABEAU.III. 6: LE CYCLE VEGETATIF DES CULTURES ENVISAGEES.....	47
TABEAU.III. 7: CALCUL DES BESOINS EN EAU DU BLE	48
TABEAU.III. 8: CALCUL DES BESOINS EN EAU DE LA POMME DE TERRE	48
TABEAU.III. 9: CALCUL DES BESOINS EN EAU DE L'OIGNON	49
TABEAU.III. 10: DETERMINATION LES BESOINS EN EAU DE L'AUBERGINE.....	49
TABEAU.III. 11: CALCUL DES BESOINS EN EAU DE LA TOMATE	50
TABEAU.III. 12: DETERMINATION LES BESOIN EN EAU DE L'HARICOT	50
TABEAU.III. 13: DETERMINATION DES BESOIN EN EAU DE L'ORGE EN GRAIN	51
TABEAU.III. 14: CALCUL DES BESOINS EN EAU DE L'ORGE EN VERT	51
TABEAU.III. 15: DETERMINATION DES BESOIN EN EAU DE L'AVOINE	52
TABEAU.III. 16: DETERMINATION DES BESOIN EN EAU DU POIVRON	52

TABLEAU III. 17: DETERMINATION DES BESOINS EN EAU DU FIGUIER	53
TABLEAU III. 18: DETERMINATION DES BESOIN EN EAU DE L'AMANDIER	53
TABLEAU III. 19: CALCUL DES BESOINS EN EAU DE L'OLIVIER	54
TABLEAU III. 20: DETERMINATION LES BESOIN EN EAUX DES TOUTES LES CULTURES (ASSOLEMENT 1).....	55
TABLEAU III. 21: DETERMINATION LES BESOIN EN EAUX DES TOUTES LES CULTURES (ASSOLEMENT 2).....	56
TABLEAU III. 22: ESTIMATION DES VOLUMES D'IRRIGATION ANNUELS.	58

Chapitre IV

TABLEAU IV 1: TYPE DE BORNES EN FONCTION DE SUPERFICIES DES ILOTS	62
TABLEAU IV 2: CALCUL DES DEBITS DES ILOTS ET CHOIX DU TYPE DE BORNES.....	63
TABLEAU IV 3: RESULTATS DU CALCUL DE LA HMT POUR DIFFERENTS DIAMETRES	66
TABLEAU IV 4: ESTIMATION DES FRAIS D'INVESTISSEMENT SELON LE DIAMETRE DE LA CONDUITE	67
TABLEAU IV 5: ESTIMATION DES FRAIS D'EXPLOITATION SELON LE DIAMETRE DE LA CONDUITE	68
TABLEAU IV 6: BILAN TOTAL DES FRAIS	68
TABLEAU IV 7: RESULTATS DE SELECTION NOMBRE DE POMPES – LOGICIEL CAPRARI	70
TABLEAU IV 8:PARAMETRES DE PERTES DE CHARGE DE LA LOI DE LECHAPT-CALMON.....	73
TABLEAU IV 9: LES CALCULS HYDRAULIQUES DU RESEAU DE DISTRIBUTION	74

Chapitre VI

TABLEAU VI 1: RECAPITULATIF DE RESEAU D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE.	94
TABLEAU VI 2: RECAPITULATIF DE RESEAU D'IRRIGATION PAR ASPERSION	99

Chapitre VII

TABLEAU VII. 1:CALCUL DES VOLUMES	105
TABLEAU VII. 2:CALCUL DES VOLUMES	106
TABLEAU VII. 3:COUT DES TRAVAUX DU RESEAU D'ADDUCTION	106
TABLEAU VII. 4:FACTURES DES PIECES DU RESEAU DISTRIBUTION.....	107
TABLEAU VII. 5ESTIMATION DU COUT DU SYSTEME DE POMPAGE	107
TABLEAU VII. 6:ESTIMATION DU COUT DE FORAGE.	108

Liste des figures

Chapitre I

FIGURE I. 1: SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE AÏN DEFLEA.....	14
FIGURE I. 2: PHOTO SATELLITE DE SITUATION DE PERIMETRE D'ETUDE.	15
FIGURE I. 3: EVOLUTION DES TEMPERATURES MENSUELLES	17
FIGURE I. 4: EVOLUTION DES TEMPERATURES MENSUELLES MOYENNES	17
FIGURE I. 5 :DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER.....	21
FIGURE I. 6: DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN.....	22

Chapitre II

FIGURE II. 1: TRIANGLE DES TEXTURES DES SOLS.....	27
FIGURE II. 2:CARTE PIEZOMETRIQUE LA NAPPE DE LA ZONE D'ETUDE.	30
FIGURE II. 3: DIAGRAMME DE CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION.....	33
FIGURE II. 4: HISTOGRAMME DES PLUIES ANNUELLES.....	35
FIGURE II. 5: GRAPHES D'AJUSTEMENT AUX LOIS NORMALE ET LOG-NORMALE.	37

Chapitre IV

FIGURE IV 1BILAN ECONOMIQUE TOTAL EN FONCTION DES DIAMETRES ETUDIES.....	69
FIGURE IV 2: COURBE CARCATERISIQUE DE LA POMPE	70

Chapitre V

FIGURE V. 1: IRRIGATION PAR RUISSELLEMENT.....	81
FIGURE V. 2: IRRIGATION PAR SUBMERSION.	82
FIGURE V. 3: IRRIGATION A LA RAIE.....	82
FIGURE V. 4: IRRIGATION PAR ASPERSION	84
FIGURE V. 5: IRRIGATION PAR ENROULEUR.....	84
FIGURE V. 6: IRRIGATION PAR PIVOT.....	85

Liste des Planches

Planche I : plan de Situation.

Planche II : plan du réseau distribution.

Planche III : plan du réseau de gout a gout.

Planche IV : profil en long.

***INTRODUCTION
GENERALE***

Introduction Générale

L'Algérie confrontée à un déficit hydrique accru et quasi-cyclique, tente de relever le défi de l'intensification des cultures et l'auto-suffisance alimentaire qui sont freinées par des problèmes majeurs : sécheresse, sols dégradés, manque de modernisation et dépendance aux importations.

L'irrigation moderne, pierre angulaire de l'aménagement hydro-agricole, constitue l'une des principales solutions adoptées par notre pays pour relever les défis de la sécurité alimentaire et optimiser la gestion de l'eau face à son exploitation excessive.

Des solutions ont été décidées combinant, gestion durable de l'eau (irrigation efficace) et adoption de pratiques adéquates (cultures résistantes, pédologie), et renforcement des filières locales (transformation, circuits courts). Ces mesures, ont été soutenues par des politiques adaptées et une formation des agriculteurs, qui permettraient d'accroître la productivité dans le domaine agricole.

Les fermes pilote constituent un axe de développement de l'agriculture en zone rurale, puisqu'elles sont autogérées et permettent de concilier agriculture et modernisation.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce mémoire de fin d'étude et qui concerne le dimensionnement du réseau d'irrigation de la Ferme Pilote Bessami, située dans la wilaya de Ain Defla. Le périmètre d'étude sera alimenté à partir de trois forages avec une superficie totale du périmètre 120 ha.

L'objectif principal est de projeter un réseau d'irrigation moderne et efficient, et d'introduire des techniques d'irrigation modernes au niveau des parcelles telles que le goutte à goutte pour l'arboriculture et les cultures maraichères et l'aspersion pour les cultures céréalières, ce qui permettra d'intensifier les cultures et les rendements agricoles dans la wilaya de Ain Defla .

Chapitre I :
**Analyse des Conditions
Naturelles**

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I.1.Introduction

La maîtrise des paramètres climatiques est une étape primordiale dans un projet d'irrigation, puisque la connaissance de la zone d'étude permet de mieux analyser le projet.

Dans ce chapitre on détaille de façon approfondie le périmètre d'étude en abordant ses caractéristiques géographiques, climatologiques, socio-économiques et morphologiques. Cette démarche permet d'identifier les paramètres essentiels à sa caractérisation et de mieux maîtriser le climat qui est un facteur clé pour la mise en œuvre d'un projet d'irrigation.

I.2. Localisation de la wilaya de Ain Defla:

La wilaya de Ain Defla est située Nord de l'Algérie à environ 145 km au sud-ouest d'Alger. Elle est située dans la région Nord-centre de l'Algérie, localisée entre la latitude de 36° 15' 55" Nord et une longitude de 1° 58' 13 Est, d'une superficie de 4 544,28 km², elle est délimitée par:

- au nord, par la wilaya de Tipaza ;
- au nord-est, par la wilaya de Blida ;
- à l'est, par la wilaya de Médéa ;
- au sud, par la wilaya de Tissemsilt ;
- à l'ouest, par la wilaya de Chlef.

Administrativement la wilaya d'Aïn Defla compte actuellement 36 communes regroupées autour de 14 daïra.

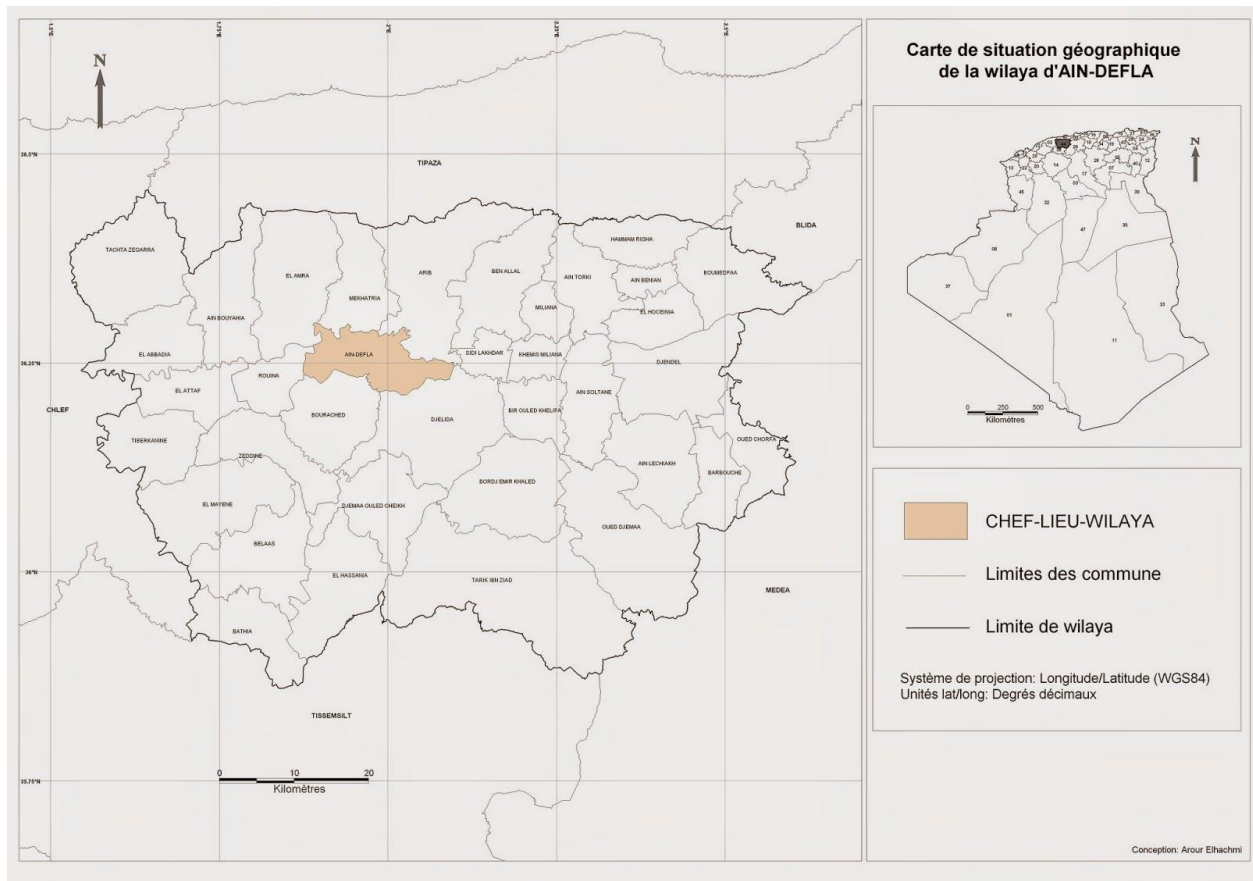


Figure I. 1: Situation géographique de la wilaya de Aïn Defla.

I.3 Présentation du périmètre d'étude:

Le périmètre d'étude concerne la ferme expérimentale Bessami qui est située dans la commune de Bir Ould Khelifa. Cette commune est limitée par:

- Au Nord par la commune de Khemis miliana ;
- Au Sud par oued Djemàa ;
- à l'est par Djelida;
- à l'Ouest par oued Cheliff ;

Du point de vue altimétrique, la ferme s'étale entre 300 et 350m d'altitude par rapport au niveau de la mer.

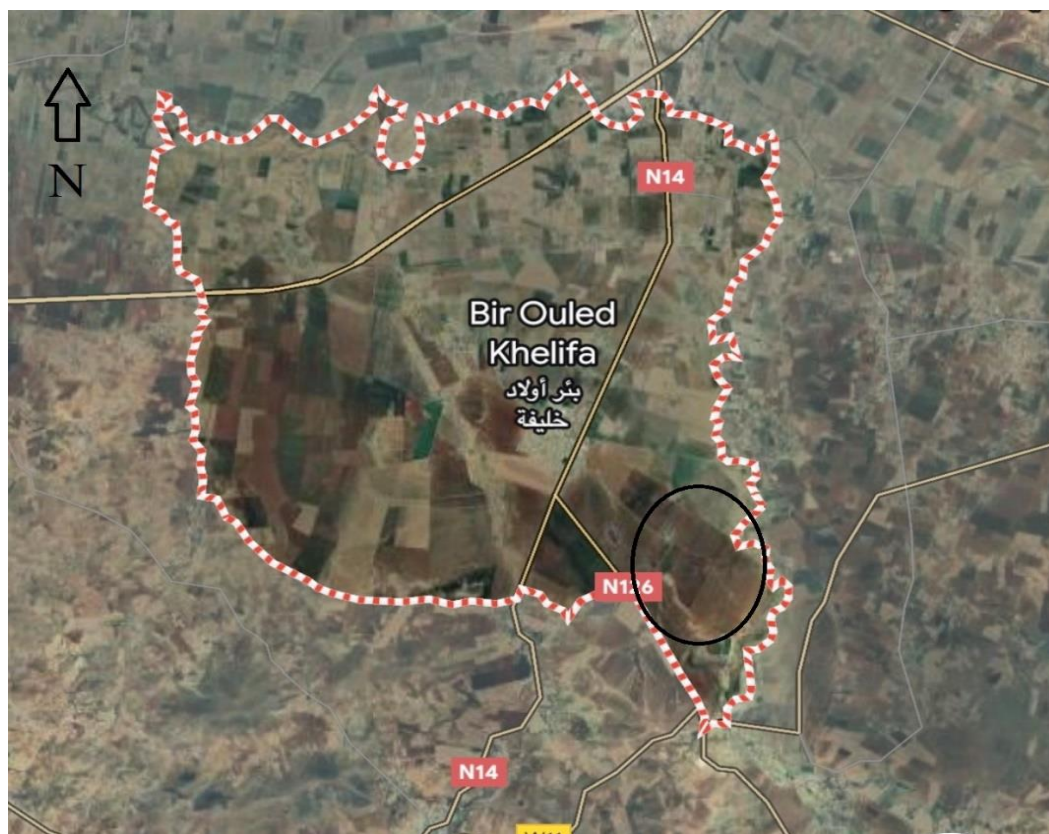


Figure I. 2: Photo satellite de situation de périmètre d'étude.

I.4. Géomorphologie/Relief :

La région de **Bir Ould Khelifa** présente une diversité topographique, en effet :

- **Au Nord-Ouest**, on observe un ensemble de collines dégagées dans les marnes, formant des crêtes parallèles séparées par des vallées étroites ;
- **À l'Est**, le relief s'élève progressivement vers les monts du Zaccar, où l'on trouve le point culminant de la région qui Djebel El Guern (1100 m), entaillé par les gorges de l'oued Djer ;
- **Au Sud-Ouest**, le paysage s'adoucit en une série de plateaux étagés (comme le plateau de Sidi Lakhdar), entaillés par des oueds affluents du Cheliff et se terminant par des glacis d'érosion ;
- La plaine centrale, parcourue par l'oued Cheliff, forme une entité alluviale, bordé de terrasses quaternaires.

Sur le plan géologique, les formations miocènes (marnes, grès) y alternent avec des dépôts continentaux plio-quaternaires, modelés par une érosion différentielle active.

I.5. Etude climatologique:

Pour réaliser un projet d'irrigation, il est très utile de connaître les facteurs climatiques, ceci pour adapter les apports en eau aux besoins réels des cultures. En effet, les précipitations, la température, le vent, l'évaporation et l'humidité relative sont les éléments essentiels du climat. Ils déterminent les phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et son évolution dans une région donnée.

I.5.1. Pluviométrie :

La pluviométrie joue un rôle essentiel dans le bilan hydrique en irrigation, sa part efficace permet d'alimenter les plantes, en couvrant une partie de leurs besoins en eau, réduisant ainsi la dépendance à l'irrigation artificielle. Une analyse fine des précipitations est donc cruciale pour optimiser la gestion des ressources en eau, notamment dans un contexte méditerranéen marqué par une irrégularité interannuelle et des sécheresses récurrentes.

I.5.2. Choix de la station climatologique :

La wilaya de Ain defla dispose d'un réseau de postes pluviométriques important. En tenant compte de la position de notre périmètre, nous avons pris en considération la station de Bordj Emir Khaled qui est proche de la zone d'étude, ses caractéristiques sont les suivantes:

Tableau I. 1: Caractéristiques géographiques la station Bordj Emir Khaled

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude	Période d'observation	Nbre d'années d'observations
		X(m)	Y(m)			
Bordj Emir Khaled	011703	456	314	370	1994-2018	25

(Source: ANRH, Blida).

Le tableau I.2 présente la pluviométrie moyenne mensuelle sur une période d'observation de 25 ans (1994 à 2018) à la station Bordj Emir Khaled.

Tableau I. 2: Pluies moyennes mensuelles (1994-2018).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
P(mm)	18,6	24,6	55,5	67,2	71,7	62,6	52,4	33,4	32,5	9,5	0,41	1,9	380

(Source: ANRH, Blida).

La pluviométrie mensuelle dans la zone d'étude moyenne varie considérablement d'un mois à l'autre (Tableau I.2). Le régime des précipitations est irrégulier, sa répartition est hétérogène. Il se caractérise par un hiver humide, un été sec et deux saisons intermédiaires marquées par des précipitations.

I.5.3. Températures de l'air

La température est un facteur clé influençant l'évapotranspiration des cultures, ainsi que la germination et la croissance des plantes. La wilaya de Ain defla, distingue par une forte amplitude thermique entre le jour et la nuit. Le tableau I.3 présente les moyennes mensuelles et annuelles des températures (°C).

Figure I. 3: Evolution des températures mensuelles

T(°C)/M	janvier	fevrier	Mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sept	oct	nov	dec
Tmin°C	3,4	4,3	6,7	9	13	17	21	23	17	12,6	6,1	4,3
Tmax°C	14,6	15,7	18,2	20,3	25,1	30,5	38,5	37,4	30,5	24,3	19,6	15
Tmoy°C	9	10	12,45	14,65	19	23,75	29,75	30,2	23,75	18,45	12,85	9,65

(source: ANRH, Blida).

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

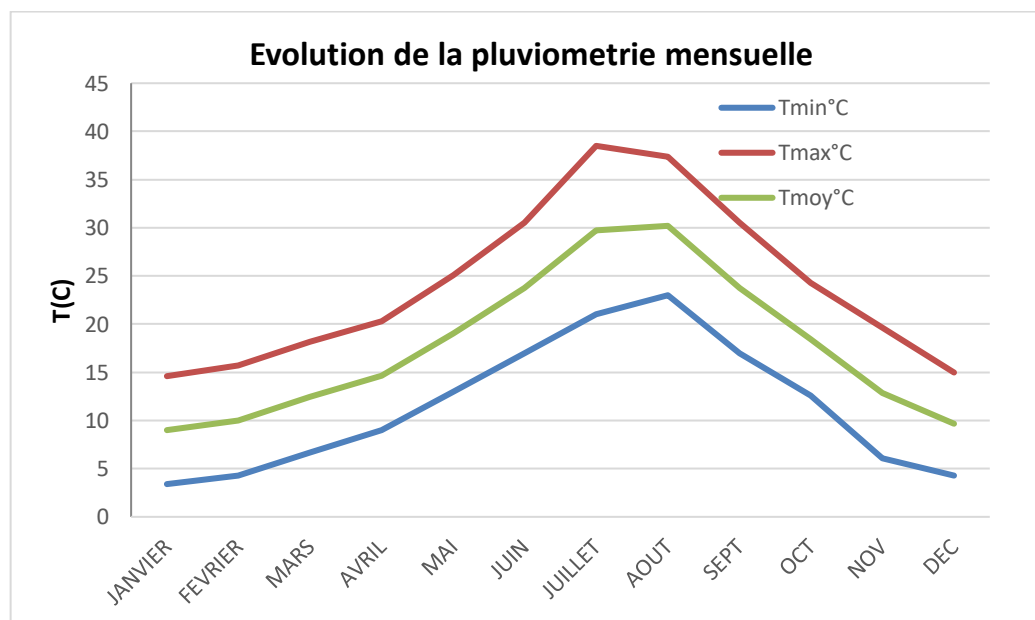


Figure I. 4: Evolution des températures mensuelles moyennes

D'après le graphe I.3, on remarque que le mois le plus froid est janvier avec une moyenne mensuelle de 9C° et les mois les plus chaudes sont juillet et aout avec une moyenne de 30 C°.

I.5.4. L'évaporation :

L'évaporation est le processus par lequel l'eau passe progressivement de l'état liquide à l'état gazeux, contribuant ainsi à abaisser la température de l'environnement. Les données d'évaporation sont données par le tableau I.4

Tableau I. 3: L'évaporation moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Evaporation (mm)	46,9	44,6	93,8	141	227,8	238,3	293,1	267,7	179,8	111,6	56,4	48,1	1749

(source: ANRH, Blida)

D'après le tableau 4, l'évaporation atteint le maximal au mois de Juillet.

I.5.5. Insolation

L'insolation est la durée effective ou le sol subit les rayons solaires, elle est représentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau I. 4: Insolations moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Insolation (heures)	5,38	7,11	8,13	8,5	9,74	11,21	12,36	10,47	9,33	7,12	6,39	5,01

(source: ANRH, Blida)

I.5.6. L'humidité relative :

C'est un facteur clé influençant l'évaporation du sol et de la végétation. Il exprime la quantité de vapeur d'eau réellement présente dans l'air par rapport à sa capacité maximale de rétention à une température donnée.

Tableau I. 5: Humidité relative

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Hr (%)	62.3	64.8	54.7	58.8	51.6	50.3	49.2	49.5	52.4	53.3	55.7	60.2

(source: ANRH, Blida)

- Le mois le plus humide est le mois de février avec 64.8%
- Le mois le moins humide est le mois de Juillet avec 49.2%.

I.5.7 Le vent :

Il résulte du déplacement d'une masse d'air causé par des variations locales de température et de pression, il influence le sol par l'évaporation, l'érosion et la dispersion des particules. C'est pourquoi il est essentiel de connaître sa vitesse et sa direction.

Tableau I. 6: Vitesses moyennes mensuelles des vents

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
V(m/s)	2,71	2,60	2,23	3,09	2,89	2,9	2,42	3,10	3,0	2,90	2,79	2,81

(source: ANRH, Blida).

- La vitesse maximale est de 3,1m/s, elle est observée au mois d'Avril
- La vitesse minimale est de 2,6m/s, elle est observée au mois d'octobre

I.5.8. Le Sirocco :

C'est un vent saharien, à la fois très sec et très chaud, qui souffle sur l'Afrique du Nord. Son impact sur les cultures est négatif, car il intensifie l'évapotranspiration des plantes, entraînant un stress hydrique et une diminution de leur rendement.

I.5.9. Les Gelées :

Les gelées représentent une baisse de la température en dessous de 0°C, provoquant la formation de glace sur le sol et la végétation. Elles peuvent endommager les cultures et affecter la croissance des plantes.

Tableau I. 7: Nombre moyen annuel de jours de GELEES

mois	Janvier	fevrier	mars	avril	mai	juin	Juillet	aout	sept	oct	nov	dec
Nbre Jours	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	1	2,2

(source:ANRH, Blida).

I.6. Calcul des indices Agro-météorologiques :

Pour identifier le type de climat et analyser l'interaction de ses différentes variables ainsi que leur impact sur les plantes, deux facteurs essentiels sont pris en compte : la pluviométrie et la température. Parmi les indices les plus couramment utilisés figurent l'indice de De Martonne et le quotient ombrothermique d'Emberger.

I.6.1. Indice De Martonne

L'indice d'aridité, établi par De Martonne en 1923, est calculé en fonction du rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la température moyenne annuelle. Il sert à évaluer le niveau de sécheresse d'une région.

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

IA : indice climatique

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle (°C)

$$A.N : = 380 / (17,8+10) = 12.2$$

Tableau I. 8: Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne

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

Donc d'après le résultat du calcul précédant on a $10 < IA \leq 20$ d'où notre climat est Sec, alors l'irrigation est Souvent indispensable.

I.6.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger :

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

$$Q = \frac{1000.p}{\left(\frac{M+m}{2}\right).(M-m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin)

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

$M = 38.5 + 273 = 311.5\text{K}$, et $m = 3.4 + 273 = 276.4\text{K}$

A.N : Q= 36.8

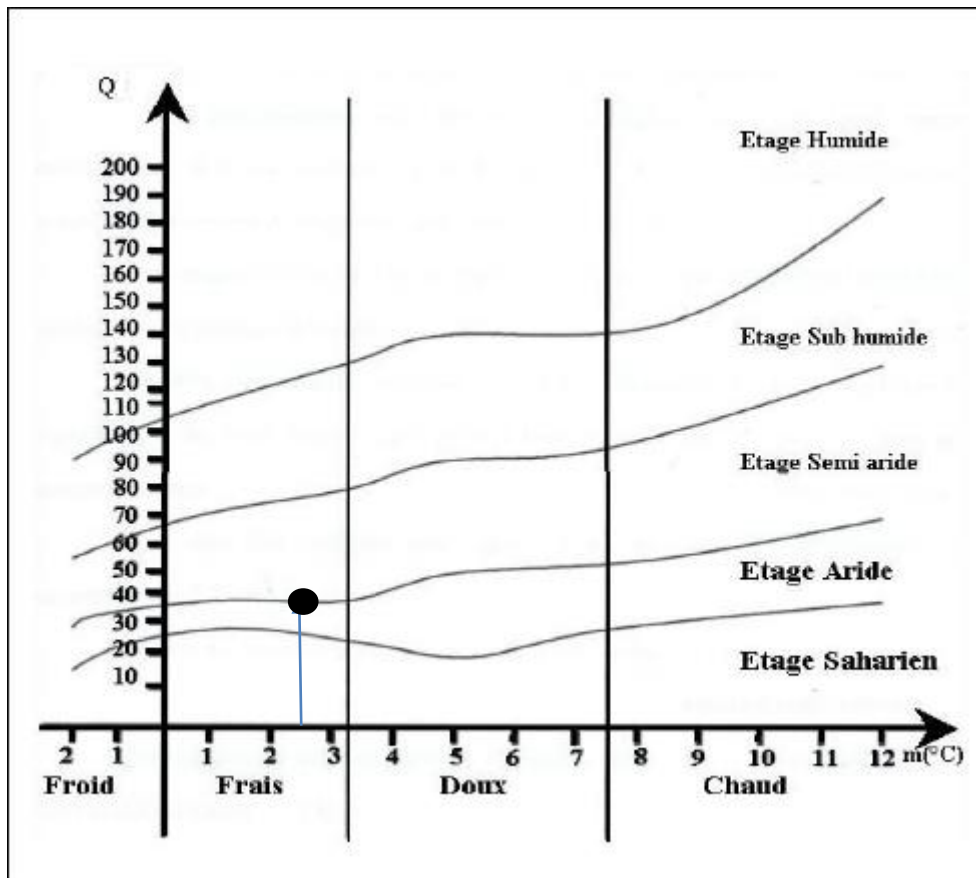


Figure I. 5 :Diagramme bioclimatique d'Emberger

- On remarque que l'étage bioclimatique : entre aride et semi aride

I.6.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :

Selon Gaussen, un mois est considéré comme « sec » lorsque le rapport entre les précipitations mensuelles « P » (exprimées en mm) et la température moyenne « T » (exprimée en °C) est inférieur à 2. La représentation graphique combinée des températures et des précipitations moyennes mensuelles, avec les mois en abscisse, permet d'établir des diagrammes ombrothermiques.

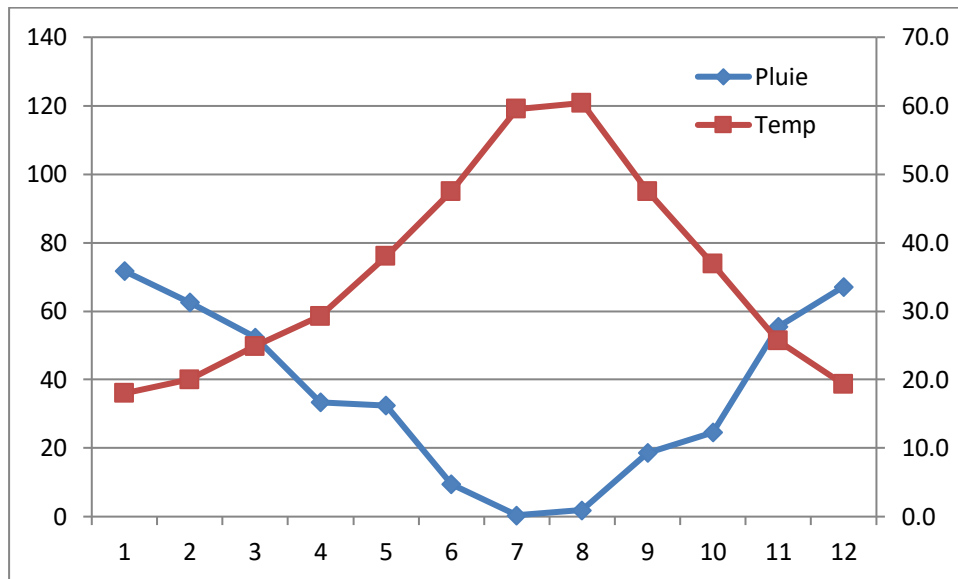


Figure I. 6: Diagramme ombrothermique de Gaussen.

I.6.4. Interprétation:

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison

- La saison froide allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai.
- La saison sèche est plus marquée, s'étale sur six (6) mois, allant du mois de mai jusqu'au fin de mois de Septembre.

I.7. Etude socio-économique

La wilaya de Ain Defla, est une wilaya à vocation agricole, son agriculture repose essentiellement sur les céréales, l'arboriculture et l'élevage.

Globalement, l'agriculture souffre de sécheresses récurrentes et d'une industrie peu diversifiée, dominée par l'agroalimentaire et quelques unités chimiques.

I.7.1. Agriculture :

La Surface Agricole Utile (S.A.U) de la wilaya de Aïn Defla est estimée à environ 420 000 hectares, représentant 62 % de la Surface Agricole Totale (S.A.T). Pour la campagne agricole en cours, près de 85 000 hectares sont irrigués. Cette superficie irrigable est répartie comme suit : 35 % pour les cultures maraîchères, 25 % pour l'arboriculture, 15 % pour les agrumes, 10 % pour la vigne, et 15 % pour les grandes cultures.

Les Principales cultures développées dans la wilaya de Ain Defla sont :

- **Cultures Maraîchères** : pomme de terre, oignon, Tomate.
- **Arboriculture** : Olivier (65%), figuier (20%), autres (15%).

I.8.Conclusion :

La ferme pilote Bessami, située dans la wilaya d'Aïn Defla, bénéficie d'une position géographique stratégique entre les reliefs de l'Ouarsenis et la plaine de Chelif. Cependant, son climat semi-aride est marqué par des étés chauds et des hivers relativement humides, impose des défis hydriques majeurs, notamment une évaporation élevée (jusqu'à 293 mm en juillet) et une pluviométrie irrégulière (339 mm/an).

Avec une superficie de **120 ha**, ce périmètre agricole est voué à l'irrigation moderne (goutte-à-goutte et asperseurs), alimenté par des forages, ce qui en fait une opportunité pour optimiser l'usage de l'eau, et les terres agricoles sont propices aux cultures céréalières, à l'arboriculture (oliviers) et aux cultures maraîchères, mais nécessite un aménagement hydro-agricole adéquat pour une gestion des ressources en eau durable.

Chapitre II :

Ressources en sol - Ressources en eau

Chapitre II : Ressources en sol-Ressources en eau

II.1.1 Introduction:

L'analyse pédologique représente une étude fondamentale dans un aménagement hydro-agricole. Elle permet de caractériser les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, en vue d'évaluer leur aptitude culturale et à l'irrigation.

La pédologie permet également de repérer certaines contraintes physiques, telles que la perméabilité ou la présence de couches compactes, qui peuvent influencer le choix des cultures et des méthodes d'irrigation à adopter.

II.2 Etude des profils pédologiques :

Cette étude au niveau du périmètre vise à :

- En premier lieu classer les sols selon une typologie et évaluer leurs potentialités des terres pour l'irrigation, en établissant leur aptitude culturale des différentes zones pour l'aménagement.
- Fournir à l'ingénieur en irrigation les données essentielles pour des calculs telles que la dose d'irrigation et la vitesse d'infiltration.

II.2.1. Classification des sols de périmètre

Notre périmètre est classé dans les sols du Haut Cheliff, ces sols ont été cartographiés par l'ANRH et classée suivant la classification française (CPCS, 1970).

Ces sont répartis en deux grandes catégories principales : les sols peu évolués et les sols minéraux bruts. Dans notre périmètre, les sols évolués peu représentent la classe des sols la plus répandue.

- **Classe des sols peu évolués** : ce sont des sols qui résultent essentiellement de l'érosion intense qui se produit sur les pentes fortes. La pédogénèse de ces sols est soit récente ou relativement peu accentuée. Pour mieux illustrer les caractéristiques pédologiques, on détaille un exemple de profil pédologique qui représente les sols de notre périmètre.

Profil pédologique N°1 :**Classification :**

- **Classe des sols peu évolués**
- **Sous classe :** sols peu évolués d'origine non climatique
- **Groupe :** sols peu évolués d'apport
- **Sous-groupe :** sols peu évolués d'apport alluvial sols peu évolués d'apport colluvial
- **Situation :** nord du périmètre
- **Topographie :** pente : 5% vers le sud
- **Occupation du sol :** Culture céréalières.

Tableau.II. 1: Résultats des analyses des échantillons du sol du profil 1

Horizon		I	II	III
Profondeur		0-25	25-45	45-110
Granulométrie				
	Sable(%)	32.2	26	28.2
	Limon(%)	53.6	40.1	49.57
	Argile(%)	14.20	33.90	22.23
Matière organique				
Matière organique %		1.1	0.6	0.1
C(mg/Kgdesol)		6.6	3.2	0.6
N(mg/Kgdesol)		0.8	0.4	0.1
C /N		7.8	9.1	8.2
Solution du sol				
Cations	Ca ⁺⁺ (méq/100g)	17.1	16.87	16.64
	Mg ⁺⁺ (méq/100g)	1.5	0.58	.78
	Na ⁺ (méq/100g)	0.6	0.69	.63
CE(1/5 en ms)		0.5	0.5	0.4
Salinité(g/L)		0.5	0.5	0.5
Réserves minérales				
CaCO ₃ total (%)		26.5	23.2	13.4
CaCO ₃ actif (%)		14	12	9

II.3 Analyse de la texture de sol :

La texture du sol est déterminée par les proportions de sable, limon et argile, et influence des propriétés essentielles comme la rétention d'eau, la perméabilité et l'enracinement. Elle est évaluée selon le triangle textural (USDA) :

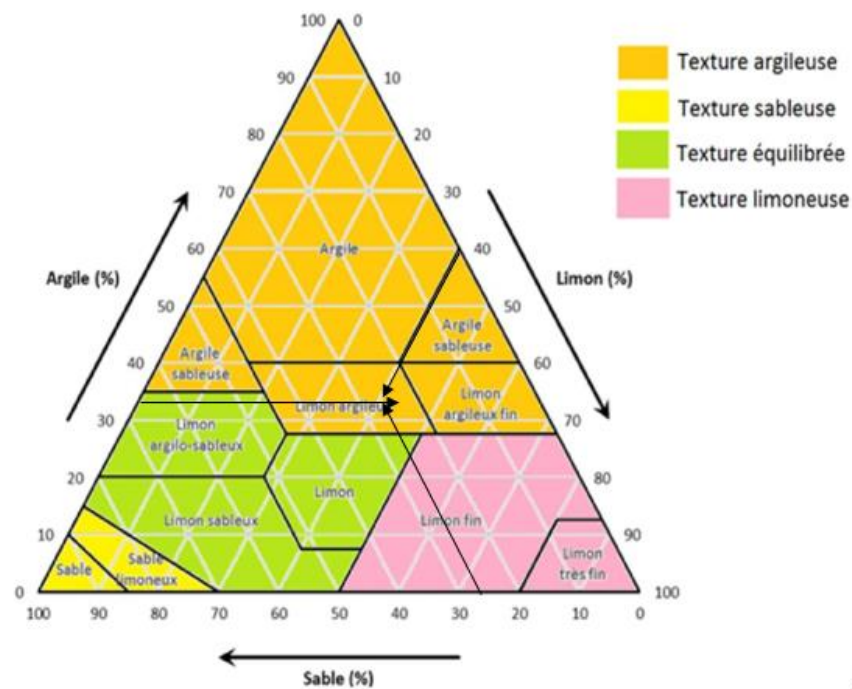


Figure II. 1: Triangle des textures des sols.

Interprétations :

Le sol présente une texture limono-argileuse, combinant une bonne rétention d'eau (limon dominant) et une certaine stabilité structurale. Le calcaire actif est relativement moyen à élevé, ce qui peut réduire la disponibilité fer pour certaines plantes. La salinité est faible (conductivité < 0,5 ms/cm.), éliminant les risques de toxicité ou de dégradation structurale.

II.4 Caractéristiques hydrodynamique de sol :

Les paramètres hydrodynamiques, qui interviennent en irrigation sont résumés dans le tableau II.2 :

Tableau.II. 2: Propriétés hydrodynamiques des sols.

Texture	limoneux- Argileux
Capacité au champ (%)	28-30
Point de flétrissement (%)	15-16
Vitesse de perméabilité (10 ⁻⁵ m /s)	10 ⁻⁷ mm /h
Densité apparente	1. 38

II.5 Aptitude culturales des sols irrigués:

Les aptitudes culturales d'un sol se basent principalement sur leurs caractéristiques morphologiques, notamment la profondeur, leurs teneurs minérales et organiques ainsi que sur leurs caractéristiques topographiques.

Ainsi les spéculations agricoles qu'on peut introduire dans la périmètre sont :

-Les cultures maraîchères:

De façon générale, les sols présentent de bonnes aptitudes pour les cultures telles que : Pomme de terre, Oignon Tomate et poivron, aubergine et l'haricot, ail et oignons, etc.

-Cultures céréalières et fourragères:

telles que : Blé, Orge grain, orge en vert pour céréalières et Avoine, pour les cultures fourragères.

-Arboriculture : Olivier, Figuier et amandier.

II.II.1 Ressources en eau :

Dans cette partie, nous présentons les ressources en eau qui vont alimenter notre périmètre, selon une étude approfondie sur leur disponibilité, ainsi que leur qualité, qui conditionnent l'analyse de notre projet d'aménagement hydro-agricole.

Vu l'absence de mobilisation de ressources en eau superficielles à proximité du périmètre et vu le potentiel de ressources en eau souterraines ; le périmètre de la Ferme Bessami sera alimenté à partir de forages installés autour du périmètre.

II.2 Hydrogéologie de la zone d'étude :

L'aquifère est une couche souterraine de roche, de sable ou de gravier capable de stocker et de restituer l'eau. Il fonctionne comme un réservoir naturel, alimenté par les précipitations et fournissant de l'eau aux puits et sources. On distingue les aquifères libres (nappes phréatiques) des aquifères captifs (entre deux couches imperméables). Ces réservoirs constituent une ressource vitale pour l'eau potable et l'irrigation, mais sont vulnérables à la surexploitation et à la pollution.

Sur le plan hydrogéologique, les formations aquifères de la zone, dans la plaine du haut Chelif sont constituées principalement par des dépôts alluviaux quaternaires hétérogènes, incluant des lentilles argileuses discontinues. Ces formations détritiques, composées de sables, graviers, galets et limons, forment l'aquifère principal de la plaine, qui repose sur un substratum néogène à dominante marneuse. L'ensemble représente le remplissage alluvial d'une dépression synclinale structurale, où les matériaux grossiers (sables et graviers) constituent les horizons les plus productifs, tandis que les intercalations argileuses jouent un rôle dans la compartimentation verticale de la nappe.

II.3 Ressources en eau du périmètre :

Dans notre cas le périmètre sera alimenté à partir de 3 forages d'un débit de 25 litres/s pour chacun. Ouvrage Hydraulique et un bassin de stockage géo-membrane.

Tableau.II. 3: Caractéristiques des forages.

Forage	Altitude (m)	Niveau statique (m)	Niveau dynamique (m)	Débit de forage L /S
F1	Z=323	-29.80	-31.30	25
F2	Z=316	-29.65	-31.10	25
F3	Z=300	-29.55	-30.90	25

II.4 Étude de la piézométrie :

La piézométrie de la plaine du Cheliff dans la zone d'étude indique une relation hydraulique étroite entre la nappe alluviale et l'Oued Cheliff. En période d'étiage (basses eaux), l'oued contribue à l'alimentation de la nappe phréatique, tandis qu'en période de crue (hautes eaux), on observe une remontée du niveau piézométrique.

D'après les études de l'ANRH (2015-2020), la profondeur de la nappe a été évaluée par un réseau de surveillance piézométrique couvrant la plaine. Dans le secteur de Bessami, cette



Paramètre	Valeurs
Profondeur statique	2.5 – 8 m (selon saison)
Température de l'eau	18 – 24°C
Turbidité	1 – 5 NTU
Conductivité hydraulique	$10^{-3} - 10^{-4}$ m/s
Transmissivité (T)	$5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$ m²/s

Il est nécessaire d'étudier la qualité d'eau d'irrigation avant tout projet d'aménagement

- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR) ;
- Le pH et la toxicité.

Tableau.II. 5.: Caractéristiques chimique de l'eau de forage

Paramètres	Valeurs
CE($\mu\text{s/cm}$)	800
Ca (mg/l)	90
Cl(mg/l)	180
Na (mg/l)	140
Mg (mg/l)	45
K(mg/l)	9
NO ₃ ⁻ (mg/l)	23
PH	8.34
HCO ₃ (mg/l)	170

II.II.6 Classification des eaux pour l'irrigation :

Les deux premiers critères, à savoir la salinité et l'alcalinité de l'eau, sont d'une importance capitale. Un excès de sel accroît la pression osmotique de l'eau dans le sol, entraînant une sécheresse physiologique et un flétrissement des plantes.

II.II.7 La Conductivité électrique (CE) :

La concentration totale en sels est généralement exprimée par la conductivité électrique (CE), qui reflète la mobilité des ions et s'exprime en mmhos/cm.

Le diagramme de Riverside (1954) établit une classification des eaux d'irrigation en fonction de leur conductivité à 25°C :

- **C1 (CE < 0,250 mmhos/cm)** : Eaux adaptées à l'irrigation de la plupart des cultures et des sols.
- **C2 (CE entre 0,250 et 0,750 mmhos/cm)** : Eaux nécessitant un léger lessivage ; les plantes peuvent se développer sans mesures particulières de contrôle de la salinité.
- **C3 (CE entre 0,750 et 2,250 mmhos/cm)** : Eaux inadaptées aux sols à drainage restreint ; même avec un bon drainage, des pratiques spécifiques de gestion de la salinité sont indispensables.

- **C4 (CE > 2,250 mmhos/cm)** : Eaux inappropriées pour l'irrigation.

L'eau souterraine pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne de **CE=0,8 mmhos/cm**

II.II.8 Le SAR ou risque d'alcalinité :

Pour préserver des conditions d'infiltration optimales dans les sols irrigués, il est essentiel d'éviter une accumulation excessive de sodium (Na) dans le sol. Le risque de sodicité d'une eau d'irrigation est exprimé à l'aide du **SAR (Sodium Absorption Ratio)**, défini comme suit :

Le SAR est défini par l'équation suivante :

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

A.N : dans notre cas, on trouve une valeur du SAR DE 2.12

On distingue quatre classes selon le degré du SAR :

- **Classe S1 (SAR < 10)** : Eau faiblement sodique, pouvant être utilisée pour l'irrigation de la plupart des sols sans risque d'alcalinisation.
- **Classe S2 (10 < SAR < 18)** : Eau à teneur moyenne en sodium. Le risque d'alcalinisation est notable sur les sols à texture fine et à forte capacité d'échange. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou organiques, disposant d'une bonne perméabilité.
- **Classe S3 (18 < SAR < 26)** : Eau à teneur élevée en sodium, pouvant entraîner des problèmes majeurs sur la plupart des sols. Son utilisation est déconseillée.
- **Classe S4 (SAR > 26)** : Eau fortement sodique, inadaptée à l'irrigation en raison d'un risque élevé de détérioration des sols.

Classification de l'eau d'irrigation : D'après les résultats obtenus, la conductivité électrique (CE) de l'eau d'irrigation est de **0,8 mmhos/cm**, et son rapport d'absorption du sodium (SAR) est de **2,12**.

Selon la classification des eaux d'irrigation (Diagramme de Riverside), cette eau est classée dans la catégorie **C2S1**, ce qui signifie qu'elle présente une salinité modérée et une faible teneur en sodium, rendant son utilisation adaptée à la plupart des sols sans besoin de lessivage.

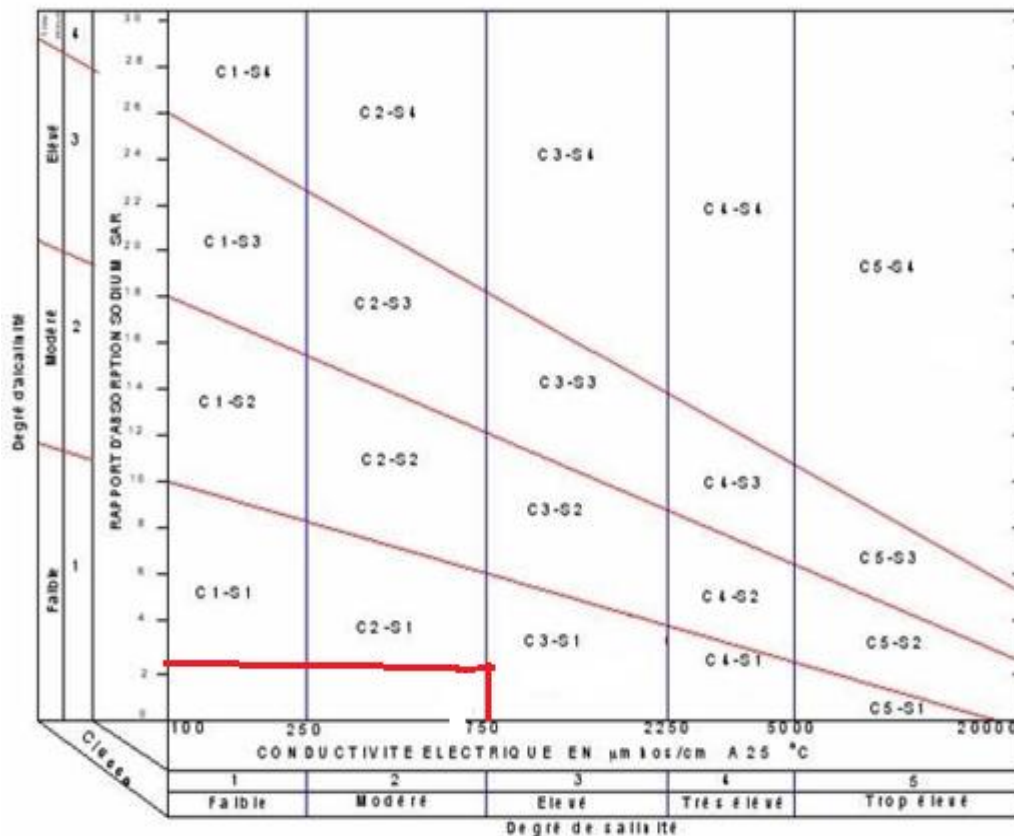


Figure II. 3: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

II.II.9 Hydrologie :

II.II.9.1 Calcul de la pluie de projet :

Dans cette partie on s'intéresse à la pluie de projet pour estimer le bilan hydrique de chaque culture. La pluie de projet est la pluie qui survient selon une période de retour de 4/5 soit 80%.

II.II.9.2 Choix de la station et des données pluviométriques :

En tenant compte de la position de notre périmètre, nous avons pris en considération les pluies de la station de Bordj Emir Khaled :

Tableau.II. 6: caractéristique principales de la station pluviométrique

Nom de la station	code	Coordonnées		Altitude	Période d'observation	Nbre d'années
		X(m)	Y(m)			
Bordj Emir Khaled	011703	456	314	370	1990-2018	29

II.II.9.3 Répartition de la pluie moyenne annuelle :

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique (1990-2018) est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau.II. 7: Répartition mensuelle des précipitations (mm).

Annee	Sept	oct	Nov	Dec	jan	febr	mar	Apri l	may	jun	july	aug	Annuel
1990	30,6	48,3	46,3	35	36,7	32,6	23,5	47,9	42	9,9	1,4	0	354,31
1991	38,4	55,9	47,9	42,5	41,9	48,1	22,4	32,4	36,7	9,5	1,4	4	381,21
1992	36,2	53,3	57,7	52,7	48,3	29,6	29,9	39,5	32,6	10,2	1,4	3,5	395,01
1993	65	48,6	42,4	41,2	42,3	47,7	30,5	33,5	34	14,9	1,4	10,5	412,11
1994	29,5	55	55,2	35,1	53,2	27,8	20,4	46,1	61,6	6,9	4,6	0	395,51
2013	17,9	8,7	57	54	106,7	84,2	26,0	42,7	32,7	4,98	2,2	3,38	440,67
2014	12,0	9,4	88,2	48,1	40,8	47,5	41,7	10,6	8,7	10,3	2,2	4,43	324,17
2015	15,4	10,0	39,7	114,5	93,1	48	131,6	32,7	14,7	0	0	0	499,84
2016	0	3,4	49,3	71,5	135,1	43,5	2,4	0	6,3	43,7	0	2	357,2
2017	7,3	30,9	43,6	59,7	37,8	53,3	105,3	38,7	28,6	30,8	0	10,8	446,8
2018	49,6	36	62,3	85,6	27,5	99,6	39,4	38,7	23,5	14,3	0	4,19	480,79

L'évolution de la pluviométrie est donnée par la figure II.4

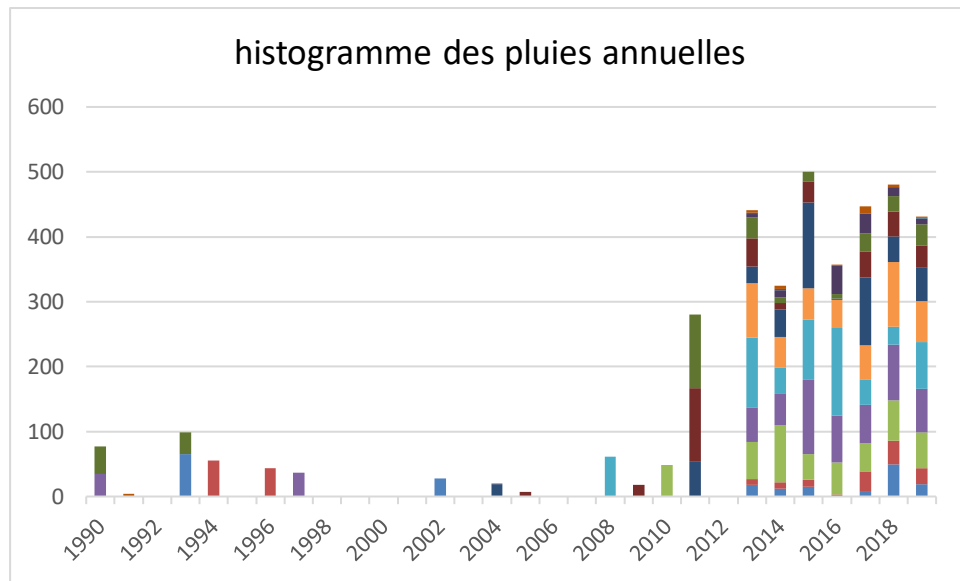


Figure II. 4: histogramme des pluies annuelles

II.II.9.4 Analyse de l'Homogénéité de la série pluviométrique :

Avant d'entamer l'ajustement des pluies on procède à un test d'homogénéité afin de vérifier la cohérence des données disponibles. Dans notre cas, nous nous sommes basés sur le test non paramétrique de Wilcoxon.

La procédure consiste à diviser la série originale en deux sous-séries (X et Y), dont les tailles respectives sont N_1 et N_2 (avec $N_1 \leq N_2$), puis à les fusionner et classer les données par ordre décroissant.

Chaque valeur se voit attribuer un rang en fonction de sa série d'origine. L'évaluation de l'homogénéité repose sur une probabilité seuil fixée à 95 %, garantissant ainsi la fiabilité des données utilisées dans les analyses ultérieures.

$$.W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

Avec :

$$W_x = \sum | \text{Rang} X | \quad I-1$$

W_x : Somme des rangs de l'échantillon x

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right]$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min}]$$

D'après les calculs, nous avons :

$$W_x = 165, W_{\min} = 164.5, \text{ et } W_{\max} = 254.9$$

La condition du test $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée. La série pluviométrique de la zone d'étude est donc homogène à un intervalle de confiance de 95%.

II.II.9.5. Ajustement des pluies annuelles :

L'ajustement des données de précipitations annuelles représente une étape clé dans l'analyse des régimes pluviométriques. Cette démarche repose généralement sur une analyse statistique généralement aux lois normale ou log-normale.

II.II.9.6. Ajustement selon la loi normale :

L'ajustement des séries par la loi normale s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles.

La fonction de répartition de la loi normale est donnée par :

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

Avec u =variable réduite de Gauss égale à $u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$

II.II.9.7. Ajustement selon la loi log-normale

La fonction de répartition de la loi log-normale est donnée par :

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

Avec :

$$u = a \log (x - x_0) + b$$

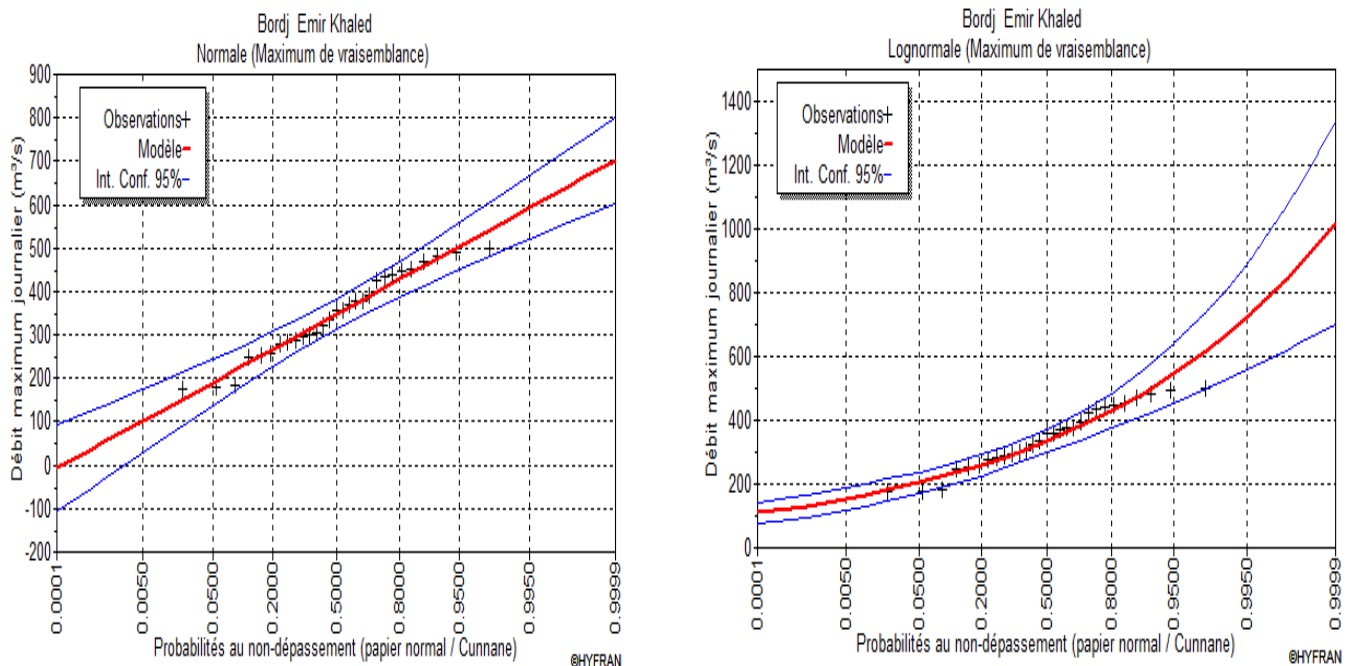


Figure II. 5: graphes d'ajustement aux lois Normale et Log-Normale.

II.II.9.8. Test de fiabilité des ajustements :

Pour évaluer la qualité des ajustements, un test du Khi-deux (χ^2) a été appliqué avec un niveau de confiance de 95 % ($\alpha = 5\%$). Ce test permet de comparer les valeurs observées aux valeurs théoriques fournies par les lois ajustées, et de valider la pertinence du modèle statistique utilisé. Les résultats sont présentés dans le tableau :

Tableau.II. 8: Résultat de test d'adéquation des deux lois

Paramètre	loi normale	loi log-normale
KHI carré χ^2 calculé	1.66	2.62
χ^2 théorique	9.49	9.49
Observation	$\chi^2 \text{ calculé} < \chi^2 \text{ théorique}$	$\chi^2 \text{ calculé} < \chi^2 \text{ théorique}$

Le test de Khi carré et les graphes d'ajustement, montrent que la loi normale présente une adéquation meilleure que la loi log-normale.

Les pluies mensuelles de fréquence 80 et 50% sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau.II. 9: Résultat de l'ajustement à la loi Log-Normale.

P. retour T(ans)	F. dépassement	Quantile (mm)	Intervalle de confiance
2	0.5	334	297-370
1.25	0.8	259	226-292

II.II.9.9.Détermination de l'année de calcul

La loi Normale est celle qui s'ajuste le mieux, est celle qui s'ajuste le mieux à nos données de précipitations, nous allons l'utiliser pour déterminer les précipitations mensuelles moyennes de fréquence 80%, correspondant à quatre années sur cinq.

Cela revient à estimer les précipitations attendues dans une année relativement sèche. La pluie mensuelle moyenne de fréquence 80 % se calcule à l'aide de l'équation suivante :

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

$$\text{D'où } \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 0.8$$

Les résultats de calcul de l'année de précipitations de probabilité à fréquence de 80% sont comme suit :

Tableau.II. 10 : Les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche (80%)

MMis	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Pmoy	71,74	62,69	52,45	33,48	32,50	9,56	0,41	1,91	18,60	24,68	55,59	67,22
P80%(mm)	55,20	48,24	40,36	25,76	25,01	7,35	0,32	1,47	14,31	18,99	42,77	51,72

II.10 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons détaillé les ressources en sol et en eau de la zone d'étude, qui sont éléments essentiels et doivent être analysées en profondeur en particulier dans un projet d'irrigation.

L'étude agro-pédologique de la zone, appuyée par les analyses physico-chimiques des sols, a montré des caractéristiques favorables au développement agricole du périmètre concerné, et que les sols sont majoritairement de texture argilo-limoneuse.

Pour les ressources en eau, le périmètre sera alimenté à partir de forages, les eaux souterraines appartiennent à la classe C2S1, indiquant une salinité modérée et une faible alcalinité, ces eaux sont donc adéquates pour usage en irrigation.

Ces conditions pédologiques et hydriques très favorables représentent un avantage considérable pour un aménagement hydro-agricole adéquat du périmètre.

Chapitre III :

Calcul des besoins en eau du périmètre

Chapitre III : Calcul des besoins en eau du périmètre

III.1 Introduction :

Le calcul des besoins en eau des cultures représente une étape primordiale dans un projet d'irrigation. Cette évaluation repose sur la prise en compte de plusieurs paramètres, incluant à la fois les caractéristiques propres à la plante, les conditions climatiques, ainsi que les propriétés pédologiques spécifiques à la région étudiée.

III.2 Besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau d'une culture correspondent à la quantité d'eau requise pour compenser l'évapotranspiration d'une plante, cultivée sur une large surface, dans des conditions optimales de sol, afin d'atteindre son rendement potentiel sous un climat donné.

L'estimation de ces besoins nécessite une connaissance approfondie des caractéristiques physiologiques de la culture, ainsi que des données climatiques de la région d'étude, tels que l'évapotranspiration et la pluie utile de chaque stade végétatif de la culture.

III.3 Evaluation des besoins en eau des cultures

L'évaluation des besoins en eau d'une culture est une étape essentielle pour déterminer les volumes à fournir par irrigation tout au long de la saison de croissance, elle se base essentiellement sur le calcul de l'évapotranspiration de référence.

III.3.1 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau utilisée par le système sol-plante, incluant à la fois la transpiration des plantes et l'évaporation directe à partir du sol, cette dernière étant surtout significative en présence de couvert végétal peu dense.

a) L'évapotranspiration de référence :

L'évapotranspiration de référence (ET₀) correspond à la perte en eau d'une surface entièrement recouverte par une végétation (gazon) bien développée, saine et régulièrement alimentée en eau, dans des conditions où l'eau est le seul facteur limitant.

b) L'évapotranspiration maximale (besoin des cultures):

Chaque parcelle consomme une quantité d'eau par transpiration des plantes et évaporation du sol, appelée évapotranspiration réelle (ETM) déterminée par les conditions climatiques et les caractéristiques propres à la plante. Cette valeur peut être égale ou inférieure à l'évapotranspiration de référence (ET0), elle est calculée comme suit :

- $ETM = ET0 \times Kc$
- ET0 : évapotranspiration de référence
- Kc : correspond au coefficient cultural, fonction de type de culture et de son état végétatif.

III.3.2 Calcul des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau d'une culture correspondent à la différence entre l'évapotranspiration maximale (ETM), , et les apports effectifs issus des précipitations.

Pour évaluer le volume d'eau à fournir par irrigation, un bilan hydrique est réalisé pour chaque phase du développement végétatif, en tenant compte des besoins spécifiques à chaque stade.

Les besoins en en d'irrigation est calculé comme suit :

$$Bi = ETM - (P_{eff} + RFU_{i-1}).$$

Où :

ETM: c'est l'évapotranspiration maximale de la culture c'est-à-dire le besoin de la culture

Kc : le coefficient culturel de la culture considérée.

Peff : est la pluie efficace.

- **RU :** La réserve utile du sol.

III.3.3 Méthodes d'évaluation de L'évapotranspiration référence (ET0) :

L'évapotranspiration de référence représente la quantité maximale d'eau pouvant être évaporée et transpirée par une surface végétalisée dans des conditions climatiques données. Cependant, cette définition soulève certaines ambiguïtés.

Pour calculer l'évapotranspiration l'ET0 obtenue par deux méthodes :

- ❖ Les méthodes directes « instruments et appareils » ;
- ❖ Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

En raison de la complexité liée à la mise en place d'un dispositif permettant de mesurer directement l'évapotranspiration ET₀, plusieurs formules empiriques ont été développées pour son estimation, les plus utilisées sont :

Formule de Turc (1960) ;

Formule de Thornthwaite (1955) ;

Formule de Blaney-Criddle (1959) ;

Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948) ;

III.4 Formule Modifiée de Penman_Monteith

La formule la plus employée et recommandée par la FAO est la formule de Penman- Monteith modifiée, cette formule exige plusieurs paramètres et facteurs climatiques, elle est détaillée comme suit :

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

Avec :

ET₀ = évapotranspiration de référence, en mm/j ou mm/h, R_n = rayonnement global en MJ/m²/j ou MJ/m²/h,

G = flux de chaleur dans le sol par conduction en MJ/m²/j ou MJ/m²/h,

Δ et γ = constantes en kPa/°C,

C_{ste} = 900 pour un pas de temps journalier et 37 pour un pas de temps horaire,

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

P = pression atmosphérique en kPa,

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

- e_s(T) = e_{sat}(T), la pression de vapeur saturante en kPa,

- e_a(T) = pression de vapeur actuelle en kPa = humidité relative * e_s / 100,

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique bordj Emir khaled :

- Température : Les températures moyennes mensuelles (C).
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air (%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation (h/j).
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s

TableauIII. 1:Calcul de l'ET0 par le logiciel CROPWAT

ETo Penman-Monteith par mois - C:\Users\Ayoub\Desktop\MEF\BORJ EMR KHALD ETO.PEM

III.5 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace, est la part des précipitations qui vont alimenter la zone racinaire, après déduction des pertes dues au ruissellement de surface et à la percolation en profondeur, c'est donc la fraction des précipitations effectivement utilisée par les racines. Dans notre cas on opte pour la formule suivante :

$$P_{eff} = C \times P_{80\%}$$

Dans notre cas, et vu les conditions pédoclimatiques, nous avons estimé le coefficient C a 70 %, donc la pluie efficace est : $P_{eff} = 0.7 \times P_{80\%}$.

III.6 Calcul de la réserve en eau du sol :

C'est la quantité d'eau stockée dans la zone du sol explorée par les racines, comprise entre le point de ressuyage (capacité au champ) et le point de flétrissement permanent.

Plus l'humidité du sol diminue et se rapproche de ce dernier seuil, plus l'absorption de l'eau devient difficile pour les plantes.

On définit la réserve facilement utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à (1/3) ou (2/3) de la réserve utile (RU), tel que :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) / 100 \times y \times Z \times d_a$$

H_{cc} : humidité à la capacité au champ

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

Z : profondeur racinaire

Y : coefficient qui dépend de la nature du sol

Da : densité apparente du sol

Dans notre cas, la réserve en eau du sol pour le mois précédent, est égale à : $R_{i-1} = K \cdot RFU_{i-1}$ où K est un coefficient ($0 < K < 1$) qui dépend des conditions climatiques du mois précédent.

III.7 Choix de cultures

Le choix des cultures à mettre en place dans le périmètre doit concilier entre les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et la disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

III.7.1 Occupation des sols : Choix des scénarios

L'occupation et la répartition des cultures dans le périmètre doivent être définies en amont de l'évaluation des besoins en eau, en tenant compte des contraintes climatiques, sociales et agro-pédologiques propres à la zone d'étude.

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III. 2: Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

Type de culture	Céréales	Maraichage	Arboriculture	Fourragère	Total
Surface (%)	45	40	10	5	100%
Surface (ha)	54	48	12	6	120ha

Les cultures proposées :

Pour notre cas, et vu les conditions pédoclimatiques de la zone d'étude, nous avons choisi les cultures suivantes :

TableauIII. 3: Cultures proposées.

Céréaliculture	Culture maraichères	Culture arboricoles	Culture fourrageres
Blé	Pomme de terre S et AS	Olivier	Avoine et bersim
Orge grain	Oignon	Figuier	
orge en vert	Tomate et poivron	amandier	
	Aubergine		
	Haricot		

III.7.2 Estimation des coefficients cultureux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) 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 :

TableauIII. 4: Coefficients cultureux (Kc) des différentes cultures.

	P.de terre	Aubergine	ble	Tomate	l'orge en grain	olivier	l'orge en vert	poivron	Amand	Figuier	Avoine	Oignon	Haricot
Sep	0,5					0,8			0,3	0,3			0,9
Oct	0,7		0,40			0,7			0,3	0,3	0,3	0,50	0,85
Nov	1		0,70			0,7	0,3		0,4	0,3	0,4	0,75	
Déc	0,6		0,85		0,3	0,5	0,3		0,7	0,3	0,7	0,95	
Jan			0,95		0,5	0,5	0,5		0,85	0,55	0,85	0,95	
Fév	0,25	0,4	1,05		0,5	0,5	0,5		0,95	0,55	0,95		
Mar	0,4	0,75	0,95	0,5	0,5	0,5	1	0,45	1	0,7	1		
Avr	0,5	0,95	0,75	0,85	0,9	0,5	0,95	0,80	0,85	0,7	0,85		
Mai	0,5	0,8	0,50	1,15	0,95	0,75	0,65	1,10	0,7	0,7	0,7		0,6
Jui			0,40	0,85	0,6	0,75		0,70	0,3	0,5	0,4		0,5
Juil						0,8			0,3	0,3			0,65
Aoû						0,8			0,3	0,3			0,95

III.8 Assolement des cultures

La pratique des assolements vise principalement à minimiser les maladies cryptogamiques et à préserver les réserves minérales et organiques du sol

III.9 Calcul des besoins en eau des cultures :

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

TableauIII. 7: Calcul des besoins en eau du blé

Mois	Pe _{eff}	E _{to}	K _c	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48		0,00		0,00	0,00	-
Oct	13,29	108,72	0,40	43,49		0,00	0,00	30,20
Nov	29,93	74,11	0,70	51,88		0,00	0,00	21,94
Dec	36,20	54,86	0,85	46,63	0,3	24,84	8,28	2,15
Jan	38,64	53,89	0,95	51,20	0,5	41,40	13,80	-
Fev	33,76	57,78	1,05	60,67	0,5	41,40	13,80	13,10
Mars	28,25	92,11	0,95	87,50	0,6	49,68	16,56	42,69
Avr	18,03	107,97	0,75	80,98	0,6	49,68	16,56	46,39
Mai	17,50	145,06	0,50	72,53	0,6	49,68	16,56	38,46
Juin	5,14	182	0,40	72,80	0,6	49,68	0,00	67,66
Juill	0,24	197,03		0,00		0,00	0,00	-
Aout	1,02	198,51		0,00		0,00	0,00	-

TableauIII. 8: Calcul des besoins en eau de la Pomme de terre

Mois	Pe _{eff}	E _{to}	K _c	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48	0,50	76,24		0,00	0,00	66,22
Oct	13,29	108,72	0,70	76,10		0,00	0,00	62,81
Nov	29,93	74,11	1,00	74,11		0,00	0,00	44,17
Dec	36,20	54,86	0,60	32,92		0,00	0,00	-
Jan	38,64	53,89		0,00		0,00	0,00	-
Fev	33,76	57,78	0,25	14,45		0,00	0,00	-
Mars	28,25	92,11	0,40	36,84		0,00	0,00	8,59
Avr	18,03	107,97	0,50	53,99	0,4	33,12	11,04	24,91
Mai	17,50	145,06	0,50	72,53	0,6	49,68	16,56	38,46
Juin	5,14	182	0,00	0,00	0,6			-
Juill	0,22	197,03		0,00	0,6			-
Aout	1,02	198,51		0,00				-

TableauIII. 9: Calcul des besoins en eau de l'Oignon

Mois	Pe _{eff}	ET ₀	K _c	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net}
	(mm)	(mm)		(mm)				
Sep	10,01	152,48						
Oct	13,29	108,72	0,50	54,36	0,4	33,12	0,00	41,07
Nov	29,93	74,11	0,75	55,58	0,4	33,12	11,04	14,60
Dec	36,20	54,86	0,95	52,12	0,4	33,12	11,04	4,87
Jan	38,64	53,89	0,7	51,20		0,00	0,00	12,56
Fev	33,76	57,78						
Mars	28,25	92,11						
Avr	18,03	107,97						
Mai	17,50	145,06						
Juin	5,14	182						
Juill	0,22	197,03						
Aout	1,02	198,51						

TableauIII. 10: Détermination les Besoins en eau de l'aubergine

Mois	Pe _{eff}	E _{to}	K _c	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net}
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)				
Sep	10,01	152,48		0,00	0,5	41,40	0,00	-
Oct	13,29	108,72		0,00				-
Nov	29,93	74,11		0,00				-
Dec	36,20	54,86		0,00				-
Jan	38,64	53,89		0,00				-
Fev	33,76	57,78	0,40	23,11		0,00	0,00	-
Mars	28,25	92,11	0,75	69,08	0,2	16,56	5,52	35,31
Avr	18,03	107,97	0,95	102,57	0,3	24,84	8,28	76,26
Mai	17,50	145,06	0,80	116,05	0,4	33,12	11,04	87,50
Juin	5,14	182		0,00	0,5			-
Juill	0,22	197,03		0,00	0,6			-
Aout	1,02	198,51		0,00	0,6	49,68	0,00	-

TableauIII. 11: Calcul des besoins en eau de la Tomate

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	B _{net} (mm)
Sep	10,01	152,48		0,00		0,00	0,00	-
Oct	13,29	108,72		0,00		0,00	0,00	-
Nov	29,93	74,11		0,00		0,00	0,00	-
Dec	36,20	54,86		0,00		0,00	0,00	-
Jan	38,64	53,89		0,00		0,00	0,00	-
Fev	33,76	57,78		0,00		0,00	0,00	-
Mars	28,25	92,11	0,5	46,06	0,3	24,84	8,28	9,52
Avr	18,03	107,97	0,85	91,77	0,8	66,24	22,08	51,66
Mai	17,50	145,06	1,15	166,82	1,2	99,36	33,12	116,19
Juin	5,14	182	0,85	154,70	1,2	99,36	0,00	149,56
Juill	0,22	197,03		0,00		0,00	0,00	-
Aout	1,02	198,51		0,00		0,00	0,00	-

TableauIII. 12: Détermination les Besoin en eau de l'Haricot

Mois	Peff (mm)	Eto (mm/mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	B _{net} (mm)
Sep	10,01	152,48	0,9	137,23	0,7	57,96	0,00	127,22
Oct	13,29	108,72	0,85	92,41	0,7	57,96	0,00	79,12
Nov	29,93	74,11		0,00		0,00	0,00	-
Dec	36,20	54,86		0,00		0,00	0,00	-
Jan	38,64	53,89		0,00		0,00	0,00	-
Fev	33,76	57,78		0,00		0,00	0,00	-
Mars	28,25	92,11		0,00		0,00	0,00	-
Avr	18,03	107,97		0,00		0,00	0,00	-
Mai	17,50	145,06	0,6	87,04	0,5	41,40	13,80	55,73
Juin	5,14	182	0,5	91,00	0,5	41,40	0,00	85,86
Juill	0,22	197,03	0,65	128,07	0,5	41,40	0,00	127,85
Aout	1,02	198,51	0,95	188,58	0,7	57,96	0,00	187,56

TableauIII. 13: Détermination des Besoin en eau de l'orge en grain

Mois	Pe _{ff}	E _{to}	K _c	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48		0,00		0,00	0,00	-
Oct	13,29	108,72		0,00		0,00	0,00	-
Nov	29,93	74,11		0,00		0,00	0,00	-
Dec	36,24	54,86	0,3	16,46	0,3	24,84	8,28	-
Jan	38,64	53,89	0,5	26,95	0,5	41,40	13,80	-
Fev	33,76	57,78	0,5	28,89	0,5	41,40	13,80	-
Mars	28,25	92,11	0,5	46,06	0,6	49,68	16,56	1,24
Avr	18,03	107,97	0,9	97,17	0,6	49,68	16,56	62,58
Mai	17,50	145,06	0,95	137,81	0,6	49,68	16,56	103,74
Juin	5,14	182	0,6	109,20	0,6	49,68	0,00	104,06
Juill	0,22	197,03		0,00		0,00	0,00	-
Aout	1,02	198,51		0,00		0,00	0,00	-

TableauIII. 14: Calcul des besoins en eau de l'orge en vert

Mois	Pe _{ff}	E _{to}	K _c	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48		0,00		0,00	0,00	-
Oct	13,29	108,72		0,00		0,00	0,00	-
Nov	29,93	74,11	0,3	22,23	0,3	24,84	8,28	-
Dec	36,20	54,86	0,3	16,46	0,5	41,40	13,80	-
Jan	38,64	53,89	0,5	26,95	0,5	41,40	13,80	-
Fev	33,76	57,78	0,5	28,89	0,6	49,68	16,56	-
Mars	28,25	92,11	1	92,11	0,6	49,68	16,56	47,30
Avr	18,03	107,97	0,95	102,57	0,6	49,68	16,56	67,98
Mai	17,50	145,06	0,65	94,29	0,6	49,68	16,56	60,22
Juin	5,14	182		0,00		0,00	0,00	-
Juill	0,22	197,03		0,00		0,00	0,00	-
Aout	1,02	198,51		0,00		0,00	0,00	-

TableauIII. 15: Détermination des Besoin en eau de l'Avoine

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48		0,00		0,00	0,00	-
Oct	13,29	108,72	0,30	32,62	0,3	24,84	0,00	19,32
Nov	29,93	74,11	0,40	29,64	0,5	41,40	13,80	-
Dec	36,20	54,86	0,70	38,40	0,8	66,24	22,08	-
Jan	38,64	53,89	0,85	45,81	0,8	66,24	22,08	-
Fev	33,76	57,78	0,95	54,89	0,8	66,24	22,08	-
Mars	28,25	92,11	1,00	92,11	0,8	66,24	22,08	41,78
Avr	18,03	107,97	0,85	91,77	0,8	66,24	22,08	51,66
Mai	17,50	145,06	0,70	101,54	0,8	66,24	22,08	61,96
Juin	5,14	182	0,40	72,80	0,8	66,24	0,00	67,66
Juill	0,22	197,03		0,00		0,00	0,00	-
Aout	1,02	198,51		0,00		0,00	0,00	-

TableauIII. 16: Détermination des Besoin en eau du poivron

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z (m)	RFU	RS _{t-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01		0,85	0,00		0,00	0,00	-
Oct	13,29		0,75	0,00		0,00	0,00	-
Nov	29,93		0,70	0,00		0,00	0,00	-
Dec	36,20		0,50	0,00		0,00	0,00	-
Jan	38,6		0,50	0,00		0,00	0,00	-
Fev	33,76		0,50	0,00		0,00	0,00	-
Mars	28,25	0,45	0,50	0,23	0,3	24,84	8,28	-
Avr	18,03	0,80	0,50	0,40	0,6	49,68	16,56	-
Mai	17,50	1,10	0,50	0,55	0,8	66,24	22,08	-
Juin	5,14	0,70	0,70	0,49	0,8	66,24	0,00	-
Juill	0,22		0,75	0,00		0,00	0,00	-
Aout	1,02		0,85	0,00		0,00	0,00	-

TableauIII. 17: Détermination des Besoins en eau du Figuier

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48	0,3	45,74	1,5	124,20	0,00	35,73
Oct	13,29	108,72	0,3	32,62	1,5	124,20	0,00	19,32
Nov	29,93	74,11	0,3	22,23	1,5	124,20	41,40	-
Dec	36,20	54,86	0,3	16,46	1,5	124,20	41,40	-
Jan	38,64	53,89	0,55	29,64	1,5	124,20	41,40	-
Fev	33,76	57,78	0,55	31,78	1,5	124,20	41,40	-
Mars	28,25	92,11	0,70	64,48	1,5	124,20	41,40	-
Avr	18,03	107,97	0,70	75,58	1,5	124,20	41,40	16,15
Mai	17,50	145,06	0,70	101,54	1,5	124,20	41,40	42,64
Juin	5,14	182	0,50	91,00	1,5	124,20	0,00	85,86
Juill	0,22	197,03	0,30	59,11	1,5	124,20	0,00	58,89
Aout	1,02	198,51	0,30	59,55	1,5	124,20	0,00	58,52

TableauIII. 18: Détermination des Besoin en eau de l'amandier

Mois	Peff	Eto	Kc	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48	0,3	45,74	1,50	124,20	0,00	35,73
Oct	13,29	108,72	0,30	32,62	1,50	124,20	0,00	19,32
Nov	29,93	74,11	0,40	29,64	1,50	124,20	41,40	-
Dec	36,20	54,86	0,70	38,40	1,50	124,20	41,40	-
Jan	38,64	53,89	0,85	45,81	1,50	124,20	41,40	-
Fev	33,76	57,78	0,95	54,89	1,50	124,20	41,40	-
Mars	28,25	92,11	1,00	92,11	1,50	124,20	41,40	22,46
Avr	18,03	107,97	0,85	91,77	1,50	124,20	41,40	32,34
Mai	17,50	145,06	0,70	101,54	1,50	124,20	41,40	42,64
Juin	5,14	182	0,30	54,60	1,50	124,20	0,00	49,46
Juill	0,24	197,03	0,30	59,11	1,50	124,20	0,00	58,89
Aout	1,02	198,51	0,30	59,55	1,50	124,20	0,00	58,52

TableauIII. 19: Calcul des besoins en eau de l'olivier

Mois	Pe _{eff}	E _{to}	K _c	ETM	Z (m)	RFU	RS _{i-1}	B _{net} (mm)
	(mm)	(mm/mois)		(mm/mois)		(mm)	(mm)	
Sep	10,01	152,48	0,80	121,98	1,5	124,20	0,00	111,97
Oct	13,23	108,72	0,70	76,10	1,5	124,20	0,00	62,81
Nov	29,93	74,11	0,70	51,88	1,5	124,20	41,40	-
Dec	36,20	54,86	0,50	27,43	1,5	124,20	41,40	-
Jan	38,64	53,89	0,50	26,95	1,5	124,20	41,40	-
Fev	33,76	57,78	0,50	28,89	1,5	124,20	41,40	-
Mars	28,25	92,11	0,50	46,06	1,5	124,20	41,40	-
Avr	18,03	107,97	0,50	53,99	1,5	124,20	41,40	-
Mai	17,50	145,06	0,75	108,80	1,5	124,20	41,40	49,89
Juin	5,14	182	0,75	136,50	1,5	124,20	0,00	131,36
Juill	0,22	197,03	0,80	157,62	1,5	124,20	0,00	157,40
Aout	1,02	198,51	0,80	158,81	1,5	124,20	0,00	157,78

TableauIII. 20: Détermination les Besoin en eaux des toutes les cultures (Assolement 1)

Mois	Blé	Oignon	Aubergine	l'orge en grain	Tomate	Haricot	AMAND	olivier	Figuier	Total
Septembre	-	-	-	-		127,22	35,73	111,97	35,73	310,65
Octobre	30,2	41,07	-	-		79,12	19,32	62,81	19,32	251,84
Novembre	21,94	14,6	-	-			-	-	-	36,54
Décembre	2,15	4,87	-	-			-	-	-	7,02
Janvier	-	12,56	-	-			-	-	-	12,56
Février	13,1	-	-	-			-	-	-	13,1
Mars	42,69	-	35,31	1,24	9,52		22,46	-	-	111,22
Avril	46,39	-	76,26	62,58	51,66		32,34	-	16,15	285,38
Mai	38,46	-	87,5	103,74	116,19	55,73	42,64	49,89	42,64	536,79
Juin	67,66	-	-	104,06	149,56	85,86	49,46	131,36	85,86	673,82
Juillet	-	-	-	-		127,85	58,89	157,4	58,89	403,03
Août	-	-	-	-		187,56	58,52	157,78	58,52	462,38
Total							3104,33			

TableauIII. 21: Détermination les Besoin en eaux des toutes les cultures (Assolement 2)

Mois	Pomme de terre	ail	feve	Tomate	l'orge en vert	Avoine	AMAND	poivron	olivier	Figuier	Total
Septembre	66,22	-	-		-	-	35,73	-	111,97	35,73	249,65
Octobre	62,81	41,07	-		-	19,32	19,32	-	62,81	19,32	224,65
Novembre	44,17	14,6	-		-	-	-	-	-	-	58,77
Décembre	-	4,87	-		-	-	-	-	-	-	4,87
Janvier	-	12,56	-		-	-	-	-	-	-	12,56
Février	-	-	-		-	-	-	-	-	-	0
Mars	8,59	-	1,24	9,52	47,3	41,78	22,46	-	-	-	130,89
Avril	24,91	-	62,58	51,66	67,98	51,66	32,34	-	-	16,15	307,28
Mai	38,46	-	103,74	116,19	60,22	61,96	42,64	-	49,89	42,64	515,74
Juin	-	-	104,06	149,56	-	67,66	49,46	-	131,36	85,86	587,96
Juillet	-	-	-		-	-	58,89	-	157,4	58,89	275,18
Août	-	-	-		-	-	58,52	-	157,78	58,52	274,82
Total							2642,37				

III.10 Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture évaluée précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

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

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

Nh : nombre des heures d'irrigation=22h

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

Ei : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ≈ 0.75 D'où les

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de Juin, Bnet =673,82mm/mois.

$$q_s = 3,78 \text{ l/s/ha} > 1,5 \text{ l/s/ha}$$

Lorsque le débit spécifique calculé dépasse 1,5 l/s/ha, il y a un risque de surdimensionner les conduites du réseau d'adduction, ce qui peut entraîner des coûts inutiles et une inefficacité du système.

Pour éviter ce surdimensionnement, on adopte une approche plus ciblée en se basant sur les besoins en eau de la culture la plus exigeante, on prend donc le débit spécifique de (Bnet **Haricot** = 187,56mm).

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

$q_s = 1,0 \text{ l/s/ha}$; ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

III.11 Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet d'estimer le débit maximal que le système d'irrigation devra assurer pour alimenter chaque parcelle. Ce débit est obtenu en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, selon la formule suivante :

$$Q_{\text{car}} = q_s \times S$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 120 ha

On trouve $Q_{car} = q_s \cdot S = 1,0 \cdot 120 = 120 \text{ l/s}$.

III.11.1 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'estimation des volumes d'eau nécessaires à l'irrigation permet d'anticiper les lâchers d'eau depuis un barrage ou une retenue, et d'optimiser la planification de l'arrosage à l'échelle d'un périmètre. Le volume d'eau estimé est obtenu en multipliant les besoins bruts en eau de la culture (exprimés en m^3) par la surface cultivée du périmètre. Ces estimations sont présentées dans le tableau III.22 :

Tableau III. 22: Estimation des volumes d'irrigation annuels.

Culture	Surface (ha)	Besoins nets (m^3/ha)	Efficience	Besoins bruts (m^3/ha)	Besoins en eau (m^3)
Blé	30	2625,9	0,75	3501,2	105036
Orge grain	24	2716,2	0,75	3621,6	86918,4
Tomate	15	3269,3	0,75	4359,1	65386
Haricot	10	6633,4	0,75	8844,5	88445,3
Pomme de terre	15	2451,6	0,75	3268,8	49032
Poivron	8	-	0,75	-	-
Amandier	4	4278,9	0,75	5705,2	22820,8
Figuier	4	3171,1	0,75	4228,1	16912,5
Olivier	4	8286,1	0,75	11048,1	44192,5
Avoine et bersim	6	2423,8	0,75	3231,7	19390,4
Total	120		/	47808,3	498133,9

Le volume nécessaire pour les cultures durant toute leur période végétative est de $498133,9 \text{ m}^3$.

III.12 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la problématique des besoins en eau du périmètre qui est une étape indispensable dans tout projet hydro-agricole.

Après choix des cultures qui se base sur un scenario équilibré entre différentes cultures, une évaluation des besoins en eau des cultures a été effectuée sur une surface de 120 hectares.

Les volumes nécessaires ont été quantifiés pour le mois de pointe ainsi que pour l'ensemble de l'année. Compte tenu de la vocation agricole du site, deux schémas d'assolement ont été définis en intégrant des cultures représentatives de la région.

L'étude a également inclus le calcul du débit spécifique et l'estimation du débit caractéristique, en vue de dimensionner le système hydraulique de manière adéquate.

Chapitre IV:

Etude du système d'adduction

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1.Introduction :

La conception d'un périmètre irrigué nécessite la projection d'un système d'adduction et de distribution de l'eau, assurant une alimentation depuis le forage jusqu'aux parcelles agricoles, pour permettre l'irrigation des parcelles.

Le dimensionnement adéquat du réseau, le choix du tracé, ainsi que la sélection appropriée des matériaux utilisés pour les conduites sont des étapes fondamentales, ceci pour permettre un bon fonctionnement de ce réseau à court et à long terme.

IV.2Alimentation en eau du périmètre :

Bien que la wilaya d'Aïn Defla dispose de ressources en eaux superficielles, la zone d'étude se caractérise par une faible mobilisation de ces ressources, notamment par l'absence ou l'insuffisance de retenues collinaires.

En conséquence, l'alimentation du réseau d'irrigation du périmètre concerné reposera exclusivement sur l'exploitation des eaux souterraines. Le système de captage prévu s'appuiera sur trois forages, assurant l'approvisionnement en eau nécessaire pour les besoins agricoles du périmètre

IV.3Organisation du périmètre :

Pour mieux distribuer et gérer l'eau d'irrigation, il est impératif de discrétiser un périmètre fonctionnant en sous-pression en plusieurs unités agricoles.

Le périmètre de la ferme est divisé en 18 ilots,, chaque ilot englobe plusieurs parcelles dont la superficie varie de 3 à 10 ha.

IV.3.1Ilots et bornes d'irrigation :

Un îlot d'irrigation est l'unité de base d'un système hydro-agricole, il alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation spatiale d'un périmètre irrigué en îlots résulte de plusieurs paramètres : topographiques, techniques et économiques.

Pour les exploitations de petite et moyenne taille, l'implantation des bornes obéit à des règles précises

- Une prise par ilot d'exploitations avec Quatre (04) prises maximum sur une même prise ;
- Bornes implantées en limites d'ilots ou au centre pour les grands ilots.

IV.3.2 Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

- . Chaque borne doit intégrer les fonctionnalités suivantes :
 - Régulation du débit, et contrôle de la pression
 - Système de comptage
 - Dispositif de protection contre les surpressions

IV.3.3 Calcul du débit aux bornes :

Le débit de chaque borne desservant un ilot est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S_i$$

Avec :

- Q_b : Débit de chaque ilot (l/s), dans notre cas $Q_s = 1$ l/s/ha.
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha)
- S_i : Superficie de l'ilot (ha)

IV.3.4 Choix du diamètre et du type des bornes :

Pour le choix du type de borne, il dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles :

- Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).

Pour les grands ilots ($S > 50$ ha) sur les prévisions des bornes de type C.

Le choix de la borne en fonction du débit de l'ilot est résumé comme suit :

Tableau IV 1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80,100$	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	2 Entrée $\Phi 80,100$	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11 l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	2 Entrée $\Phi 80,100,125$	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	2 Entrée $\Phi 80,100,125$	1 Entrée $\Phi 150$

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

Îlot	Borne	Nombre de parcelles	Superficie îlot (ha)	Débit (l/s)	Matériel	Type de borne	Sortie (prise)
I 1	B1	4	3.5	3.5	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 2	B2	2	5.1	5.1	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 3	B3	4	5.11	5.11	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 4	B4	2	3.24	3.24	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 5	B5	2	10.1	10.1	Fonte	A4	4 Entrée Φ65
I 6	B6	2	8.42	8.42	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 7	B7	2	8.8	8.8	Fonte	A2	4 Entrée Φ65
I 8	B8	2	8.45	8.45	Fonte	A4	4 Entrée Φ65
I 9	B9	2	4.2	4.2	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 10	B10	2	3.78	3.78	Fonte	A4	4 Entrée Φ65
I 11	B11	2	8.7	8.7	Fonte	A4	4 Entrée Φ65
I 12	B12	2	8.43	8.43	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 13	B13	2	7.24	7.24	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 14	B14	2	7.28	7.28	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 15	B15	4	8.65	8.65	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 16	B16	2	8.51	8.51	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 17	B17	2	8.65	8.65	Fonte	A2	2 Entrée Φ65
I 18	B18	2	8.46	8.46	Fonte	A2	2 Entrée Φ65

IV.3.5 Description du système d'adduction :

La variante retenue est décrite comme suit :

A partir de trois forages, les eaux souterraines sont pompées vers un bassin d'alimentation de forme rectangulaire en Geo-membrane, d'où sera installé un système de pompage qui va permettre de mettre en charge, sous pression le réseau de distribution en aval.

Dans ce cas, la on doit calculer la HMT nécessaire pour obtenir des pressions adéquates au niveau des bornes.

IV.4 Etude du système de pompage :

Une pompe permet d'assurer l'aspiration et le refoulement d'un fluide. Les deux principales catégories sont les pompes volumétriques, souvent employées pour les eaux usées, et les turbopompes.

❖ Les turbopompes (pompes centrifuge) :

- **Les pompes à écoulement radial** : sont conçues pour des applications requérant des hauteurs manométriques élevées sous de faibles débits. Leur performance est directement liée au diamètre de la roue : la hauteur de refoulement augmente avec le diamètre extérieur de celle-ci. Dans cette configuration, la trajectoire de l'écoulement est radiale (perpendiculaire à l'axe de rotation) et les aubages de la roue sont typiquement plans.

- **Les pompes axiales** : Les pompes axiales, communément appelées pompes-hélices, sont caractérisées par une roue à aubes dont les pales sont profilées en surfaces gauches. Leur principe de fonctionnement les destine principalement aux applications nécessitant de forts débits sous de faibles hauteurs manométriques.

IV.5 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation :

La hauteur manométrique totale (HMT) est l'énergie totale que doit fournir une pompe pour transférer un fluide entre le point d'aspiration et le point de refoulement.

Dans notre cas elle est calculée comme suit :

$$HMT = H_g + (\Delta H_r + \Delta H_s) + P_s + P_r$$

Avec :

- **HMT** : Hauteur Manométrique Totale (en mètres),
- **H_g** : Hauteur géométrique (m),
- **P_{NS}** : Pression nominale de service (cas de l'asperseur) = 2.5 – 3 bars.
- **ΔH_r** : Pertes de charge linéaires totales (m) ,
- **ΔH_s** : Pertes de charge singulières totales (m) ,
- **P_r** : Pression résiduelle (m) = 1m,

IV.5.1 Calcul de la hauteur géométrique H_g :

La hauteur géométrique est calculée comme suit:

$$H_g = Z_b - Z_r$$

- z_b : Altitude de la borne la plus éloignée = 308,
- z_r : Altitude du réservoir = 323 m,
- $H_g = 308 - 323 = -15 \text{ m}$, **Dénivelé positif**

IV.5.2 Calcul des pertes de charge totales

Les pertes de charge linéaires sont calculées par la formule de colebrook white

Avec :

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = -2 \log \left\{ \frac{\epsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{F}} \right\}$$

ϵ : rugosité absolue

Re : Nombre de Reynolds

D : Diamètre de refoulement (m)

IV.5.3 Calcul des pertes de charge singulière

Les pertes de charge singulières sont estimées à partir des pertes linéaires selon la formule suivante :

$$\Delta H_s = 0.1 \times \Delta H_L$$

IV.5.4 Calcul du débit de refoulement

Le débit total à refouler est déterminé comme suit :

$$Q_{ref} = 1,05 \times Q_c$$

$$Q_c = Q_s \times S_T = 1 \times 120 = 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Donc : } Q_{forcé} = 1,05 \times 0,12 = 0,126 \text{ m}^3/\text{s}.$$

IV.5.5 Calcul du diamètre approximatif

Le diamètre de la conduite de refoulement est estimé à l'aide de la loi de Bonin :

$$= \sqrt{Q_{ref}} \quad \text{on a } D = \sqrt{0,126} = 0.354 = 354\text{mm.}$$

IV.5.8 Calcul du coefficient de frottement (f) par Colebrook-White

$$F = \left(\frac{1}{(-1,8 \times \log((\frac{e/D}{3,7})^{1,11} + \frac{6,9}{Re}))} \right)^2$$

On utilise la formule de Darcy-Weisbach.

- $J_{lin} = \lambda \times (L / D) \times (V^2 / (2g))$

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

Diamètre (mm)	V (m/s)	Linéaire (m)	Re ($\times 10^6$)	f (Colebrook)	ΔH_{lin}	$\Delta H_{Totales}$	HMT (m)
300	1.78	1437	534761	0.0149	11.541	12.70	40.20
400	1.00	1437	401070	0.0149	2.743	3.02	30.52
500	0.64	1437	320856	0.0151	0.910	1.00	28.50
600	0.45	1437	267380	0.0153	0.372	0.41	27.91

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement repose sur une analyse technico-économique, basée sur la somme du coût d'investissement et du coût d'exploitation :

$$S = \text{coût d'investissement} + \text{coût d'exploitation}$$

IV.6 Calcul des frais d'investissement

La formule des frais d'investissement est la suivante :

$$F_{Am} = A \times Pr_t$$

Où :

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

Avec :

- **A** : coefficient d'amortissement,
- **i** : Annuité (valeur arrêtee par les autorités concernées) $i = 0.08$,
- **n** : Durée de projection du réseau d'adduction ; On prend : $n = 30$ ans,

- **Pr_t** : Prix de la conduite + prix de pose (DA),
- **L_{ref}** : Longueur de la conduite de refoulement.

Le tableau suivant résume les coûts d'investissement pour chaque diamètre de conduite :

Tableau IV 4: Estimation des frais d'investissement selon le diamètre de la conduite

Diamètre (mm)	Prix de pose (DA)	Prix de MI (DA)	L (m)	Prix tot (DA)	A	F inv(DA)
300	500	6500	1437	10059000	0.08883	893540.97
400	650	7490	1437	11697180	0.08883	1039060.5
500	880	9300	1437	14628660	0.08883	1299463.87
600	950	12000	1437	18609150	0.08883	1653050.79

IV.7 Calcul des frais d'exploitation

Pour calculer les frais d'exploitation nous avons la formule suivante :

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

Avec :

- **F_{exp}** : Frais d'exploitation (en DA),
- **E** : Énergie totale consommée par la pompe (en kWh),
- **e** : Prix unitaire du kWh soit (e = 4,67 DA/kWh).

Calcul de la puissance absorbée par la pompe

La puissance absorbée est déterminée selon la formule :

$$P_u = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta}$$

Avec :

- ρ = Masse volumique de l'eau
- g = Accélération de la pesanteur
- Q = Débit = **0.12 m³/s**
- HMT = Hauteur Manométrique Totale
- η = Rendement de la pompe ($\eta=0.77$ pour une pompe standard)

IV.8 Calcul de l'énergie consommée

L'énergie annuelle consommée (E) par la station de pompage est calculée comme suit :

$$E=P \times t$$

Où :

- E : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (en **kWh**)
- P : **Puissance absorbée** par la pompe (en **kW**)
- t : **Temps de pompage total sur l'année** (en **heures**). on prend t =23h.

Le Tableau IV.5 présente les frais d'exploitation annuels en fonction des différents diamètres de conduite :

Tableau IV 5: Estimation des frais d'exploitation selon le diamètre de la conduite

Diamètre (mm)	HMT	P (Kwh)	P (Kwh/an)	Fexp (DA)
300	40.20	64.52	518 134.53	2 419 688.25
400	30.52	48.99	393 373.79	1 837 055.60
500	28.50	45.75	367 389.36	1 715 708.31
600	27.91	44.80	359 758.86	1 680 073.89

IV.9 Calcul du Bilan total des frais

Le bilan des frais d'exploitation et d'amortissement permet d'identifier le diamètre économique de la conduite de refoulement.

Tableau IV 6: Bilan total des frais

Diamètre(mm)	Fexp (DA)	Finv (DA)	Bilan (Da)
300	2 419 688.25	893540.97	3313229.2
400	1 837 055.60	1039060.499	2876116.1
500	1 715 708.31	1299463.868	3015172.2
600	1 680 073.89	1653050.795	3333124.7

D'après le tableau IV.6 on voit que : le diamètre optimal est de 400 mm, la HMT est de 31 m.

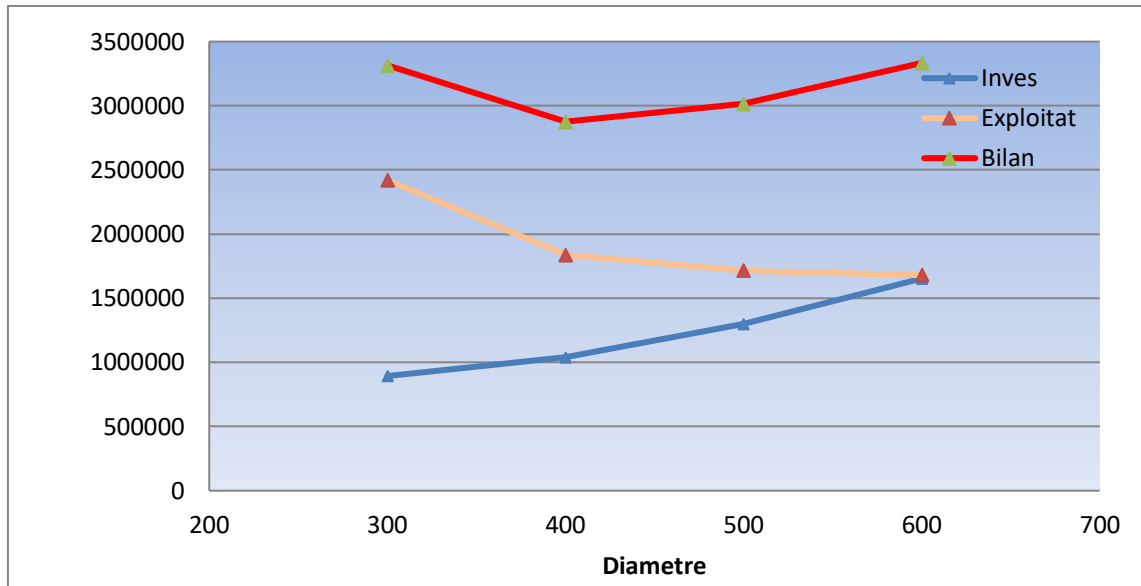


Figure IV 1 Bilan économique total en fonction des diamètres étudiés

Selon l'étude technico-économique,

IV.10 Choix du nombre et du type de pompes :

La sélection du nombre et du type de pompes repose sur plusieurs critères essentiels, notamment :

- La capacité à assurer le débit et la hauteur manométrique totale (HMT) requis,
- L'optimisation du rendement global,
- Le respect des conditions de non-cavitation, en vérifiant que le NPSH disponible est supérieur au NPSH requis,
- La minimisation de la puissance absorbée.

Afin de déterminer les pompes les plus adaptées aux besoins du projet, une modélisation a été effectuée à l'aide du logiciel Caprari. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau suivant:

Tableau IV 7: Résultats de Sélection nombre de Pompes – Logiciel Caprari

Nombre de pompe	Q (l/s)	HMT (m)	Q _p (l/s)	η (%)	N (tr/mn)	P _{ab} (kw)	NPSH _r (m)	Ø mm
1	126	31	124	73.5	2900	50.1	12.4	342
2	63	31	63.6	77.4	2900	25.2	8.36	264
3	42	31	42.9	78.2	2900	17.5	5.81	250
4	31.5	31	31.4	76.3	2900	12.6	4.9	200

Le choix des pompes est porté sur la variante n°3 avec 3 pompes pour les raisons technico-économiques, suivantes

La sélection optimale est 3 pompes pour les raisons suivantes :

1. Rendement (η) le plus élevé (78.2%), garantissant une meilleure efficacité énergétique.
2. Puissance absorbée (P_{ab}) modérée (17.5 kW), réduisant la consommation d'énergie.
3. NPSH requis (NPSH_r) faible (5.81 m), minimisant les risques de cavitation.
4. Débit par pompe (Q_p) adapté (42.9 l/s), assurant une flexibilité opérationnelle.
5. Diamètre (Ø) raisonnable (250 mm), facilitant l'installation et la maintenance

La courbe caractéristique de notre pompe est montrée dans la figure :

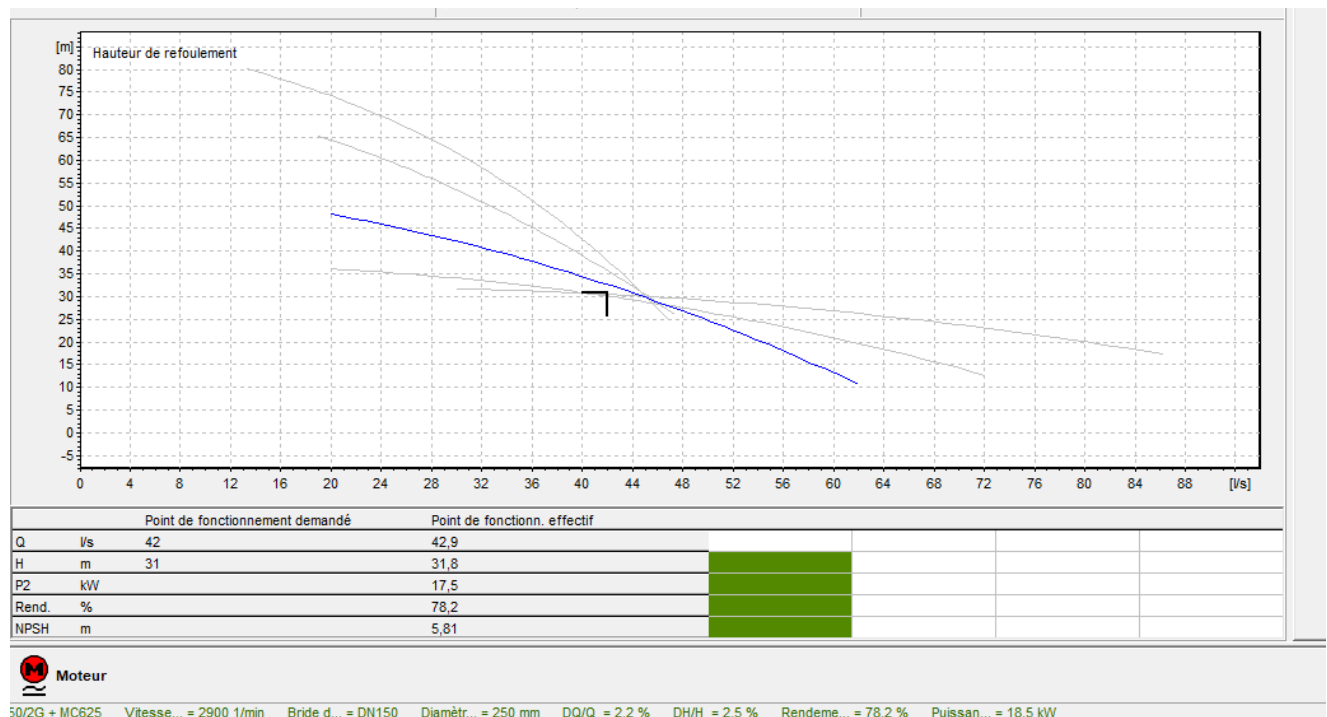


Figure IV 2: Courbe caractéristique de la pompe

IV.11 Dimensionnement du bassin de l'alimentation

Le volume du réservoir est estimé selon la relation suivante :

$$V = Q_c \times T_{nf}$$

où :

- **V** représente le volume d'eau nécessaire pour l'irrigation (en m³),
- **Q_c** est le débit caractéristique, fixé à **432 m³/h**,
- **T_{nf}** correspond au temps de non-fonctionnement, supposé égal à **1 heures**.

On prend une Bâche d'eau (Bassin rectangulaire) :

Les dimensions finales du bassin sont :

On prend : $V=430 \text{ m}^3 = 2.5 \times 12 \times 12$

IV.12 Protection contre de la cavitation :

La cavitation correspond à une perturbation du flux liquide à l'entrée de la pompe en fonctionnement. Elle se produit, à température constante, lorsque la pression absolue devient inférieure ou égale à la pression de vapeur de l'eau.

Pour éviter ce phénomène, la condition suivante doit être respectée

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

(NPSH)_r : Charge nette d'aspiration requise,

$$(NPSH)_d = \frac{P_a}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - Z_e - \Delta H_a - \frac{V^2}{2g}$$

; (NPSH)_r : Déterminé d'après le (Tableau)

$\frac{P_a}{\rho g}$: Dépend de l'altitude d'implantation de la station de pompage (voir tableau)

$\frac{P_v}{\rho g}$: dépend de la température du liquide pompé (voir tableau)

Z_e : différence d'altitude entre la crépine d'aspiration et l'axe de la pompe

ΔH_a : Perte de charge a l'aspiration

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

On a :

- (NPSH)_r : Déterminé graphiquement égal à 5.81 m

Pour éviter tout risque de cavitation il suffit de respectée l'inégalité suivante:

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Alors :

$$(NPSH)_d = 10.33 - 0.238 - 1.5 - 0.82 - 0.016 = 7.2$$

On remarque que : $(NPSH)_d = 7.2 \text{ m} > (NPSH)_r + r = 5.81 + 0.5 = 6.31 \text{ m}$

Donc notre pompe est bien protégée contre le risque de cavitation.

IV.13 Etude du système de distribution

IV.13.1 Calcul des diamètres :

Pour estimer le diamètre économique des conduites, on utilise une formule dérivée de la loi de Chezy, permettant de déterminer un diamètre théorique initial. Ce diamètre est ensuite ajusté en fonction des dimensions normalisées disponibles sur le marché.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{adm}}}$$

Avec

- **D** : Diamètre intérieur de la conduite (en mm),
- **Q** : Débit d'eau circulant (en m³/s),
- **V_{adm}** : Vitesse admissible dans la conduite (en m/s).
- **V_{adm}** = Vitesse admissible dans la conduite. Pour les conduites de refoulement en fonte, une plage de vitesse économique courante est **1.5 m/s** comme valeur médiane standard pour ce calcul.

IV.14 Calcul des pressions des nœuds et des bornes :

Le calcul des vitesses et des pressions a été effectué en se basant sur le théorème de Bernoulli.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H$$

- **Z₁ et Z₂** : Côte terrain naturel (m) aux points 1 et 2 (en m),
- **$\frac{P_1}{\rho g}$ et $\frac{P_2}{\rho g}$** : La hauteur de la pression (m) aux points 1 et 2,
- **$\frac{v_1^2}{2g}$ et $\frac{v_2^2}{2g}$** : La hauteur représentative de la vitesse d'écoulement (m) aux points 1 et 2,

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

Les pertes de charge linéaires dans la conduite sont évaluées en appliquant la formule **de Lechapt-Calmon** qui est donnée par la formule suivante :

$$\Delta H_L = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

- ΔH_L : Perte de charge en m,
- L : Longueur de la conduite,
- D : Diamètre de la conduite considérée. L , M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (K_s) des canalisations
- C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière :
- Q : Le débit de refoulement m^3/s .

Tableau IV 8: Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K (mm)	L	M	N
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

La rugosité équivalente : $K=0.1$ mm, donc : $L=1.15$ $M=1.89$ $N=5.01$. . Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV.11

Tableau IV 9: Les calculs hydrauliques du réseau de distribution

N°t ran con	longeu r du tranco n (m)	Débit Q (l/s)	Débit Q (m3/s)	Diamètr e calculé (mm)	Diamè tre Norm (mm)	Mat eria u	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge ΔH (m)	Perte charge total ΔH_t (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote pizomét rique (m)	Pres sion (m)	press ion (Bar)
R-ST	46,72	120	0,12	319,159	400	font e	0,95	0,10	0,11	323	353,9	30,9	3,1
ST-N1	194,1	120	0,12	319,159	400	font e	0,95	0,43	0,47	321,7	353,4	31,7	3,2
N1-B1	85,5	3,5	0,003 5	54,507	63	PEH D	1,12	1,93	2,12	321,5	351,3	29,8	3,0
N1-N2	171,21	116,5	0,116 5	314,470	400	PEH D	0,93	0,31	0,34	319	350,9	31,9	3,2
N2-B2	25,4	5,1	0,005 1	65,796	75	PEH D	1,15	0,49	0,54	318,7	350,4	31,7	3,2
N2-N3	17,63	111,4	0,111 4	307,509	315	font e	1,43	0,10	0,10	318,6	350,3	31,7	3,2
N3-B3	75,05	5,1	0,005 1	65,796	75	PEH D	1,15	1,45	1,60	319,3	348,7	29,4	2,9
N3-N4	40,68	106,3	0,106 3	300,388	315	font e	1,36	0,20	0,22	316,5	348,5	32,0	3,2
N4-B4	21,33	3,24	0,003 24	52,443	63	PEH D	1,04	0,42	0,46	316,4	348,0	31,6	3,2
N4-N5	23,78	103,06	0,103 06	295,775	315	font e	1,32	0,11	0,12	316,3	347,9	31,6	3,2
N5-B5	75,03	10	0,01	92,133	110	PEH D	1,05	0,78	0,86	316,1	347,0	30,9	3,1
N5-N6	48,86	93,06	0,093 06	281,059	315	font e	1,19	0,19	0,21	314,2	346,8	32,6	3,3

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

N6- N7	330,47	93,06	0,093 06	281,059	315	font e	1,19	1,28	1,41	316,1	345,4	29,3	2,9
N7- B7	77,22	8,8	0,008 8	86,429	90	PEH D	1,38	1,69	1,86	314,8	343,6	28,8	2,9
N6- N8	36,94	84,26	0,084 26	267,440	315	font e	1,08	0,12	0,13	313,5	343,4	29,9	3,0
N8- B6	68,67	8,4	0,008 4	84,441	90	PEH D	1,32	1,38	1,52	313,8	341,9	28,1	2,8
N8- N9	28,65	75,86	0,075 86	253,759	280	PEH D	1,23	0,13	0,15	313	341,8	28,8	2,9
N9- B8	31,62	8,4	0,008 4	84,441	90	PEH D	1,32	0,63	0,70	313,1	341,1	28,0	2,8
N9- N1 0	84,51	67,46	0,067 46	239,298	250	PEH D	1,37	0,55	0,61	310,7	340,5	29,8	3,0
N1 0- N1 1	122,9	67,46	0,067 46	239,298	250	PEH D	1,37	0,93	1,02	312	339,5	27,5	2,7
N1 1- B10	53,37	3,78	0,003 78	56,645	63	PEH D	1,21	1,59	1,75	311,4	337,7	26,3	2,6
N1 0- N1 2	45,78	63,68	0,063 68	232,497	250	PEH D	1,30	0,31	0,34	310,4	337,4	27,0	2,7
N1 2- B9	66,06	4,2	0,004 2	59,709	63	PEH D	1,35	2,39	2,63	310,3	334,7	24,4	2,4
N1 2- B9	216,25	63,68	0,063 68	232,497	250	PEH D	1,30	1,28	1,40	308	333,3	25,3	2,5

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

N1 3													
N1 3- B13	70	7,2	0,007 2	78,178	90	PEH D	1,13	1,06	1,16	308,5	332,2	23,7	2,4
N1 3- N1 4	16,6	56,48	0,056 48	218,959	250	PEH D	1,15	0,08	0,09	307,3	332,1	24,8	2,5
N1 4- B12	20,7	8,4	0,008 4	84,441	90	PEH D	1,32	0,42	0,46	307,8	331,6	23,8	2,4
N1 4- N1 5	58,94	48,08	0,048 08	202,022	250	PEH D	0,98	0,21	0,23	306,5	331,4	24,9	2,5
N1 5- N1 6	365,26	48,08	0,048 08	202,022	250	PEH D	0,98	1,47	1,62	309,3	329,8	20,5	2,0
N1 6- B11	82,33	8,7	0,008 7	85,936	90	PEH D	1,37	2,02	2,22	310	327,6	17,6	1,8
N1 6- B15	31,05	8,65	0,008 65	85,689	90	PEH D	1,36	0,75	0,83	308,1	326,7	18,6	1,9
N1 5- N1 7	37,89	31,45	0,031 45	163,390	250	PEH D	0,64	0,07	0,08	305,9	326,6	20,7	2,1

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

N1 7- N1 8	121,07	31,45	0,031 45	163,390	250	PEH D	0,64	0,22	0,24	308,1	326,4	18,3	1,8
N1 8- B18	55,74	8,4	0,008 4	84,441	90	PEH D	1,32	1,12	1,23	307,2	325,2	18,0	1,8
N1 8- N1 9	63,29	23,05	0,023 05	139,879	160	PEH D	1,146	0,50	0,55	308	324,6	16,6	1,7
N1 9- B14	60,95	7,2	0,007 2	78,178	90	PEH D	1,132	0,92	1,01	308,7	323,6	14,9	1,5
N1 7- N2 0	27,87	17,5	0,017 5	121,881	160	PEH D	0,870	0,13	0,15	305,5	323,5	18,0	1,8
N2 0- B16	24	8,5	0,008 5	84,943	90	PEH D	1,336	0,49	0,54	306,1	322,9	16,8	1,7
N2 0- N2 1	60,78	9,2	0,009 2	88,371	90	PEH D	1,446	1,44	1,59	304,9	321,3	16,4	1,6
N2 1- B17	95,85	8,6	0,008 6	85,441	90	PEH D	1,352	2,01	2,21	304,8	319,1	14,3	1,4

IV.15 Conclusion :

Dans ce chapitre consacré à la conception du système d'adduction du périmètre de la ferme Bessami, nous avons projeté un réseau d'irrigation mixte combinant refoulement par pompage et distribution gravitaire pour desservir les 18 îlots impliquant plusieurs parcelles.

Les principaux résultats incluent le dimensionnement de la conduite gravitaire (400 mm) depuis le bassin, le calcul de la station de pompage avec sélection optimale des équipements, la conception de la conduite de refoulement (400 mm) et la projection du réseau de distribution utilisant des conduites en fonte et PEHD adaptées aux contraintes hydrauliques.

Le calcul des pressions aux bornes garantit la compatibilité avec tous les systèmes d'irrigation, y compris les techniques exigeantes comme l'aspersion, permettant ainsi une diversification culturale et l'optimisation des rendements agricoles .

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

V.1. Introduction :

L'optimisation des ressources en eau constitue aujourd'hui un enjeu majeur dans tous les secteurs, particulièrement dans la gestion de l'eau et de l'irrigation, dont l'importance est vitale.

Face à cette nécessité, des techniques d'irrigation modernes ont été développées pour améliorer l'efficacité hydrique.

Dans ce chapitre, nous présentons les différentes techniques d'irrigation et d'arrosages en vue d'identifier celles les plus adaptées aux spécificités agricoles de notre zone d'étude.

V.2 Choix des techniques d'irrigation :

Le choix d'une technique d'irrigation dépend de plusieurs facteurs qui entrent en considération:

- ✓ Les propriétés du sol et exigences culturales
- ✓ Les caractéristiques topographiques du terrain
- ✓ Les paramètres climatiques régionaux
- ✓ Facteurs économiques.

V.2.1 Différentes techniques d'arrosages :

Il existe deux grandes classes des techniques, qui sont :

- ❖ L'irrigation gravitaire ou de surface.
- ❖ L'irrigation sous pression :
 - par aspersion.
 - par micro-irrigation.

V.2.1.1 Irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire représente l'ensemble des techniques où l'eau est distribuée par écoulement de surface, sans recours à un pompage, son efficacité dépend principalement de deux facteurs : la topographie du terrain (qui guide l'écoulement) et les propriétés hydrauliques du sol (ruissellement, infiltration et capillarité).

On distingue trois méthodes principales selon le mode d'application de l'eau :

- le ruissellement (par canaux ou sillons),
- la submersion (immersion temporaire de parcelles)

l'irrigation par infiltration (alimentation par remontée capillaire).

Ces techniques, bien que moins efficaces que les systèmes sous-pression, restent largement utilisées pour leur simplicité et leur faible coût énergétique, particulièrement dans les régions aux sols argileux et aux pentes régulières.

a) Irrigation par ruissellement

Cette technique repose sur un apport d'eau par ruissellement dans des canaux aménagés autour des parcelles, elle présente des avantages économiques (coût d'installation minimal) mais ont deux limitations majeures : une efficacité hydrique souvent inférieure à 50% et une répartition spatiale très hétérogène de l'eau.

Ces contraintes en font une solution principalement adaptée aux cultures peu exigeantes en précision d'arrosage ou aux régions disposant de ressources hydriques abondantes.



Figure V. 1: Irrigation par ruissellement.

a) Irrigation par submersion :

La technique des bassins d'irrigation utilise des parcelles rectangulaires soigneusement nivelées, délimitées par des diguettes pour contenir l'eau, elle exige un nivellement précis du terrain, car il influence directement sur l'uniformité de répartition de l'eau, et l'efficacité globale d'irrigation.



Figure V. 2: Irrigation par submersion.

b) Irrigation à la raie par sillons (Seguia)

L'irrigation par sillons ou Seguia est la technique d'irrigation la plus ancienne, elle utilise des rigoles de terre creusées parallèlement aux rangs de culture, suivant la pente naturelle du terrain. L'eau est acheminée depuis un canal principal via des prises latérales, s'infiltre progressivement à travers les parois des sillons durant son écoulement.



Figure V. 3: Irrigation à la raie.

c) Irrigation en planches :

L'irrigation par planches consiste en des bandes de terrain parallèles, bien nivelées avec des pentes de 0,1 à 1%, et séparées par des diguettes en terre. L'alimentation en eau s'effectue selon trois méthodes principales : des prises directes équipées de vannettes sur le canal principal, des siphons souples réglables, ou des tuyaux fixes traversant les berges, son efficacité hydrique atteint 60-75%, dépend d'un bon nivellement et d'un entretien régulier des planches.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité :

✓ **Avantages :**

- Faible coût d'installation
- Économie d'énergie, pas de mécanisation
- Adaptation aux sols lourds

✗ **Inconvénients :**

- Faible efficacité hydrique (40-50%)
- Elle dépend étroitement de la topographie (exige une pente)
- Gaspillage d'eau;
- Mauvaise uniformité de l'eau dans la parcelle ;
- Inadapté aux cultures sensibles

V.2.1.2 Irrigation sous pression :

L'irrigation sous pression est une méthode d'arrosage qui utilise un réseau de tuyaux sous pression pour distribuer l'eau de manière précise et efficace (goutte-à-goutte, aspersion, etc.), permettant d'économiser l'eau et d'optimiser l'irrigation des cultures.

V.2.1.2.1 Irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion arrose la parcelle sous forme de pluie artificielle en projetant de l'eau sous pression à travers un réseau de canalisations équipées d'asperseurs.

Ce système est largement utilisé en agriculture pour sa capacité à couvrir uniformément de grandes surfaces tout en s'adaptant à différents types de cultures et de sols.

Le choix du dispositif de pompage, des asperseurs et la bonne gestion de l'eau doivent garantir la distribution uniforme de l'eau d'irrigation.



Figure V. 4: irrigation par aspersion

V.2.1.3.1 Irrigation par enrouleur

Un **enrouleur** est un système d'irrigation mobile constitué d'un tambour sur lequel est enroulé un tuyau flexible (généralement en polyéthylène), équipé d'un moteur pour se déplacer automatiquement dans le champ. Il est souvent utilisé avec un canon d'arrosage pour irriguer de grandes surfaces agricoles de manière semi-automatisée.



Figure V. 5: irrigation par enrouleur

Irrigation par enrouleur pivot

Un **pivot** est un système d'irrigation mécanisé constitué d'une structure métallique montée sur roues, équipée de buses d'arrosage, qui tourne autour d'un point central pour irriguer de grandes surfaces circulaires. C'est l'un des systèmes les plus efficaces pour les très grandes exploitations agricoles, en particulier dans les zones sahariennes.



Figure V. 6: irrigation par pivot

Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :

✓ Avantages

- Bonne efficacité hydrique (jusqu'à 75%), elle présente une économie de l'eau ;
- Adaptabilité à différents sols et cultures.
- Installation modulable fixes ou mobiles (rampes déplaçables).

✗ Inconvénients

- Coût énergétique élevé, maintenance technique nécessaire ;
- Sensibilité aux vents ;

- Investissement initial important.

V.2.3.2. Irrigation localisée (Goutte à goutte)

L'irrigation localisée ou goutte-à-goutte, est une méthode d'arrosage très précise qui consiste à apporter l'eau directement à la zone racinaire des plantes, à partir d'un réseau de tuyaux équipés de goutteurs. Ce système, très utilisé en régions arides et semi-arides pour les cultures maraichères et arboricoles, se distingue par son efficacité hydrique exceptionnelle (80-85%).



Figure V. 7: Irrigation par goutte à goutte.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :

✓ Avantages

- Permet une utilisation optimale de l'eau, assurant une économie significative.
- Réduit fortement le risque de maladies cryptogamiques ainsi que le développement des mauvaises herbes.
- Permet d'obtenir de hauts rendements.

✗ Inconvénients

- L'obstruction des goutteurs constitue un inconvénient majeur ; un entretien régulier et rigoureux est indispensable pour prévenir ce problème et garantir le bon fonctionnement du système.

V.4.Conclusion :

Le choix d'un système d'irrigation performant doit répondre à des critères technico-économiques précis, qui permet à la fois une gestion optimale des ressources en eau et une amélioration des rendements agricoles.

Les techniques d'irrigation, telles que l'aspersion et le goutte-à-goutte, ont clairement démontré leur efficacité en offrant une utilisation rationnelle de l'eau, particulièrement dans les régions arides et semi-arides, elles seront donc prises en compte dans notre cas pour le dimensionnement à la parcelle.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1. Introduction :

L'irrigation est une pratique essentielle en agriculture. Dans le cadre de l'optimisation des ressources hydriques et de l'amélioration des performances des systèmes d'irrigation, ce chapitre propose une approche de dimensionnement basée sur les deux techniques les plus efficaces actuellement disponibles : l'aspersion et le goutte-à-goutte.

VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation au goutte à goutte :

Le système d'irrigation goutte à goutte sera implanté sur la parcelle n°14, d'une superficie totale de un (1) hectares, alimentée par la borne hydraulique n° 14

Les dimensions de cette parcelle sont :

- Longueur : 110m
- Largeur : 80m

VI.2.1 Données générales :

Pour l'irrigation goutte à goutte, nous avons choisi la tomate qui très cultivée dans la wilaya de AinDefla, nous avons retenu un système goutte-à-goutte avec des besoins mensuels de pointe de 149,56 mm (mois de juin), la tomate exige une irrigation précise pour maintenir son rendement et sa qualité. Le système irrigué présente les caractéristiques techniques suivantes :

- Nombre de goutteurs : 1 goutteur par plant
- Espacement : 0,8 m entre goutteurs, et écartement inter-rangs : 1,0 m
- Débit nominal des goutteurs : 2 L/h

Cette configuration permet une précision d'apport hydrique et une économie maximale en eau.

VI.2.2 Calcul de l'évapotranspiration corrigée :

Le calcul de l'évapotranspiration en irrigation localisée nécessite une réduction due au caractère ciblé des apports hydriques. L'évaporation à partir de la surface du sol est considérablement réduite, l'eau étant directement apportée au pied des plantes.

Dans ce cas, on applique à l'évapotranspiration maximale (ETM) un coefficient de réduction K_r dépendant du taux de couverture du sol. Pour notre étude concernant des **Tomate** adultes, nous considérons un taux de couverture C_s de 60%.

Deux méthodes principales sont envisageables pour le calcul de K_r :

- La formule de Freeman et Garzoli : $K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$
- Le formule de Decroix (CTGREF) : $K_r = 0.1 + C_s$

Cette approche permet d'affiner avec précision l'estimation des besoins réels en eau de la culture, en intégrant les spécificités hydriques du système d'irrigation localisée adopté.
Donc $K_r=0.7$:

$$ETM_c = ETM_r \times K_r = \frac{149,56}{30} \times 0.7 = 3.48 \text{ mm/j}$$

VI.2.3 Calcul de la dose d'irrigation corrigée

Dans le cadre de la micro-irrigation, le dimensionnement précis des apports hydriques nécessite la détermination de la fraction d'humidification du bulbe racinaire. La méthodologie de calcul s'appuie sur la formule suivante :

Formule fondamentale :

$$D_c = RFU \times P = [(H_{cc} - H_{pf})/100] \times Z \times d_a \times \gamma \times P$$

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, ($H_{cc}= 29\%$) ;

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, ($H_{pf}= 15\%$) ;

Z : profondeur d'enracinement, ($Z=0,6\text{m}$) ;

d_a : densité apparente de sol, ($d_a= 1.38$)

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

P : pourcentage de sol humidifié.

$$P = \frac{n \times S_p d \times S_h}{S_a \times S_r}$$

Tel que :

n : nombre de point de goutteurs par cep, (1 goutteur par cep)

Spd : Distance entre deux distributeurs, (0.8m) ;

Sh : Largeur de la bande humidifiée, (0.5m) ;

Sa : espacement des ceps sur les rangs (1m) ;

Sr : écartement entre rangs, (1m).

On trouve $P = 0.5 = 50\%$,

Donc

$$Dc = (29-15) / 100 \times 600 \times 2/3 \times 1.38 \times 0.5 = \mathbf{38.64mm}$$

VI.2.4 Détermination de la fréquence d'irrigation

La fréquence optimale d'arrosage est déterminée par l'équation fondamentale suivante :

$$Teau = Dc / ETMc$$

Où :

- **Teau** : Intervalle inter-irrigation (jours)
- **Dc** : Dose d'irrigation corrigée (mm)
- **ETMc** : Évapotranspiration maximale corrigée (mm/jour)

$$Teau = 38,64 / 3,48 = 11,1 \text{ jour}$$

Donc on prend un tour d'eau de T_{eau} de 10 jours

VI.2.5 Calcul des doses d'irrigation réelle et brute

La détermination des besoins hydriques réels s'effectue selon la méthodologie suivante :

1. Dose réelle (Dréelle) :

Calculée par la relation :

$$Dréelle = Teau \times ETMc$$

VI.2.6 Calcul de la dose brute d'irrigation

La détermination de la dose brute nécessaire au dimensionnement du système s'effectue selon la formule :

$$D_{brute} = D_{réelle} / (Cu \times Eff)$$

Où :

- **Cu** : Coefficient d'uniformité des goutteurs = 90%
- **Eff** : Efficacité du réseau d'irrigation = 90%

Application numérique :

$$D_{brute} = 34.9 / (0,9 \times 0,9) = 43 \text{ mm}$$

VI.2.7 Calcul de la durée d'irrigation

Le temps d'arrosage nécessaire est déterminé par l'équation fondamentale :

$$Tf = (D_{brute} \times Sd \times Sr) / (n \times qg)$$

Où :

- **D_{brute}** : Dose brute d'irrigation (mm)
- **Sd** : Espacement inter-goutteurs
- **Sr** : Espacement inter-rangs
- **n** : Nombre de goutteurs par plante
- **qg** : Débit unitaire des goutteurs

Donc : Tf = 18h.

VI.2.8 Calcul hydraulique des rampes et des portes rampes

Calcul des pertes admissibles : Selon la condition de Christensen :

- ΔH singulière totale est égal à $10\% \times \Delta H_{max} = 0.2m$;
- Le reste égal à 1.8 qui est les ΔH Linéaire totale;
- Pour les rampes : $\Delta H_{lr} = \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.2m$;
- Pour les portes rampes : $\Delta H_{lpr} = \frac{1}{3} \times 1.8 = 0.6m$.

Pour une configuration optimale, on propose un porte-rampe traversant au milieu de la parcelle donc :

Longueur de la rampe (Lr): 80m

Longueur du porte-rampe (Lpr) : $110/2 = 55m$

VI.2.8.1 Les débits :

Les débits caractéristiques du système sont déterminés selon les relations fondamentales suivantes :

1. Débit des rampes (Qr) :

$$Qr = Qg \times Ng \text{ [l/h]}$$

où :

- Qg : débit nominal des goutteurs (l/h)
- Ng : nombre de goutteurs par rampe

2. Débit des porte-rampes (Qpr) :

$$Qpr = Qr \times Nr \text{ [l/h]}$$

où :

- Nr : nombre de rampes alimentées par le porte-rampe

On à :

Donc on a:

Il existe 100 gouteurs par rampe et 55 rampes dans notre parcelle:

$$Q_r = 200 \text{ l/h} = 5,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pr} = 11000 \text{ l/h} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.2.8.2 Diamètre des rampes et la porte rampe :

On peut calculer le diamètre des rampes et celui de la porte rampe par les formules suivantes :

$$\phi_r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\phi_{pr}(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe ;

Q(r) : le débit de la rampe en l/h ;

L(r) : la longueur de la rampe en m ;

L(pr) : la longueur de porte rampe en m ;

Ør (cal) : le diamètre de rampes ;

Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

Alors :

- $\phi_r(cal) = 11.8\text{mm}$ $\phi_r(normalisé) = 16\text{mm}$
- $\phi_{pr}(cal) = 55.2\text{mm}$ $\phi_{pr}(normalisé) = 75\text{mm}$

VI.2.9. Vérification des pertes de charge :

En utilisant la formule de Hazen-Williams ci-après pour calculer les pertes de charge

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

On trouve :

- $\Delta H(r) = 0.66 \text{ m} < 1.2 \rightarrow \text{condition vérifiée}$
- $\Delta H(pr) = 0.47 \text{ m} < 0.6 \rightarrow \text{condition vérifiée}$

VI.2.10 Dimensionnement de la conduite tertiaire :

Afin de dimensionner la conduite tertiaire on utilise la relation ci-dessous :

$$Dct = \sqrt{\frac{4 \times Qct}{\pi \times Vadm}}$$

Avec :

Dct : diamètre de la conduite tertiaire en m ;

Qct : débit de la conduite tertiaire en m³/s qui est égal à 3×10^{-3} m³/s ;

Vadm : vitesse admissible égal à m/s

On trouve :

- Dct(calc) = 60.8mm Dct(normalisé) = 75mm

VI.2.11 Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte :

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

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	80	55	10
Diamètre(mm)	16	90	90
Débit (m ³ /s)	5.5×10^{-5}	3×10^{-3}	3×10^{-3}
Pertes de charge(m)	0.66	0.47	0.05

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.2 bars ce qui est largement suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

VI.3 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion représente une technique très répandue puisqu'elle permet d'irriguer les cultures céréalières et maraichères en gardant une économie d'eau et une uniformité d'arrosage.

VI.3.1 Données générales :

La pomme de terre est une culture très développée à Ain Defla, pour optimiser ses rendements, l'irrigation par aspersion est une technique la plus appropriée. Les besoins en eau de la culture de la pomme de terre sont de 66.2mm.

Nous avons choisi cette culture par aspersion, au niveau de la parcelle 1 dans l'îlot N°1 qui ayant les caractéristiques suivantes :

- Superficie : 1.0Ha

- Longueur : 100m
- Largeur : 90 m
- Alimentation en eau : Borne N°
- Pression a l'ilot :

VI.3.2 Calcul de la dose pratique :

Pour calculer la dose pratique on utilise la formule ci-dessous :

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

Avec :

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, (H_{cc}= 29%) ;

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, (H_{pf}= 15%) ;

Z : profondeur d'enracinement, (Z=0.5m) ;

da : densité apparente de sol, (da= 1.38)

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

on trouve RFU = 64.4mm

VI.3.3 Dimensionnement de l'asperseur :

Choix du diamètre de la buse :

Le diamètre de la buse est un élément fondamental dans le cas de l'aspersion, on doit le choisir en fonction de la fiche technique du fournisseur. En se référant à la nouvelle fiche technique de l'asperseur de type Perrot (actualisé), nous avons pris un diamètre de 4.8 mm sous une pression de 2.5 bars qui nous donne un portée théorique de 15 m.

VI.3.3.1 Calcul de la portée :

On peut définir la portée des asperseurs par la distance maximale sur laquelle un asperseur peut projeter de l'eau, et elle est calculée à l'aide de la formule empirique suivante :

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

Avec :

d : le diamètre de la buse en mm ;

H : la pression à la buse en m.

A.N : $L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 25^{0.25} = 14.7\text{m}$, on prend 15m.

VI.3.3.2 Calcul des écartements :

Les écartements sont nécessaires pour une bonne configuration du système d'aspersion, il est en fonction des vents. La zone de notre étude est soumise à des vents d'une vitesse moyenne de 2.5 à 3m/s donc calculant les écartements avec les relations ci-après :

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

$$E_l = 1.25 \times L = 1.2 \times 15 = 18.7 \text{ m.}$$

Avec :

E_a : l'écartement entre les asperseurs sur une même rampe en m ;

E_l : l'écartement entre les rampes.

On prend une configuration avec des écartements de 18x12.

VI.3.3 Vérification de la pluviométrie de la buse :

La pluviométrie de la buse se calcul comme suit :

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

Avec :

E_a : l'écartement entre les asperseurs sur une même rampe;

E_l : l'écartement entre les rampes ;

q_{asp} : le débit de l'asperseur qui est calculé par la formule suivante :

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

$$\text{A.N: } q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times 25} = 3.81 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc : $P_{asp} = 6.35 \text{ mm/h}$, elle est inférieure a la perméabilité de sol 8.8 mm/h .

VI.3.4 Détermination des paramètres d'arrosages :

VI.3.4.1 Calcul du tour d'eau :

Le tour d'eau est la durée nécessaire pour arroser l'ensemble des parcelles, il est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

B_{mp} : le besoin net du mois de pointe de la pome de terre (66.2);

N_j : le nombre de jours de travail par mois égale à 25 jours.

Donc : $T_{eau} = 24$ jours, on normalise le tour d'eau à 20 jours.

VI.3.4.2 Dose réelle :

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

$$D_r = T_{eau} \times B_j$$

Donc : $D_r = 44.1 \text{ mm}$

VI.3.4.3 Dose brute :

C'est la quantité d'eau qui doit être apportée aux plantes en tenant compte des pertes en eau.

La valeur de la dose brute est calculée par la relation suivante :

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

Avec :

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

On trouve : $D_{brute} = 59$ mm.

VI.3.4.4 Temps d'arrosage :

Le temps d'arrosage est le temps pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration, il est calculé par la relation suivante :

$$Temps\ d'arrosage = \frac{B_{brute}}{P}$$

$$Temps\ d'arrosage = \frac{59}{6.6} = 9 \text{ heures,}$$

Donc on peut envisager 2 positions d'asperseurs par jour.

VI.3.4.5 Débit d'équipements :

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

Q_{eq} : débit d'équipement en m³/h.

S : Surface de parcelle en ha.

B_{mp} : besoin net de mois de pointe.

T : Tour d'eau.

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

Eff : efficacité d'irrigation par aspersion.

$$\text{A.N: } Q_{eq} = \frac{1.0 \times 66.2 \times 10}{9 \times 2 \times 25 \times 0.75} = 2.0 \text{ m}^3/\text{h.}$$

VI.3.5 Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe :

VI.3.5.1 Calcul de la longueur du la rampe :

Les asperseurs sont installés à distance de E_a sur deux de l'extrémité de la parcelle, donc la longueur de la rampe est calculée comme suit :

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

L_r : longueur de la rampe en m.

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

Alors : $L_r = 84\text{m}$

VI.3.5.2 Nombre des asperseurs par rampe :

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

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

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

VI.3.5.3 Nombre/Debit des rampes :

On travaille avec 1 rampe, le débit de la rampe est:

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

$Q_r = 0.0027 \text{ m}^3/\text{s}$.

VI.3.5.4 Diamètre de la rampe :

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

Avec :

V : vitesse admissible égale à 1.5 m/s.

Donc : $D_r = 0.047 \text{ m} = 47 \text{ mm}$, On normalise le diamètre de 50mm.

VI.3.5.5 Calcul du la longueur de la porte rampe :

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - E_l/2$$

Alors : $L_{pr} = 91 \text{ m}$.

VI.3.5.6 Débit de la porte rampe :

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

$Q_{pr} = 0.0027 \text{ m}^3/\text{s}$.

VI.3.5.7 Diamètre de la porte rampe :

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

$D_{pr} = 48\text{mm}$

On prend un diamètre normalisé de 75mm pour des pertes de charges minimales.

VI.3.6 Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte rampe :

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

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

En appliquant la relation de Hazen-Williams, Les pertes de charge totales on a :

$$Jr = \left(\left(\frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \times \frac{Lr}{Dr^{4.87}} \times Qr^{1.852} \right) \times 1.1 = 3.87\text{m}$$

$$Jpr = \left(\left(\frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \times \frac{Lpr}{Dpr^{4.87}} \times Qpr^{1.852} \right) \times 1.1 = 0.58\text{m}.$$

VI.3.7 Dimensionnement de la conduite tertiaire :

Selon l'équation de continuité on a :

$$D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{ct}}{\pi \times V_{adm}}}$$

Tel que :

Dct : diamètre de la conduite tertiaire en m.

Qct : débit de la conduite tertiaire en m^3/s (égale à $0.0027\text{m}^3/\text{s}$).

Vadm : Vitesse admissible égale à 1.5 m/s

Alors : la conduite tertiaire a un diamètre de 75 mm.

VI.3.8 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion :

Tableau VI 2: Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	84	91	20
Diamètre (mm)	50	75	75
Débit (m^3/s)	2.7×10^{-3}	2.7×10^{-3}	2.7×10^{-3}
Pertes de charge(m)	3.87	0.58	0.12

On remarque que les pertes de charges totales sont de 4.6m, donc inférieure à 20% de la pression de service qui est de 2.5 bars, le réseau d'aspersion est conforme.

VI.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons traité le dimensionnement d'un réseau goutte-à-goutte pour la culture de la Tomate ainsi que d'un réseau d'aspersion pour la culture de la pomme de terre.

L'objectif de ces systèmes est à la fois de réaliser des économies d'eau d'irrigation et d'améliorer les rendements des cultures, ce qui contribuera à intensifier la production agricole dans la zone étudiée.

Chapitre VII :

Calcul technico-économique

Chapitre VII : Calcul technico-économique

VII.1 Introduction :

Dans ce chapitre, il est question de l'étude du devis quantitatif et estimatif, qui nous permettra d'évaluer le coût de réalisation du projet d'irrigation, qui est une étape indispensable dans tout projet hydro-agricole. Cette analyse consiste à déterminer avec précision les quantités nécessaires de matériaux ainsi que les différentes opérations à réaliser sur le terrain.

Pour notre projet, les principaux travaux incluent les travaux suivant : pose des conduites, la construction de la station de pompage, ainsi que l'installation des bornes d'irrigation et des pièces spéciales.

VII.2 Travaux à réaliser :

- **Excavation des tranchées :** cette opération de terrassement consiste à réaliser des excavations linéaires à l'aide d'une pelle hydraulique. Les matériaux excavés et déblayés seront déposés sur un côté de la tranchée, tandis que dans l'autre côté sera réservé pour le positionnement et l'assemblage des conduites.

- **Mise en place du lit de sable :**

Il s'agit d'appliquer une couche de sable de 20 cm d'épaisseur au fond de la tranchée. Ce lit de sable servira d'assise et de protection pour les canalisations.

Pose des conduites :

Avant l'installation des conduites dans la tranchée, on procède à un tri préalable est effectué afin d'éliminer les éléments endommagés ou présentant des défauts. La descente des conduites est réalisée à l'aide d'un engin de levage, en veillant à une manutention lente et contrôlée pour éviter tout endommagement.

Durant toute l'opération de pose, un contrôle rigoureux de l'alignement est assuré afin de garantir une jonction parfaite des conduites et d'éviter toute difficulté lors des phases de raccordement.

-Remblayage des tranchées : Cette opération de terrassement consiste à recouvrir les conduites à l'aide des matériaux excavés lors de l'ouverture des tranchées. Le remblai est appliqué progressivement et avec précaution pour éviter d'endommager les canalisations.

-Nivellement et compactage : Après le remblayage, les terres sont nivelées pour aplanir les surfaces et éliminer les monticules. Un compactage est ensuite effectué pour augmenter la densité du sol, améliorer la portance du terrain et prévenir les tassements ultérieurs.

VII.3 Calcul des volumes des travaux d'adduction et de distribution

VII.3.1 Calcul du volume de terrassement

A. Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm

La largeur d'ouverture de la tranchée est déterminée par la formule suivante :

$$B = d + (0,5 \text{ à } 1,2) \text{ m}$$

- **B** : largeur de la tranchée (en mètres)
- **d** : diamètre extérieur de la conduite (en mètres)

B. Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la tranchée doit être suffisante pour :

- Permettre la réalisation correcte des branchements individuels
- Éviter tout risque d'interférence avec les autres réseaux existants (électricité, gaz, etc.)
- Assurer une protection contre les charges dynamiques (trafic) et les variations thermiques
- Prévenir tout risque de gel en région froide

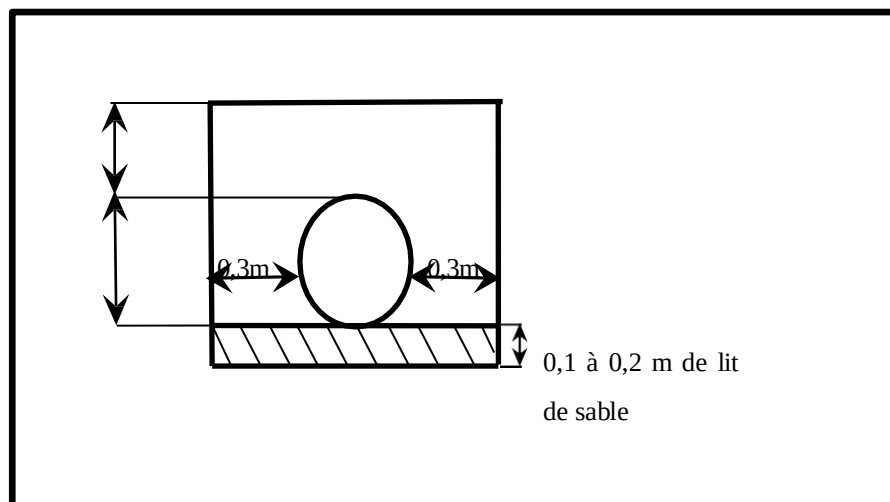


Figure VII-1 : Schéma d'une tranchée

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

Avec :

H : profondeur de la tranchée (m).

e : hauteur de lit de pose (m).

d : diamètre de la conduite (m).

h : hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

•Section de la tranchée:

Les sections des tranchées sont :

$$Str = B \times Htr$$

Htr : Profondeur total de la tranchée (m)

B : Largeur du fond de la tranchée (m)

Volume à excaver :

Le volume d'excavation est :

$$Vd = Str \times L = (B \times Htr) \times L$$

Avec :

: Volume du déblai (m³)

S : La section de la tranchée (m²).

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

H : La hauteur de la tranchée (m).

Volume occupe par les conduites :

$$V_{cond} = (\pi \cdot D^2) / 4 \cdot L$$

: Volume du déblai (m³)

D: Diamètre extérieur de la conduite(m)

L : Longueur de la tranchée (m).

Volume du lite de sable :

Il est calculé comme suivant :

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

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

hsable : Profondeur de la couche végétale (0.1m).

Volume de remblais :

Le volume de remblais sera égale à :

$$V_{rem} = V_{deb} - V_{cond}$$

Volume du remblai d'excédentaire :

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

V_{exc} : Volume du sol excédentaire (m³).

V_f : Volume du sol foisonné (m³).

V : Volume du remblai (m³)

Avec $V_f = V_{debl} * k_f$: Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sole ($k_f = 1.15$).

VII.3.2 Calcul des volumes

Tableau VII. 1: Calcul des volumes

D (mm)	B (m)	Pr (m)	L (m)	Vdebl (m ³)	V cond (m ³)	Vsable (m ³)	V remb (m ³)	Vf (m ³)	Vexc (m ³)
Ø 63	0.663	1.063	226.26	159.46	0.55	30.00	128.91	183.4	54.5
Ø 75	0.675	1.075	100.45	72.89	0.35	13.56	58.98	83.8	24.8
Ø 90	0.69	1.09	680.91	512.11	3.40	93.97	414.74	588.9	174.2
Ø 110	0.71	1.11	75.03	59.13	0.56	10.65	47.92	68.0	20.1
Ø 160	0.76	1.16	91.16	80.37	1.44	13.86	65.07	92.4	27.4
Ø 250	0.8	1.2	1069.2	1026.43	26.38	171.07	828.98	1180.4	351.4
Ø 280	0.85	1.25	28.65	30.44	1.10	4.87	24.47	35.0	10.5
Ø 315	0.915	1.315	498.36	599.64	30.50	91.20	477.94	689.6	211.6
Ø 400	1	1.4	412.03	576.84	40.67	82.41	453.77	663.4	209.6
SOMME				3117	105	512	2500	3585	1085

VII.3.4 Cout des travaux de terrassement :

Tableau VII. 2: Calcul des volumes

Type des travaux	Unité	Prix Unitaire (DA)	Quantité	Prix des Travaux (DA)
Déblai	m ³	400	3117	1 246 800.0
V. Sable	m ³	2500	512	1 280 000.0
Remblai	m ³	500	2 500	1 250 000.0
Évacuation des excédents	m ³	250	1085	271 250.0
Total HT				4 048 050.0
TVA 19%				769 129.5
TOTAL TTC				4 817 179.5

VII.3.5 Estimation du cout des travaux du réseau d'adduction :

Tableau VII. 3: Cout des travaux du réseau d'adduction

Conduites	Type de conduite	Unités	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 63	PEHD	Ml	226.26	312.2	70638.4
Ø 75	PEHD	Ml	100.45	420.5	42239.2
Ø 90	PEHD	ml	680.91	850.1	578841.6
Ø 110	PEHD	ml	75.03	1245.3	93434.9
Ø160	PEHD	ml	91.16	1945.6	177360.9
Ø 250	PEHD	ml	1069.20	4490.2	4800921.8
Ø 280	PEHD	ml	28.65	6780.2	194252.7
Ø 315	PEHD	ml	498.36	15300	7624908.0
Ø 400	Fonte	ml	412.03	23 500	9682705.0
				Total (HT)	23 265 302.5
				TVA (19%)	4 420 407.5
				Total (TTC)	27 685 710.0

VII.4Accessories du réseau de distribution**Tableau VII. 4:Factures des pièces du réseau distribution**

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Borne A4	U	18	42 000.0	756 000.0
Té	U	20	5 600.0	112 000.0
Vanne	U	20	10 890.0	217 800.0
Vanne sectionnement	U	1	23 000.0	23 000.0
coude 45°	U	4	3 450.0	13 800.0
coude 90°	U	20	3 800.0	76 000.0
Filtre a sable	U	1	36 000.0	36 000.0
			Total 1 (HT)	1 234 600.0
			TVA (19%)	234 574.0
			Montant TTC	1 469 174.0

VII.5Estimation du cout du système de pompage :**Tableau VII. 5Estimation du cout du système de pompage**

Désignation des travaux	unités	Quantité	Prix unitaire	Montant (Da)
Batiment/Genie civil	F	1	500 000.0	500 000.0
Pompes	3	3	200 000.0	600 000.0
armoire électrique	F	1	100 000.0	120 000.0
loge gardien	F	1	50 000.0	50 000.0
aménagement extérieur	F	1	25 000.0	25 000.0
Total (DA)	1 475 000.0			
TVA (19%)	280 250.0			
PRIX TOTAL (DA)	1 755 250.0			

VII.6 Estimation du cout de forage.

L'estimation du coût de forage est détaillée dans le tableau VII.6.

Tableau VII. 6: Estimation du cout de forage.

Désignation des travaux	Unité	Quantité prévue au marché	Prix unitaire (DA)	Montant brut total des travaux (DA)
Amenée et repli du chantier	FT	1	700 000.00	700 000.00
Essai de nappe à blanc	H	48	20 000.00	960 000.00
F/P Tube Plein INOX 8"5/8 Ep. 5 mm	Ml	40	30 000.00	1 200 000.00
F/P Tube Crépiné JOHNSON 8"5/8 slot 20	Ml	40	26 000.00	1 040 000.00
Construction forage	Ft	1	1 000 000.00	1 000 000.00
Pompe immergée	U	1	150 000.00	150 000.00
Genie civil	U	1	1 000 000.00	1 000 000.00
C. Refoulement	Ml	400	4 500.00	1 800 000.00
Prix total (HT)				7 850 000.00
TVA 19%				1 491 500.00
Total TTC				9 341 500.00

Le prix moyen d'un forage est de 9 341 500 DA TTC, cette somme englobe toutes les opérations nécessaires pour la réalisation d'un forage. Toutefois, on note que notre périmètre nécessite 3 forages.

VII.7 Devis estimatif total:

Le cout total des différentes opérations en plus des 3 forages est estimé a : **63 794 653.5** da TTC Soixante-trois millions sept cent quatre-vingt-quatorze mille six cent cinquante-trois virgule cinq

VII.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons établi le devis général de l'aménagement du périmètre de la Ferme Bessami, à savoir des travaux de l'adduction, du réseau de distribution, et du bassin de la station de pompage.

Dans un premier temps, une étude quantitative des volumes de travaux a été réalisée. Ensuite, nous avons procédé à l'estimation du coût global du projet, qui s'élève à : **63 794 653.5** da TTC
Soixante-trois millions sept cent quatre-vingt-quatorze mille six cent cinquante-trois virgule cinq

***CONCLUSION
GENERALE***

Conclusion générale

Ce mémoire de fin d'études nous a permis d'étudier la problématique de la rareté des ressources en eau, dans la wilaya de Ain Defla, ce travail s'est articulé autour de l'étude du dimensionnement d'un système d'irrigation performant du périmètre de la ferme Bessami, qui englobe une surface de 120 hectares. La zone d'étude est reconnue pour ses sols fertiles, mais l'intensification agricole reste bloquée faute d'un système d'irrigation performant.

Le projet d'aménagement hydro-agricole de notre périmètre a nécessité une analyse multi-critère. En effet, l'analyse de la situation climatique montre que la zone de la Ferme Bessami est soumise à un climat semi aride avec une insuffisance des apports pluviométrique, et nécessite donc une irrigation pour maintenir des rendements agricoles stables.

Sur le plan technique, le système d'adduction projeté a été dimensionné avec précision à l'aide de conduites en Fonte et en PEHD, garantissant un acheminement optimal de l'eau depuis trois forages.

Le choix des techniques d'irrigation s'est porté sur le goutte-à-goutte et l'aspersion, ces méthodes reconnues pour leur efficacité hydrique et leur adéquation avec les cultures retenues, permettant ainsi une exploitation raisonnée de la ressource.

Enfin, l'étude économique a chiffré le coût total de l'investissement pour le projet d'aménagement englobant toutes les opérations nécessaires à **63 794 653.5** da TTC Soixante-trois millions sept cent quatre-vingt-quatorze mille six cent cinquante-trois virgule cinq.

Ce montant qui est relativement élevé, et cela vu les 3 forages projetés, peut être rentabilisé à moyen et long terme dans la wilaya de Ain Defla.

***Références
Bibliographiques***

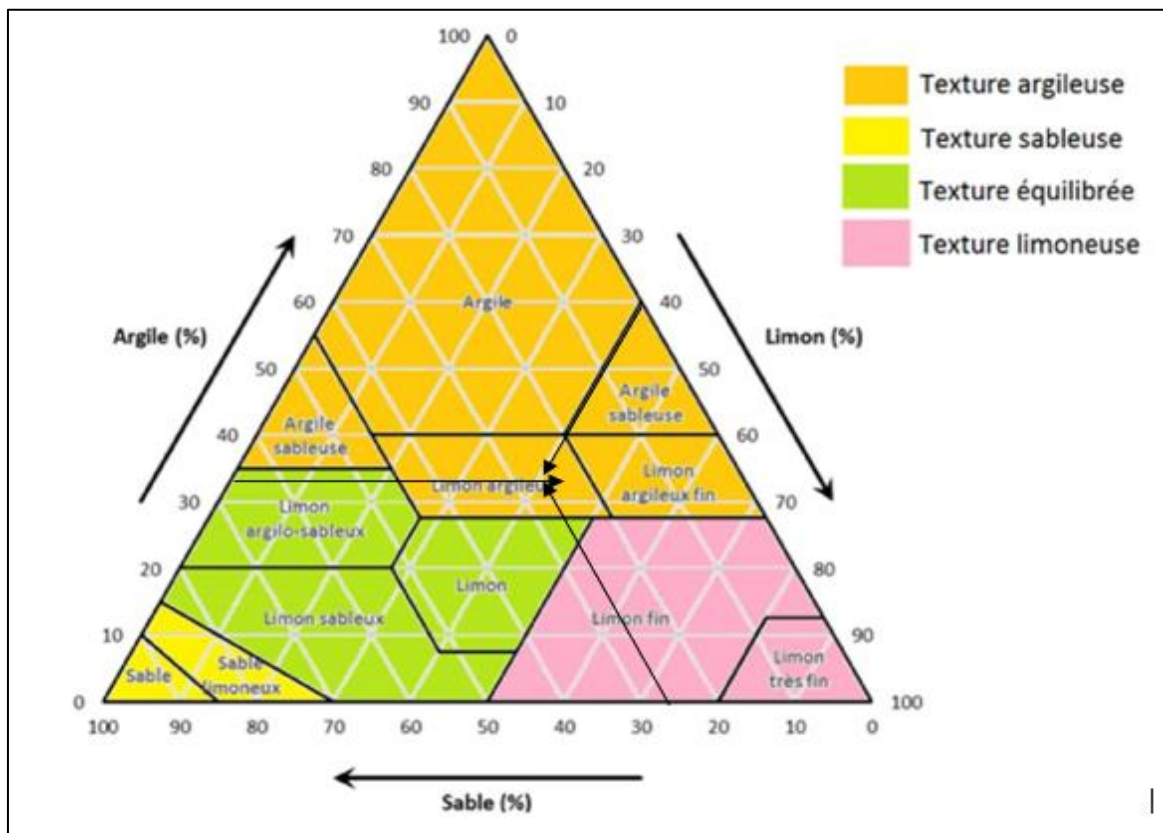
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Touaibia, B., (2004)** Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
- [2] **CPCS (1967). *Classification des sols*. Ministère de l'Agriculture.**
- [3] **FAO.** Irrigation and Drainage Paper no, 2007, Manuel des techniques d'irrigation sous pression.
- [4] **TIERCELIN.** Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris 1998 .1011p
- [5] **Paul Audoye, Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat.** Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Lavoisier paris, 2007
- [6] **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE de TAIBI 2022.**
- [7] **COURS DE Monsieur Djilali KAHLERRAS.**

Annexe

Annexe

Annexe 1 Triangle des textures



Annexe 2

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 3

Coefficient culturel Kc

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Banancier 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
Banancier subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Maïs grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
Oignon vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9

Annexe 4

Perte de charge Lechapt_Calmom

A/ NOTATIONS - EXPLOITATION DE LA TABLE

Formule utilisée

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

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

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

Annexe 5

Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

D ₀ la buse Ø mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,6
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	8,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	8,5	6,7

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)