



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Etude d'extension du périmètre des ARRIBS (200ha) à partir du barrage de LAKEHAL (W. BOUIRA)

Présenté par :
TALBI Karima

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Membre
SAIL Nadhira	M.C.B	Membre
KERID Rachide	M.C.A	Membre
BENKACI ALI Tarek	M.C.A	Promoteur

Session septembre 2023

Dédicaces :

À ma chère mère,

C'est avec une profonde affection et gratitude que je présente cet mémoire. Votre dévouement infatigable a été le moteur qui m'a conduit à ce moment spécial de ma vie.

Chère maman, vous êtes mon modèle de vie, ma source d'inspiration constante. J'espère que vous êtes fière des réalisations que j'ai accomplies aujourd'hui. Votre amour incommensurable et votre soutien sans limites ont été les fondations sur lesquelles reposent tous mes succès.

À mon père bien-aimé,

Avec émotion, je clôture ce chapitre académique, chaque succès étant tissé de tes rêves. Tu as toujours cru en moi, été ma lumière. Aujourd'hui, je réalise tes espoirs à travers chaque livre lu, chaque examen réussi, chaque défi surmonté. Ta foi m'a guidé, même sans ta présence physique, je sens ton amour à chaque étape.

À mon oncle Boudjamaa,

J'espérais ardemment que vous seriez présent pour être témoin de mon succès, comme vous me l'avez toujours encouragé et soutenu. Cependant, le destin a voulu que vous nous quittiez avant cela. Même en votre absence physique, vos encouragements et votre soutien continuent de résonner dans mon esprit, constituant ma plus grande source de motivation.

À ma chère sœur Loubna,

J'ai toujours été une source de force et de force dans ma carrière. Ce mémoire est dédié à toi en reconnaissance de notre lien indéfectible et de toutes les fois où tu as été mon rocher dans les moments difficiles.

À mes amies Asma, Roumaissa , Dhoha et Ines,

Ceux qui ont partagé mes rires dans les moments de bonheur et allégé mes peines dans les moments difficiles. Votre amitié est un trésor que je tiens dans le cœur. Ce travail est dédié à chacun de vous.

À la famille TALBI et la famille AMICHI ,chacun en son nom, je vous dédie cet travail

Remerciements :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu Tout-Puissant pour m'avoir éclairé, pardonné mes erreurs et m'avoir donné la persévérance nécessaire pour réussir mon mémoire scientifique.

Ma sincère reconnaissance va à mon encadrant, Monsieur BENKACI Ali Tarek, dont les conseils éclairés et le soutien constant ont été cruciaux tout au long de la préparation de ce mémoire. Ses orientations judicieuses ont guidé mes recherches de manière précise.

Je souhaite exprimer mes remerciements à tous ceux qui m'ont soutenu pendant l'élaboration de ce mémoire, en particulier à Monsieur BOUA Hama qui m'a fourni les informations essentielles pour son achèvement, ainsi qu'au Monsieur THELDJOUNE Mustapha qui n'a pas hésité à me guider et à me donner des conseils.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Madame AZIEZ Ouahiba pour son aide précieuse et ses conseils avisés.

Un immense merci à tous mes professeurs qui ont partagé leur savoir approfondi et leur expérience, contribuant ainsi à l'essor de mes compétences et à ma compréhension scientifique.

Je tiens également à remercier toute personne qui m'a aidé dans la préparation de ce mémoire.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers les membres du jury pour leur évaluation minutieuse de mon mémoire.

ملخص:

هذه المذكرة هي جزء من مشروع توسيع أنظمة الري لتحقيق التخطيط الأمثل للموارد المائية في سهل اعريب بولاية البويرة. يستند نهجنا إلى نظام ري يهدف إلى تغطية 200 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة المتنوعة. تبدأ هذه الشبكة المتكاملة بمحطة ضخ المياه لسد لكحل ونقل المياه إلى خزان التخزين، ثم توزيعها عبر أنابيب Pehd من خلال شبكة الجاذبية. قمنا بتحليل متطلبات المياه لكل محصول بعناية، تليها محاكاة هيدروليكية شاملة. سمحت لنا هذه المنهجية بتحديد الأقطار المثلى للأنابيب، مما يضمن ظروفًا تقنية مثالية من حيث الضغط والتدفق.

الكلمات الرئيسية: التوسيع، شبكة الري، المحاصيل.

Résumé:

Ce mémoire s'inscrit dans le projet d'extension des systèmes d'irrigation afin de faire une planification optimale des ressources en eau dans la plaine des Arribs dans la wilaya de Bouira. Notre approche repose sur un système d'irrigation visant à couvrir 200 hectares de terres cultivables variées. Ce réseau intégré débute par une station de pompage des eaux du barrage Lakehal, transférant l'eau vers un réservoir de stockage, puis la distribuant à travers des conduites Pehd par un réseau gravitaire. Nous avons minutieusement analysé les besoins en eau propres à chaque culture, suivis d'une simulation hydraulique approfondie. Cette méthodologie nous a permis de déterminer les diamètres optimaux des conduites, garantissant des conditions techniques idéales en matière de pression et de débit.

Mots clés : Extension, réseau d'irrigation, cultures.

Abstract :

This thesis is part of the project to extend irrigation systems to make an optimal planning of water resources in the Arribs plain at Bouira . Our approach is based on an irrigation system aiming to cover 200 hectares of varied arable land. This integrated network begins with a water pumping station of the Lakehal dam, transferring water to a storage tank, then distributing it through Pehd pipes through a gravity network. We carefully analyzed the water requirements for each crop, followed by a thorough hydraulic simulation. This methodology allowed us to determine the optimal diameters of the pipes, guaranteeing ideal technical conditions in terms of pressure and flow.

Key words: Extension, irrigation network, crops.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 2

Chapitre I:Analyse des conditions naturelles

Introduction..... 4

I.1: Situation géographique de la wilaya de Bouira 4

I.2 : Présentation de la zone d'étude 5

I.2.1 : Présentation de la plaine des Arribs5

I.2.2 : Présentation de l'extension de périmètre des Arribs 5

I.3: Analyse de la situation physique de la région.....6

I.3.1 : Aperçu géologique 6

I.3.2 : Situation hydromorphologique 8

I.3.3 : Situation topographique 8

I.4 : Analyse de la situation climatique 9

I.4.1 : Choix de la station de référence.....9

I.4.2 : La pluviométrie 10

I.4.3 : La température..... 10

I.4.4 : Le vent..... 11

I.4.5 : L'humidité relative 12

I.4.6 : L'insolation 13

I.4.7 : Le sirocco..... 14

I.4.8: Calcul des indices Agro-météorologiques.....15

I.4.8.1 : Indice d'aridité de Martonne 15

I.4.8.2 : Quotient Ombrothermique d'Emberger..... 15

I.4.8.3 : Indice de Bagnouls et Gaussen..... 16

I.5 : Etude socio-économique et importance de l'agriculture 17

Conclusion..... 17

Chapitre II : Ressources en eau -Ressources en sol

Introduction 19

II.1 : Ressources en eau..... 19

II.1.1 : Barrage Lakehal..... 19

II.1.2 : Qualité d'eau de barrage Lakehal 20

II.1.3 : Classification des eaux d'irrigation	20
II.1.3.1: classification de USSL 1954	20
II.3.2.2: Les autres paramètres	21
II.2 : Ressources en sol	22
II.2.1: Classification des sol	22
II.2.1.1: Classe des sols Calcimagnésiques	22
II.2.1.2 : Classe des sols à sesquioxydes de fer	23
II.2.2 : Analyses physico-chimiques des sols	24
II.2.2.1 : Triangle des textures de sol	24
II.2.2.2 : Interprétations des résultats	25
II.3.3 : les paramètres hydrodynamiques des sols	25
II.2.4 : Les aptitudes culturales	
II.3 : Calcul de la pluie	26
II.3.1 : choix de la station	27
II.3.2 : Données de précipitation	27
II.3.3 : l'ajustement des pluies annuelles	28
II.3.3.1 : l'ajustement par la loi normal	28
II.4.3.2 : l'ajustement par la loi lognormal	29
II. 3.4 : Test de fiabilité des ajustements	30
II.3.5 : Détermination de l'année de calcul	31
Conclusion	31

Chapitre III :Besoins en eau des cultures

Introduction	34
III.1 : Demande hydrique du périmètre	34
III.1.1 : Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation	34
III.1.1.1 : Bilan hydrique	34
III.1.1.2 : Besoin net d'irrigation	34
III.1.1.3 : L'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)	34
III.1.1.3.1 : Méthode directe	35
III.2.1.3.2 : Méthodes indirectes	35
III.1.1.4 : Pluie efficace	36
III.1.1.5 : Calcul de la réserve en eau du sol RS_{i-1}	37
III.2: Choix des culture	38
III.2.1 : Les cultures proposées	38

III.2.2 : Assolement des cultures	39
III.2.2 : Les cycles végétatifs des cultures.....	39
III.3 : Estimation des besoins en eau des cultures.....	40
III.3.1 : Les céréalicultures.....	41
III.4.2 : Les cultures fourragères	42
III.4.3 : Les cultures maraîchages	42
III.4.4 : Les arboricultures	44
III.4 : Besoins en eau pour les assolements (1) et (2)	45
III.5. Calcul de débit spécifique	46
III.6 : Calcul de débit caractéristique.....	47
III.7: Estimation des volumes d'eau d'irrigation	47
Conclusion.....	48

Chapitre IV : Etude de système d'adduction-distribution.

Introduction	50
IV.1 : Alimentation en eau d'irrigation	50
IV.2. Organisation du périmètre d'étude	51
IV.2.1 : Ilots et bornes d'irrigation	51
IV.2.2: Calcul hydraulique des bornes	52
IV.2.3: Choix du diamètre et du type des bornes	52
IV-3: Description de l'aménagement du périmètre.....	53
IV.4. Etude du système de pompage	54
IV.4.1. Généralités sur les pompes.....	54
IV.4.1.1 : Les pompes volumétriques	54
IV.4.1.2 : Les turbopompes/ roto-dynamiques	54
IV.4.2. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation	55
IV.4.2.1: Calcul de la hauteur géométrique Hg	55
IV.4.2.2. Calcul des pertes de charge totales	55
IV.4.3. Calcul des frais d'exploitation	56
IV.4.4 : Calcul des frais d'investissement.....	57
IV.4.5. Bilan total des frais	58
IV.4.6 : Choix de nombre et de type de pompe	59
IV.4.6.1 : Critères de choix de nombre des pompes	59
IV.4.6.2 : Critères de choix de types des pompes	59
IV.4.6.3 : Choix des pompes	59

IV.5 : Protection contre cavitation	60
IV.6: Dimensionnement du réservoir de stockage	61
IV.7. Etude du système d'adduction-distribution (desserte gravitaire)	61
IV.7.1. Choix du matériau des conduites	61
IV.7.2 : Calculs hydrauliques	62
IV.7.3.Calcul des pressions des nœuds et des bornes	62
Conclusion.....	66

Chapitre V :Technique d'irrigation

Introduction	68
V.1 L'irrigation de surface.....	68
V.1.1 : Irrigation par ruissellement.....	68
V.1.2 : Irrigation par submersion	69
V.1.3. L'arrosage à la raie	69
V.1.4: Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire.....	70
V.2 : L'irrigation par conduites sous pressions	70
V.2.1 : Descriptif du réseau	70
V.2. 2 : Composants principales de réseau	70
V.2.2.1 : L'ouvrage de tête	70
V.2.2.2 : Conduite principale	71
V.2.2.3 : Conduite secondaire	71
V.2.2.4 : Borne de prise	71
V.2.2.5 : Portes rampe	71
V.2.2.6 : Les rampes	72
V.2.2.7 : Les distributeurs	72
V.2.3 : Equipements à la parcelle	72
V.2.3.1 : Les conduites	72
V.2.3.2 : Les raccords des conduites	72
V.2.3.3 : Les dispositifs de contrôle de l'écoulement	72
V.2.3.4 : Les filtres	73
V.2.3.4.1 : Le séparateur de sable (hydrocyclone)	73
V.2.3.4.2 : Le filtre à sable (à gravier)	73
V.2.3.4.3 : Le filtre à tamis	73
V.2.3.4.4 : Le filtre à disques	73
V.2.3.5 : Les injecteurs d'engrais	74

V.2.3.5.1 : Dilueur	74
V.2.3.5.2 : Pompe doseuse	74
V.2.3.5.3 : Injecteur venturi	74
V.2.3.6 : Les distributeurs	75
V.2.3.7 : Les dispositifs d'automatisation.....	75
V.2.3.8 : Les instruments de mesure	75
V.2.3.9 : Les systèmes d'exhaure (pompage).....	76
V.2.4 : Types d'irrigation sous pression.....	76
V.2.4.1 : Irrigation par aspersion	76
V.2.4.2 : L'irrigation goutte à goutte	77
V.3 : Choix de la technique d'irrigation	78
V.3.1 : Les contraintes naturelles	78
V.3.2 : L'évaporation	79
V.3.3 : le vent	79
V.3.4 : Type de sol	79
V.3.5 : La pente.....	79
V.3.6 :La ressource en eau.....	79
V.3.7 : Les contraintes techniques	79
Conclusion	80

Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle

Introduction	82
VI.1 : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion	82
VI.1.1 : Données générales	82
VI.1.1.1 : Choix de parcelle	82
VI.1.1.2 : Choix de la culture.....	82
VI.1.2 : Calcul de la dose pratique.....	82
VI.1.3: Dimensionnement de l'asperseur	83
VI.1.3.1 : Choix du diamètre de la buse	83
VI.1.3.2 : Calcul de la portée	83
VI.1.3.3: calcul des écartements.....	83
VI.1.3.4 : Vérification de la pluviométrie de la buse	83
VI.1.4 : Détermination des paramètres d'arrosage	84
VI.1.4.1 : calcul du tour d'eau	84
VI.1.4.2 : Dose réelle	84

VI.1.4.3 : Dose brute	84
VI.1.4.4 : Temps d'arrosage	84
VI.1.4.5 : Débit d'équipement	85
IV.1.5 : Calcul hydraulique des rampes et porte rampe	85
IV.1.5.1 : Calcul la longueur de la rampe	85
IV.1.5.2 : Nombre des asperseurs par rampe.....	85
IV.1.5.3 : Nombre des rampes	85
IV.1.5.4 : Débit de la rampe.....	85
IV.1.5.4 : Diamètre de la rampe.....	85
VI .1.5.5 : Dimensionnement de la porte rampe	86
VI.1.5.5.1 : Longueur de la porte rampe	86
VI.1.5.5.2 : Débit de la porte rampe	86
VI.1.5.5.3 : Diamètre de la porte rampe	86
VI.1.5.6 : Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte rampe.....	86
VI .1.6 : Dimensionnement de la conduite tertiaire	86
VI.1.7 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion	87
VI.2. Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte.....	87
VI.2.1 : Données générales	87
VI.2.1.1 : Choix de parcelle	87
VI.2.1.2 : Choix de culture	87
VI.2.1.3 : Choix de réseau d'irrigation	87
VI.2.2 : Calcul de l'évapotranspiration corrigée	88
VI.2.3 : Calcul de la dose d'irrigation corrigée	88
VI.2.4 : Paramètres d'arrosage	89
VI.2.4.1 : Fréquence d'arrosage	89
VI.2.4.2 : La dose réelle	89
VI.2.4.3 : La dose brute	89
VI.2.4.4 : Temps d'arrosage	89
VI.2.5 : Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe	90
VI.2.5.1 : Condition de Christensen	90
VI.2.5.2 : Les débits	90
VI.2.5.2.1 : Nombre des arbres par rampe.....	90
VI.2.5.2.2 : Nombre des goutteurs par rampe	90
VI.2.5.2.3 : Nombre des rampes	91

IV.2.5.3 : Diamètres de rampes et la porte rampe	91
IV.2.5 4 : Vérification des pertes de charge	91
IV.2 .6 : Dimensionnement de la conduite tertiaire	91
VI.2.7 : Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte	92
Conclusion	92

Chapitre VII : Management du projet

Introduction	94
VII.1 :Les phases de réalisation des réseaux d'adduction et de distribution.....	94
VII.2 : Volumes de terrassement.....	95
VII.2.1 : Dimensions des tranchées	95
VII.2.1.1 : Largeur de fond de la tranchée.....	95
VII.2.1.2 : Profondeur de la tranchée.....	95
VII.2.1.3 : Section de la tranchée.....	96
VII.2.1.4 : Volume de la tranchée	96
VII.2.2: Calcul des volumes de terrassement	97
VII.2.2.1 : Volume de déblai.....	97
VII.2.2.2 : Volume de lit de sable.....	97
VII.2.2.3: Volume occupée par la conduite	97
VII.2.2.4: Volume de remblai.....	98
VII.2.2.5 : Volume de remblai excédentaire.....	98
VII.3 : Calcul de coût de projet.....	99
VII.3.1 :Coût de réseau d'adduction.....	99
VII.3.2: Coût de réseau de distribution.....	100
VII.3.3: Coût de réservoir de stockage.....	101
VII.3.4 : Coût totale de projet.....	101
VII.4 : Planification des travaux.....	102
VII.4.1: Taches de projet et leur durées.....	102
VII.4.2 : Déterminations des délais.....	104
VII.4.2.1 : La méthode de PERT.....	104
Conclusion.....	106
Conclusion générale.....	108
Références bibliographiques	
Annexe	

Listes des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : la situation géographique de la wilaya de Bouira.....	4
Figure I.2 : Situation géographique de la plaine des Arribs.....	5
Figure I.3 : Situation géographique de l'extension de périmètre des Arribs..	6
Figure I.4 : Carte géologique de la région de Ain Bessem.....	7
Figure I.5 : Carte du réseau hydro climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux.....	8
Figure I.6 : Situation topographique de la région de Ain Bessem.....	9
Figure I.7: Répartition de pluie moyenne mensuelle en mm.....	10
Figure I.8 : Evolution des températures mensuelles de l'air.....	11
Figure I.9 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s).....	12
Figure I.10 : Evolution de l'humidité moyennes mensuelles en (%).....	13
Figure I.11 : Variation de l'insolation moyennes mensuelles en heurs.....	14
Figure I.12 : Répartition des jours de sirocco.....	14.
Figure I.13 : le digramme bioclimatique d'Emberger.....	.16
Figure I.14 : le digramme ombrothermique de Gaussen.....	.16

Chapitre II: Ressources en eau-Ressources en sol

Figure II.1 : Diagramme USSL 1954 de classification des eaux.....	21
Figure II.2 : Triangle des textures des sols.....	25
Figure II.3 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normal (1) et la loi lognormal(2)	29

Chapitre IV : Etude de système d'adduction-distribution.

Figure IV.1 : l'emplacement de extension de périmètre des Arribs et barrage Lakhel.....	50
Figure IV.2 : Schéma représentatif du extension de périmètre des Arribs.....	54
Figure IV.3 : Bilan total des frais en fonction des diamètres.....	58

Chapitre V: Techniques d'irrigation

Figure V.1 : Irrigation par planche.....	69
Figure V.2 : Irrigation par subemission.....	.69
Figure V.3: Les bornes d'eirrigation.....	71
Figure V.4 : Les différentes types des filtres.....	.74
Figure V.5 : Les différentes types des injecteurs d'engrais.....	75

Figure V.6 : Irrigation par aspersion.....	77
Figure V.7 : L'irrigation par goutte à goutte.....	77

Chapitre VII : Management du projet

Figure VII.1 : Profil à travers d'une tranchée.....	.96
Figure VII.2 : Schéma représentatif de la méthode de PERT.....	104
Figure VII.3 : Réseau à flèche.....	105

Listes des tableaux

Chapitre I: Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : caractéristiques de la station météorologiques Ain Bessem	9
Tableau I.2 : Les pluies moyennes mensuelles en mm.....	10
Tableau I.3 : Les températures moyennes mensuelles.....	11
Tableau I.4 : Les vitesses moyennes mensuelles du vent	12
Tableau I.5 : L'humidité relative moyenne mensuelle (%).....	12
Tableau I.6 : L'insolation moyenne mensuelles en heurs.....	13
Tableau I.7 : Les valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco.....	14
Tableau I.8 : Indice d'aridité de Martonne.....	15

Chapitre II: Ressources en eau -Ressources en sol

Tableau II.1 : Résultats d'analyse de l'eau de barrage Lakehal.....	20
Tableau II.2: Résultats des analyses physico-chimiques de l'extension de Ain Bessem.....	24
Tableau II.3 : les caractéristiques hydrodynamiques des sols limono-argileux.....	26
Tableau II.4 : Caractéristiques de la station météorologiques Ain Bessem.....	27
Tableau II.5 : Précipitation moyenne mensuelles de la station de Ain Bessem.....	27
Tableau II.6: Caractéristiques de la série pluviométrique de pluies annuelles.....	28
Tableau II.7 : les paramètres de test de KHI carré.....	30
Tableau II.8 : Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi de lognormal.....	31
Tableau II.9 : les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche.....	31

Chapitre III: Besoins en eau des cultures

Tableau III.1 : Calcul de l'Evapotranspiration de référence par le logiciel CROPWAT.....	36
Tableau III.2: Pluie efficace.....	37
Tableau III.3 : Les cultures proposées pour le périmètre de l'extension de la plains des Arribs	38
Tableau III.4 : Assolement proposé pour le périmètre	39
Tableau III.5 : les cycles végétatifs des cultures proposées pour l'extension de périmètre des Arribs.....	40
Tableau III.6 : Besoins en eau de Blé.....	41
Tableau III.7 : Besoins en eau de l'orge.....	41
Tableau III.8 : Besoins en eau de l'avoine.....	42
Tableau III.9 : Besoins en eau de pomme de terre (saison).....	42

Tableau III.10 : Besoins en eau de l'oignon sec	.43
Tableau III.11 : Besoins en eau de petit pois	43
Tableau III.12 : Besoins en eau de la tomate	.44
Tableau III.13 : Besoins en eau de l'olivier	.44
Tableau III.14 : Besoins en eau des orangers.	45
Tableau III.15 : Besoins en eau nets de l'assolement (1)	45
Tableau III.16 : Besoins en eau nets de l'assolement (2).	46
Tableau III.17 : Volumes d'eau d-irrigation.	47

Chapitre IV: Etude de système d'adduction-distribution.

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit de la borne	52
Tableau IV.2 : Types des bornes selon les parcelles.	52
Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.	53
Tableau IV.4 : Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.	56
Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation	57
Tableau IV.6 : Calcul de frais d'investissement.	58
Tableau IV.7 : Bilan total des frais	.58
Tableau IV.8 : Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari	59
Tableau IV.9 : Calcul de réseau de distribution	.64-65

Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI.1 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion	87
Tableau VI.2 : Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte	92

Chapitre VII : Management du projet.

Tableau VII.1 : Résultats de calcul des dimensions de différentes diamètres	.97
Tableau VII.2 : Coefficients de foisonnement pour différente nature de sol.	98
Tableau VII.3 : Résultats de calcul des volumes de terrassement	.99
Tableau VII.4 : Estimation de coût de réseau d'adduction	99
Tableau VII.5: Estimation de coût de réseau de distribution	100
Tableau VII.6: Estimation de coût des volumes de terrassement de réseau de distribution	.100
Tableau VII.7 : Estimation de cout de réservoir de stockage.	101
Tableau VII.8: Estimation de coût totale de projet	.101
Tableau VII.9: Symboles et durées des différentes opérations.	103
Tableau VII.10: Opérations succèdes et précèdes.	103

Introduction générale

Introduction générale

L'irrigation joue un rôle vital dans l'agriculture à l'échelle mondiale en garantissant la sécurité alimentaire, en stimulant la productivité agricole et en contribuant à l'expansion des terres cultivables. Dans de nombreuses régions du monde, les précipitations naturelles sont insuffisantes, irrégulières ou imprévisibles, ce qui rend l'irrigation essentielle pour maintenir des rendements agricoles stables. En fournissant de l'eau de manière contrôlée aux cultures, l'irrigation permet de maximiser la croissance des plantes, d'obtenir des récoltes de meilleure qualité et de réduire les risques liés aux sécheresses.

De plus, l'irrigation favorise l'extension des surfaces agricoles, ce qui est crucial compte tenu de la croissance de la population mondiale. Elle permet la mise en culture de terres qui seraient autrement improductives en raison du manque d'eau, contribuant ainsi à augmenter la production alimentaire totale. Cette technique permet également de diversifier les cultures et d'assurer un équilibre entre les cultures saisonnières, renforçant ainsi la sécurité alimentaire.

En Algérie, l'irrigation est fortement utilisée, absorbant 70% des ressources en eau disponibles. Cette préférence découle des conditions arides et semi-arides qui caractérisent de nombreuses régions du pays. Cependant, au cours de la dernière décennie, la sécheresse a considérablement réduit les volumes d'eau alloués à l'irrigation, entraînant des menaces pour la sécurité alimentaire, une baisse de la productivité des terres agricoles, et des répercussions négatives sur l'économie nationale. Pour remédier à cette situation, il est impératif de mettre en place des méthodes d'irrigation plus efficaces et de gérer de manière plus judicieuse les ressources en eau.

Les plaines des Arribs dans la wilaya de Bouira représentent une part significative des terres irriguées en Algérie et jouent un rôle crucial dans l'économie de la wilaya. Cependant, en raison des périodes de sécheresse récurrentes, une planification optimale des ressources disponibles dans la région est essentielle. Dans ce contexte, notre travail porte sur l'étude de l'aménagement hydro-agricole de l'extension de périmètre des Arribs (W. Bouira), qui s'étend sur une superficie de 200 hectares. Ce périmètre est principalement alimenté en eau à partir du barrage « Lakehal ».

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Chapitre I : Analyse des condition naturelles

Introduction:

L'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation est directement ou indirectement influencé par toutes les caractéristiques naturelles de la région. Ce chapitre se concentre sur la définition des différentes situations naturelles de la zone d'étude "les plaines des ARRIBS" située dans la daïra de Ain Bessem, wilaya de Bouira. Son but est de mieux comprendre les particularités de la zone afin de pouvoir adapter de manière optimale le réseau d'irrigation et ainsi optimiser tout travail d'aménagement hydro-agricole.

I.1: Situation géographique de la wilaya de Bouira :

La wilaya de Bouira se situe dans la région Nord du pays. Elle s'étend sur une superficie de 4456,26 km² représentant 0,19% du territoire national, et se divise en 12 daïras et 45 communes. (Monographie de la wilaya de Bouira, 2018).

- Limites géographiques : La wilaya de Bouira est limitée :

- Au nord, par les wilayas de Boumerdes et de Tizi-Ouzou.
- A l'est, par les wilayas de Bejaia et de Bordj Bou Arreridj.
- Au sud, par les wilayas de M'sila et de Médéa.
- A l'ouest, par les wilayas de Médéa et de Blida.

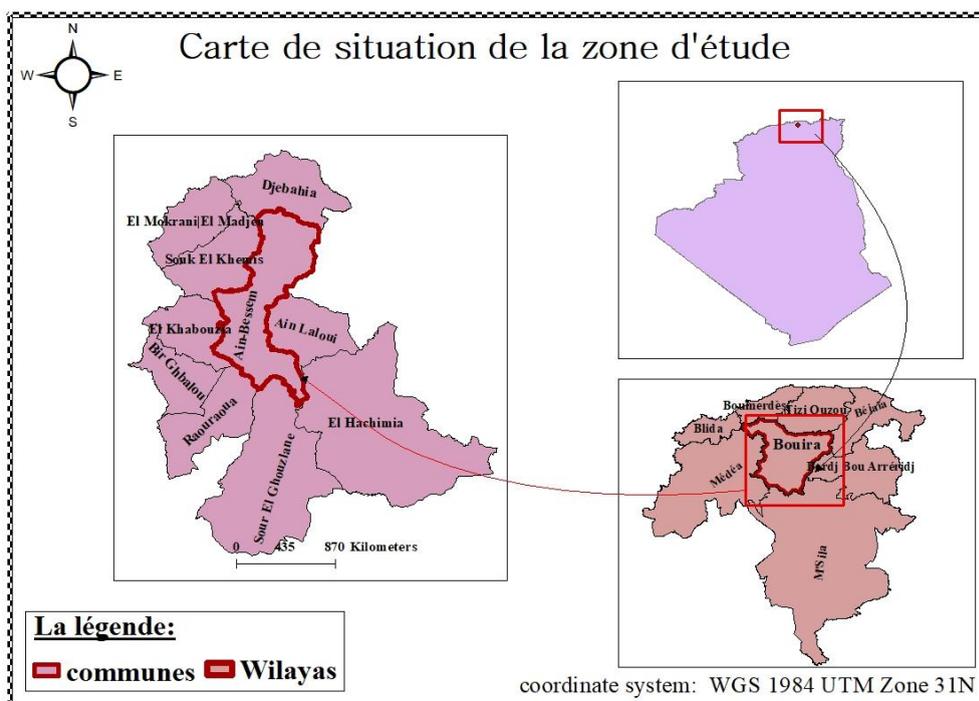


Figure I.1 : la situation géographique de la wilaya de Bouira.

I.2 : Présentation de la zone d'étude :

I.2.1 : Présentation de la plaine des Arribs :

Le périmètre des Arribs est situé dans la partie nord-est de la Wilaya de Bouira. Il est limité à l'Ouest par l'Oued Kararif, à l'Est par l'Oued Fahem. Au Nord par l'Oued Djaâfer et au Sud par la chaîne montagneuse de Sour –El-Ghozlane. (ONID Ain Bessem).

Le périmètre occupe une superficie de 2238 ha dont 948 ha se trouve dans la commune de Ain Bessem. Il est caractérisé par des altitudes variant de 600 à 750 mètres. C'est une plaine trapézoïdale élargie vers l'Ouest, sa longueur moyenne est de 10 km et sa largeur moyenne est de 5 Km. (ONID Ain Bessem).

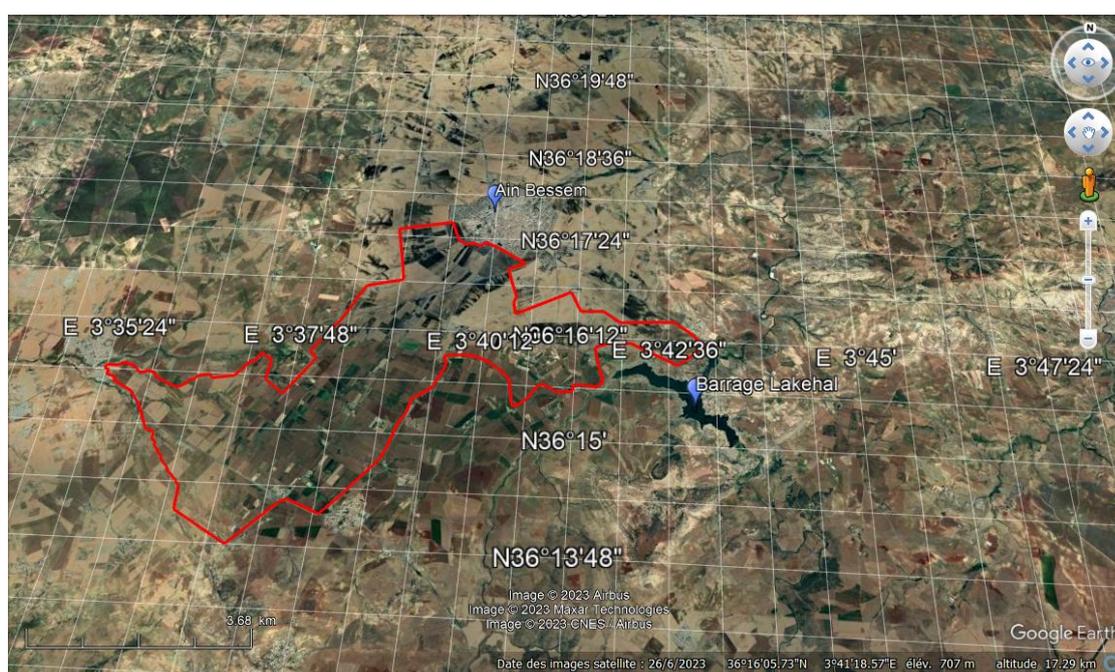


Figure I.2 : Situation géographique de la plaine des Arribs. (Google Earth, 2023).

I.2.2 : Présentation de l'extension de périmètre des Arribs :

L'extension de la plaine des Arribs, s'étend sur une superficie de 200 hectares. Cette extension fait partie d'un projet d'expansion visant à équiper cette zone avec un système d'irrigation par adduction, utilisant de l'eau provenant du barrage Lakehal.



Figure I.3 : Situation géographique de l'extension de périmètre des Arribs. (Google Earth)

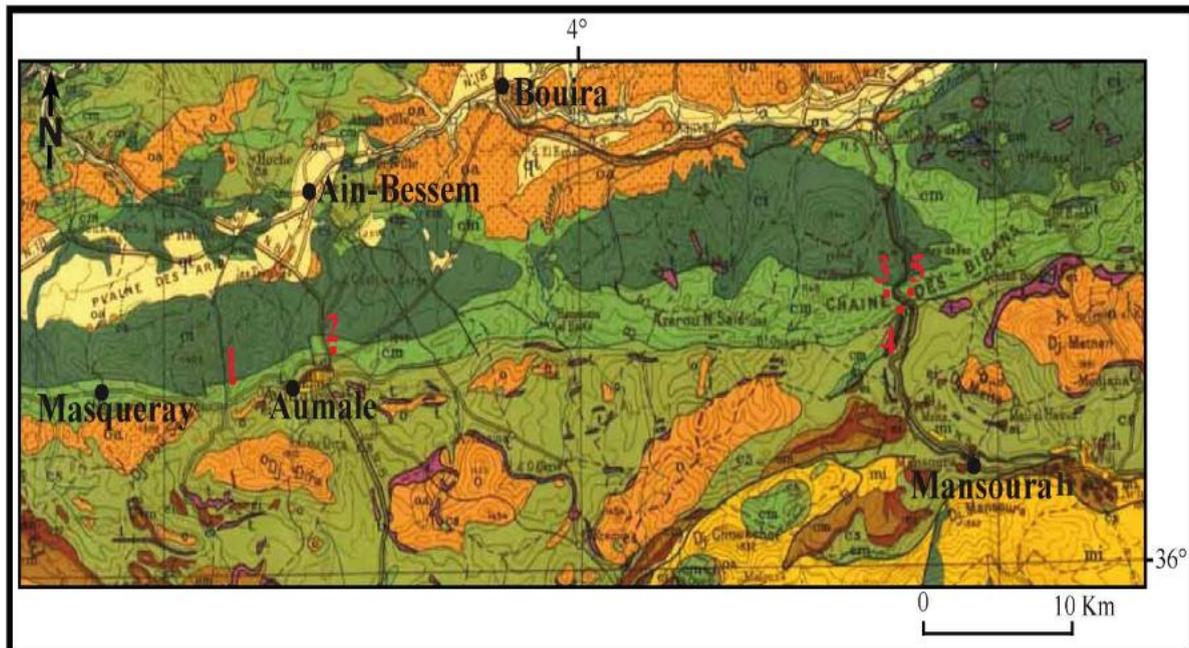
I.3: Analyse de la situation physique de la région :

I.3.1 : Aperçu géologique :

La région d'étude se trouve à l'ouest du complexe des monts des Bibans et est caractérisée par des terrains de différentes époques géologiques, notamment le quaternaire et le crétacé. Ces terrains sont entrecoupés par des diapirs composés de matériaux triasiques.

D'un point de vue structural, les sédiments du crétacé inférieur, qui sont de type flysch argilo-arénacé (Albien), sont considérés comme étant autochtones de l'anticlinorium des Bibans. Ils sont en contact anormal avec l'unité de Koudiat ELHAMRA (Albien supérieur au Cénomanién), qui est considérée comme parautochtone, signifiant qu'elle provient du flanc septentrional de l'anticlinorium des Bibans. En outre, la région est marquée par le front des nappes sud-telliennes et épi telliennes, représenté par les unités de BERTVILLE (Turonien-Maastrichtien) et d'Ain BESSEM (Paléocène-Éocène moyen). Ce front est particulièrement marqué à sa base par de puissants diapirs, principalement composés de roches triasiques.

Au-dessus de ces dépôts, on trouve des sédiments miocènes qui se sont déposés en transgression et discordance, ainsi que des sédiments quaternaires plus récents.



Terrains sédimentaires

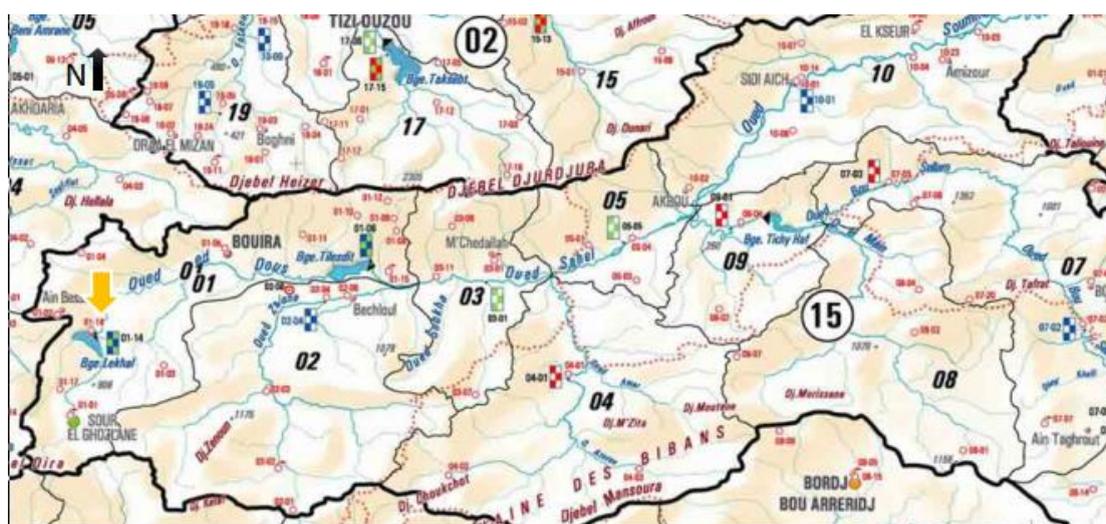
qt	Quaternaire continental: alluvions, regs, terrasses
qC	Calabrien: grès marins et formations dunaires associés
qV	Villafranchien: calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges
pV	Pliocène continental et Villafranchien non séparés (pV)
pc	Pliocène continental: poudingues, calcaires lacustres
P	Pliocène marin conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées
mp	Pontien (localement équivalent du mc)
ms	Miocène terminal marin et lagunaire: couches à Tripoli, marnes à gypse
mm	Miocène supérieur marin: calcaires, grès, argiles
mc	mc Miocène continental antépontien
mi	Miocène inférieur marin (Burdigalien)
oa	Aquitainien continental (pouvant inclure localement la base du Burdigalien)
oc	Oligocène continental (pouvant inclure localement l' Eocène sup. continental)
o	Oligocène marin incluant localement l' Eocène supérieur)
em	Eocène moyen marin
ec	ec Eocène moyen et inférieur continental
ei	Eocène inférieur marin
cs	cs Crétacé supérieur marin
csc	csc Crétacé supérieur continental
esm	esm Crétacé supérieur marin non subdivisé
cm	cm Crétacé moyen (marin ou lagunaire)
ct	ct Turonien
cn	cn Cénomannien
c	c Crétacé marin non subdivisé
ci	Crétacé inférieur
cir	ci - faciès marins normaux
cic	cir - récifaux ou subrécifaux
	cic - continentaux ou lagunaires
cj	Crétacé et Jurassique non séparés
t	Trias marin ou lagunaire

Légende générale de la carte géologique de l'Algérie au 1/ 500.000 (BÉTIER et al. 1952).

Figure I.4 : Carte géologique de la région de Ain Bessem (Bétier et al , 1952)

I.3.2 : Situation hydromorphologique :

De point de vue hydrologique les plains des ARRIBS appartiennent au bassin versant de la Soummam, et le sous bassin d'Oued Eddous qui a une superficie de 901.56 Km² et un périmètre de 205.05 km. La ligne de partage des eaux superficielles divise la plaine en deux parties inclinées, respectivement au Nord-est et au Sud-Ouest. (ANRH, 2005).



Noms des bassins versants

- ① 15 Soummam
- ② 2 Cotiers Algérois

Figure I.5 : Carte du réseau hydro climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux (ANRH, 2005)

I.3.3 : Situation topographique :

Les altitudes de la région varient entre 600 mètres et 750 mètres. Le terrain présente généralement une inclinaison douce, ce qui le rend adapté à l'irrigation, en particulier dans la partie centrale s'étendant jusqu'à la périphérie. Cependant, cette inclinaison augmente progressivement, atteignant par endroits des valeurs allant de 10 à 12 %, situés à une distance d'environ 1,5 kilomètre à l'ouest de Ain-Bessem. Il est important de noter que 15 % de la superficie totale du périmètre présente des pentes supérieures à 3 %. En conséquence, l'irrigation gravitaire est privilégiée dans cette région en raison de la topographie favorable.

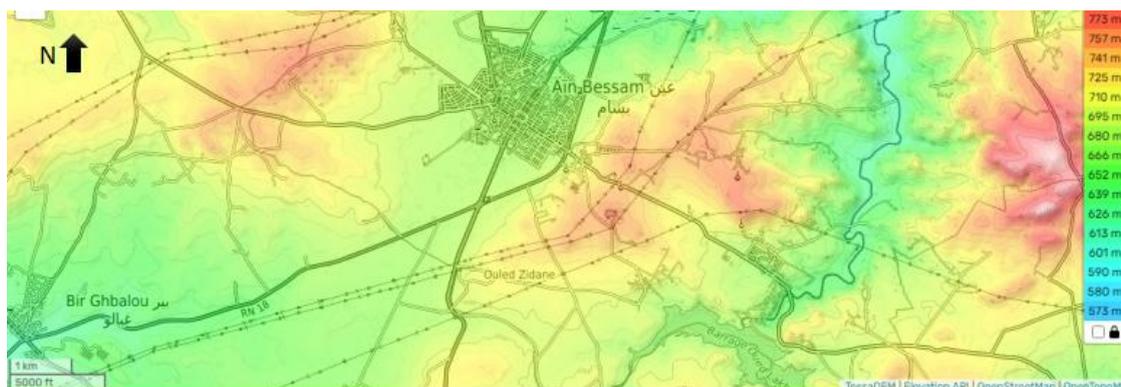


Figure I.6 : Situation topographique de la région de Ain Bessem (Topografic map, 2023)

I.4 : Analyse de la situation climatique :

La compréhension des conditions climatiques est essentielle dans tout projet d'irrigation, car elles exercent une influence directe sur les besoins en eau des cultures, la disponibilité hydrique, et la gestion des ressources aquatiques. En analysant en profondeur le climat régional, il devient possible de concevoir des stratégies d'irrigation adaptées, en exploitant les technologies les plus pertinentes, afin d'optimiser l'utilisation des ressources hydriques disponibles et de minimiser les pertes, tout en assurant une production agricole optimale.

I.4.1 : Choix de la station de référence:

Les données climatiques de la région de Ain Bessem, où le périmètre est situé, sont recueillies par la station météorologique de l'ONM, également localisée dans cette région. Ces données sont ensuite intégrées dans un emplacement répondant aux caractéristiques suivantes :

Tableau I.1 : caractéristiques de la station météorologiques Ain Bessem (ONM Ain Bessem,2022)

Station	Coordonnées UTM		Altitude (m)	Période d'observations	Nombre d'années observées
	Latitude	Longitude			
Ain Bessem	36°19'N	0°32 E	748	1979-2018	40

I.4.2 : La pluviométrie :

La connaissance des moyennes mensuelles de précipitations dans la région d'étude, ainsi que leur répartition temporelle, est essentielle pour une meilleure évaluation des

besoins en eau en matière d'irrigation. L'analyse des données mensuelles de précipitations permet de comprendre la répartition de la pluviométrie sur l'ensemble de l'année, ce qui facilite l'identification des déficits saisonniers d'écoulement.

Les données de précipitations enregistrées au cours de la période 1993-2018, telles que présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.2 : Les pluies moyennes mensuelles en mm (ONM Ain Bessem,1993-2018)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Annuel
P moy (mm)	40.6	38.7	47.9	71.4	56.8	42.7	48.5	48.4	43.5	12.7	6.5	15.0	472.7

Source : ONID Ain Bessem

Selon le tableau n°I.2, le régime pluviométrique de la région de Ain Bessem révèle une saison sèche s'étendant de juin à août, où les précipitations moyennes varient de 6,5 à 15 mm. En revanche, les autres mois connaissent des pluies abondantes, avec des précipitations allant de 40.6 à 71.4 mm.

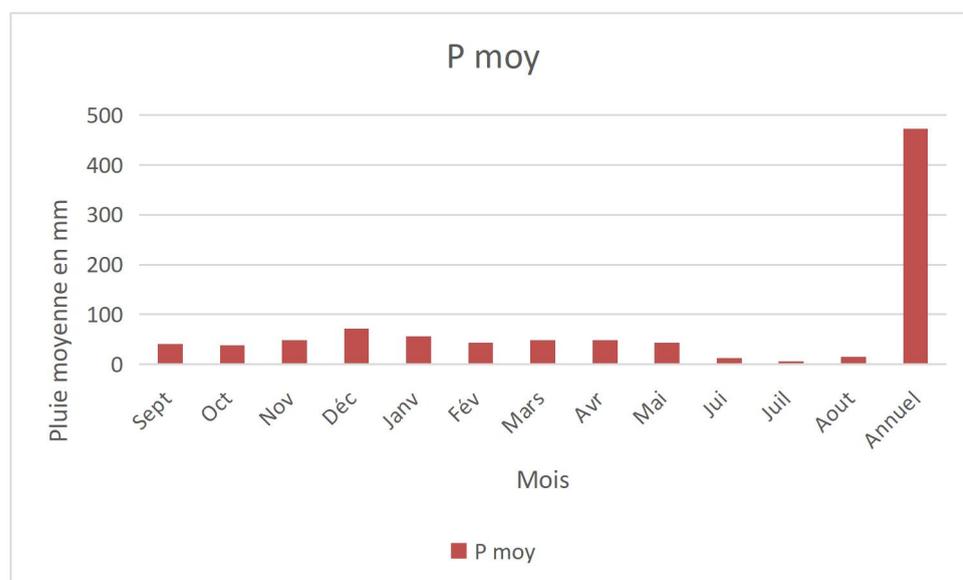


Figure I.7: Répartition de pluie moyenne mensuelle en mm

I.4.3 : La température :

Ce paramètre revêt une grande importance dans l'évaluation du déficit d'écoulement, un élément essentiel pour estimer le bilan hydrologique. Les relevés mensuels moyens des températures ont été enregistrés par la station météorologique de Ain Bessem.

Le tableau suivant récapitule les moyennes mensuelles et annuelles correspondant à la période d'observation :

Tableau I.3 : Les températures moyennes mensuelles (ONM Ain Bessem,1993-2018)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	T.M
T _{min} °C	0.9	-1.2	0.8	5.5	5.1	8	14.8	17	14	7.3	5.1	-0.4	6.4
T _{moy} °C	10.7	10.4	11.2	16.9	19.3	23.5	27.5	28.5	25.2	20.3	15.3	8.8	18.2
T _{max} °C	20.5	22	21.6	28.3	33.5	39	40.2	40	36.5	33.3	25.5	18	29.9

Source : ONID Ain Bessem

D'après les données du tableau I.3, la région de Ain Bessem présente un climat méditerranéen caractérisé par des variations de température significatives tout au long de l'année. La période la plus chaude de la région s'étend sur les mois de Juin, Juillet et Août, avec des températures maximales qui peuvent dépasser 40°C. À l'inverse, la période la plus froide correspond aux mois de Décembre, Janvier, Février et Mars, présentant des températures inférieures à 0°C.

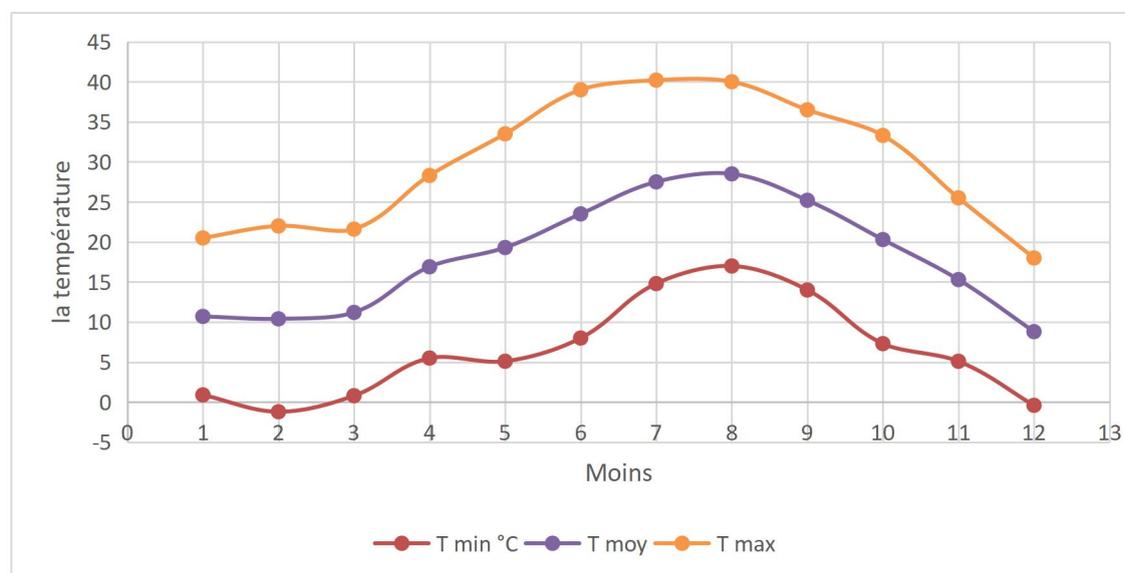


Figure I.8 : Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Ain Bessem)

I.4.4 : Le vent :

Le vent représente un élément essentiel du climat, influençant l'évapotranspiration des plantes et pouvant provoquer la verse des céréales, la détérioration des plantes, et la chute des fruits lourds. Son étude est cruciale pour guider l'orientation et l'implantation de brise-vents.

Tableau I.4 : Les vitesses moyennes mensuelles du vent (ONM Ain Bessem,1993-2018)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
V (m/s)	2.4	2.8	3.1	2.7	3.3	2.6	2.9	2.5	2.6	3.1	3.0	2.1	2.8

Source : ONID Ain Bessem

Selon le tableau I.4, la région d'étude est soumise à des vents relativement forts tout au long de l'année, atteignant leur valeur maximale pendant le mois de Mai avec une vitesse de 3.3 m/s.

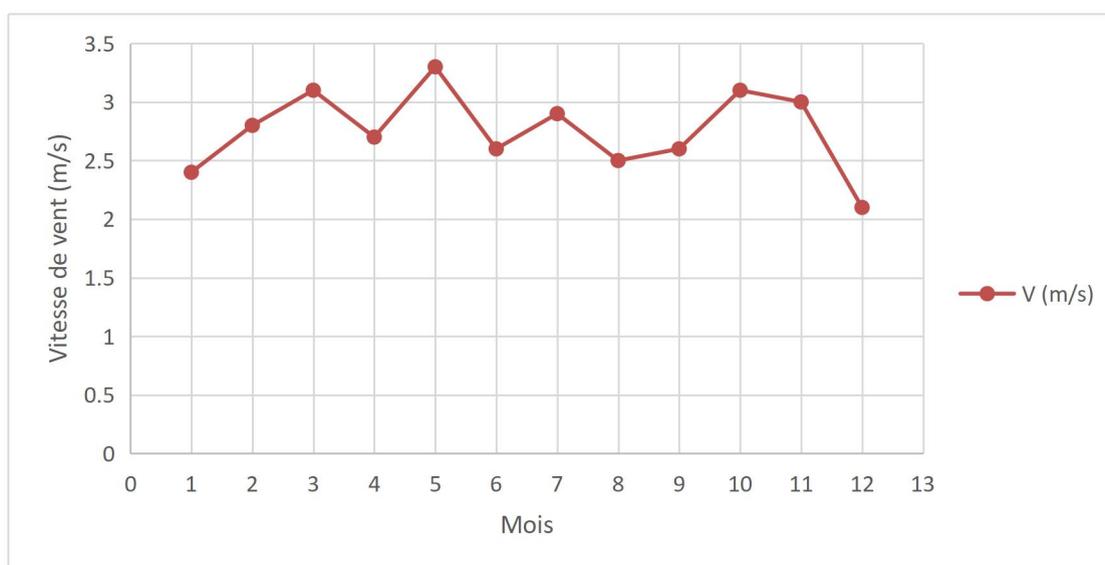


Figure I.9 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s)

I.4.5 : L'humidité relative :

Il s'agit du quotient entre la tension de vapeur réelle et la tension de vapeur saturante. L'humidité de la région présente une variation significative entre la saison hivernale et estivale.

Tableau I.5 : L'humidité relative moyenne mensuelle (%) (ONM Ain Bessem ,1993-2018)

MOIS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Moyenne mensuelle (%)	75	73	76	69	65	55	50	53	65	72	74	79	67

Source : ONID Ain Bessem

Selon le tableau I.5, l'humidité relative de l'air présente généralement des valeurs supérieures à 50%, atteignant une valeur maximale de 79% en décembre.

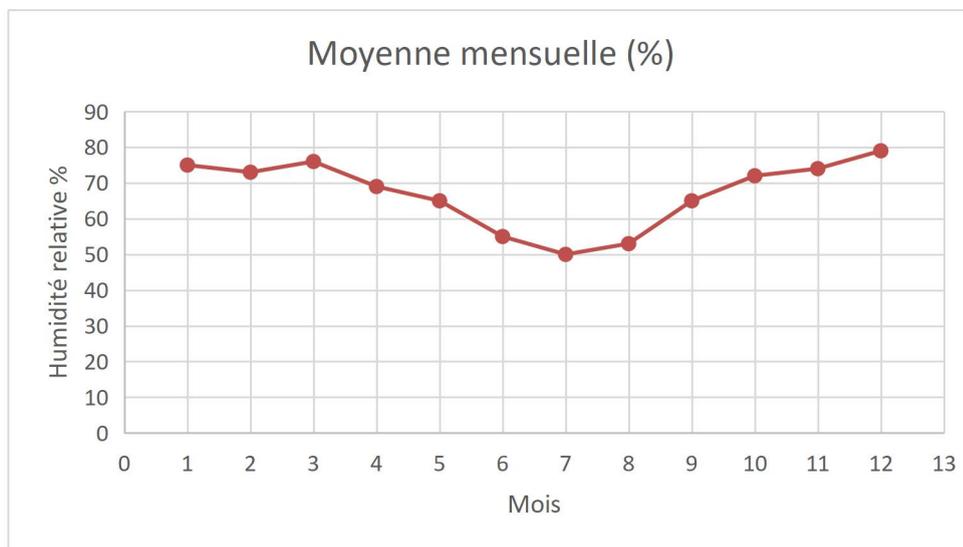


Figure I.10 : Evolution de l'humidité moyennes mensuelles en (%)

I.4.6 : L'insolation :

L'insolation, également appelée radiation solaire globale, représente la durée totale mensuelle d'ensoleillement en supposant un ciel sans nuages. Elle est mesurée à l'aide de l'héliographe CAMPBELL et exprimée en heures.

Tableau I .6 : L'insolation moyenne mensuelle en heurs (ONM Ain Bessem ,1993-2018)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
L'insolation(h)	195	213	225	231	243	267	258	255	237	228	201	174	228

Source : ONID Ain Bessem

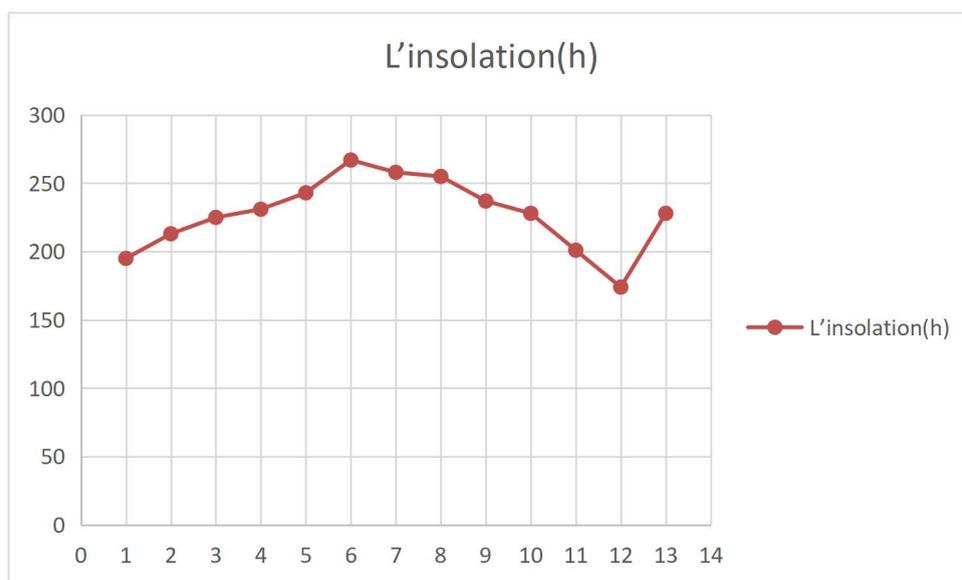


Figure I.11 : Variation de l'insolation moyennes mensuelles en heurs.

I.4.7 : Le sirocco :

Le vent du Sud ou sirocco, souffle dès la fin du printemps et durant l'été accentuant ainsi le dessèchement du sol et l'évapotranspiration des végétaux.

Tableau I.7 : Les valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco (ONM Ain Bessem ,1993-2018)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
N° de Jours	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	9

Source : ONID Ain Bessem

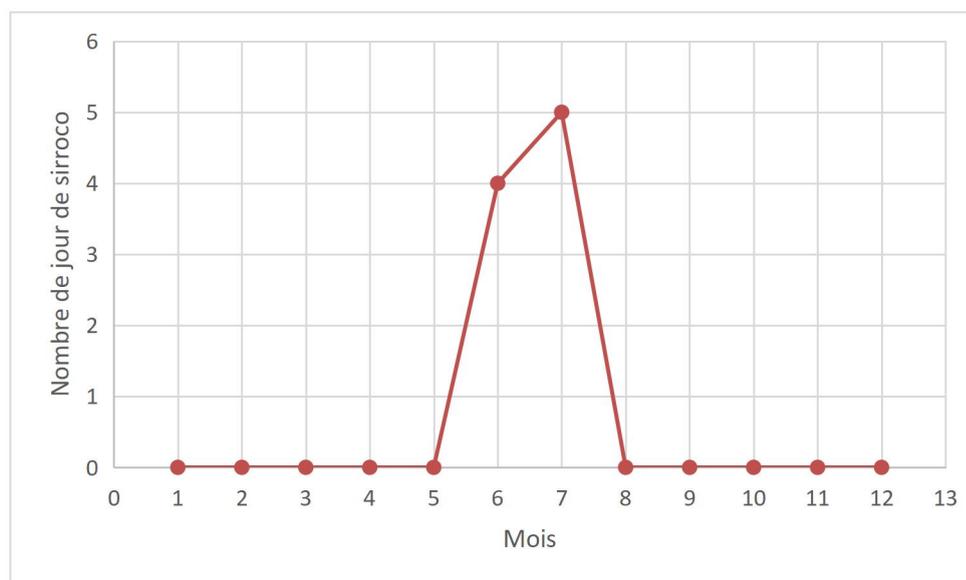


Figure I.12 : Répartition des jours de sirocco.

I.4.8: Calcul des indices Agro-météorologiques :

Les indices d'agro-météorologiques permettent de préciser l'influence des précipitations et de la température sur le type de climat, ainsi que l'interférence des différentes variables climatiques sur les plantes. Dans notre étude on distingue les trois indices suivants :

I.4.8.1 : Indice d'aridité de Martonne :

L'indice d'aridité de Martonne est donné par la relation suivante :

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

Avec

I_A : indice d'aridité de Martonne.

P : pluie moyenne annuelle en (mm).

T : température moyenne annuelle en (°C).

$$\text{A.N : } I_A = \frac{472.7}{18.2+10} = 16.76.$$

Tableau I.8 : Indice d'aridité de Martonne.

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

Donc : La région de Ain Bessem a un climat sec et il faut souvent irriguer.

I.4.8.2 : Quotient Ombrothermique d'Emberger :

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique, et il est calculé par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.P}{(M+m)(M-m)/2} = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2} \quad \text{I.2}$$

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

$$\text{A.N : } Q = \frac{2000 \times 472.7}{(29.9+273.15)^2 - (6.4+273.15)^2} = 63.47$$

Le diagramme bioclimatique d’Emberger est représenté dans la figure suivante :

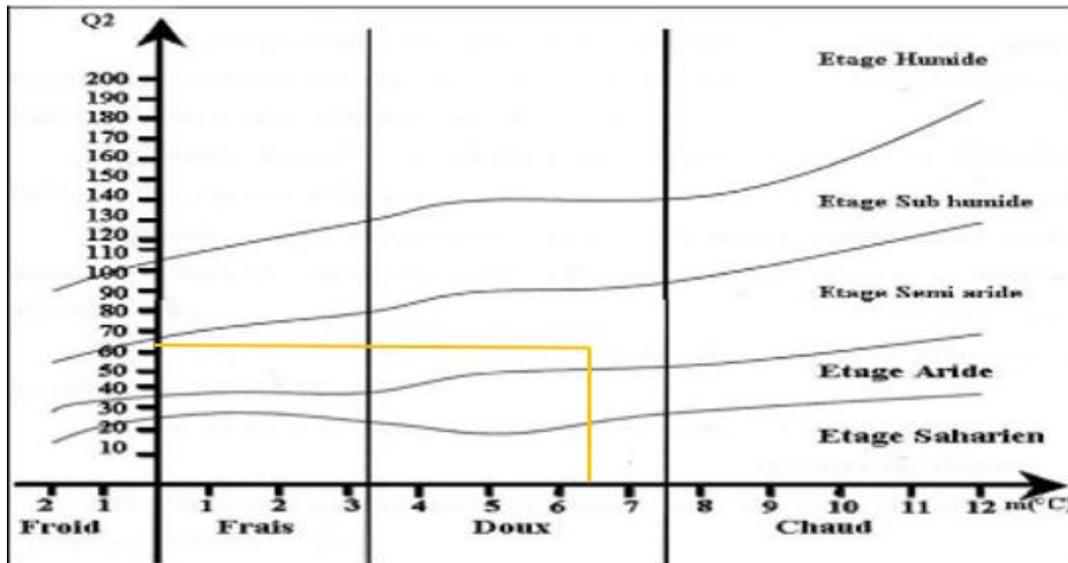


Figure I.13 : le digramme bioclimatique d’Emberger.

Selon le digramme précédent le climat de la région de Ain Bessem est semi-aride avec hiver doux.

I.4.8.3 : Indice de Bagnouls et Gausсен :

Bagnouls et Gausсен ont élaboré des diagrammes ombrothermiques pour évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche tout au long de l'année. Les mois secs sont définis lorsque la courbe des précipitations se situe en-dessous de celle des températures moyennes.



Figure I.14 : le digramme ombrothermique de Gausсен.

Selon le graphe ombrothermique de Gausсен la saison humide dans la région de Ain Bessem s’étale durent la période de mi-Octobre à Mai, et la saison sèche du Mai

jusqu'à la mi-octobre.

I.5 : Etude socio-économique et importance de l'agriculture :

La wilaya de Bouira est une wilaya à vocation agricole où le secteur de l'agriculture connaît des développements qualitatif et quantitatif remarquables. La superficie agricole représente 293 544 ha de la superficie totale de la wilaya (445 434 ha), soit un taux de 65,90%. (Monographie wilaya de Bouira, 2018)

Les plains des Arribs sont l'un des périmètres importants de la wilaya de Bouira, avec une superficie de 2238 ha qui représente 0.76 % de la superficie agricole totale. Le périmètre possède les caractéristiques suivantes :

- Répartition par secteur juridique
 - Secteur Étatique confié aux exploitants agricoles : 1 886 hectares soit 86 %
 - Secteur privé : 314 hectares soit 14 %
- Occupation actuelle du sol
 - Maraîchers : 1708 Hectares (campagne 2004)
 - Arboricultures : 12 Hectares
 - Zone urbanisée : 72 Hectares
 - Céréales : 408 Hectares

Les plaines des Arribs se positionnent comme un pôle économique essentiel, grâce aux profits générés par la vente de produits agricoles, ainsi qu'à la création de 8043 emplois permanentes et saisonnières. (DAS de Bouira,2018).

Conclusion :

L'extension de périmètre des Arribs , qui se situe au niveau de la wilaya de Bouira, s'inscrit dans le cadre du projet d'extension des périmètres irriguées dans la région afin de développer le secteur agricole de la wilaya.

Le périmètre est situé en amont de barrage Lakehal et il est caractérisé par un climat semi-aride avec un hiver doux et humide, et un été sec et chaude avec une insuffisance des apports pluviométriques pour les mois de Juin, Juillet et Aout.

L'exploitation de périmètre pour l'amélioration de rendement de secteur agricole de la wilaya de Bouira, et en raison de ses conditions climatologiques, nécessite un aménagement hydro-agricole et une implantation d'un réseau d'irrigation.

Chapitre II : Ressources en eau-Ressources en sol

Chapitre II : Ressources en eau -Ressources en sol

Introduction :

Lors de l'étude pour établir un périmètre d'irrigation, il est essentiel de prendre en considération à la fois l'eau et le sol. Cela implique d'évaluer la structure et la texture du sol, ainsi que la salinité de l'eau d'irrigation et du sol. Ces caractéristiques ont un impact direct sur le choix des cultures et des systèmes d'irrigation, ce qui permet d'optimiser le rendement du périmètre.

Dans ce chapitre, nous allons examiner en détail les propriétés du sol dans notre périmètre, ainsi que les caractéristiques de l'eau destinée à l'irrigation de la région de Ain Bessem.

II.1 : Ressources en eau :

Les besoins en eau d'irrigation pour le périmètre des Arribs, alimenté à partir du barrage Lakehal d'une capacité totale de 30 millions de mètres cubes (30 HM³), dont 17 millions de mètres cubes (17 HM³) constituent le volume régularisable. Pour un fonctionnement à plein régime, le périmètre a un quota annuel de 9 millions de mètres cubes (9 HM³) d'eau disponible, supposant que le barrage est plein. Cela signifie que ce périmètre absorbe 27 % des 30 millions de mètres cubes (30 HM³) mobilisés en année moyenne. (ONID Ain Bessem).

II.1.1 : Barrage Lakehal :

Le barrage se trouve à 5 km au Sud –Est de la ville de Ain-Bessem et est implanté sur l'Oued Lakehal. Il comprend les ouvrages suivants :

- Une digue de 45 m de hauteur
- Une crête de : 600 m de longueur et 08 m de largeur à la côte 690 m
- Une vidange de fond de 05 m et de 260 m de longueur
- Une tour de prise de 35 m de hauteur et 4 m de diamètre sur la galerie de vidange de fond.

Les caractéristiques de la retenue de barrage sont les suivantes :

- Côte de la retenue minimum : 667.50 m
- Côte de la retenue normale : 684.40 m
- Volume des eaux non utiles (Envasement) : 5 Millions de M³
- Volume de la retenue normale : 30 Hm³
- Volume régularisable : 17 Hm³

II.1.2 : Qualité d'eau de barrage Lakehal :

Avant d'utiliser l'eau pour l'irrigation, il est impératif de réaliser des analyses pour évaluer ses différentes caractéristiques. Ces analyses permettent de déterminer la qualité de l'eau et son adéquation à une utilisation agricole.

Les résultats des analyses de l'eau provenant du barrage Lakehal sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.1 : Résultats d'analyse de l'eau de barrage Lakehal.

Paramètre	Résultats
PH	7.8
Sulfates (SO ₄ ⁻²)	213 mg/l
Carbonates	00 mg/l
Bicarbonates	155 mg/l
Potassium (k ⁺)	13 mg/l
Sodium (Na ⁺)	152 mg/l
Calcium (Ca ⁺⁺)	86.22 mg/l
Magnésium (Mg ⁺⁺)	259 mg/l
Conductivité à 25°C	0.34 ms/cm

Source : ONID Ain Bessem

II.1.3 : Classification des eaux d'irrigation :**II.1.3.1: classification de USSL 1954 :**

La classification USSL (United States Salinity Laboratory) de 1954 est une méthode de classification des eaux d'irrigation basée sur leur teneur en sels dissous, qui peut avoir des effets négatifs sur la croissance des plantes et sur la qualité des sols. Cette classification repose sur deux paramètres principaux :

1. Le taux de salinité, mesuré par la conductivité électrique (CE) de l'eau en décisiemens par mètre (dS/m).
2. Le taux de sodium, mesuré par la proportion de sodium dans les cations échangeables, exprimée par la valeur de SAR (sodium absorption ration).

On a : CE = 0.34 ms/cm = 340 µm/cm.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}} = \frac{6.91}{\sqrt{\frac{4.311+21.58}{2}}} = 1,92. \quad \text{II.1}$$

$$Na^+ \text{ (még/l)} = \frac{Na^+ \left(\frac{mg}{l}\right) \times Valence}{masse molaire} = \frac{152 \times 1}{22} = 6.91 \text{ még/l}. \quad \text{II.2}$$

$$Ca^{++} \text{ (mécq/l)} = \frac{Ca^{++}(\frac{mg}{l}) \times Valence}{masse molaire} = \frac{86.22 \times 2}{40} = 4.811 \text{ méq/l} \quad \text{II.3}$$

$$Mg^{++} \text{ (mécq/l)} = \frac{Mg^{++}(\frac{mg}{l}) \times Valence}{masse molaire} = \frac{259 \times 2}{24} = 21.58 \text{ méq/l} \quad \text{II.4}$$

En utilisant le diagramme d’USSL 1954 suivant :

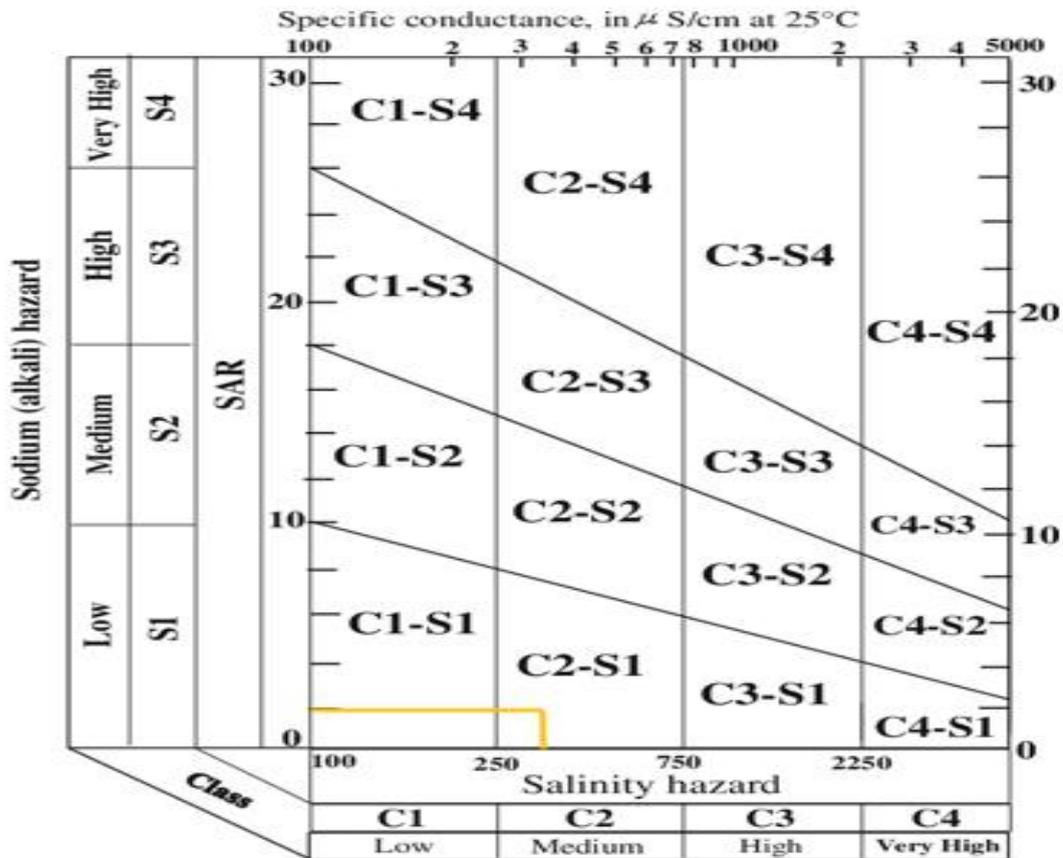


Figure II.1 : Diagramme USSL 1954 de classification des eaux.

Selon le diagramme précédent les eaux de barrage Lakehal sont de la classe C2S1 : salinité moyenne, alcalinité faible.

II.3.2.2: Les autres paramètres :

- Le PH des eaux du barrage Lakehal est égal à 7.8 donc elles ne présentent aucun risque d’acidité ou basicité.

-Le risque de carbonate et bicarbonate est déterminé par le RSC (Residual Sodium Carbonate). Dans ce cas :

$$RSC = (CO_3^{-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \quad \text{II.5}$$

$$RSC = 155 - 86.22 - 259 = - 190.22 \text{ méq/l,}$$

ce qui est inférieure à la valeur de 1.25 méq/l. Ainsi, les eaux du barrage Lakehal ne présente pas de risque de carbonate et de bicarbonate.

-Les concentrations de potassium et sulfate sont conformes aux normes :

$\text{SO}_4^{2-} = 4.44 \text{ méq/l} < 7 \text{ méq/l}$ et $\text{K}^+ = 13 \text{ mg/l} < 50 \text{ mg/l}$

II.2 : Ressources en sol :

L'étude pédologique est un facteur primordial dans le secteur agricole, car le sol est le support physique des cultures. Les propriétés du sol et leur implantation influencent le choix des cultures, leur localisation ainsi que le système d'irrigation optimal.

Le but de l'étude des ressources en sol est de connaître toutes leurs caractéristiques ayant un impact sur les cultures, afin d'exploiter au mieux leurs capacités et d'obtenir le meilleur rendement possible.

Dans le cadre d'une étude d'aménagement hydro-agricole et dans sa partie d'analyse pédologique, les caractéristiques suivantes doivent être déterminées :

1. Les propriétés physiques :

-La profondeur : elle permet d'évaluer l'épaisseur de couche disponible pour la zone racinaire des cultures.

-La texture : c'est-à-dire la composition granulométrique du sol et leur pourcentage, qui ont un impact sur la rétention en eau.

-La structure : ou le mode d'assemblage des diverses particules d'un sol et son influence sur la perméabilité et l'humidité de sol.

2. Les propriétés chimiques : le PH, la conductivité électrique (CE) et la salinité de sol afin permettre le choix des cultures tolérantes à ces conditions.

II.2.1: Classification des sols :

La classification des sols pour l'étude d'aménagement hydro-agricole de l'extension Ain Bessem se base sur celle de la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S, 1967).

Pour notre périmètre, nous avons identifié deux types de classes de sols :

II.2.1.1: Classe des sols Calcimagnésiques :

Les sols calcimagnésiques sont des types de sols qui contiennent à la fois des quantités importantes de calcium (Ca) et de magnésium (Mg). Ils sont caractérisés par des textures et des structures favorables à l'agriculture. Ils sont présents dans la plupart de la superficie du périmètre avec ses deux groupes.

A) Profil N° 1 :

Caractéristique morphologique :

-Classe : Sols Calcimagnésiques.

-Sous classe : sols carbonatés.

- Groupe : sols rendzines.
- Sous-groupe : Modal.
- Famille : Peu épais.
- Situation : sud-est du périmètre.
- Pente : 3-6 % Sud-Nord.
- Géomorphologie : Glacis.
- Occupation du sol : Grandes cultures.

B).Profil N° 2:

Caractéristique morphologique :

- Classe : Sols Calcimagnésiques.
- Sous classe : sols carbonatés.
- Groupe : sols bruns calcaires.
- Sous-groupe : Vertiques.
- Famille : Moyennement profonde.
- Situation : Centre, nord et est du périmètre.
- Pente : 3-6 % Sud-Nord.
- Géomorphologie : Replat.
- Occupation du sol : Grandes cultures.

II.2.1.2 : Classe des sols à sesquioxydes de fer :

Les sols à sesquioxydes de fer, également appelés sols ferrugineux ou latéritiques, sont des sols caractérisés par une forte teneur en oxydes de fer. La texture et la structure de ces sols sont optimales pour l'agriculture. Ils occupent la partie sud du périmètre

A) Profil N° 1 :

Caractéristique morphologique :

- Classe : Sols à sesquioxydes de fer.
- Sous classe : sols rouges formés sous climat de type méditerranée.
- Groupe : sols rouges non lessivés.
- Sous-groupe : Modaux avec ou sans horizon calcique.
- Famille : Profond.
- Situation : Ouest du périmètre.
- Pente : 3-6 % Sud-Nord.
- Géomorphologie : Glacis.

-Occupation du sol : Grandes cultures.

II.2.2 : Analyses physico-chimiques des sols :

L'analyse physico-chimique des sols est une étude approfondie des propriétés physiques et chimiques du sol qui s'intéresse à la granulométrie, la matière organique, les réserves minérales, le complexe absorbant et la solution du sol. Les résultats des analyses physico-chimiques de notre périmètre ont révélé la présence de différentes caractéristiques le long de la plaine, comme indiqué dans les tableaux suivants :

Tableau II.2: Résultats des analyses physico-chimiques de l'extension de périmètre des Arribs (Laboratoire d'analyse des sols Ain Defla, 2022).

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35	35-80	80-120
Granulométrie	Argile %	36.6	47.9	49.6
	Limon fin %	23.7	16.8	14.9
	Limon grossier %	13.8	12.1	8.7
	Sable fin %	10.4	8.8	9.1
	Sable grossier %	14.3	13.9	16.4
Matière organique	Matière organique %	1.5	0.8	9.1
	Carbone C ‰	8.6	4.8	0.3
	Azote N ‰	0.8	0.6	0.1
	C/N	10.6	8.7	3.6
Solution de sol	PH	8.02	8.05	8.1
	CE ms	0.2	0.3	0.4
Réserves minérales	CaCO ₃ TOTAL %	9	13	21
	CaCO ₃ ACTIF %	4.8	6.9	10.7
	P ₂ O ₅ TOTAL ‰°	2.5	1.2	0.2
	P ₂ O ₅ Assimilable ppm	34	20	7

Source : ONID Ain Bessem

II.2.2.1 : Triangle des textures de sol :

La connaissance de la texture du sol est essentielle pour déterminer quelles cultures sont adaptées à une région donnée et pour planifier la gestion agricole, y compris les besoins en irrigation et en amendements du sol.

Pour parvenir à déterminer la texture du sol, l'outil essentiel utilisé en agronomie est le triangle des textures de sol. La texture du sol est définie par la proportion relative de sable, de limon et d'argile dans un sol particulier.

Pour notre cas, le triangle des textures de sols est le suivant :

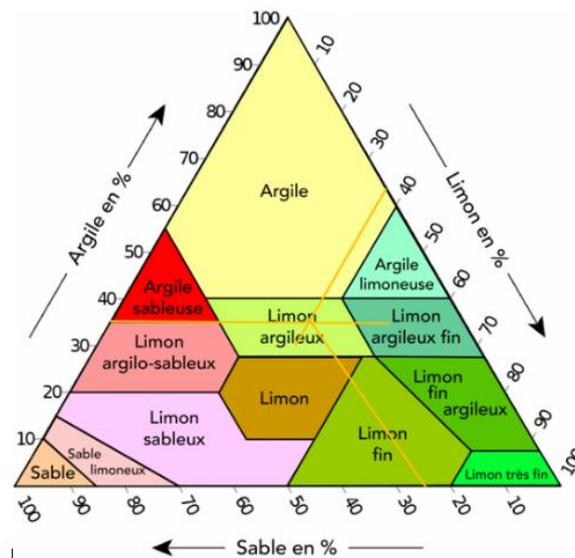


Figure II.2 : Triangle des textures des sols.

II.2.2.2 : Interprétations des résultats :

Les résultats des analyses physico-chimiques des sols du périmètre ont prouvé la possibilité d'y effectuer des travaux agricoles car :

- La texture du sol est limono-argileuse selon le triangle des textures.
- Le sol contient la matière organique nécessaire pour les plantes.
- Il existe des nutriments tels que le phosphore, l'azote et le carbone.
- La conductivité de sol ne pose aucun problème de salinité.

II.3.3 : les paramètres hydrodynamiques des sols :

Les caractéristiques hydrodynamiques des sols se réfèrent aux propriétés qui affectent le mouvement et le stockage de l'eau dans le sol, telles que la densité apparente, la porosité, la perméabilité, la capacité de champ (H_{cc}) et le point de flétrissement permanent (H_{pf}).

Les propriétés hydrodynamiques des sols de l'extension de périmètre des Arribs sont données dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : les caractéristiques hydrodynamiques des sols limono-argileux.

Paramètre	Valeur moyenne
Texture	Limono-argileux
Densité apparente D_a en g/cm^3	1.42
Perméabilité K en m/s	$(2.5-3) \times 10^{-5}$
Humidité à la capacité au champ H_{pf} en %	26-28
Humidité au point de flétrissement H_{cc} en %	14- 15
La porosité en %	40

Source : ONID Ain Bessem

II.2.4 : Les aptitudes culturales :

L'étude de l'aptitude culturale des sols a pour objectif d'évaluer la capacité des sols à soutenir la croissance des cultures. Cette évaluation est cruciale pour guider les agriculteurs dans leurs décisions de culture. Les critères d'aptitude se fondent principalement sur les caractéristiques morphologiques des sols, en particulier leur profondeur, ainsi que sur leur position topographique. Toutefois, il est important de noter que cette évaluation ne prend pas en compte la disponibilité en ressources en eau. Par conséquent, elle suppose que les agriculteurs disposent d'une source d'eau d'irrigation de qualité adéquate pour répondre aux besoins en eau des cultures.

L'étude minutieuse des facteurs limitant (profondeur, texture, salinité et inclusions) a permis d'envisager les spéculations agricoles suivantes

- Céréales et fourragères : Blé dur, blé tendre, orge grain, orge en vert, maïs, vesce-avoine.
- Maraîchage : Pomme de terre, tomate, aubergine , carotte, courgette, salade, petit pois ,haricot ,poivron , chou-fleur, navets, fenouil , oignon , ail.
- Arboricultures : Agrumes, olivier, pommier ,amandiers , figuiers.

II.3 : Calcul de la pluie :

Le calcul de l'apport pluviométrique est un élément clé dans la planification et la gestion d'un projet d'irrigation durable, car il permet de déterminer la quantité d'eau naturelle disponible pour l'irrigation et de réduire les coûts.

II.3.1 : choix de la station :

L'observation des précipitations des plains des ARRIBS se fait par la station météorologique de Ain Bessem qui a les caractéristiques suivantes :

Tableau II .4 : Caractéristiques de la station météorologiques Ain Bessem.

Nom de la station	Coordonnées UTM		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
	Altitude	Longitude			
AIN BESSEM	36°19'	0°32 E	748	1979-2018	40

Source : ONID Ain Bessem

II.3.2 : Données de précipitation :

Les données pluviométriques de la station de Ain Bessem de la durée de 1993 - 2018 sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.5 : Précipitation moyenne mensuelles de la station de Ain Bessem (1993-2018).

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
1993	12,8	45,2	49,7	83,7	70,7	8,9	9,5	9,1	8,4	4	5,3	4,3	311.6
1994	6,6	29,7	42,9	24,2	15,8	22,7	43,7	45,5	23,5	10,5	0	0	265.1
1995	23,7	16,6	24	230,4	23,9	20,3	62,2	92,4	15,6	22,4	17,4	42,1	591
1996	29,2	19,2	0	14,9	38	0	38,4	58,5	52,1	0	68	0,9	319.2
1997	12	25,5	38,2	78,6	29,9	112,4	104,2	36,3	32,8	6,5	0	8,8	485.2
1998	5,9	66	11,8	6,1	81,3	8,9	61,5	11,1	107	17,1	8,5	2,1	387.3
1999	14,4	40,3	81	32,3	15	2	15,65	25,3	38,4	7	3	11,2	285.55
2000	68,2	14,4	18,5	84	5,6	46	1,7	44,8	8,1	0,7	0,1	18,2	310.3
2001	91,3	61,8	32,1	36	170,2	39,3	101,9	18,9	3,5	17,6	0	36,2	608.8
2002	12,6	57,9	8,9	25	58,5	93,5	26,6	68,3	50,8	12,4	13,05	8,5	436.05
2003	20,1	13,1	23	40,4	33,9	14,2	10,5	56,7	22,1	19,6	3,5	24,5	281.6
2004	47,6	59,5	71,3	47,5	11,9	57,4	16,9	45,6	133,9	4,5	0	4	500.1
2005	45,8	43,6	83,1	41,3	42,3	28,2	90,9	0	33,7	4,1	0	10,9	423.9
2006	38,7	16,2	25,5	132,2	3,4	1,3	12,7	26,6	34	0,3	0	2	292.9
2007	33	81,8	34,8	53,4	148,3	25,3	5	49	8	2,5	0	2,1	443.2

2008	78,1	3,6	10,3	12	22,7	26,8	14,5	14,1	20,4	0,5	7,5	77,3	287.8
2009	21,1	10,5	136,3	185,8	205,1	88,2	7,7	105,4	16	13,6	10,2	40,9	840.8
2010	60,4	67,8	40,7	123,1	72,1	16,1	38,7	59	131,1	4	3,2	4,5	620.7
2011	48,5	23,4	35,3	84,7	26	57,7	25,3	21,6	10,5	10,5	11,6	3,8	358.9
2012	17,8	60,8	41,2	91,5	116	61,1	30,3	58,9	69,6	12,7	4,6	2,7	567.2
2013	34,2	0	29	56,5	6	54,3	178,6	101,2	24,1	18,2	0	7,5	509.6
2014	65,8	82,4	72,8	39,1	11,6	17,5	20,2	31,1	66,9	24,5	5,7	2,5	440.1
2015	78,5	36,9	53,8	60,1	97,1	23,9	74,9	90	20,8	2,5	1	13,9	553.4
2016	106,1	9,8	103	63,6	42	86	62,2	23,1	45,7	19,8	0	32,7	594
2017	6,1	63,3	91,9	30,3	37,7	116,4	60,9	116,1	100,7	25,9	0	10,5	659.8
2018	37,4	18,3	38	109,5	35,2	38,8	97	0,6	9,4	56,5	0,4	2,9	444

Source : ONID Ain Bessem

La série des pluies moyennes annuelles de la station météorologique de Ain Bessem a les caractéristiques suivantes :

Tableau II.6: Caractéristiques de la série pluviométrique de pluies annuelles

Paramètre	Résultat
Moyenne	456
Médiane	442
Ecart-type	146
Coefficient de variance	0.32
Coefficient d'asymétrie	0.66
Coefficient d'aplatissement	2.72
Pluie moyenne annuelle maximale	841 mm
Pluie moyenne annuelle minimale	265 mm

II.3.3 : l'ajustement des pluies annuelles :

L'ajustement des données pluviométriques annuelles est une étape importante dans l'analyse de la pluviométrie. Cette étape permet de corriger les séries chronologiques de données de précipitations afin d'éliminer les effets des inhomogénéités. Le but est d'obtenir des données fiables pour l'analyse climatique et hydrologique. Cette correction utilise la loi normale ou la loi lognormal, en utilisant notamment le logiciel HYFRAN.

II.3.3.1 : l'ajustement par la loi normal :

C'est une méthode statistique utilisée pour analyser les données de précipitations qui suit une distribution en forme de cloche symétrique autour de la moyenne, également appelée loi de Gauss ou loi de distribution normale. La formule mathématique de cette loi est la suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} \quad \text{II.6}$$

Avec : u = variable réduite de Gauss égale à $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$ II.7

Le résultat d'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles par HYFRAN est donné par la figure suivante :

II.4.3.2 : l'ajustement par la loi lognormal :

La loi lognormal est une distribution de probabilité continue qui est utilisée pour modéliser des variables positives qui ont des variations relatives relativement constantes, c'est-à-dire des variables dont le logarithme suit une loi normale. La

formule de la loi est la suivante : $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}}$ II.8

Avec : $u = a \log(x - x_0) + b$ II.9

Les résultats obtenus sont les suivantes :

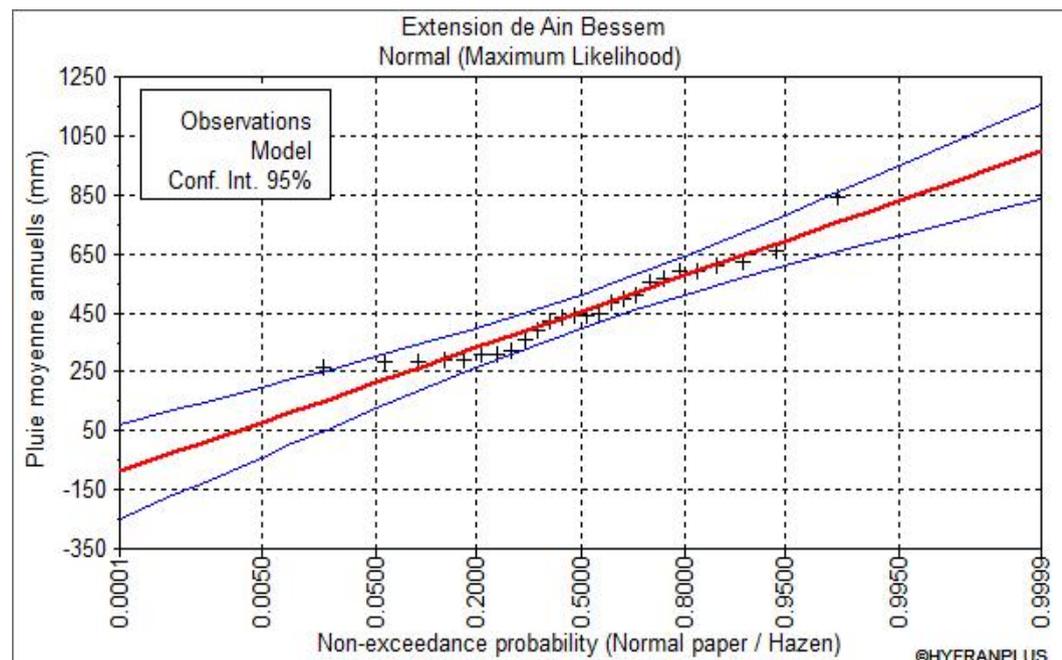


Figure II.3 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normal

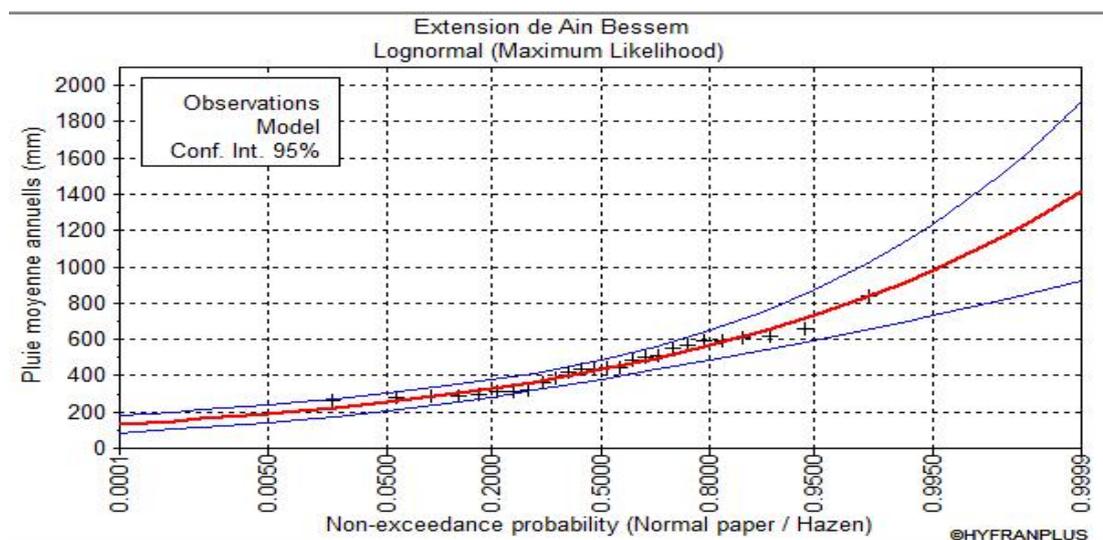


Figure II.4 : Ajustement des pluies annuelles la loi lognormal

II. 3.4 : Test de fiabilité des ajustements :

Pour choisir la meilleure loi d'ajustement pour les précipitations annuelles, il est nécessaire que les deux ajustements passent par un test de validité.

Dans notre étude, nous avons choisi d'utiliser le test du KHI carré (χ^2) pour un risque de $\alpha=5\%$. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant

Tableau II.7 : les paramètres de test de KHI carré.

Paramètre	La loi normal	La loi lognormal
KHI carré χ^2 calculé	2	3.08
Probabilité $p(\chi^2)$	0.73	0.54
Degré de liberté	4	4
Nombre des classes	7	7
KHI carré χ^2 théorique	9.49	9.49
Observation	$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$ Condition vérifiée	$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$ Condition vérifiée

Les valeurs de P (χ^2 calculée) étant supérieures à 5%, cela indique que les deux ajustements sont adéquats pour notre série. Nous choisissons la loi lognormal, car la valeur de différence entre son KHI carré calculé et le KHI carré théorique est la plus faible, ce qui signifie que les fréquences observées sont plus proches des fréquences attendues.

II.3.5 : Détermination de l'année de calcul :

Après que nous avons choisi la loi log normal il faut calculer les pluie moyennes

mensuelles de quatre années sur cinq ou de fréquence 80%.

$$P_{\text{moy 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique 80\% annuelle}}}{P_{\text{théorique 50\% annuelle}}} \quad \text{II.10}$$

Les résultats de l’ajustement par la loi lognormal est donné par le tableau suivant :

Tableau II.8 : Résultats de l’ajustement des pluies annuelles par la loi de lognormal

T	q	X t	Intervalle de confiance
2	0.5	433	380-486
1.25	0.2	331	284-379

Donc : $P_{\text{moy 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{331}{433} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times 0.76$

Les pluies moyennes mensuelles deviennent :

Tableau II.9 : les pluies moyennes mensuelles pour l’année sèche

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Pmoy en mm	56.8	42.7	48.5	48.4	43.5	12.7	6.5	15.0	40.6	38.7	47.9	71.4
Pmoy 80% (mm)	43.2	32.4	36.8	36.8	33.0	9.7	5.0	11.4	30.9	29.4	36.4	54.3

Conclusion :

Dans cette section consacrée aux ressources en sols et en eau, nous avons réalisé une étude approfondie des sols de l’extension de périmètre des Arribs . Ces sols se caractérisent par une texture limono-argileuse qui les rend particulièrement propices à l'agriculture.

De plus, nous avons mené une analyse approfondie de la qualité de l'eau d'irrigation provenant du barrage Lakehal, en attribuant une classe spécifique à cette eau en fonction de ses propriétés et de sa composition. Cette évaluation est essentielle pour garantir que l'eau utilisée pour l'irrigation agricole est appropriée.

Enfin, nous avons examiné en détail la série pluviométrique recueillie par la station météorologique de Ain Bessem, ce qui nous a permis de calculer les précipitations moyennes mensuelles au cours de l'année sèche. Cette information est cruciale pour la planification agricole, la gestion des ressources en eau et l'optimisation des pratiques agricoles dans cette région.

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Introduction :

L'aménagement hydro-agricole est un processus visant à augmenter l'approvisionnement en eau, au-delà des précipitations naturelles, pour satisfaire pleinement les besoins hydriques des cultures.

Dans ce contexte, le chapitre se concentre sur l'élaboration de méthodes précises et de calculs appropriés pour estimer les besoins en eau de différentes cultures dans le cadre de l'extension du périmètre des Arribs.

III.1 : Demande hydrique du périmètre :

L'extension de périmètre des Arribs, qui couvre une superficie de 200 hectares, est située dans une région au climat méditerranéen semi-aride, caractérisée par des variations importantes des précipitations, souvent insuffisantes pour satisfaire les besoins en eau des cultures. Dans ce contexte, l'estimation des besoins hydriques d'une zone revêt une importance cruciale dans le cadre de l'aménagement hydro-agricole, car elle permet une gestion rationnelle des ressources en eau et la prévision des impacts de la sécheresse sur les cultures.

III.1.1 : Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation :

III.1.1.1 : Bilan hydrique :

Le bilan hydrique de l'irrigation est un processus essentiel dans la gestion de l'eau en agriculture. Il consiste en une évaluation détaillée des flux d'eau entrants et sortants dans un système d'irrigation agricole et qui a la formule suivante :

$$\text{Irrigation} + \text{Pluie} = \text{Infiltration} + \text{Evapotranspiration} + \text{Ruissellement}$$

III.1.1.2 : Besoin net d'irrigation :

Le besoin net d'irrigation est la quantité d'eau requise pour compenser les pertes d'eau dues à l'évapotranspiration des plantes et à d'autres facteurs, tout en maintenant des niveaux de rendement optimaux.

III.1.1.3 : L'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) :

L'évapotranspiration (ET₀) est le processus par lequel l'eau est transférée depuis la surface de la terre vers l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Ce processus comprend à la fois l'évaporation directe de l'eau à partir du sol et la transpiration par les plantes. L'ET représente la quantité maximale d'eau qui peut être perdue en phase vapeur dans des conditions climatiques spécifiques, avec un couvert végétal de gazon continu bien approvisionné en eau et des plantes en croissance saine.

La mesure de l'évapotranspiration de référence peut être effectuée de deux manières principales : soit directement sur le terrain à l'aide de méthodes in situ, soit indirectement à l'aide de formules empiriques et de méthodes basées sur des données météorologiques.

III.1.1.3.1 : Méthode directe :

La mesure de l'évapotranspiration est effectuée au moyen d'un dispositif appelé lysimètre. Il s'agit d'une cuve enterrée avec des parois verticales, ouverte en surface et remplie d'une portion de terrain d'une épaisseur variable (généralement entre 0.5 et 2 mètres). Les conditions environnementales, notamment la teneur en eau et la végétation, sont maintenues aussi similaires que possible à celles du terrain environnant.

Au bas du lysimètre se trouve un dispositif pour collecter l'eau de drainage. L'évaporation à la surface du terrain est calculée en observant les variations du stock d'eau dans le lysimètre. Cela peut se faire en utilisant la pesée directe du lysimètre ou en mesurant l'eau du sol et du drainage. Les données de précipitations provenant d'un pluviomètre situé à proximité sont également prises en compte.

III.2.1.3.2 : Méthodes indirectes :

Les méthodes utilisées pour calculer l'évapotranspiration de référence (ET₀) se basent sur des paramètres climatiques essentiels tels que la température, le vent, l'humidité relative de l'air et l'insolation. La méthode modifiée de Penman-Monteith, développée en 1948 par Penman, combine un bilan énergétique avec une méthode de transfert de masse pour estimer l'évapotranspiration d'une surface libre d'eau suit à la relation suivante :

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

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008), qui repose sur la méthode de Penman-Monteith, en entrant des données mensuelles spécifiques, notamment les températures moyennes, l'humidité relative de l'air en pourcentage, la durée d'insolation quotidienne et la vitesse du vent en m/s. Les résultats sont les suivantes :

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

CROPWAT.

Pays : Algérie. Station : Ain Bessem						
Altitude : 748m.		Latitude : 36.19 °N.		Longitude : 0.32°E		
Mois	Température moyenne(°C)	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation (h)	Radiation MJ/m ² /j	ET ₀ mm/mois
Janvier	10.7	75	2.4	6.5	10.2	42.37
Février	10.4	73	2.8	7.1	13.1	51.97
Mars	11.2	76	3.1	7.5	16.6	70.07
Avril	16.9	69	2.7	7.7	19.5	104.54
Mai	19.3	65	3.3	8.1	21.6	137.55
Juin	23.5	60	3.0	8.9	23.2	162.09
Juillet	27.5	53	2.9	8.6	22.5	192.30
Aout	28.5	54	2.5	8.5	21.1	182.19
Septembre	25.2	65	2.6	7.9	17.9	135.17
Octobre	20.3	72	3.1	7.6	14.4	97.45
Novembre	15.3	74	3.0	6.7	10.8	61.92
Décembre	8.8	79	2.7	6.1	9.1	35.83
Moyenne	18.1	68	2.8	7.6	16.7	1273.45

III.1.1.4 : Pluie efficace :

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture. Elle dépend de la nature du sol et du climat considéré.

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

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A. \text{ Pluies totales (mm/mois)} \quad \text{III.2}$$

Avec :

A : coefficient de pertes dans notre cas il est égal à 0.7.

Tableau III.2: Pluie efficace.

Mois	Pluie mm	Pluie 80% mm	Pluie efficace mm
Janvier	56.8	43.2	30.24
Février	42.7	32.4	22.68
Mars	48.5	36.8	25.76
Avril	48.4	36.8	25.76
Mai	43.5	33	23.1
Juin	12.7	9.7	6.79
Juillet	6.5	5	3.5
Aout	15	11.4	7.98
Septembre	40.6	21.63	30.9
Octobre	38.7	20.58	29.4
Novembre	47.9	25.48	36.4
Décembre	71.4	38.01	54.3

III.1.1.5 : Calcul de la réserve en eau du sol RS_{i-1} :

La quantité d'eau disponible pour les plantes dépend de la capacité du sol à retenir l'eau et de la profondeur des racines. Cette quantité est assimilée à la réserve en eau du sol, est égale à K multiplié par la réserve facilement utilisable (RFU).

$$RS_i = K \times RFU_{i-1} \quad \text{III.3}$$

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

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot Da \quad \text{III.4}$$

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

H_{pf} : humidité au point de flétrissement.

Z : profondeur racinaire (mm).

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

Da : densité apparente du sol.

La valeur de K est de 1 dans le cas de mois humides, 0 dans le cas de mois secs, et 1/2 (pour l'arboriculture), 1/3 (pour les céréaliculture et maraîchage) dans le cas où l'évapotranspiration est proche de la pluie efficace.

III.2: Choix des cultures :**III.2.1 : Les cultures proposées :**

La région de Ain Bessem se distingue par une tradition agricole orientée vers les cultures céréalières, les cultures fourragères et maraîchères. Cela implique que notre choix de cultures pour cette zone doit reposer principalement sur les céréales et le maraîchage, tout en envisageant l'introduction d'autres types de cultures pour garantir la diversité et la pérennité de l'agriculture locale. Les cultures sélectionnées pour la région de Ain Bessem sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.3 : Les cultures proposées pour le périmètre de l'extension de la plains des Arribs .

Type de culture	Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en ha
La céréaliculture :	<ul style="list-style-type: none"> - Blé - Orge grain - Orge en vert 	50%	100 ha
Les cultures fourragères :	<ul style="list-style-type: none"> - Avoine 	10%	20 ha
Le maraîchage :	Le maraîchage : <ul style="list-style-type: none"> - Pomme de terre (S) - Pomme de terre (AS) - Oignon - Oignon vert - Petit pois - Ail - Tomate - Fèves - Haricot - Courgette 	35%	70 ha
L'arboriculture :	<ul style="list-style-type: none"> - Olivier - Orangers 	5%	10 ha
Total		100%	200ha

III.2.2 : Assolement des cultures :

L'assolement des cultures représente une méthode agricole stratégique visant à planifier la rotation des cultures sur une période définie. Cette approche vise à atteindre plusieurs objectifs essentiels : améliorer la fertilité des sols, réduire l'impact des maladies et des ravageurs, et augmenter les rendements. En suivant un calendrier de rotation, les agriculteurs peuvent exploiter au mieux les ressources du sol tout en minimisant les problèmes de santé des plantes et en maximisant la productivité agricole.

Tableau III.4 : Assolement proposé pour le périmètre.

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Avoine	Orge graine
Orge	Fèves
Ail	Tomate
Oignon vert	Tomate
Pomme de terre (S)	Haricot
Pomme de terre (AS)	Haricot
Tomate	Oignon
Courgette	Petits pois
Hors assolement : Olivier	Hors assolement : Olivier
Hors assolement : Orangers	Hors assolement : Orangers

III.2.2 : Les cycles végétatifs des cultures :

Le cycle végétatif des plantes représente le processus continu de croissance et de développement, débutant par la germination et se terminant par la production de graines ou de fruits. Ce cycle est subdivisé en plusieurs étapes distinctes qui sont influencées par la nature de la plante et les conditions environnementales spécifiques. Concernant les cultures sélectionnées pour le Extension de périmètre des Arribs, leurs cycles végétatifs sont planifiés en fonction de leurs caractéristiques et des besoins du sol et du climat local ; Ils sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III.5 : les cycles végétatifs des cultures proposées pour l'extension de périmètre des Arribs.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
Blé			←							→		
Orge grain			←							→		
Orge en vert			←							→		
Avoine			←							→		
P.D.T (AS)							←				→	
P.D.T (S)	←				→							
Oignon vert										←		→
Oignon sec	←				→							
Petit pois	←				→							
Ail	←				→							
Tomate							←				→	
Fève							←			→		
Haricot	←				→							
Courgette	←				→							
Olivier	←											→
Orangers	←											→

III.3 : Estimation des besoins en eau des cultures :

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

$$B_i = ETM - (P_{eff} + R_{S_{i-1}}). \quad \text{III.5}$$

Où :

- **ETM** : est la valeur de l'évapotranspiration maximale qui représente les besoins en eau des cultures exprimés en mm, elle est égale à : $ET_0 * K_c$ III.6
- **K_c** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **P_{eff}** : est la pluie efficace.
- **R_{S_i}** : La réserve en eau du sol du mois précédent.

Les résultats de calcul des besoins en eau des cultures choisis pour l'Extension de périmètre des Arribs sont présentés comme suit :

III.3.1 : Les céréalicultures :

Tableau III.6 : Besoins en eau de Blé

Mois	P _{moy} (mm)	P _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92	0.3	34.1	0.0	0.6	37.2	11.7
Déc	54.3	38.01	35.83	0.5	56.8	0.0	0.8	28.7	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	0.6	68.2	18.9	0.95	40.3	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97	0.6	68.2	0.0	1.1	57.2	34.5
Mar	36.8	25.76	70.07	0.6	68.2	0.0	1.1	77.1	51.3
Avr	36.8	25.76	104.54	0.6	68.2	0.0	1.1	115.0	89.2
Mai	33	23.1	137.44	0.6	68.2	0.0	1	137.4	114.3
Juin	9.7	6.79	162.09	0.6	68.2	0.0	0.7	113.5	106.7
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau III.7 : Besoins en eau de l'orge.

Mois	P _{moy} (mm)	P _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92	0.5	56.8	0.0	0.4	24.8	0.0
Déc	54.3	38.01	35.83	0.6	68.2	18.9	0.7	25.1	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	0.6	68.2	22.7	0.85	36.0	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97	0.6	68.2	0.0	0.95	49.4	26.7
Mar	36.8	25.76	70.07	0.6	68.2	0.0	1.05	73.6	47.8
Avr	36.8	25.76	104.54	0.6	68.2	0.0	1.05	109.8	84.0
Mai	33	23.1	137.44	0.6	68.2	0.0	0.87	119.6	96.5
Juin	9.7	6.79	162.09	0.6	68.2	0.0	0.75	121.6	114.8
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

III.4.2 : Les cultures fourragères :

Tableau III.8 : Besoins en eau de l'avoine.

Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92	0.6	68.2	0.00	0.3	18.6	0.0
Déc	54.3	38.01	35.83	0.6	68.2	68.2	0.8	28.7	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	0.6	68.2	22.7	1.2	50.8	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97	0.6	68.2	0.0	1	52.0	29.3
Mar	36.8	25.76	70.07	0.6	68.2	0.0	0.8	56.1	30.3
Avr	36.8	25.76	104.54	0.6	68.2	0.0	0.6	62.7	37.0
Mai	33	23.1	137.44	0.6	68.2	0.0	0.3	41.2	18.1
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

III.4.3 : Les cultures maraîchages :

Tableau III.9 : Besoins en eau de pomme de terre (AS).

Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92						
Déc	54.3	38.01	35.83						
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07	0.25	28.4	0.0	0.5	35.0	9.3
Avr	36.8	25.76	104.54	0.5	56.8	0.0	0.7	73.2	47.4
Mai	33	23.1	137.44	0.5	56.8	0.0	0.9	123.7	100.6
Juin	9.7	6.79	162.09	0.5	56.8	0.0	0.75	121.6	114.8
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau III.10 : Besoins en eau de l'oignon sec.

Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17	0.3	34.1	0.0	1.1	148.7	127.1
Oct	29.4	20.58	97.45	0.4	45.4	0.0	1.1	107.2	86.6
Nov	36.4	25.48	61.92	0.5	56.8	0.0	0.9	55.7	30.2
Déc	54.3	38.01	35.83	0.6	68.2	0.0	0.85	30.5	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07						
Avr	36.8	25.76	104.54						
Mai	33	23.1	137.44						
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau III.11 : Besoins en eau de petit pois.

Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17	0.3	34.1	0.00	0.5	67.6	46.0
Oct	29.4	20.58	97.45	0.7	79.5	0.00	0.7	68.2	47.6
Nov	36.4	25.48	61.92	0.7	79.5	0.00	0.9	55.7	30.2
Déc	54.3	38.01	35.83	0.7	79.5	0.00	0.8	28.7	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	0.7	79.5	26.5	0.7	29.7	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07						
Avr	36.8	25.76	104.54						
Mai	33	23.1	137.44						
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau III.12 : Besoins en eau de la tomate.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92						
Déc	54.3	38.01	35.83						
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07	0.7	79.5	0.00	0.5	35.0	9.3
Avr	36.8	25.76	104.54	0.9	102.2	0.00	0.85	88.9	63.1
Mai	33	23.1	137.44	1.2	136.3	0.00	1.15	158.1	135.0
Juin	9.7	6.79	162.09	1.2	136.3	0.00	0.9	145.9	139.1
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

III.4.4 : Les arboricultures :

Tableau III.13 : Besoins en eau de l'olivier.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17	1.5	170.4	0.0	0.65	87.9	66.2
Oct	29.4	20.58	97.45	1.5	170.4	0.0	0.6	58.5	37.9
Nov	36.4	25.48	61.92	1.5	170.4	0.0	0.6	37.2	11.7
Déc	54.3	38.01	35.83	1.5	170.4	0.0	0.5	17.9	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	1.5	170.4	85.2	0.5	21.2	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97	1.5	170.4	85.2	0.6	31.2	0.0
Mar	36.8	25.76	70.07	1.5	170.4	0.0	0.65	45.5	19.8
Avr	36.8	25.76	104.54	1.5	170.4	0.0	0.7	73.2	47.4
Mai	33	23.1	137.44	1.5	170.4	0.0	0.75	103.1	80.0
Juin	9.7	6.79	162.09	1.5	170.4	0.0	0.8	129.7	122.9
Juil	5	3.5	192.3	1.5	170.4	0.0	0.7	134.6	131.1
Aou	11.4	7.98	182.19	1.5	170.4	0.0	0.7	127.5	119.6

Tableau III.14 : Besoins en eau des orangers.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17	1.5	170.4	0.0	0.4	54.1	32.4
Oct	29.4	20.58	97.45	1.5	170.4	0.0	0.75	73.1	52.5
Nov	36.4	25.48	61.92	1.5	170.4	0.0	0.75	46.4	21.0
Déc	54.3	38.01	35.83	1.5	170.4	0.0	0.75	26.9	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	1.5	170.4	85.2	0.65	27.5	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97	1.5	170.4	85.2	0.65	33.8	0.0
Mar	36.8	25.76	70.07	1.5	170.4	0.00	0.45	31.5	5.8
Avr	36.8	25.76	104.54	1.5	170.4	0.00	0.45	47.0	21.3
Mai	33	23.1	137.44	1.5	170.4	0.00	0.45	61.8	38.7
Juin	9.7	6.79	162.09	1.5	170.4	0.00	0.55	89.1	82.4
Juil	5	3.5	192.3	1.5	170.4	0.00	0.65	125.0	121.5
Aou	11.4	7.98	182.19	1.5	170.4	0.00	0.75	136.6	128.7

III.4 : Besoins en eau pour les assolements (1) et (2) :

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

Mois	Blé	Avoine	Orge grain	Ail	Oignon vert	P.D.T (AS)	P.D.T (S)	Tomate	Courgette	Olivier	Orangers	Total
Sep	0.0	0.0	0.0	127.1	0.0	46.0	0.0	0.0	0.0	66.2	32.4	271.7
Oct	0.0	0.0	0.0	86.6	0.0	57.4	0.0	0.0	0.0	37.9	52.5	234.4
Nov	11.7	0.0	0.0	30.2	0.0	42.6	0.0	0.0	0.0	11.7	21.0	117.2
Déc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fév	34.5	29.3	26.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.5
Mars	51.3	30.3	47.8	0.0	0.0	0.0	9.3	9.3	0.0	19.8	5.8	173.5
Avr	89.2	37.0	84.0	0.0	0.0	0.0	47.4	63.1	0.0	47.4	21.3	389.4
Mai	114.3	18.1	96.5	0.0	45.6	0.0	100.6	135.0	73.1	80.0	38.7	702.0
Juin	106.7	0.0	114.8	0.0	122.9	0.0	114.8	139.1	187.7	122.9	82.4	991.2
Juil	0.0	0.0	0.0	0.0	179.2	0.0	0.0	0.0	188.8	131.1	121.5	620.6
Aout	0.0	0.0	0.0	0.0	119.6	0.0	0.0	0.0	0.0	119.6	128.7	367.8

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

Mois	Orge en vert	Orge graine	Fève	Tomate	Haricot	Oignon	Petit pois	Olivier	Orangers	Total
Sep	0.0	0.0	0.0	0.0	86.5	127.1	46.0	66.2	32.4	358.2
Oct	0.0	0.0	0.0	0.0	86.6	86.6	47.6	37.9	52.5	311.3
Nov	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	30.2	30.2	11.7	21.0	126.5
Déc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fév	0.0	26.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.7
Mars	40.8	47.8	9.3	9.3	0.0	0.0	0.0	19.8	5.8	91.9
Avr	52.6	84.0	89.2	63.1	0.0	0.0	0.0	47.4	21.3	345.8
Mai	59.4	96.5	100.6	135.0	0.0	0.0	0.0	80.0	38.7	503.4
Juin	0.0	114.8	0.0	139.1	0.0	0.0	0.0	122.9	82.4	518.5
Juil	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	131.1	121.5	252.6
Aout	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	119.6	128.7	248.2

III.5. Calcul de débit spécifique :

Le débit spécifique se calcule par la formule suivante :

$$qs = \frac{B_{net} \times 1000 \times 10}{N_i \times N_j \times E_i} \quad \text{III.7}$$

Avec:

- ✓ B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- ✓ N_i : nombre des heures d'irrigation = 22 h ;
- ✓ N_j : nombre de jours du mois de pointe = 30 jours ;
- ✓ E_i : Efficacité d'irrigation que nous avons estimée à 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 1)

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

$$B_{net} = 991.2 \text{ mm/mois.}$$

$$q_s = 5.56 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha.}$$

Si le débit spécifique obtenu dépasse 1.5 l/s/ha, cela présente un risque de surdimensionnement des conduites de refoulement ou gravitaire. Afin de remédier à cela, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

1. Prendre la moyenne des débits spécifiques de toutes les cultures.
2. Tenir compte de la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus

exigeantes.

3. Dans le cas présent, nous prenons le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe, qui est celle de la courgette en Juillet.

Pour notre cas, on prend le besoin net d'avoine pour le mois de mars qui est égal à 188mm/mois.

Le débit spécifique corrigé est : $q_s = 1.06 \approx 1.1$ l/s/ha.

III.6 : Calcul de débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir

$$q_{car} = q_s * S$$

III.8

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

S : la superficie nette à irriguer = 200 ha

$$q_{Car} = q_s \cdot S = 1.1 \times 200 = 220 \text{ l/s.} = 0.220 \text{ m}^3/\text{s.}$$

III.7: Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume des besoins en eau égale le besoin brut de la culture en m³ multiplié par la surface de la culture. On trouve les résultats dans le tableau suivant :

Tableau III.17 : Volumes d'eau d-irrigation.

Type de culture	Surface (ha)	Besoins nets (mm)	Besoins bruts (m ³ /ha)	Besoins totaux (m ³)
Blé	60	407.7	5436.0	326160.0
Avoine	20	114.7	1529.3	30586.7
Orge grain	40	369.8	4930.7	197226.7
Ail	10	243.9	3252.0	32520.0
Oignon vert	5	467.3	6230.7	31153.3
P.D.T (S)	20	146	1946.7	38933.3
P.D.T (AS)	15	272.1	3628.0	54420.0
Tomate	15	346.5	4620.0	69300.0
Courgette	5	449.6	5994.7	29973.3
Olivier	7	636.6	8488.0	59416.0
Orangers	3	504.3	6724.0	20172.0
	200 ha		Total	889 862

Conclusion :

En conclusion, le chapitre consacré au calcul des besoins en eau des cultures joue un rôle fondamental dans la planification d'un projet d'irrigation. Après la sélection des cultures pour notre périmètre, nous avons entrepris une analyse approfondie de l'évapotranspiration de référence, qui constitue la base essentielle pour évaluer les besoins en eau en vue de l'irrigation. Grâce à cette évaluation précise, nous avons pu déterminer avec rigueur les besoins en eau spécifiques à chaque culture, conduisant à un débit spécifique d'environ 1.1 litre par seconde par hectare.

Dans la seconde partie de notre étude, nous avons établi que les volumes d'eau d'irrigation nécessaires pour notre périmètre s'élevaient à environ 500000 mètres cubes. Ces besoins en eau sont généralement pris en charge par notre barrage, qui a une capacité de 30 hectomètres cubes (hm³).

Chapitre IV : Etude de système d'adduction- distribution

Chapitre IV : Etude de système d'adduction-distribution.

Introduction :

Le réseau d'irrigation vise à acheminer de manière précise et à des moments bien définis l'eau du barrage aux utilisateurs au moyen d'un système complexe composé de conduites, d'organes et même d'ouvrages hydrauliques tels que des stations de pompage et des réservoirs.

Dans ce chapitre, nous examinerons en détail tous les composants du réseau d'irrigation de l'extension de périmètre des Arribs, y compris le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et des conduites enterrées du réseau d'adduction et de distribution jusqu'aux parcelles.

IV.1 : Alimentation en eau d'irrigation :

Le barrage de Lakehal joue un rôle essentiel en assurant l'approvisionnement en eau nécessaire pour le processus d'irrigation des plaines des Arribs. Les volumes d'eau requis sont acheminés au moyen d'un système intégré comprenant une station de pompage, un réseau d'adduction et de distribution, ainsi qu'un ouvrage de stockage. Cette disposition est essentielle en raison de l'emplacement stratégique du barrage par rapport aux plaines.

L'extension du périmètre des Arribs, qui s'inscrit dans le cadre du projet d'augmentation des terres irriguées, couvre une superficie totale de 200 hectares.

Le barrage Lakhal est situé au sud-est du périmètre étudié, à une distance d'environ 3,5 kilomètres, comme illustré dans la figure ci-dessous :



Figure IV.1 : l'emplacement de extension de périmètre des Arribs et barrage Lakehal

IV.2. Organisation du périmètre d'étude :

Notre périmètre comprend 21 îlots, avec des surfaces variant de 4.26 à 25.46 hectares au maximum, pour une superficie totale de 200 hectares.

IV.2.1 : Ilots et bornes d'irrigation :

C'est l'unité structurale dans l'aménagement hydro-agricole des périmètres d'irrigation, elle englobe un ensemble des parcelles. Les ilots sont alimentés en eau d'irrigation à l'aide des organes dites : « bornes d'irrigation ».

A fin d'organiser le périmètre d'irrigation en ilots d'une façon optimale il faut que la division en ilots se suit les facteurs suivants :

- La topographie de périmètre.
- Les facteurs technico-économiques de réseau d'irrigation.
- Les facteurs organisationnels.
- Le foncier.

On admet généralement que l'implantation des bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations doit répondre aux critères suivants :

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

Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'ilot.
- Régler la pression.
- Encaisser les suppressions accidentelles.
- Compter les volumes distribués par la prise.

IV.2.2: Calcul hydraulique des bornes :

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

$$Q_b = q_s \times S_i \quad \text{IV.1}$$

Avec : Q_b : Débit de chaque ilot (l/s).

q_s : Débit spécifique (l/s/ha).

S_i : Superficie de l'ilot (ha).

IV.2.3: Choix du diamètre et du type des bornes :

Les diamètres des bornes d'irrigation dépendent essentiellement des débits exigés pour chaque ilot comme il est détaillé dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit de la borne

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

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles, généralement on admet :

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

-Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2)

-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), et pour les grands ilots ($S > 50$ ha) on prévoit des bornes de type C.

Tableau IV.2 : Types des bornes selon les parcelles.

Nombre de parcelles	Type	Entrée	Sorties
2	A2	Une entrée Ø 65 ;80 mm	2 sorties Ø 65 mm
4-8	A4	Une entrée Ø 80, 100, 125 mm	4 sorties Ø 65 mm
2~ 20 ha	B2	Une entrée Ø 80, 100 ,125 mm	2 sorties Ø 100 mm
1	C	Une entrée 100, 125, 150 mm	Une sortie Ø 150 mm Une sortie Ø 100 mm

Pour notre périmètre le choix des bornes est détaillé dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.

N ° Ilot	Surface(ha)	Débit (l/s)	Type de borne
1	11.28	6.413	A2
2	5.23	5.797	A2
3	12.66	8.393	A2
4	5.26	4.686	A2
5	7.63	11.319	A4
6	6.61	10.307	A2
7	4.26	8.228	A2
8	9.37	13.09	A4
9	10.31	12.122	A4
10	7.47	8.492	A2
11	12.84	14.124	A4
12	25.46	28.006	B
13	7.53	8.283	A2
14	5.82	6.402	A2
15	6.33	6.963	A2
16	6.89	7.579	A2
17	9.42	10.362	A2
18	12.88	14.168	A4
19	6.44	7.084	A2
20	11.13	12.243	A4
21	11.28	12.408	A4

IV-3: Description de l'aménagement du périmètre :

L'aménagement hydro-agricole des périmètres d'irrigation se base sur des variantes des réseaux en fonction de l'emplacement du barrage par rapport au périmètre.

La prise de fond du barrage Lakehal se trouve à une altitude égale à 676 m, et une altitude moyenne de 700 m pour le périmètre, donc deux systèmes sont à préconiser :

- Un système par pompage vers un réservoir de stockage d'une côte de 763.7 m.

- Un système de desserte gravitaire depuis le réservoir vers le réseau de distribution aux parcelles.

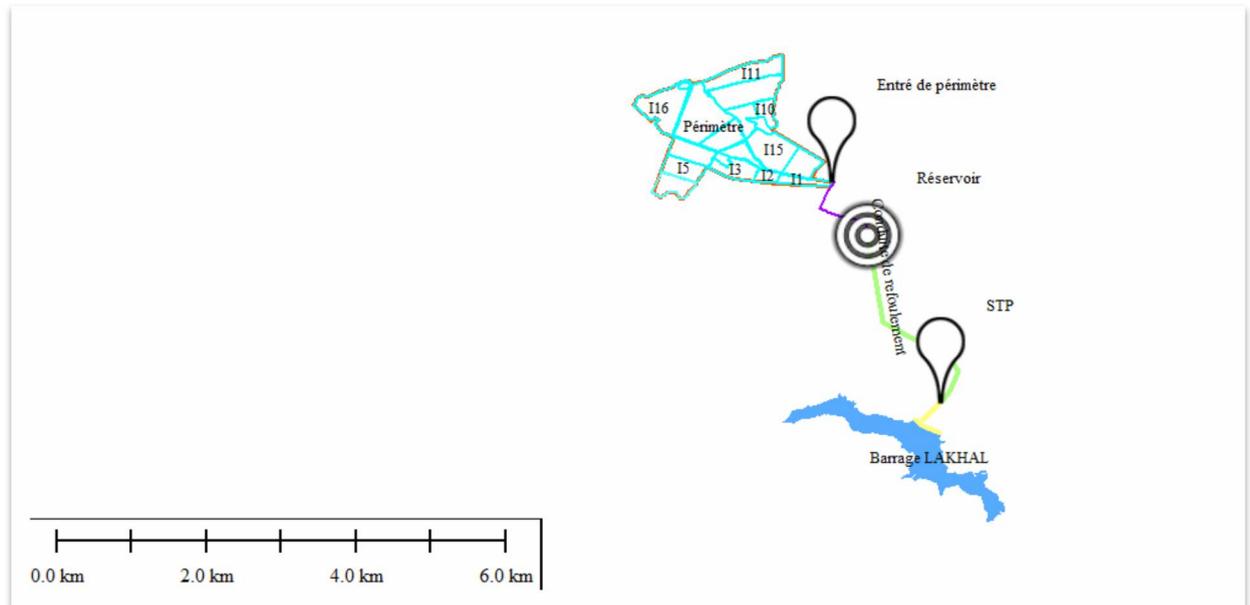


Figure IV.2 : Schéma représentatif du Extension de périmètre des Arribs (Source : Global Mapper).

IV.4. Etude du système de pompage :

IV.4.1. Généralités sur les pompes :

Les pompes sont des dispositifs conçus pour aspirer un liquide d'un endroit et le refouler vers un autre. Elles sont utilisées pour déplacer des liquides, qu'il s'agisse d'eau, de gaz, ou de tout autre fluide. Les pompes fonctionnent en créant un déplacement mécanique qui augmente la pression d'un fluide, ce qui permet de le faire circuler dans un système.

Leur fonctionnement repose sur des principes de physique, notamment la création de différences de pression pour déplacer les liquides. Il existe plusieurs types de pompes, dont les pompes centrifuges, les pompes volumétriques, les pompes à engrenages, etc., chacune ayant ses propres caractéristiques et avantages.

IV.4.1.1 : Les pompes volumétriques :

Les pompes volumétriques sont un type particulier de pompes où l'énergie est transformée lors du refoulement, sous l'action des éléments de refoulement, dans un processus périodique. Cette transformation s'accompagne systématiquement d'une augmentation de la pression du fluide pompé. Il existe plusieurs types de pompes volumétriques, notamment les pompes rotatives, les pompes semi-rotatives et les pompes alternatives à piston.

IV.4.1.2 : Les turbopompes/ roto-dynamiques :

L'oreillard reçoit le liquide, et sous l'effet de la rotation de la roue entraînée par le moteur électrique, le liquide acquiert de l'énergie cinétique et est projeté vers la

périphérie. Cela crée une dépression, induisant une aspiration du liquide vers le diffuseur, qui le dirige ensuite vers la volute, reliée à l'orifice de refoulement. En conséquence, à la sortie de la pompe, une pression est générée, désignée par la hauteur manométrique de refoulement.

"On distingue :

-Pompe centrifuge radiale : Il s'agit de pompes centrifuges dont les veines liquides au refoulement sont perpendiculaires à celles de l'écoulement à l'aspiration.

-Pompe axiale : Les veines liquides au refoulement sont parallèles à celles de l'écoulement à l'aspiration.

-Pompe semi-axiale : Les filets liquides se déplacent dans une direction diagonale de l'entrée de roue à sa sortie.

IV.4.2. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation :

La hauteur manométrique totale est donnée par la formule:

$$HMT = (H_a + H_{ref}) + J + P_r \quad \text{IV.2}$$

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

H_a : hauteur d'aspiration.

H_{ref} : hauteur de refoulement (m).

H_g : Hauteur géométrique en (m) = hauteur d'aspiration+ hauteur de refoulement.

J : perte de charge fonction de la longueur du tuyau, des accessoires (vannes, coudes).

P_r : Pression résiduelle (mCE) pression à la sortie du tube de refoulement (0.5-1m).

IV.4.2.1: Calcul de la hauteur géométrique H_g :

H_r : Cote du réservoir = 763.67 m

H_b : Cote bache : 663m

Donc $H_g = 763.67 - 663 = 100.67\text{m}$

IV.4.2.2. Calcul des pertes de charge totales :

a) Pertes de charge totales linéaires :

Pour déterminer les pertes des charges linéaires on utilise la formule suivante de Hazan Williams:

$$\Delta H_L = J = \left(\frac{3.592}{CHW} \right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \quad \text{IV.3}$$

J : Perte de charge en m.

CHW : Coefficient de Hazan-Williams

L : longueur de la conduite en m, $L = 2664\text{m}$

D : diamètre en m.

Q : le débit en m³/s.

b) Calcul des pertes de charge singulière :

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

Les pertes de charge totale :

$$\Delta H_t = \Delta H_L + \Delta H_s \quad \text{IV.5}$$

➤ Calcul du débit à refouler :

$$Q = Q_s \times S_{tot} = 1.1 \times 200 = 220 \text{ l/s} = 0.22 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{IV.6}$$

$$Q_{forcé} = Q_c \times 1.05 = 0.22 \times 1.05 = 0.231 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{IV.7}$$

➤ Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt{Q_{ref}} = \sqrt{0.231} = 0.480 = 480 \text{ mm.} \quad \text{IV.8}$$

Les résultats du calcul des hauteurs manométriques totales pour les différents diamètres des conduites en fontes sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.

Débit (m ³ /s)	Diamètre	V(m/s)	Linéaire (m)	Pdc linéaire	Pdc singulière	P _{dc} totale	HMT (m)
0.231	300	3.270	2664.00	80.691	8.069	88.76	189.43
0.231	400	1.839	2664.00	19.878	1.988	21.86	122.53
0.231	500	1.177	2664.00	6.705	0.671	7.37	108.04
0.231	600	0.817	2664.00	2.759	0.276	3.03	103.70
0.231	700	0.601	2664.00	1.302	0.130	1.43	102.10

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement se fait sur la base d'une analyse technico-économique entre :

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

IV.4.3. Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{exp} = E \times e \quad \text{IV.9}$$

Avec :

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

E : Énergie totale dépensée par la pompe (**KwH**) ;

e : Prix unitaire d'un **KwH** imposé par la SONELGAZ. (e = 4,67DA)

- Puissance des pompes

La puissance absorbée par la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P_u = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta} \quad \text{IV.10}$$

P : Puissance absorbée par la pompe (KwH) ;

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

Q_{forcé}: Débit à refoulé (m³/s)

HMT : Hauteur manométrique totale (m) ;

η : Rendement du pompage (75 %).

- Energie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la station de pompage est donnée par la formule suivante :

$$E = P \times t \times 365 \quad \text{IV.11}$$

Avec : **E** : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kWh) ;

P : Puissance absorbée (KwH) ;

t : Temps de pompage en (heure) ; dans notre cas t =22h

Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation

Diamètre	HMT	P(kWh)	E (KWh/an)	F. exploitation (DA)
300	189.42	572.35	4596033.88	21463478.26
400	122.53	370.23	2973021.17	13884008.86
500	108.04	326.45	2621460.78	12242221.87
600	103.70	313.34	2516147.86	11750410.52
700	102.10	308.50	2477266.23	11568833.32

IV.4.4 : Calcul des frais d'investissement :

Amortissement annuel : les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité. Il se calcul par la relation suivante :

$$F_{am} = Prc \times A \quad \text{IV.12}$$

Avec :

P : Prix de la conduite en (DA) ;

A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{1 - (i+1)^{-n}} \quad \text{IV.13}$$

i : Taux intérêt ; i=8 %;

n : Durée de l'amortissement de la conduite, n=30ans.

$$A N : \quad = \frac{0.08}{1 - (0.08+1)^{-30}} = 0.0888.$$

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.6 : Calcul de frais d'investissement.

Diamètre (mm)	Prix de pose (DA)	Prix de ml (DA)	L(m)	Prix total (DA)	A	Frais inv (DA)
300	500	6500	2664	18648000	0.0888	1655942.4
400	650	7490	2664	21684960	0.0888	1925624.44
500	880	9300	2664	27119520	0.0888	2408213.37
600	950	12000	2664	34498800	0.0888	3063493.44
700	1100	15700	2664	44755200	0.0888	3974261.76

IV.4.5. Bilan total des frais :

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

Tableau IV.7 : Bilan total des frais.

Diamètre(mm)	Frais inv(DA)	Frais exp (DA)	Bilan (DA)
300	1655942.4	21463478.26	23119420.66
400	1925624.448	13884008.86	15809633.31
500	2408213.376	12242221.87	14650435.24
600	3063493.44	11750410.52	14813903.96
700	3974261.76	11568833.32	15543095.08

Le graphe suivant montre l'étude technico-économique pour les différents diamètres :

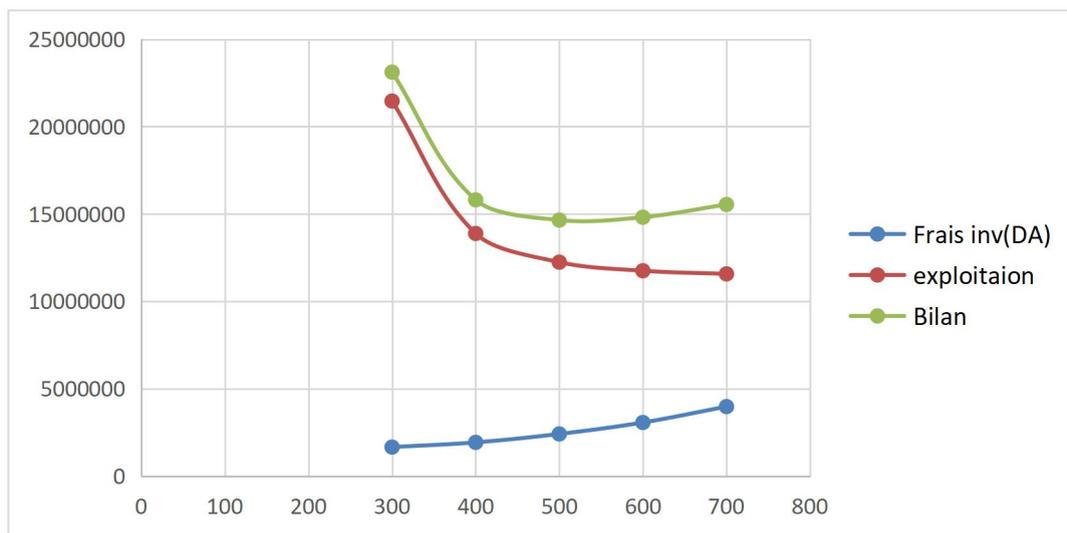


Figure IV.3 : Bilan total des frais en fonction des diamètres.

D'après l'étude technico-économique précédente le diamètre économique dans notre cas est D= 500 mm, ce qui implique que notre conduite refoule un débit de 0.231 m³/s pour un HMT égale à 108.1 m.

IV.4.6 : Choix de nombre et de type de pompe :**IV.4.6.1 : Critères de choix de nombre des pompes :**

Pour choisir la meilleure variante de nombre de pompes, il faut que notre choix respect certaines conditions qui sont :

- Nombre minimale de pompes :
- Rendement maximal.
- Puissance absorbée minimale.
- $(NPSH)_r$ minimal.

IV.4.6.2 : Critères de choix de types des pompes :

Le choix de type des pompes à installer se base sur les critères suivants :

- La pompe doit assurer le débit et la HMT.
- Pompe anticavitationnelle.
- Rendement maximal.
- Puissance absorbée minimale.
- La pompe doit être fabriquée en série.

IV.4.6.3 : Choix des pompes :

- D'après l'étude économiques précédente, on a fixé que :
- La hauteur manométrique totale est de 108.1 m.
- Le débit à refouler est : $0.231 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pour déterminer le type et le nombre des pompes qui respect les conditions cités précédemment on utilise le logiciel Caprari, et les résultats sont donné dans le tableau suivant:

IV.8 : Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari.

Nombre des pompes	Débit demandé(l/s)	HMT demandé(m)	Type de pompe	Q _{pompe} (l/s)	HMT pompe (m)	Puissance (KW)	η (%)	NPSH(m)
1	231	109	-	-	-	-	-	-
2	115.5	109	-	-	-	-	-	-
3	77	109	PM150	78.5	109	106	79.6	2.84
4	57.75	109	PM150	59.7	110	83.9	76.3	2.12
5	46.2	109	E10S50	46.4	109	62.9	78.8	6.33
6	231	109	-	-	-	-	-	-

D'après les résultats obtenus de logiciel Caprari, Le système de pompage utilisé dans l'irrigation du Extension de périmètre des Arribs composé de 3 pompes de type PM150.

Le pompage des eaux d'irrigation notre périmètre effectuée par l'utilisation d'un système composé de 4 pompes, parmi elle une pompe de secours.

IV.5 : Protection contre cavitation :

La cavitation dans les pompes centrifuges est généralement due à une énergie NPSH insuffisante du côté admission de la pompe avec que le NPSH est l'énergie nécessaire pour pousser le liquide dans la pompe.

Pour assurer que nos pompes soient protégées contre la cavitation, il faut vérifier la condition suivante :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d \quad \text{IV.14}$$

Avec :

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

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

La relation qui permet de calculer le (NPSH)_d est la suivante :

$$(NPSH)_d = \frac{P_{atm}}{w} - \frac{P_v}{w} - (h_{a}^{adm} + \Delta h_{pasp}) - \frac{V_{asp}^2}{2g} \quad \text{IV.15}$$

- $\frac{P_{atm}}{w}$: en mCE, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de w l'emplacement de la station de pompage. Il est égal à 10.33 m.

- P_v : en mCE, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est recommandé de prendre : $P_v = 20 \text{ hPa} = 0.24 \text{ m}$

- Z_E : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe

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

Pour la conduite d'aspiration on prend les pertes de charges linéaires : 4m/1000m
Longueur asp. = 4m, donc $\Delta H_{asp} = 0.016 \text{ m}$.

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

AN : On a 3 pompes qui implique que le débit d'aspiration se divise en 3 parties ;
on fixe la vitesse à 1.5 m/s ; donc on trouve : $D = \sqrt{Q}$

On trouve que : $D = 265 \text{ mm}$. Après la normalisation $D = 250 \text{ mm}$.

Alors : $V = 1.44 \text{ m/s}$.

Finalement :

$$\text{NPSH}_d = 10.33 - 0.24 - 2 - 0.016 - \frac{1.43^2}{2 \cdot 9.81} = 7.97 \text{ m} > 2.84 + 0.5 \text{ m} \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

IV.6: Dimensionnement du réservoir de stockage :

Pour garantir la disponibilité des eaux d'irrigation en temps de besoin et une charge hydraulique adéquate, il faut implanter un réservoir de stockage. Le volume de l'ouvrage de stockage est donné comme suivant :

$$V_{\text{réservoir}} = Q_{\text{forcé}} * T_{\text{nf}} \quad \text{IV.16}$$

Avec :

V réservoir : volume de réservoir, qui dans notre cas est circulaire en m³.

Q forcé : débit forcé en m³/ h.

T_{nf} : temps de non fonctionnement, égale à 2 h.

$$\text{A.N : } V_{\text{réservoir}} = 0.231 * 3600 * 2 = 1663.2 \text{ m}^3.$$

On prend un volume de 1000 m³ et on fixe la hauteur de réservoir égale à 4 m donc on prend :

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi * h}} = 18 \text{ m.} \quad \text{IV.17}$$

Donc : le réservoir de stockage pour le bon fonctionnement de système d'irrigation de Extension de périmètre des Arribs a les caractéristiques suivantes :

- Volume de 1000 m³,
- Hauteur de 4m
- Diamètre de 18 m.

IV.7. Etude du système d'adduction-distribution (desserte gravitaire) :

L'alimentation des ilots du périmètre se fait à l'aide d'un système gravitaire depuis le réservoir de stockage vers le dernier point du périmètre composé des conduites, dont le matériau est a choisir en fonction de plusieurs paramètres.

IV.7.1. Choix du matériau des conduites :

Le choix des matériaux utilisés dépend de la pression supportée, de l'érosion des sols et de l'ordre économique (coût et disponibilité du marché local et de sa production en Algérie) et des bonnes liaisons entre canalisations et équipements., (coudes, vannes, etc.).

Actuellement les réseaux d'irrigation sont construits en matériaux suivants :

- Conduites en fonte : présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides ;
- L'inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, et relativement chers.

-Conduites en PEHD : Ils supportent des pressions élevées et ont une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain) , Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service, et offrent une bonne flexibilité.

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD en prend en considération les prix des conduites.

IV.7 .2 : Calculs hydrauliques :

Le calcul hydraulique est le dimensionnement de réseau qui englobe : la détermination des diamètres et matériaux des conduites, les cotes piézométriques des nœuds et des bornes ainsi que ses pressions.

L'estimation des diamètres des conduites est faite selon la formule de continuité de type Chezy,

- Le diamètre : $D = \sqrt{\frac{4Q}{1.5\pi}}$ **IV.18**

IV.7.3.Calcul des pressions des nœuds et des bornes :

- Le calcul des pressions est basé sur le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$
 IV.19

- Cote piézométrique :

Cote piézométrique avale= Cote piézométrique amont – perte de charge.

Les pertes de charges linéaires sont calculées sont la formule de Hazen-Williams :

$$\Delta H_L = J = \left(\frac{3.592}{CH_W}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852}$$
 IV.20

- Pression : Pression = Cote piézométrique-Cote terrain.

Les pertes de charges totales sont les pertes de charges linéaires majorées de 10% pour prendre en compte les pertes de charges singulières.

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau N° IV.9:

N° du trançon	longueur (m)	Superficiel (ha)	Débit (l/s)	D _{normalisé} (mm)	Vitesse (m/s)	P.d.c total(m)	cote terrain amont	cote terrain aval	cote piezométrique amont	cote piézométrique aval	Pression amont en bars	Pression aval en bars
R-ST	1384	196.76	216.436	500	1.420	6.288	763.7	745.5	767.670	761.382	0.400	1.588
ST-N1	67	196.76	216.436	500	1.420	0.304	745.5	742.5	761.382	761.077	1.588	1.858
N1-N2	196	190.93	210.023	500	1.378	0.842	742.5	733.5	761.077	760.235	1.858	2.674
N1-B1	34	5.83	6.413	90	1.302	0.973	742.5	739.0	761.077	760.104	1.858	2.110
N2-N3	43	186.67	205.337	500	1.347	0.177	733.5	730.4	760.235	760.058	2.674	2.966
N2-B4	47	4.26	4.686	75	1.485	2.224	733.5	733.0	760.235	758.011	2.674	2.501
N3-N4	209	181.4	199.540	500	1.309	0.817	730.4	722.0	760.058	759.241	2.966	3.724
N3-B2	36	5.27	5.797	75	1.837	2.526	730.4	730.0	760.058	757.532	2.966	2.753
N4-N5	226	16.85	18.535	125	1.944	9.244	722.0	734.0	759.241	749.997	3.724	1.600
N4-N6	33	154.26	169.686	400	1.739	0.283	722.0	722.0	759.241	758.958	3.724	3.696
N4-B5	122	10.29	11.319	110	1.539	3.764	722.0	722.5	759.241	755.477	3.724	3.298
N5-B6	25	9.37	10.307	110	1.401	0.648	734.0	735.0	749.997	749.349	1.600	1.435
N5-B7	29	7.48	8.228	90	1.671	1.317	734.0	729.0	749.997	748.680	1.600	1.968
N6-N7	493	146.63	161.293	400	1.284	3.845	722.0	702.0	758.958	755.113	3.696	5.311
N6-B3	179	7.63	8.393	90	1.705	8.434	722.0	734.0	758.958	750.525	3.696	1.652
N7-N8	20	30.64	33.704	200	1.383	0.252	702.0	702.0	755.113	754.861	5.311	5.286
N7-N11	24	93.58	102.938	315	1.702	0.261	702.0	702.0	755.113	754.852	5.311	5.285
N7-N19	565	22.41	24.651	160	1.580	11.800	702.0	678.0	755.113	743.313	5.311	6.531
N8-N9	309	18.74	20.614	160	1.321	4.634	702.0	713.5	754.861	750.227	5.286	3.673
N8-B8	260	11.9	13.090	110	1.780	10.500	702.0	692.5	754.861	744.361	5.286	5.186

N° du trançon	longueur (m)	Superficiel (ha)	Débit (l/s)	D _{normalisé} (mm)	Vitesse (m/s)	P.d.c total(m)	cote terrain amont	cote terrain aval	cote piezométrique amont	cote piézométrique aval	Pression amont en bars	Pression aval en bars
N9-N10	167	7.72	8.492	90	1.725	8.041	713.5	720.0	750.227	742.186	3.673	2.219
N9-B9	234	11.02	12.122	110	1.648	8.197	713.5	697.0	750.227	742.031	3.673	4.503
N10-B10	52	7.72	8.492	90	1.725	2.504	720.0	714.0	742.186	739.683	2.219	2.568
N11-N12	413	80.82	88.902	315	1.470	3.426	702.0	694.6	754.852	751.426	5.285	5.683
N11-B11	203	12.82	14.102	110	1.917	9.410	702.0	693.0	754.852	745.442	5.285	5.244
N12-N13	203	75	82.500	315	1.364	1.466	694.6	683.4	751.426	749.960	5.683	6.656
N12-B14	133	5.82	6.402	90	1.300	3.795	694.6	693.0	751.426	747.631	5.683	5.463
N13-N14	57	68.67	75.537	250	1.981	1.076	683.4	681.9	749.960	748.885	6.656	6.698
N13-B15	181	6.33	6.963	90	1.414	6.034	683.4	689.0	749.960	743.926	6.656	5.493
N14-N15	134	43.21	47.531	200	1.950	3.189	681.9	678.2	748.885	745.695	6.698	6.750
N14-B12	337	25.46	28.006	160	1.794	8.914	681.9	677.0	748.885	739.970	6.698	6.297
N15-N16	235	36.32	39.952	200	1.639	4.054	678.2	671.7	745.695	741.641	6.750	6.994
N15-B16	49	6.89	7.579	90	1.539	1.911	678.2	680.0	745.695	743.784	6.750	6.378
N16-N17	23	28.79	31.669	200	1.299	0.258	671.7	672.5	741.641	741.383	6.994	6.888
N16-B13	21	7.53	8.283	90	1.682	0.966	671.7	669.0	741.641	740.676	6.994	7.168
N17-N18	235	15.81	17.391	125	1.824	8.542	672.5	668.5	741.383	732.841	6.888	6.434
N17-B18	261	12.88	14.168	110	1.926	12.204	672.5	657.0	741.383	729.179	6.888	7.218
N18-B17	18	9.43	10.373	110	1.416	0.472	668.5	671.0	732.841	732.368	6.434	6.137
N18-B19	320	6.46	7.106	90	1.443	11.077	668.5	659.0	732.841	721.764	6.434	6.276
N19-B20	263	11.13	12.243	110	1.664	9.383	678.0	670.5	743.313	733.930	6.531	6.343
N19-B21	500	11.48	12.628	110	1.717	18.892	678.0	663.0	743.313	724.421	6.531	6.142

Conclusion:

Le réseau d'adduction et de distribution constitue l'une des composantes essentielles d'un système d'irrigation dans un périmètre donné. Dans ce contexte, nous avons d'abord opté pour une variante d'adduction, qui consiste en un système de pompage depuis le barrage de Lakehal vers un réservoir. La conduite de refoulement présente un diamètre de 500 mm, et le réservoir de stockage aura une capacité de 1000 mètres cubes, installé à une altitude de 763,7 mètres.

En ce qui concerne le système d'adduction et de distribution, les conduites utilisées pour approvisionner les parcelles des 21 îlots seront en polyéthylène haute densité (PEHD). Les pressions calculées sont généralement satisfaisantes, se situant entre 2 et 5 bars. De plus, certains points du réseau seront équipés de brise-charges. Cette mesure est mise en place en raison de pressions excédant les 7 bars, et elle vise à protéger l'ensemble des conduites contre les fortes pressions.

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Chapitre V : Technique d'irrigation

Introduction :

L'irrigation est l'action de fournir artificiellement de l'eau aux plantes cultivées pour pallier le manque d'eau causé par un déficit de précipitations et ainsi assurer un rendement optimal des cultures. Diverses techniques d'irrigation existent pour accomplir cette tâche, adaptées à des contextes spécifiques.

Dans ce chapitre, nous allons examiner en détail les structures et les diverses méthodes d'irrigation, suivies de la sélection de celle qui s'aligne le mieux avec les particularités de notre zone.

On distingue les techniques suivantes :

L'irrigation gravitaire de surface, l'irrigation sous-pression telles que l'irrigation par aspersion et le goutte à goutte.

V.1 L'irrigation de surface:

La méthode d'irrigation de surface est régie par la force gravitaire, impliquant un réseau de canaux qui distribuent et répartissent l'eau d'irrigation de l'amont à l'aval, couvrant différents points. Le tracé de cette méthode est influencé par les caractéristiques topographiques et les propriétés hydriques du sol, telles que le ruissellement, l'infiltration et la capillarité. Les approvisionnements en eau se réalisent par gravité, conformément aux contraintes naturelles.

V.1.1 : Irrigation par ruissellement:

Dans la méthode d'irrigation par ruissellement ou par planche, la surface à arroser est subdivisée en bandes rectangulaires, alignées selon la pente naturelle du terrain. Les planches, d'une longueur variant de 5 à 30 m et d'une largeur de 50 à 800 m, s'adaptent principalement aux pentes inférieures à 0,5%. Les sols modérément perméables sont les plus appropriés pour cette technique. Cette approche est idéale pour les cultures telles que les vergers. La préparation minutieuse et coûteuse des planches exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants. Cependant, des pertes significatives résultent de la percolation et de la colature, ce qui limite l'efficacité d'irrigation à environ 50%.



Figure V.1 : Irrigation par planche.

V.2.2 : Irrigation par submersion :

Ce mode d'arrosage implique l'immersion du terrain dans l'eau, permettant ainsi son infiltration. Dans la mise en œuvre de cette méthode, l'eau est déposée et répandue rapidement sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant l'étape proprement dite d'infiltration. Cette approche de submersion est plus adaptée aux terrains quasiment plats, avec une pente inférieure à 0,1 %. Cette technique est principalement utilisée dans les rizicultures.



Figure V.2 : Irrigation par submersion.

V.1.3. L'arrosage à la raie :

Dans l'irrigation à la raie, l'eau est acheminée vers les plantes à travers une série de petits fossés à ciel ouvert, espacés d'environ 0,75 à 1 mètre, avec une pente douce mais constante. Les raies sont tracées le long de la ligne de plus grande pente pour des pentes inférieures à 0,2 %, et obliquement pour des pentes supérieures. Cette méthode est adaptée aux terrains avec une pente d'environ 0,5 à 4 %, convenant ainsi à diverses

cultures comme les céréales et les plantes sarclées telles que le maïs, le coton et les pommes de terre. Cependant, elle nécessite une main-d'œuvre qualifiée pour gérer les arrosages et son efficacité varie généralement entre 40 % et 50 %.

V.1.4: Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire:

Les avantages de cette méthode d'irrigation comprennent des investissements modestes dans l'équipement, la simplicité de la technique, la possibilité de lessivage sans risque d'érosion et l'utilisation d'un équipement d'irrigation simple. Cependant, les inconvénients incluent un temps d'irrigation important, la nécessité de nivellement et d'entretien, ainsi que des pertes significatives d'eau.

V.2 : L'irrigation par conduites sous pressions :**V.2.1 : Descriptif du réseau :**

Les canalisations qui acheminent et distribuent l'eau d'irrigation sur les différentes parcelles sont généralement enterrées pour les protéger des activités agricoles et de la circulation routière. Les points de prélèvement, appelés bornes de prise, émergent à la surface du sol et sont positionnés à divers endroits en fonction de la configuration du réseau d'irrigation. Cette approche assure la sécurité des canalisations tout en permettant un accès pratique pour l'irrigation. Les conduites principales souterraines transportent l'eau vers ces bornes, permettant une distribution efficace et contrôlée de l'eau aux cultures.

Les bornes sont connectées à de plus petits tuyaux d'alimentation appelés "adducteurs ou portes rampes". Ces adducteurs sont placés le long des limites des champs. À leur tour, ces tuyaux plus petits alimentent des tuyaux latéraux "rampes" positionnés perpendiculairement aux adducteurs, le long des rangées de cultures. Ces tuyaux latéraux sont équipés de distributeurs placés à intervalles réguliers. Ces distributeurs répartissent uniformément l'eau d'irrigation parmi les plantes sous une pression spécifique. Cette approche garantit une distribution précise et contrôlée de l'eau, optimisant l'utilisation de l'eau et favorisant une croissance uniforme dans la zone cultivée.

V.2. 2 : Composants principales de réseau :**V.2.2.1 : L'ouvrage de tête :**

Un ouvrage de tête comprend une conduite d'alimentation (PVC rigide ou acier galvanisé fileté) installée horizontalement à une hauteur minimale de 60 cm au-dessus du sol. Il est équipé d'un purgeur d'air, d'une valve de contrôle, de deux prises (tuyaux de pouce) pour la connexion à l'injecteur d'engrais, ainsi que d'un filtre. Si nécessaire,

un filtre à gravier ou un séparateur à sable (hydrocyclone) est installé en tête de l'ouvrage.

V.2.2.2 : Conduite principale :

Il s'agit de la conduite de plus grand diamètre du réseau, capable de transporter le débit du système dans des conditions hydrauliques favorables en termes de vitesse du courant et de pertes de charge.

V.2.2.3 : Conduite secondaire :

Ce sont des tuyaux de diamètre plus réduit qui se raccordent à la conduite principale et permettent de distribuer le flux vers différentes parcelles. Ils sont du même type que les conduites principales

V.2.2.4 : Borne de prise :

La borne d'irrigation constitue l'organe hydraulique chargé d'assurer la distribution de l'eau à partir des réseaux collectifs de distribution sous pression vers les zones d'irrigation. Cette borne joue un rôle crucial dans la régulation et la fourniture de l'eau aux agriculteurs, permettant ainsi l'irrigation des parcelles agricoles.

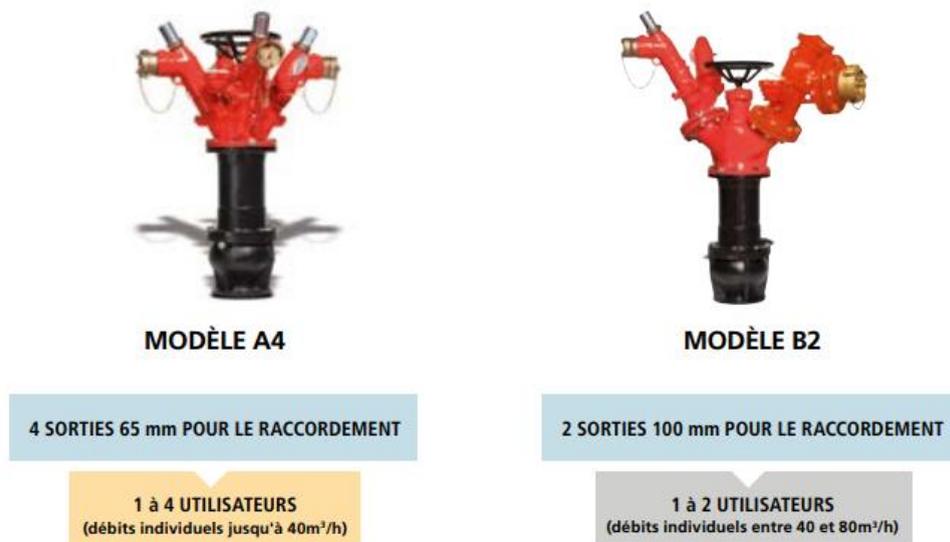


Figure V.3: Les bornes d'irrigation.

V.2.2.5 : Portes rampe :

Ces conduites de diamètre plus petit que les conduites secondaires sont interconnectées aux bornes d'irrigation et généralement posées en surface le long des limites des parcelles agricoles. Elles ont pour fonction d'alimenter les conduites latérales, permettant ainsi la distribution ciblée de l'eau aux différentes zones d'irrigation.

V.2.2.6 : Les rampes :

Ces conduites constituent les éléments du système ayant le plus petit diamètre. Elles sont connectées aux adducteurs de manière perpendiculaire, positionnées à des emplacements fixes le long des lignes de culture, et équipées de distributeurs fixés à des intervalles courts et réguliers. Ces conduites sont conçues pour fournir de l'eau de manière précise et ciblée aux différentes zones d'irrigation.

V.2.2.7 : Les distributeurs :

Un distributeur pour l'irrigation est un dispositif de diverses natures, types et dimensions. Il est connecté à une conduite d'eau sous pression et permet le débit d'eau de différentes manières : en projetant des jets d'eau en l'air (asperseurs), en pulvérisant l'eau (mini-diffuseurs), en distribuant des gouttes d'eau de manière continue (goutteurs) et en fournissant de petits écoulements (barboteurs, vannettes, ouvertures sur une conduite, tuyaux de petits diamètres, etc.). Ces distributeurs sont conçus pour apporter l'eau de manière efficace et précise aux zones d'irrigation, en fonction des besoins des cultures.

V.2.3 : Equipements à la parcelle :**V.2.3.1 : Les conduites :**

Les conduites tertiaires, les portes rampes et les rampes en différents matériaux et diamètres.

V.2.3.2 : Les raccords des conduites :

Ce sont des pièces de combinaison entre deux conduites ; Ils ont plusieurs des formes, matériaux et diamètres.

V.2.3.3 : Les dispositifs de contrôle de l'écoulement :

Par dispositif de contrôle, on entend tout dispositif installé dans un système hydraulique visant à assurer que le fluide atteigne la destination désirée au moment voulu dans les quantités requises (la valeur du débit) et avec la pression requise.

Il existe essentiellement trois catégories de dispositifs de contrôle de l'écoulement :

- les dispositifs directionnels ou vannes, qui servent à régler directement l'écoulement du fluide. Installés dans la conduite, ils servent à mettre en route ou arrêter l'écoulement et à fixer son débit, sa pression et sa direction. Des exemples de tels dispositifs sont les vannes de sectionnement, les vannes de contrôle et les vannes de réglage ;
- les dispositifs de mesure. Il ne suffit pas, pour assurer un régime d'écoulement approprié, de seulement régler l'écoulement. Il est également nécessaire de rassembler

des informations précises sur les paramètres de l'écoulement, afin de procéder aux ajustements requis, pour atteindre les conditions d'écoulement désirées. Les débitmètres et compteurs volumétriques, ainsi que les manomètres, appartiennent à ce groupe ;

- les dispositifs auxiliaires. Ceux-ci n'agissent pas directement sur l'écoulement du fluide, mais permettent au système de fonctionner sans perturbation. Les purgeurs et les soupapes de sécurité font partie de ce groupe.

V.2.3.4 : Les filtres :

V.2.3.4.1 : Le séparateur de sable (hydrocyclone) :

Le dispositif, comme son nom l'indique, sépare par centrifugation les particules de sable (de densité supérieure à 1.1) de l'eau. Les particules se décantent dans une chambre d'accumulation munie d'une purge.

V.2.3.4.2 : Le filtre à sable (à gravier) :

C'est une cuve métallique étanche fonctionnant à une pression maximale de 10 bars et contenant des sables calibrés pouvant arrêter les éléments solides en suspension dans l'eau. Cet équipement est indispensable pour arrêter les éléments organiques. La hauteur du sable dans le filtre est de l'ordre de 60 cm, elle est équivalente au 2/3 du volume du filtre.

V.2.3.4.3 : Le filtre à tamis :

Il est constitué d'une toile en plastique ou en acier inoxydable, qui stoppe les impuretés dont le diamètre est supérieur à la maille de filtration. La filtration est meilleure si la vitesse de passage de l'eau à travers le tamis est du même ordre que celle passant à travers le filtre à sable, soit 2.8 cm/s.

V.2.3.4.4 : Le filtre à disques :

Ayant le même rôle que le filtre à tamis mais, le filtre à disques est cependant plus performant. Ce filtre est composé de disques superposés avec des espaces vides provoqués par des rainures et permettant l'arrêt des impuretés contenues dans l'eau.



Figure V.4 : Les différents types des filtres.

V.2.3.5 : Les injecteurs d'engrais :

V.2.3.5.1 : Dilueur :

C'est une cuve hermétique sous pression dans laquelle est introduit l'engrais (solide soluble ou liquide). Le dilueur est monté en dérivation par rapport à la canalisation principale, généralement entre le filtre à gravier et le filtre à tamis ou à disques. Il peut être soit en acier galvanisé ou en revêtement intérieur époxy.

V.2.3.5.2 : Pompe doseuse :

On utilise généralement les pompes doseuses hydrauliques. Elles sont placées en dérivation de la même façon que le dilueur. La pression de fonctionnement varie entre 0.5 et 02 bar. Le débit d'engrais augmente avec la pression.

V.2.3.5.3 : Injecteur venturi :

Cet injecteur fonctionne sous l'effet venturi qui crée une dépression au niveau du port d'aspiration de l'injecteur. Cet effet apparaît lorsque une différence de pression su-sante existe entre l'entrée et la sortie de l'injecteur. La majorité des modèles d'injecteur commence à aspirer dès que la pression de sortie est inférieure d'environ 20 % à 25 % par rapport à la pression d'entrée.



Figure V.5 : Les différents types des injecteurs d'engrais.

V.2.3.6 : Les distributeurs :

les distributeurs d'eau jouent un rôle crucial dans la définition de la catégorie de système et, dans la plupart des cas, du type d'installation d'irrigation. Trois types de distributeurs sont couramment utilisés pour différents modèles : les buses à petit orifice, les vortex et les labyrinthes à circuit long. Ces distributeurs permettent le débit de l'eau sous pression de diverses manières, notamment en projetant des jets d'eau en l'air (asperseurs), en pulvérisant l'eau (mini-diffuseurs), en distribuant des gouttes d'eau en continu (goutteurs) et en fournissant de petits écoulements (barboteurs, vannettes, ouvertures sur une conduite, tuyaux de petits diamètres, etc.). L'écoulement à travers ces distributeurs est généralement turbulent.

V.2.3.7 : Les dispositifs d'automatisation:

Le dispositif d'automatisation d'un système d'irrigation comprend essentiellement les électrovannes, le dispositif de commande et les câbles in-situ, lorsque la transmission est électrique.

- a. Les électrovannes (à solénoïdes)
- b. Les dispositifs de commande : Ce sont des dispositifs automatiques de programmation de la durée de fonctionnement qui commandent les valves automatiques (électriques) à distance.
- c. Les vannes volumétriques automatiques à compteur. Ces vannes comprennent un compteur volumétrique, une commande de pilotage et un mécanisme de fermeture.

V.2.3.8 : Les instruments de mesure :

-Les capteurs d'humidité du sol : La mesure de l'humidité du sol est difficile, principalement en raison de la variabilité des types de sol, du calibrage du capteur,

de la zone d'influence du capteur, et de l'extrapolation de ces mesures à la gestion des cultures.

-Les extracteurs de solutions de sol.

-Le bac d'évaporation de classe A.

V.2.3.9 : Les systèmes d'exhaure (pompage) :

Les systèmes d'exhaure sont souvent classifiés selon le principe mécanique utilisé pour l'élévation de l'eau : élévation directe, déplacement, création d'une énergie cinétique, utilisation de la poussée d'un gaz ou gravité.

V.2.4 : Types d'irrigation sous pression :

V.2.4.1 : Irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures sous forme de gouttes de pluie (pluie artificielle), grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression. Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer. Pour ce qui est de type de sol, l'irrigation par aspersion s'adapte à tous les types de sols ayant une bonne capacité d'infiltration ($I > 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables). L'irrigation par aspersion présente une bonne efficacité située entre 65% à 85% essentiellement en fonction de la technique d'aspersion utilisée.

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses : Fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc.

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.)

-Les avantages :

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- Permet une économie d'eau importante.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

-Les inconvénients :

- Coût très élevé (prix d'achat du matériel très important).
- Une évaporation intense si les gouttes d'eau sont fines.
- Tassement du sol.
- Favorise le développement des mauvaises herbes.
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante.



Figure V.6 : Irrigation par aspersion.

V.2.4.2 : L'irrigation goutte à goutte :

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle (Ollée et Poirée, 1981). Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante
- Des débits faibles généralement inférieurs à 12 l/h
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs).

-Les avantages :

- Économie d'eau : l'eau est apportée directement et exclusivement au niveau des racines donc l'humidité au voisinage des racines restent élevée.
- Réduction des adventices (mauvaises herbes).

- Contrôle de la fertilisation : dosage régulier en engrais.
 - Installation fixe sur le terrain, donc très faible besoin de main d'œuvre.
- Meilleure utilisation des sols difficiles : les sols très lourds sont difficiles à irriguer par aspersion, de plus l'exploitation plus facile : ne gêne en rien les autres opérations culturales.
 - Protection sanitaire plus efficace sur les feuillages : les produits phytosanitaires ne sont pas lessivés par l'irrigation.

-Les inconvénients :

- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Exige un haut degré de compétence à tous les niveaux : étude préliminaire agro pédologique, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigation.
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
 - Contrôle difficile des goutteurs pour éviter leur obstruction.



Figure V.7 : L'irrigation par goutte à goutte

V.3 : Choix de la technique d'irrigation :

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur la détermination de certains facteurs ou contraintes à savoir :

V.3.1 : Les contraintes naturelles :

Les conditions naturelles telles que le type de sol, la pente du terrain, le climat, la qualité de l'eau et sa disponibilité, jouent un rôle très important dans le choix adéquat d'une technique d'irrigation.

V.3.2 : L'évaporation :

Notre zone d'étude est caractérisée par une évaporation élevée durant l'été , ce qui provoque une perte d'eau importante

V.3.3 : le vent :

Dans le cas du Extension de périmètre des Arribs, les vents sont plus ou moins irréguliers, ils ont des vitesses fréquentes, varient de 2.1-3 m/s.

V.3.4 : Type de sol :

La rétention en eau diffère suivant le type de sol, le taux d'infiltration et la capacité de rétention sont spécifiques à chaque sol, la connaissance des conditions d'humidité est importante. Les sols sableux sont caractérisés par une faible capacité de rétention et un taux d'infiltration élevé. C'est pourquoi, en sols sableux, la dose d'arrosage est faible mais les arrosages sont moins espacés, surtout quand ces sols ne sont pas profonds. Dans ces conditions, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface. Avec du limon ou de l'argile les trois méthodes sont utilisables, mais l'irrigation de surface est la plus courante. Les sols argileux à faible taux d'infiltration offrent des conditions idéales à l'irrigation de surface. Quand le sol est hétérogène à l'intérieur d'un périmètre d'irrigation, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte assure une meilleure uniformité de distribution que l'irrigation de surface.

V.3.5 : La pente

Presque la totalité du périmètre à des pentes qui varient entre [3% – 5%] et le reste à des pentes supérieur à 5%, donc la première ne présente aucune contrainte particulière

V.3.6 :La ressource en eau

L'agriculteur doit s'assurer de sa disponibilité au moment voulu pour irriguer, car la connaissance de la quantité d'eau disponible en période de pointe permet de déterminer la superficie à irriguer ; Et en qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour savoir le niveau de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation.

Facteurs conditionnant le choix de la méthode d'irrigation:

- La disponibilité de l'eau dans le temps, en débit et en pression,
- La qualité d'eau,

V.3.7 : Les contraintes techniques :

- Qualification de main d'œuvre.
- Entretien du matériel.

Conclusion :

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

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

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

Chapitre VI :
Dimensionnement à la
parcelle

Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle

Introduction :

La distribution des eaux d'irrigation est l'un des trois pôles fondamentaux du processus d'irrigation. L'eau est acheminée depuis les bornes jusqu'au dernier plant de la parcelle selon des systèmes calculés avec précision.

L'objectif de ce chapitre est de dimensionner des systèmes d'irrigation par aspersion et goutte à goutte qui ont des avantages en termes d'économie d'eau.

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

VI.1.1 : Données générales :

VI.1.1.1 : Choix de parcelle :

Afin de concevoir le réseau d'irrigation par aspersion, nous avons choisi comme modèle la parcelle N°19 dans l'ilot N° 09, qui s'étend sur une superficie de 1.2 hectares et qui possède les caractéristiques suivantes :

- Surface : 1.2 ha
- Longueur : ≈ 115 m
- Largeur : ≈ 96 m
- Alimentation en eau : Borne B09.
- Pression disponible à la borne : 4.5 bars
- Perméabilité du sol : 9mm/h.
- Densité apparente de sol : 1.42.

VI.1.1.2 : Choix de la culture :

Pour dimensionner le réseau d'irrigation par aspersion nous avons choisi le blé comme culture à cause de ses avantages économiques et agronomiques. Le blé exige un apport d'eau durant les mois d'Octobre à juin avec un besoin net de pointe durant le mois de Mars qui est égal à **114.3 mm/mois**.

Remarque : le temps de travail est 22heurs par jour durant 26 jours par mois.

VI.1.2 : Calcul de la dose pratique :

Elle est calculée comme suit :

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

VI.1

Y: degré de tarissement : égal à 2/3.

da: densité apparente : égale à 1.42

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

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

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (14%).

A.N : RFU = (0.26-0.14) x 1.42x600x2/3= 68.16 mm .

VI.1.3: Dimensionnement de l'asperseur :

VI.1.3.1 : Choix du diamètre de la buse :

La détermination du diamètre de la buse des asperseurs se base sur la condition que la pluviométrie de ce dernier doit être inférieur à la perméabilité de sol qui est égale à 9mm/h.

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

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

VI.2

Donc le diamètre de la buse ne doit pas dépasser 6.24 mm. En terme d'économie nous avons choisi le diamètre 4.5 mm sous une pression de 3.5 bars qui nous donne un porté théorique de 15 m en se référant à la nouvelle fiche technique de l'asperseur de type Pierrot (actualisé).

VI.1.3.2 : Calcul de la portée :

La portée des asperseurs se réfère à la distance maximale sur laquelle un asperseur peut projeter de l'eau, elle est calculée par la formule empirique suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times H^{0.25} \quad \text{VI.3}$$

Avec : d : diamètre de la buse en mm.

H : pression à la buse en m.

A.N : $L = 3 \times 4.5^{0.5} \times 35^{0.25} = 14.95\text{m}$ on prend 15 m.

VI.1.3.3: calcul des écartements:

D'après la vitesse moyenne de vent de la région qui est égale à 10.08 km/h ; le vent est faible donc les écartements sont calculés par les relations suivantes :

$$E_a = 0.8 \times L = 0.8 \times 15 = 12 \text{ m.} \quad \text{VI.4}$$

$$E_l = 1.2 \times L = 1.2 \times 15 = 18 \text{ m.} \quad \text{VI.5}$$

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

E_l : est la distance entre les rampes.

L'écartement final du réseau d'irrigation par aspersion est : **12 x18 m.**

VI.1.3.4 : Vérification de la pluviométrie de la buse :

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

$$P_{asp} = \frac{q_{asp}}{E_a E_l} \quad \text{VI.6}$$

$$\text{Avec : } q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad \text{VI.7}$$

$$P_{asp} = \frac{0.95 \times \frac{\pi \times (4.5 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 35}}{18 \times 12} = 6.6 \text{ mm/h} < 9 \text{ mm/h.}$$

VI.1.4 : Détermination des paramètres d'arrosage :

VI.1.4.1 : calcul du tour d'eau :

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles :

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \times N_j}{B_{mp}} \quad \text{VI.8}$$

B_{mp} : le besoin net du mois de pointe de la culture choisi « Blé » qui est égale à 114.3 mm.

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

Le calcul nous donne $T_{eau} = 15.5$ jours, on normalise le tour d'eau à 15 jours que nous donne un nombre d'irrigation par mois égale à 2 fois/mois.

VI.1.4.2 : Dose réelle :

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

$$D_r = \frac{B_{mp}}{\text{Nombre d'irrigation par mois}} \quad \text{VI.9}$$

$$D_r = \frac{114.3}{2} = 57.15 \text{ mm.}$$

VI.1.4.3 : Dose brute :

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

$$\text{suivante : } D_{brute} = \frac{D_r}{eff} \quad \text{VI.10}$$

$$D_{brute} = \frac{57.15}{0.75} = 75.98 \text{ mm} \approx 76 \text{ mm.}$$

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

VI.1.4.4 : Temps d'arrosage :

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

$$\text{Temps d'arrosage} = \frac{B_{brute}}{P_{asp}} \quad \text{VI.11}$$

$$\text{Temps d'arrosage} = \frac{76}{6.6} = 11.5 \text{ h} = 11 \text{ heures,}$$

Donc on adopte 2 positions par jour pour chaque asperseur.

VI.1.4.5 : Débit d'équipement :

$$Q_{\text{éq}} = \frac{S \times B_{\text{mp}} \times 10}{T \times n \times N_j \times \text{eff}} \quad \text{VI.12}$$

$Q_{\text{éq}}$: débit d'équipement en m³/h.

S : Surface de parcelle en ha.

B_{mp} : besoin net de mois de point de mois de la culture choisi.

T : Tour d'eau en heures .

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

Eff : efficacité d'irrigation par aspersion.

A.N : $Q_{\text{éq}} = \frac{1.2 \times 114.3 \times 10}{15 \times 2 \times 26 \times 0.75} = 2.34 \text{ m}^3/\text{h}$, on prend 3 m³/h.

IV.1.5 : Calcul hydraulique des rampes et porte rampe :**IV.1.5.1 : Calcul la longueur de la rampe :**

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

$$L_r = \text{Largeur de terrain} - E_a/2 \quad \text{VI.13}$$

L_r : longueur de la rampe en m.

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

Donc : $L_r = 96 - 6 = 90 \text{ m}$

IV.1.5.2 : Nombre des asperseurs par rampe :

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

$$N_{\text{asp/rampe}} = \frac{L_r}{E_a} \quad \text{VI.14}$$

$N_{\text{asp/rampe}} = \frac{90}{12} = 7.5$ asperseurs/rampe. Donc on prend 7 asperseurs.

IV.1.5.3 : Nombre des rampes :

Donc on travaille avec 1 rampe.

IV.1.5.4 : Débit de la rampe :

$$Q_r = q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp/rampe}} \quad \text{VI.15}$$

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

IV.1.5.4 : Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 Q_r}{\pi \times V}} \quad \text{VI.16}$$

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

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

On prend un diamètre normalisé de 50mm.

VI.1.5.5 : Dimensionnement de la porte rampe :**VI.1.5.5.1 : Longueur de la porte rampe :**

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - \frac{El}{2} \quad \text{VI.17}$$

$$L_{pr} = 115 - 9 = 106 \text{ m.}$$

VI.1.5.5.2 : Débit de la porte rampe :

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

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

VI.1.5.5.3 : Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 Q_{pr}}{\pi \times V}} \quad \text{VI.18}$$

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

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

VI.1.5.6: 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 sont dans le porte-rampe.

En appliquant la relation de Hazen-Williams on a :

$$J_r = \left(\frac{3.592}{C_{hw}}\right)^{1.852} \times \frac{L_r}{D_r^{4.87}} \times Q_r^{1.852} = 4 \text{ m.} \quad \text{VI.19}$$

$$J_{pr} = \left(\frac{3.592}{C_{hw}}\right)^{1.852} \times \frac{L_{pr}}{D_{pr}^{4.87}} \times Q_{pr}^{1.852} = 1.54 \text{ m.} \quad \text{VI.20}$$

VI.1.6 : Dimensionnement de la conduite tertiaire :

On applique l'équation de continuité qui donne :

$$D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{ct}}{\pi \times V_{adm}}} \quad \text{VI.21}$$

Tel que :

- D_{ct} : diamètre de la conduite tertiaire en m.
- Q_{ct} : débit de la conduite tertiaire en m^3/s (égale à $0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$).
- V_{adm} : Vitesse admissible égale à 1.25 m/s

Alors : la conduite tertiaire a un diamètre de 63 mm.

VI.1.7 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion :

Tableau VI.1 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

Conduite	Longueur(m)	Débit(m^3/s)	Diamètre (mm)	Vitesse(m/s)	P.d .c (m)
C. tertiaire	10	0.0026	63	0.84	0.14
Porte rampe	106	0.0026	63	0.84	1.54
Rampe	90	0.0026	50	1.3	4.0

On remarque que les pertes de charges totales sont de 5.6m, soit 18% de la pression de service (3.5 bars), donc l'installation du réseau d'aspersion est conforme.

VI.2. Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte:

VI.2.1 : Données générales :

VI.2.1.1 : Choix de parcelle :

Afin de concevoir le réseau d'irrigation goutte à goutte, nous avons choisi comme modèle la parcelle N°11 dans l'ilot N° 06, qui s'étend sur une superficie de 1 hectare et qui possède les caractéristiques suivantes :

- Surface : 1 ha
- Longueur : 100 m
- Largeur : 100 m
- Alimentation en eau : Borne B06.
- Pression disponible à la borne : 1.4 bars
- Perméabilité du sol : 9mm/h.
- Densité apparente de sol : 1.42.

VI.2.1.2 : Choix de culture :

Pour dimensionner le réseau d'irrigation par aspersion nous avons choisi l'olivier comme culture. L'olivier exige un apport d'eau durant l'année avec un besoin net de pointe durant le mois de Juillet qui est égale à 131 mm/mois.

L'olivier est implanté sous forme des mailles carrées de dimensions 4x4 m² qui donne nombre totale des arbres égale à 625 arbres.

VI.2.1.3 : Choix de réseau d'irrigation :

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

- Deux goutteurs par arbre.
- La distance entre goutteurs est \approx 1.5 - 2m.
- Débit des goutteurs égale à 4 l/h.

- Nombre totale des goutteurs est : 1250 goutteurs.

Remarque : le temps de travail est 22 heures par jour durant 26 jours par mois.

VI.2.2 : Calcul de l'évapotranspiration corrigée :

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

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

$$ETM_r = ETM * K_r \quad \text{VI.22}$$

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

- KELLER et KARMELI (1974) : $K_r = \frac{C_s}{0.85}$ **VI.23**
- La formule de Freeman et Garzoli : $K_r = C_s + 0.5 (1-C_s)$ **VI.24**
- La formule de Decroix (CTGREF) : $K_r = 0.1 + C_s$ **VI.25**

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

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

Donc $ETM_c = 0.8 \times ETM = 0.8 \times \frac{131}{30} = 3.5 \text{ mm/j}$.

VI.2.3 : Calcul de la dose d'irrigation corrigée :

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

$$D_c = RFU \times P = \left(\frac{H_{cc} - H_{pf}}{100} \right) \times Z \times d_a \times y \times P \quad \text{VI.26}$$

Tel que : H_{cc} : humidité a la capacité au champ ($H_{cc} = 26\%$)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement ($H_{pf} = 14\%$)

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

Z : profondeur d'enracinement en mm ($Z = 1500 \text{ mm}$)

D_a : est la densité apparente du sol ($D_a = 1.42$)

P : Pourcentage du sol humidifié.

$$P = \frac{n \times Spd \times Sh}{S_a \times S_r} \quad \text{VI.27}$$

P : Volume du sol humidifié

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

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

Sh : Largeur de la bande humidifiée (1m)

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

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

A. N : P = 0.2 = 20%

$$D_c = 34.08 \text{ mm.}$$

VI.2.4 : Paramètres d'arrosage :

VI.2.4.1 : Fréquence d'arrosage :

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

$$T_{eau} = \frac{D_c}{ETM_c} \quad \text{VI.28}$$

$T_{eau} = 9.73$ j implique le tour d'eau est 10 jours.

VI.2.4.2 : La dose réelle :

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

$$D_{réelle} = T_{eau} \times ETM_c \quad \text{VI.29}$$

$$D_{réelle} = 10 \times 3.5 = 35 \text{ mm.}$$

VI.2.4.3 : La dose brute :

Pour calculer la dose brute, on applique la relation :

$$D_{brute} = \frac{D_{réelle}}{C_u \times Eff} \quad \text{VI.30}$$

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

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

Donc : $D_{brute} = 43.2 \text{ mm.}$

VI.2.4.4 : Temps d'arrosage :

Le calcul de temps d'arrosage se fait par :

$$T_f = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times q_g} \quad \text{VI.31}$$

- Sd : Espacement entre les distributeurs.
- Sr : Espacement entre les rangs.
- n : le nombre des goutteurs.
- Qg : Débit des goutteurs

Alors : $T_f = 32.4 \text{ heures / jour.}$

Pour diminuer le temps d'arrosage il faut faire augmenter le débit des goutteurs à 8 l/s, ou augmenter à deux rampes par arbre.

VI.2.5 : Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe :

VI.2.5.1 : Condition de Christensen :

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad \text{VI.32}$$

Avec : Δq : variation du débit entre goutteurs.

q : débit des goutteurs

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

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

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

VI.2.5.2 : Les débits :

$$Q_r = Q_g \times N_{g/rampe} \quad \text{VI.33}$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad \text{VI.34}$$

Avec :

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

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

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

VI.2.5.2.1 : Nombre des arbres par rampe :

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

$$N_{\text{arbre/rampe}} = \frac{L_{\text{terrain}}}{E_r} \quad \text{VI.35}$$

On trouve 25 arbres par rampes.

VI.2.5.2.2 : Nombre des goutteurs par rampe :

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

$$N_{\text{goutteurs / rampe}} = N_{\text{arbre / rampe}} \times 2 \quad \text{VI.36}$$

Donc : il existe 50 goutteurs par rampe.

VI.2.5.2.3 : Nombre des rampes

Il est calculé comme suit :

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_{\text{terrain}}}{E_r} \quad \text{VI.37}$$

Notre parcelle contient 25 rampes.

Alors: $Q_r = Q_g \times N_g / \text{rampe} = 8 \times 50 = 400 \text{ l/h} = 1.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$.

$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 25 \times 400 = 10000 \text{ l/h} = 2.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$.

IV.2.5.3 : Diamètres de rampes et la porte rampe :

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

$$D_r = \left[\frac{P_{dc}(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-1/4.75} \quad \text{VI.38}$$

$$D_{pr} = \left[\frac{P_{dc}(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right]^{-1/4.75} \quad \text{VI.39}$$

On trouve : $D_r = 11.2 \text{ mm}$. On le normalise à 16 mm.

$D_{pr} = 58.6 \text{ mm}$. On normalise à 63 mm.

IV.2.5 4 : Vérification des pertes de charge :

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

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{VI.40}$$

Alors : $\Delta H_r = 0.9 \text{ m} < 1.2 \text{ m} \rightarrow$ Condition vérifier.

$\Delta H_{pr} = 0.47 \text{ m} < 0.6 \text{ m} \rightarrow$ Condition vérifier.

IV.2 .6 : Dimensionnement de la conduite tertiaire :

Pour dimensionner la conduite tertiaire on utilise la formule suivante :

$$D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{ct}}{\pi \times V_{adm}}} \quad \text{VI.41}$$

Tel que :

- D_{ct} : diamètre de la conduite tertiaire en m.
- Q_{ct} : débit de la conduite tertiaire en m^3/s (égale à $2.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$).
- V_{adm} : Vitesse admissible égale à 1.05 m/s

Alors : $D_{ct} = 58 \text{ mm}$, on le normalise en 63 mm.

VI.2.7 : Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte :

Tableau VI.2 : Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte

Conduite	Longueur(m)	Débit(m^3/s)	Diamètre(m)	Vitesse(m/s)	P.d .c (m)
C. tertiaire	10	2.76×10^{-3}	63	0.55	0.04
Porte rampe	100	2.76×10^{-3}	63	0.55	0.47
Rampe	100	1.1×10^{-4}	16	0.62	0.9

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié deux systèmes d'irrigation, à savoir l'irrigation par aspersion et le système goutte à goutte, appliqués aux cultures de blé et d'oliviers. Pour le blé, nous avons utilisé des asperseurs avec un espacement de 18 mètres sur 12 mètres, tandis que le système goutte à goutte a été mis en place avec des rampes espacées de 4 mètres sur 4 mètres, fournissant un débit de 8 litres par heure.

Le dimensionnement hydraulique a été réalisé avec précision pour assurer une distribution précise de l'eau tout en minimisant les pertes de charge. L'adoption de ces deux méthodes, l'aspersion et le goutte à goutte, a permis une gestion plus efficace des ressources en eau, favorisant ainsi le développement agricole tout en contribuant à la préservation de cette ressource essentielle. Cette approche a été mise en œuvre dans le but d'optimiser l'irrigation pour les cultures de blé et d'oliviers, garantissant ainsi une utilisation plus efficace des ressources hydriques disponibles.

Chapitre VII : Management de projet

Chapitre VII : Management du projet.

Introduction :

Le management de projet englobe l'ensemble des stratégies mises en place pour garantir une exécution optimale des travaux, en utilisant de manière efficace les ressources humaines, matérielles et matériaux, dans le but de réduire les coûts de production tout en créant un environnement propice à l'amélioration de la productivité, à la fois pour les travailleurs et les équipements.

Dans ce chapitre, nous avons élaboré une stratégie pour le projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre. Notre objectif principal est d'atteindre des résultats tels que la rapidité, la qualité et l'économie dans la réalisation du projet. Pour y parvenir, nous nous appuyons principalement sur l'organisation du chantier, qui joue un rôle central dans la planification et l'exécution des travaux.

VII.1 : Les phases de réalisation des réseaux d'adduction et de distribution:

Ce sont l'ensemble des étapes pratiques à suivre pour l'implantation des conduites du réseau d'adduction et de distribution vise à garantir une installation correcte tout en réduisant les impacts environnementaux et en assurant la sécurité. Ces étapes sont les suivantes:

- Excavation de la tranchée:

L'excavation est une opération de terrassement qui implique la création d'excavations dans le sol. Ces excavations sont réalisées à l'aide d'une pelle hydraulique, et les déblais sont déposés à côté de la tranchée. L'autre côté de la tranchée est réservé pour le bardage des conduites.

- Pose du lit de sable:

Cette étape consiste à placer un lit de sable au fond de la tranchée. Dans notre cas, ce lit de sable a une épaisseur de 14 cm.

- Installation des conduites:

Avant de descendre les conduites dans la fouille, une sélection est effectuée pour éliminer celles qui ont subi des chocs. Les conduites sont ensuite descendues lentement dans le fond de la fouille à l'aide d'un engin de levage. Tout au long de cette opération, l'alignement des tuyaux est régulièrement vérifié pour éviter tout problème lors de la connexion des conduites.

-Essai de pression et de joints:

Pour garantir la sécurité, un essai de pression est effectué sur les conduites et les joints avant le remblaiement. Cet essai implique le remplissage de la conduite avec de l'eau sous une pression équivalente à 1,8 fois la pression de service attendue pendant le fonctionnement. Cette épreuve doit durer environ 30 minutes, avec une variation de pression ne devant pas dépasser 0,2 bar.

- Remblayage de la tranchée :

Le remblayage est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite en utilisant les déblais résultant de l'excavation.

- Nivellement et compactage :

Une fois le remblai réalisé, on procède au nivellement en étalant les terres en monticule. Ensuite, le compactage est effectué pour augmenter la densité des terres et éviter les tassements ultérieurs.

VII.2 : Volumes de terrassement:**VII.2.1 : Dimensions des tranchées :****VII.2.1.1 : Largeur de fond de la tranchée:**

La largeur de la tranchée sera déterminée en fonction du diamètre de la conduite, en laissant un La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B= D+0.6 \quad \text{VII.1}$$

Avec :

- B : Largeur de la tranchée (m).
- D : Diamètre de la conduite (m).

VII.2.1.2 : Profondeur de la tranchée:

La profondeur de la conduite doit être choisie de manière à faciliter la réalisation correcte des branchements spécifiques tout en évitant toute interférence avec d'autres conduit profondeur de la tranchée est obtenue par la formule :

$$H_{tr}= e + D+ h \quad \text{VII.2}$$

Avec:

- Htr : Profondeur de la tranchée (m).
- e : Hauteur du lit de pose (m).
- D : Diamètre de la conduite (m).
- h : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite (m).

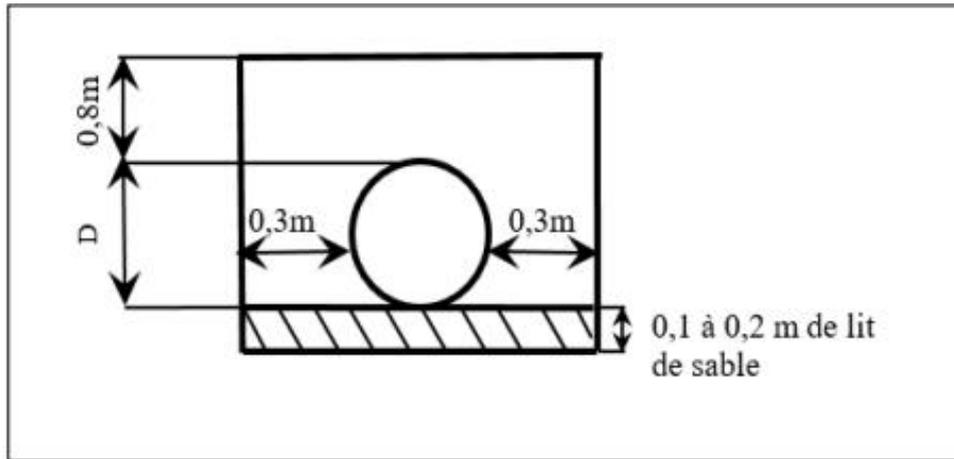


Figure VII.1 : Profil à travers d'une tranchée.

VII.2.1.3 : Section de la tranchée:

Les sections des tranchées sont :

$$\text{Str} = \text{Htr} \times \text{B}$$

VII.3

Avec :

- Htr : Profondeur total de la tranchée (m).
- B : Largeur du fond de la tranchée (m).

VII.2.1.4 : Volume de la tranchée:

Le volume d'une tranchée est calculé par la relation suivante:

$$\text{Vtr} = \text{Str} \times \text{L}$$

VII.4

Avec:

- Vtr : Volume du déblai (m³).
- Str : La section de la tranchée (m²).
- L : Longueur de la tranchée (m).

Tableau VII.1 : Résultats de calcul des dimensions de différents diamètres.

Diamètre(mm)	Largeur (m)	Profondeur(m)	Section(m ²)	Volume(m ³)
75	0.675	0.975	0.658	54.624
90	0.69	0.99	0.683	795.812
110	0.71	1.01	0.717	1352.451
125	0.725	1.025	0.743	342.581
160	0.76	1.06	0.806	975.582
200	0.8	1.1	0.880	362.560
250	0.85	1.15	0.978	55.718
315	0.915	1.215	1.112	711.504
400	1	1.3	1.300	683.800
500	1.1	1.4	1.540	7027.020

VII.2.2: Calcul des volumes de terrassement :**VII.2.2.1 : Volume de déblai :**

Le déblai d'une tranchée représente les matériaux excavés ou enlevés du sol pour créer l'espace nécessaire pour la pose de conduites , il est calculé comme suit:

$$V_{\text{déblai}} = V_{\text{tr}} = B \times \text{Htr} \times L \quad \text{VII.5}$$

Avec:

B: largeur de tronçon (m).

Htr: profondeur de tronçon (m).

L: longueur de tronçon (m).

VII.2.2.2 : Volume de lit de sable:

Le lit de sable est une couche horizontale de sable utilisée pour fournir une base stable et il est calculé par la relation:

$$V_{\text{ls}} = e \times B \times L \quad \text{VII.6}$$

Avec:

Vls: volume de lit de sable (m³).

E:épaisseur de la couche de lit de sable(m).

B: largeur de trançon(m).

L: longueur de trançon(m).

VII.2.2.3: Volume occupée par la conduite :

Il est calculé à l'aide de relation suivante:

$$V_{\text{con}} = S_{\text{con}} \times L = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L \quad \text{VII.7}$$

Avec:

V_{con} : volume occupé par la conduite (m³).

S_{con} : section de la conduite(m).

L: longueur de tronçon (m).

D: diamètre extérieur de la conduite(m).

VII.2.2.4: Volume de remblai:

Le remblai représente la quantité de terre nécessaire pour remplir une tranchée et la ramener à son niveau initial. Ce volume est calculé par la relation:

$$V_{rem} = V_{déblai} - (V_{ls} + V_{con}) \quad \text{VII.8}$$

Avec:

V_{rem} : volume de remblai en (m³).

$V_{déblai}$: volume de déblai en (m³).

V_{ls} : volume de lit de sable (m³).

V_{con} : volume occupé par la conduite (m³).

VII.2.2.5 : Volume de remblai excédentaire:

C'est la quantité de sol en excès après avoir rempli les tranchées et elle est calculée par la formule suivante:

$$V_{exc} = V_f - V_{rem} \quad \text{VII.9}$$

Avec :

V_{exc} : volume de sol excédentaire en (m³).

V_{rem} : Volume de remblai en (m³) .

V_f : volume foisonné en (m³).

Sachant que: $V_f = V_{déblai} \times K_f$

VII.10

Avec:

K_f : coefficient de foisonnement .

Tableau VII.2 : Coefficients de foisonnement pour différente nature de sol.

Type de sol	Kf
Sables, matériaux fins	1.08-1.17
Limons argileux	1.14-1.28
Argile	1.25-1.30

Source: Métré de terrassement cours génie civil

Pour notre cas on prend $K_f = 1.28$.

Tableau VII.3 : Résultats de calcul des volumes de terrassement .

Diamètre(mm)	V _{déblai} (m ³)	V _{ls} (m ³)	V _{con} (m ³)	V _{rem} (m ³)	V _f (m ³)	V _{exc} (m ³)
75	54.624	5.6025	0.366	48.655	69.919	21.264
90	795.812	80.385	7.408	708.019	1018.639	310.620
110	1352.451	133.906	17.914	1200.630	1731.137	530.506
125	342.581	33.4225	5.654	303.504	438.503	135.000
160	975.582	92.036	24.336	859.209	1248.744	389.535
200	362.560	32.96	12.937	316.663	464.077	147.414
250	55.718	4.845	2.797	48.076	71.318	23.242
315	711.504	58.56	49.851	603.093	910.725	307.632
400	683.800	52.6	66.066	565.134	875.264	310.130
500	7027.020	501.93	895.489	5629.601	8994.586	3364.984

VII.3 : Calcul de coût de projet:

- Le prix du mètre cube de déblais est de 450DA.
- Le prix du mètre cube de remblai est de 300DA
- Le prix du mètre cube de sable est de 1200 DA.
- Le prix du mètre cube de déblais excédentaires est de 200 DA.

VII.3.1 :Coût de réseau d'adduction:

Le réseau d'adduction de notre projet est composé d'une seule conduite de diamètre 500 mm en fonte avec une longueur de 2664 m .

Tableau VII.4 : Estimation de coût de réseau d'adduction.

Designation Des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
Conduite	ml	2664	9300	24775200
Déblai	m ³	4102.56	450	1846152
Lit de sable	m ³	293.04	1200	351648
Remblai	m ³	3286.710	300	703296
Déblai excedenatire	m ³	1148.7168	200	229743.36
			Total	27906039.36
			TVA(19%)	5302147.478
			MontantTTC	33208186.84

VII.3.2: Coût de réseau de distribution:

C'est l'ensemble des conduites en pchd avec des diamètres varient entre 75 mm et 500 mm , ainsi que les bornes de distribution des eaux d'irrigation.

Tableau VII.5: Estimation de coût de réseau de distribution

Diamètre (mm)	Unité de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
75	ml	83	374	31042
90	ml	1165	421	490465
110	ml	1886	626	1180636
125	ml	461	771	355431
160	ml	1211	1229	1488319
200	ml	412	1952	804224
250	ml	57	2960	168720
315	ml	640	4703	3009920
400	ml	526	7967	4190642
500	ml	1899	8300	15761700
Les bornes d'irrigation		21	100000	2100000
			Total	48481099
			TVA(19%)	9211408.81
			MontantTTC	57692507.81

Tableau VII.6: Estimation de coût des volumes de terrassement de réseau de distribution.

Désignation de travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant (DA)
Déblai	m ³	8259.090	450	3716590.5
Lit de sable	m ³	703.207	1200	843848.4
Remblai	m ³	6995.876	300	2098762.8
Déblai excedenataire	m ³	3575.760	200	715152
			Total	7374353.7
			TVA(19%)	1401127.203
			Montant TTC	8775480.903

VII.3.3: Coût de réservoir de stockage:

Le réservoir de stockage implanté dans le projet d'aménagement hydro-agricole de notre périmètre a les dimensions suivantes:

- Volume : 1000 m³.
- Diamètre : 18 m.
- Hauteur: 4 m .

Tableau VII.7 : Estimation de cout de réservoir de stockage.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1.Terrassement				
Déblai	m ³	290	450	130500
Remblai	m ³	144	300	43200
2.Béton armé	m ³	130	15000	1950000
3.Armoire électrique	Unité	1	2200000	2200000
4.Aménagement extérieur	Unité	-	1530000	10802350
			Total	15126050
			TVA(19%)	2873949
			Montant TTC	18000000

VII.3.4 : Coût totale de projet:

C'est la somme de différentes prix calculées précédemment .

Tableau VII.8: Estimation de coût totale de projet.

Désignation de travaux	Montant TTC (DA)
Réseau d'adduction	33208186.84
Réseau de distribution	66467988.71
Réservoir de stockage	18000000
Prix totale	117676175.6

VII.4 : Planification des travaux:

La planification des travaux consiste à établir un plan détaillé qui organise chronologiquement les différentes étapes d'un projet. Elle vise à optimiser les ressources, les délais et les coûts pour atteindre les objectifs fixés.

VII.4.1: Taches de projet et leur durées:

Les taches à effectuées lors de la réalisation d'un projet d'aménagement hydro-agricole sont les suivants :

- **Préparation du chantier:** Elle englobe tous les travaux de mobilisation et d'implantation de matériels, de matériaux de construction, d'équipement et de main-d'œuvre. Cette opération prend 20 jours.

- **Jalonnement:** Le jalonnement consiste à établir des repères physiques sur le terrain pour délimiter ou marquer des éléments tels que les canalisations, les tracés des tuyaux, ou les emplacements des équipements d'irrigation. Le déroulement de cette opération s'effectue en 15 jours.

- **Excavation de la tranchée:** Elle prend 20 jours.

- **Pose de lit de sable:** Elle se fait dans 30 jours.

- **Bardage des conduits:** Le bardage des conduits se réfère à la pratique de revêtir ou d'entourer des conduits avec un matériau de protection ou d'isolation, et il peut s'étendre sur une période de 10 jours.

- **Installation des conduites:** Elle nécessite une durée de 60 jours.

- **L'emplacement des bornes d'irrigation :** 90 jours sont nécessaires pour cela.

- **Montage et raccordement des conduites:** Le processus s'étend sur une période de 40 jours.

- **Essais des conduites et des joints:** L'opération dure 30 jours.

- **Remblayage des tranchées:** Il lui faut 25 jours.

- **Equipements des ilots d'irrigation:** Elle nécessite une durée de 40 jours.

- **Nivellement et compactage:** 20 jours sont alloués pour cela.

Pour simplifier les calculs des durées de projet par les différentes méthodes il faut renommer les étapes précédentes comme suit:

Tableau VII.9: Symboles et durées des différentes opérations.

Opération	Symbole	Durée(jours)
Préparation du chantier	A	20
Jalonnement	B	15
Excavation de la tranchée	C	20
Pose de lit de sable	D	30
Bardage des conduits	E	10
Installation des conduites	F	60
L'emplacement des bornes d'irrigation	G	90
Montage et raccordement des conduites	H	40
Essais des conduites et des joints	I	30
Remblayage des tranchées	J	25
Equipements des ilots d'irrigation	K	40
Nivellement et compactage	L	20

Les opérations succèdes et précèdes sont les suivants:

Tableau VII.10: Opérations succèdes et précèdes.

Opération	Succède	précède
A	-	B
B	A	C
C	B	D
D	C	E,G
E	D	F
F	E	H
G	D	K
H	F	I
I	H	J
J	I,K	L
K	G	J
L	J	-

VII.4.2 : Déterminations des délais:**VII.4.2.1 : La méthode de PERT:**

L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds avec deux opération peut êtres réalisées simultanément:

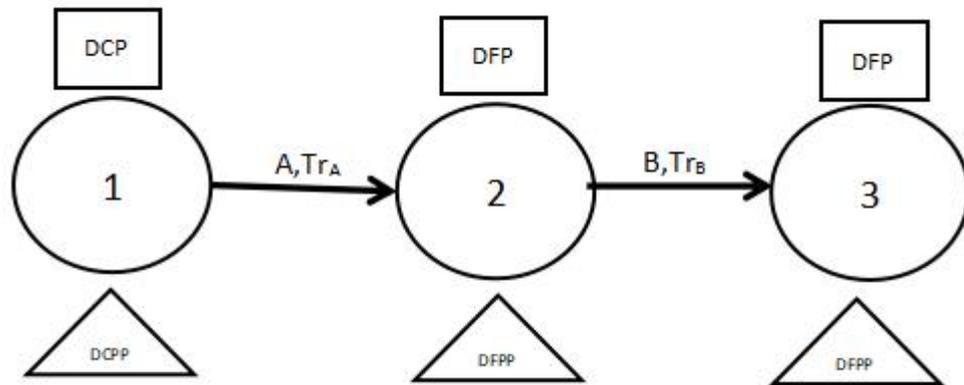


Figure VII.2 : Schéma représentatif de la méthode de PERT.

Avec : - l'opération B succède l'opération A.

- Tr : Temps de réalisation de l'opération.
- DCP: Date de commencement de l'opération.
- DFP : Date de finition de l'opération .
- DCPP: date de commencement de l'opération par le calcul retour.
- DFPP: Date de finition de l'opération par le calcul retour.
- $MT = DCPP - DCP = DFPP - DFP$: marge totale.
- Si $MT=0$ on dit que la taches est critique et l'ensemble de ces taches

est le chemin critique.

-Le chemin critique dans notre projet est : A.B.C.D.E.F.H.I.J.L

- Le temps de réalisation totale de notre projet est : 270 jours.

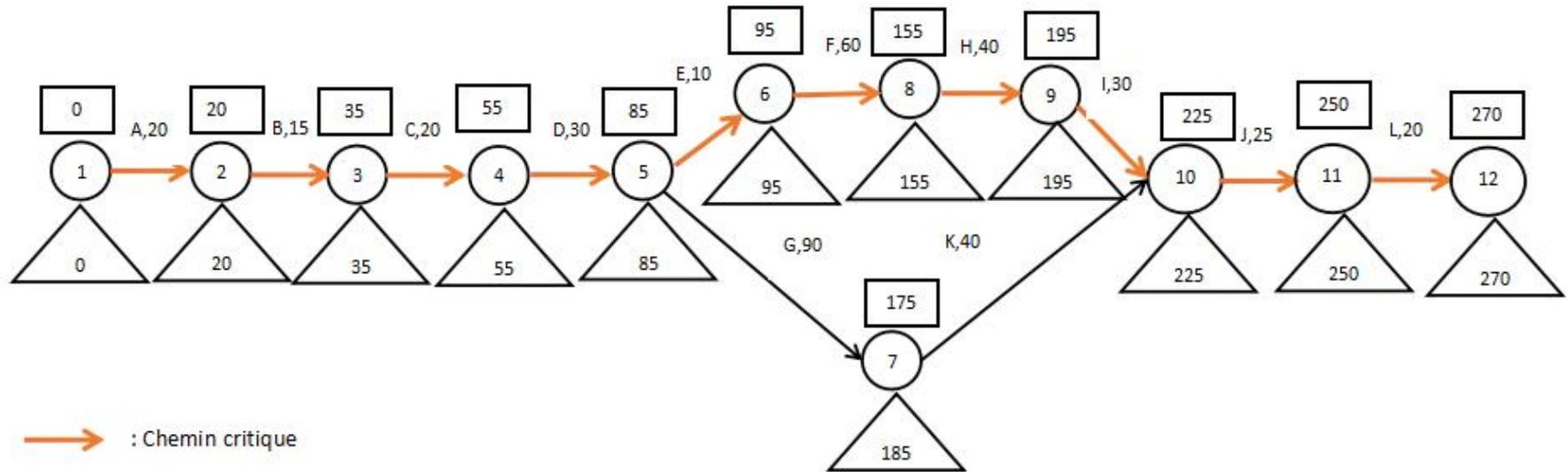


Figure VII.3 : Réseau à flèche.

Conclusion:

L'organisation d'un chantier revêt une importance capitale lors de la construction d'un réseau d'irrigation. Elle vise à atteindre plusieurs objectifs cruciaux : la réduction des coûts, la minimisation de la consommation d'énergie, l'optimisation du temps nécessaire à l'exécution des tâches, et l'amélioration globale de l'efficacité du travail accompli.

Au cours de ce chapitre, nous avons procédé à une évaluation minutieuse de la durée nécessaire pour la réalisation du projet. Cette évaluation a été effectuée en utilisant la méthode du PERT (Program Evaluation and Review technique) pour séquencer les différentes tâches impliquées . De manière complémentaire , cette approche nous a également permis d'établir un devis quantitatif et estimatif. Grâce à ces données, nous avons pu estimer le coût total du projet, qui s'élève à 117676175.6 DA, avec une durée de réalisation de 270 jours.

Conclusion générale

Conclusion générale

Afin d'améliorer l'efficacité de l'irrigation dans la région des Arribs, une approche globale est adoptée, prenant en considération divers indicateurs de performance. Cette démarche exige une compréhension approfondie des données, incluant les caractéristiques agro-pédologiques et climatiques, tout en tenant compte des besoins en eau.

L'analyse de situation climatique montre que la région de Ain Bessem se trouve sous climat semi aride avec une insuffisance des apports pluviométrique nécessite d'irrigation pour maintenir des rendements agricoles stables.

L'aménagement hydro-agricole de l'extension de périmètre des Arribs repose sur un calcul précis des besoins en eau des différentes cultures qui font partie de la vocation agricole de la région. Après avoir déterminé les volumes d'eau nécessaires pour couvrir ce périmètre, volumes assurés par le barrage Lakehal, nous avons opté pour un système d'irrigation comprenant des canalisations souterraines en fonte et en PEHD, équipées de bornes d'irrigation. Nous avons mis en évidence l'importance d'incorporer des techniques modernes, notamment l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et le goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage. Cette démarche revêt une importance cruciale dans notre objectif global d'augmenter les rendements agricoles.

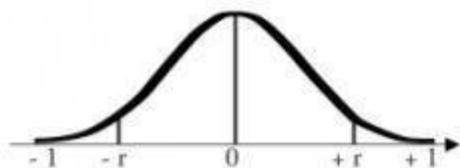
Pour répondre aux exigences tant techniques qu'économiques de notre projet, nous avons mené une étude de management de projet approfondie. Cette étude a révélé que la réalisation de notre projet nécessitera une durée totale de 270 jours et engendrera un coût estimé de 117 676 175,6 DA (Dinars Algériens).

Références Bibliographiques

- A.Phocaidès: Manuel des techniques d'irrigation sous pression.Rome, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture,2008.
- Bétier et al, 1952: Carte géologique de l'Algérie au 1/500000.
- BOUDLAL.Lyas; RAHAL Bedreddine,2019: Contribution à l'étude de faisabilité d'un périmètre d'irrigation (le cas du plateau d'El Asnam 2400 ha).Bouira,Université AKLI Mohand Oulhadje,2019.
- HATTAK.Nesrine. Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Achaacha à partir du barrage Kramis(W.Mostagenem).Blida:ENSH,2020.
- Monographie de la wilaya de Bouira , 2018.
- OUIR.Fatma Zohra: Aménagement hydroagricole du périmètre d'El Eulma (1160ha)secteur 4 à partir du barrage Draa Diss(W.Sétif).Blida, ENSH,2022.
- ZOUAOUI.Said: Contribution du dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion qu niveau au périmètre des Arribs (Secteur 03) Ain Bessem (W.Bouira). Blida: ENSH,2012.

Annexe

Annexe I : Tableau de calcul de Khi carré théorique



d.d.l. \ α	α			
	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,9877	0,9969	0,9995	0,9999
2	0,9000	0,9500	0,9800	0,9900
3	0,8054	0,8783	0,9343	0,9587
4	0,7293	0,8114	0,8822	0,9172
5	0,6694	0,7545	0,8329	0,8745
6	0,6215	0,7067	0,7887	0,8343
7	0,5822	0,6664	0,7498	0,7977
8	0,5494	0,6319	0,7155	0,7646
9	0,5214	0,6021	0,6851	0,7348
10	0,4973	0,5760	0,6581	0,7079
11	0,4762	0,5529	0,6339	0,6835
12	0,4575	0,5324	0,6120	0,6614
13	0,4409	0,5139	0,5923	0,6411
14	0,4259	0,4973	0,5742	0,6226
15	0,4124	0,4821	0,5577	0,6055
16	0,4000	0,4683	0,5425	0,5897
17	0,3887	0,4555	0,5285	0,5751
18	0,3783	0,4438	0,5155	0,5614
19	0,3687	0,4329	0,5034	0,5487
20	0,3598	0,4227	0,4921	0,5368
25	0,3233	0,3809	0,4451	0,4869
30	0,2960	0,3494	0,4093	0,4487
35	0,2746	0,3246	0,3810	0,4182
40	0,2573	0,3044	0,3578	0,3932
45	0,2428	0,2875	0,3384	0,3721
50	0,2306	0,2732	0,3218	0,3541
60	0,2108	0,2500	0,2948	0,3248
70	0,1954	0,2319	0,2737	0,3017
80	0,1829	0,2172	0,2565	0,2830
90	0,1726	0,2050	0,2422	0,2673
100	0,1638	0,1946	0,2301	0,2540

Annexe II: Coefficient culturaux (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
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Canne à sucre	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Luzerne	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4 -0.6

Source : Source : Bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33 tableau 18.

Annexe III: Suit des tableaux des besoins en eau des cultures

Tableau I: Les besoins en eau de l'orge grain.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92	0.3	34.1	0.0	0.3	18.6	0.0
Déc	54.3	38.01	35.83	0.5	56.8	11.4	0.4	14.3	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	0.6	68.2	56.8	0.7	29.7	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97	0.6	68.2	22.7	0.85	44.2	0.0
Mar	36.8	25.76	70.07	0.6	68.2	0.0	0.95	66.6	40.8
Avr	36.8	25.76	104.54	0.6	68.2	0.0	0.75	78.4	52.6
Mai	33	23.1	137.44	0.6	68.2	0.0	0.6	82.5	59.4
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau II : Les besoins en eau de la pomme de terre (S).

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17	0.2	0.5	0.00	0.5	67.6	46.0
Oct	29.4	20.58	97.45	0.4	0.8	0.00	0.8	78.0	57.4
Nov	36.4	25.48	61.92	0.5	1.1	0.00	1.1	68.1	42.6
Déc	54.3	38.01	35.83	0.5	1	0.00	1	35.8	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07						
Avr	36.8	25.76	104.54						
Mai	33	23.1	137.44						
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau III : les besoins en eau d'oignon vert.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92						
Déc	54.3	38.01	35.83						
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07						
Avr	36.8	25.76	104.54						
Mai	33	23.1	137.44	0.3	34.1	0.00	0.5	68.7	45.6
Juin	9.7	6.79	162.09	0.4	45.4	0.00	0.8	129.7	122.9
Juil	5	3.5	192.3	0.5	56.8	0.00	0.95	182.7	179.2
Aou	11.4	7.98	182.19	0.6	68.2	0.00	0.7	127.5	119.6

Tableau IV : Les besoins en eau de l'ail.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17	0.3	34.1	0.0	1.1	148.7	127.1
Oct	29.4	20.58	97.45	0.4	45.4	0.0	1.1	107.2	86.6
Nov	36.4	25.48	61.92	0.5	56.8	0.0	0.9	55.7	30.2
Déc	54.3	38.01	35.83	0.6	68.2	0.0	0.85	30.5	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07						
Avr	36.8	25.76	104.54						
Mai	33	23.1	137.44						
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau V: Les besoins en eau de courgette.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92						
Déc	54.3	38.01	35.83						
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07						
Avr	36.8	25.76	104.54						
Mai	33	23.1	137.44	0.6	68.2	0.0	0.7	96.2	73.1
Juin	9.7	6.79	162.09	0.6	68.2	0.0	1.2	194.5	187.7
Juil	5	3.5	192.3	0.7	79.5	0.0	1	192.3	188.8
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau VI : les besoins en eau de fève.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17						
Oct	29.4	20.58	97.45						
Nov	36.4	25.48	61.92						
Déc	54.3	38.01	35.83						
Jan	43.2	30.24	42.37						
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07	0.6	68.2	0.0	0.5	35.0	9.3
Avr	36.8	25.76	104.54	0.7	79.5	0.00	1.1	115.0	89.2
Mai	33	23.1	137.44	0.7	79.5	0.00	0.9	123.7	100.6
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Tableau VII : les besoins en eau de haricot.

Mois	P moy (mm)	Pe _{eff} (mm)	ET ₀ mm/mois	Z (m)	RFU (mm)	RS _{i-1} (mm)	K _c	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	30.9	21.63	135.17	0.1	11.4	0.00	0.8	108.1	86.5
Oct	29.4	20.58	97.45	0.15	17.0	0.00	1.1	107.2	86.6
Nov	36.4	25.48	61.92	0.2	22.7	0.00	0.95	58.8	33.3
Déc	54.3	38.01	35.83	0.25	28.4	0.00	0.95	34.0	0.0
Jan	43.2	30.24	42.37	0.3	34.1	9.5	0.7	29.7	0.0
Fév	32.4	22.68	51.97						
Mar	36.8	25.76	70.07						
Avr	36.8	25.76	104.54						
Mai	33	23.1	137.44						
Juin	9.7	6.79	162.09						
Juil	5	3.5	192.3						
Aou	11.4	7.98	182.19						

Annexe IV : Fiche technique de la pompe

PM 125/ 2 E	
Caractéristiques requises	
Débit	77 l/s
Hauteur de refoulement	109 m
Fluide	Eau claire
Température	20 °C
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	77 l/s
Hauteur de refoulement	109 m
Puissance absorbée	116 kW
Rendement	73.2%
Hauteur manométrique H(Q=0)	157 m
Orif. de refoulement	125 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	132 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3-
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température max. du liquide pompé	90 °C
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité max.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	1300 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Aubre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Arceau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Étaupe	Fonte
Étaupe	Tresse graphitée

Graphique de la hauteur de refoulement (m) en fonction du débit (l/s). La courbe montre une hauteur de refoulement qui diminue progressivement à mesure que le débit augmente, passant de 157 m à 0 l/s à environ 85 m à 90 l/s.

Caractéristiques de fonctionnement UNISO 2548C

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

Dimensions mm

A = 2128
 B = 1730
 C = 245
 D = 337
 DN_a = 150
 DN_m = 125
 E = 181
 F = 300
 G = 1130
 H = 481
 I = 780
 L = 710
 M = 22
 N = 160
 O = 50
 P = 475
 Q = 795
 R = 941
 V = 320

Schéma technique de la pompe montrant les dimensions A à V.

Annexe IV : Nouvelle gamme des asperseur de type Perrot

Diamètres des buses	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar) X	
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5										
mm	Portée en m					Distances entre arroseurs									
4,2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,0	15,8	15,9	16,3	16,7	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6,0	16,4	16,5	16,7	17,2	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7,0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
ZB 22/ZB 22W	Consommation d'eau					Précipitations									
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33	2,3	3,1	2,5	3,4	2,7	3,6	2,9	3,9	3,1	4,1
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	2,6	3,5	2,9	3,9	3,1	4,2	3,3	4,4	3,5	4,7
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74	3,0	4,0	3,3	4,4	3,5	4,7	3,8	5,1	4,0	5,4
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5	4,4	5,8
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04	3,5	4,7	3,9	5,2	4,2	5,6	4,4	5,9	4,7	6,3
6,0	1,89	2,07	2,24	2,39	2,54	4,7	6,3	5,1	6,9	5,6	7,4	5,9	7,9	6,3	8,4
7,0**	2,53	2,77	2,99	3,19	3,39	6,4	8,5	7,0	9,3	7,5	10,1	8,1	10,8	8,6	11,4