



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, secteur de Bir-Ghbalou (200ha) partie nord, à partir du barrage LEKHAL (wilaya de Bouira)

Présenté par :
ADDAD Meriem

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C. B	Examineur
SAIL Nadhira	M.C. B	Examineur
KERID Rachid	M.C. A	Examineur
BOUZIANE Omar	M.A. A	Promoteur

Session Septembre 2024

DEDICACES

À ma chère mère,

C'est avec une immense gratitude que je vous dédie ce mémoire. Votre dévouement sans faille et votre amour infini ont été les piliers de mes réussites

À mon père bien-aimé,

Ce chapitre académique s'achève avec l'accomplissement de tes rêves pour moi. Ta confiance et ton amour m'ont accompagné à chaque étape

À ma chère grand-mère,

Je vous dédie ce mémoire en signe de gratitude pour votre amour et votre sagesse. Votre force et vos conseils m'ont guidé tout au long de ce parcours, et je vous en suis profondément reconnaissant.

À la mémoire de ma tante, ZENDAGUI Nouria,

Ce mémoire vous est dédié avec tout mon amour et ma gratitude. Bien que vous ne soyez plus parmi nous, votre bienveillance et votre présence ont marqué ma vie de manière profonde. Vos souvenirs m'accompagnent et m'inspirent chaque jour. Que ce travail soit un hommage à la belle personne que vous étiez.

À mes chères sœurs Amina, Douaa, et Tesnim

À mes chères cousines Soumia, Ibtissem, et Chahinez et ma tante Yasmina

A mon oncle ZENDAGUI Abdelkrim

A Tous ceux qui m'ont apporté de l'aide, de près ou de loin.

À tous mes proches et à ma famille

Remerciement

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance envers Dieu Tout-Puissant pour, Son pardon et la persévérance qu'Il m'a accordée, me permettant ainsi de mener à bien ce mémoire scientifique.

Je tiens à remercier chaleureusement mon encadrant, Monsieur BOUZIANE Omar, pour ses précieux conseils et son soutien constant tout au long de l'élaboration de ce travail. Ses orientations ont été déterminantes pour la précision et la qualité de mes recherches.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien durant cette période, en particulier Mlle ZENDAGUI Chahinez, pour les informations indispensables qu'elle m'a fournies, ainsi que monsieur NOUIGA Adil, qui n'a jamais hésité à me guider avec ses précieux conseils.

Enfin, un grand merci aux membres du jury pour leur lecture attentive et leur évaluation rigoureuse de mon travail

ملخص

يهدف هذا البحث إلى إنشاء نظام ري فعال في منطقة بئر غبالو التي تبلغ مساحتها 200 هكتار، وتقع في سهول عريب. بعد تحليل مفصل للبيانات المناخية وخصائص التربة، قمنا بتصميم شبكة توصيل مياه مناسبة، تجمع بين الري بالرش والري بالتنقيط. يهدف هذا المشروع إلى الاستخدام الأمثل للمياه القادمة من سد لكحل، وتحسين الإنتاجية الزراعية وتحديث الممارسات الزراعية في المنطقة.

Résumé

L'objectif de ce mémoire est de mettre en place un système d'irrigation performant sur le périmètre de Bir-Ghbalou (200 ha), situé dans les plaines des Arribs. Après une analyse détaillée des données climatiques et des caractéristiques du sol, nous avons dimensionné un réseau d'adduction d'eau adapté, combinant l'irrigation par aspersion et par goutte-à-goutte. Ce projet vise à optimiser l'utilisation de l'eau provenant du barrage Lakhel, à améliorer la productivité agricole et à moderniser les pratiques agricoles dans la région.

Abstract

The primary objective of this thesis is to implement a high-performance irrigation system within the Bir-Ghbalou perimeter (200 hectares), located in the Arribs plains. Following a detailed analysis of climatic data and soil characteristics, we have designed a suitable water supply network combining both sprinkler and drip irrigation. This project aims to optimize the use of water from the Lakhel dam, enhance agricultural productivity, and modernize agricultural practices in the region."

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES	
I.1. INTRODUCTION.....	2
I.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE BOUIRA	2
I.3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	3
I.3.1 Présentation de la plaine des Arribs	3
I.3.2 Présentation de l'extension de périmètre des Arribs.....	3
I.3.3 Présentation de la zone d'étude.....	3
I.3.4 Aperçu géologique.....	4
I.3.5 Réseau hydrographique de la zone d'étude	6
I.3.6 Analyse de la situation climatique	7
I.3.7 Calcul des indices Agro-météorologiques	13
I.4. Etude socio-économique et importance de l'agriculture.....	15
CONCLUSION.....	16
Chapitre II : RESSOURCES EN SOL-RESSOURCES EN EAU	
II.1. INTRODUCTION.....	18
II.2. RESSOURCES EN EAU	18
II.2.1 Barrage Lakehal	18
II.2.2 Caractérisation de la qualité des eaux du barrage Lakehal	19
II.2.3 Classification des eaux d'irrigation	19
II.3. RESSOURCES EN SOL.....	21
II.3.1 Classification des sols	21
II.3.2 Analyse physico-chimique des sols	22
II.3.3 Évaluation des aptitudes culturales.....	25
II.4. CALCUL DE LA PLUIE	25
II.4.1 Présentation de la station pluviométrique	25
II.4.2 Analyse des précipitations annuelles moyennes	25
II.4.3 L'ajustement des pluies annuelles.....	28
II.4.4 Test de fiabilité des ajustements	30
II.4.5 Détermination de l'année de calcul.....	31
CONCLUSION.....	31
CHAPITRE 03 : BESOIN EN EAU DES CULTURES	

III.1.	INTRODUCTION	33
III.2.	LE CHOIX DES CULTURES A CULTIVER.....	33
III.3.	BESOINS EN EAU D'IRRIGATION	33
III.3.1	Calcul des besoins en eau	33
III.3.2	Calcul de l'évapotranspiration référence (ET0).....	34
III.3.3	Calcul de la pluie efficace.....	35
III.3.4	Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM).....	36
III.3.5	Calcul de la réserve en eau du sol RSi-1.....	36
III.3.6	Calcul de la réserve en eau du sol restante	36
III.4.	ASSOLEMENTS DES CULTURES (CHOIX DES CULTURES).....	37
III.4.1	Surface occupée par les cultures	37
III.4.2	Les cycles végétatifs des cultures	38
III.5.	ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES.....	38
III.6.	CALCUL DES BESOINS EN EAU POUR LES ASSOLEMENTS 1 ET 2.....	43
III.7.	CALCUL DU DEBIT SPECIFIQUE	44
III.8.	LE DEBIT CARACTERISTIQUE.....	44
III.9.	LES VOLUMES D'EAU D'IRRIGATION	45
	CONCLUSION.....	45
CHAPITRE IV : ETUDE DE SYSTEME D'ADDUCTION-DISTRIBUTION		
IV.1.	INTRODUCTION	47
IV.2.	ALIMENTATION EN EAU DU PERIMETRE DE BIR-GHBALOU	47
IV.3.	STRUCTURE ET ORGANISATION DU PERIMETRE	47
IV.4.	CALCUL HYDRAULIQUE DES POINTS DE DISTRIBUTION	48
IV.4.1	Choix du diamètre adéquat pour la borne	48
IV.4.2	Détermination du type de bornes	48
IV.5.	DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT DU PERIMETRE DE BIR-GHBALOU	49
IV.6.	ETUDE DU SYSTEME DE POMPAGE	49
IV.6.1	Généralités sur les pompes.....	49
IV.6.2	Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation	50
IV.6.3	Calcul des frais d'amortissement.....	52
IV.6.4	Calcul des frais d'exploitation	53
IV.6.5	Bilan global des coûts et sélection du diamètre	54
IV.7.	CHOIX DE NOMBRE ET DE TYPE DE POMPE	55
IV.8.	VERIFICATION DU RISQUE DE LA CAVITATION.....	56

IV.9.	DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR DE STOCKAGE	57
IV.10.	SYSTEME D'ADDUCTION-DISTRIBUTION.....	58
IV.11.	CHOIX DU MATERIAU DES CONDUITES	58
IV.12.	DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DU RESEAU.....	58
IV.12.1	Vitesses admissibles	58
IV.12.2	Calculs hydrauliques	59
IV.12.3	Calcul des pressions des nœuds et des bornes.....	59
	CONCLUSION.....	63

Chapitre V : CHOIX DE LA TECHNIQUE D'IRRIGATION

V.1.	INTRODUCTION.....	65
V.2.	CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION.....	65
V.3.	CATEGORIES DES TECHNIQUES D'IRRIGATION	65
V.4.	L'IRRIGATION GRAVITAIRE	65
V.4.1	L'irrigation par ruissellement	66
V.4.2	L'irrigation à la raie.....	66
V.4.3	L'irrigation par submersion.....	66
V.4.4	Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité :	66
V.5.	L'IRRIGATION PAR ASPERSION.....	67
V.5.1	Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :	67
V.5.2	Types d'installations au niveau des parcelles	68
V.6.	SYSTEME D'IRRIGATION LOCALISEE	69
V.6.1	Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.....	70
V.7.	CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ARROSAGE	70
	CONCLUSION.....	70

CHAPITRES VI : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

VI.1.	INTRODUCTION	72
VI.2.	DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION PAR ASPERSION.....	72
VI.2.1	Données générales	72
VI.2.2	Dimensionnement de l'asperseur.....	72
VI.2.3	Les paramètres d'arrosage	73
VI.2.4	Calcul hydraulique des rampes et porte rampe	74
VI.3.	DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE 76	
VI.3.1	Données générales	76
VI.3.2	Besoins hydriques en irrigation localisée	77
VI.3.3	Dose nette pratique	77

VI.3.4	Fréquence d'irrigation et besoins en eau des cultures	78
VI.3.5	Calcul de la dose réelle	78
VI.3.6	Calcul de la dose brute.....	78
VI.3.7	Durée d'arrosage	78
VI.3.8	Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe	78
VI.3.9	Les débits de rampes et la porte rampe.....	79
VI.3.10	Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe.....	79
VI.3.11	Calcul des pertes de charge	79
CONCLUSION.....		80
CHAPITRE VII : MANAGEMENT DU PROJET		
VII.1.	INTRODUCTION	82
VII.2.	LES PHASES DE REALISATION D'UN RESEAU D'IRRIGATION	82
VII.3.	VOLUMES DE TERRASSEMENT	82
VII.3.1	Dimensions des tranchées	82
VII.3.2	Calcul des volumes de terrassement.....	84
VII.4.	COUT DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT	85
VII.5.	COUT DE POSE DES CONDUITES	86
VII.6.	LE RESERVOIR DE STOCKAGE.....	87
VII.7.	DEVIS ESTIMATIF DU PROJET	88
VII.8.	ORGANISATION DU CHANTIER	88
VII.8.1	Taches de projet et leur durées	88
VII.8.2	Déterminations des délais.....	89
CONCLUSION.....		91
CONCLUSION GENERALE		93

LISTE DES FIGURES

Figure I-1: situation géographique de la wilaya de Bouira.....	2
Figure I-2 : situation géographique de la commune de Bir-Ghbalou	4
Figure I-3 : carte géologique de la zone d'étude (B et al 1952)	6
Figure I-4 : carte du réseau hydrographique de la zone d'étude.....	7
Figure I-5 : histogramme de la pluie moyenne mensuelle.....	8
Figure I-6 : Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Ain Bessem)	9
Figure I-7 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s).....	10
Figure I-8 : Evolution de l'humidité moyennes mensuelles en (%)	11
Figure I-9 : Variation de l'insolation moyennes mensuelles en heurs	12
Figure I-10: Répartition des jours de sirocco.....	13
Figure I-11: le digramme bioclimatique d'Emberger.....	14
Figure I-12: le digramme ombrothermique de Gaussen	15
Figure II-1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	20
Figure II-2: Triangle des textures des sols.	24
Figure II-3: Statistiques descriptives obtenue par le logiciel HYFRAN	29
Figure II-4 : Courbes d'ajustement des pluies aux la loi normale et log-Normale.....	30
Figure IV-1 : Bilan total des frais.....	55
Figure V-1: irrigation par planches	66
Figure V-2: irrigation par asperseurs	67
Figure V-3 : irrigation par enrouleur.....	68
Figure V-4 : irrigation par pivot.....	69
Figure V-5 : irrigation goutte à goutte	69
Figure VII-1 : profil en travers d'une tranchée	83
Figure VII-2 : Schéma représentatif de la méthode de PERT.....	90

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: Répartitions des superficies par secteur dans le périmètre existant.....	3
Tableau I.2: données climatiques.....	7
Tableau I.3: données de précipitations.....	8
Tableau I.4 : Les températures moyennes mensuelles (ONM Ain Bessem,1993-2018).....	9
Tableau I.5: Les vitesses moyennes mensuelles du vent (ONM Ain Bessem,1993- 2018).....	10
Tableau I.6: L'humidité relative moyenne mensuelle (%) (ONM Ain Bessem ,1993- 2018) .	10
Tableau I.7: L'insolation moyenne mensuelle en heurs (ONM Ain Bessem ,1993- 2018)	11
Tableau I.8: Les valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco (ONM).....	12
Tableau I.9: Indice d'aridité de Martonne.....	13
Tableau II.1: Résultats d'analyse de l'eau de barrage Lakehal.....	19
Tableau II.2: Résultats des analyses physico-chimiques de l'extension de périmètre des Arribs (Laboratoire d'analyse des sols Ain Defla, 2022).....	23
Tableau II.3 : les caractéristiques hydrodynamiques des sols limono-argileux.....	25
Tableau II.4: Caractéristiques de la station météorologiques Ain Bessem.	25
Tableau II.5: Précipitation moyenne mensuelles de la station de Ain Bessem	26
Tableau II.6: Caractéristiques de la série pluviométrique de pluies annuelles	27
Tableau II.7:les paramètres de test de KHI carré	30

Tableau II.8: Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi normale.....	31
Tableau II.9: les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche	31
Tableau III.1: Évapotranspiration de référence ET0 calculée par le logiciel COPWAT	35
Tableau III.2: Pluie efficace.	36
Tableau III.3: Assolements des cultures.....	37
Tableau III.4: occupation du sol du périmètre	37
Tableau III.5: calendrier d'occupation des sols	38
Tableau III.6: les besoins nets (mm) pour l'assolement 1	43
Tableau III.7: les besoins nets (mm) pour l'assolement	43
Tableau III.8: les volumes d'eau d'irrigation annuelles.....	45
Tableau IV.1: Choix du diamètre de la borne.....	48
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix de type de bornes.....	49
Tableau IV.3: calcul de la HMT pour les différents diamètres.....	52
Tableau IV.4: Calcul de frais d'investissement.	53
Tableau IV.5: calcul des frais d'exploitations	54
Tableau IV.6 : bilan total.....	54
Tableau IV.7: choix de pompe.....	56
Tableau IV.8 : les dimensions du réservoir du stockage	58
Tableau IV.9 : calcul hydraulique du réseau de distribution	61
Tableau VI.1 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion.....	76
Tableau VI.2: Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte	80
Tableau VII.1: calcul des volumes de terrassements	85
Tableau VII.2: Estimation du cout des travaux de terrassement.....	86
Tableau VII.3 : les couts de pose des conduites.....	86
Tableau VII.4 : les couts du réservoir de stockage	87
Tableau VII.5: estimation du devis estimatif du projet.....	88
Tableau VII.6 : Symboles et durées des différentes opérations.	89
Tableau VII.7 : Opérations succèdes et précèdes.....	89

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture est un secteur vital pour toute économie. Elle assure la sécurité alimentaire, contribue à la croissance économique et joue un rôle clé dans le développement durable. En 2018, elle représentait 4 % du PIB mondial, témoignant de son importance dans l'économie globale.

En Algérie, l'agriculture, bien qu'essentielle à l'économie, est confrontée à de sérieux défis liés à la raréfaction des ressources en eau, conséquence directe d'un climat de plus en plus aride. Pour faire face à cette situation et assurer la sécurité alimentaire du pays, l'État a mis en place des politiques visant à stimuler la production agricole

La wilaya de Bouira, réputée pour son potentiel agricole, notamment dans la plaine des Arribs, souffre d'un manque d'infrastructures d'irrigation modernes. Ce manque constitue un frein majeur au développement hydro-agricole de la région, qui pourrait ainsi exploiter pleinement ses terres fertiles

Ce mémoire vise à concevoir un réseau d'irrigation optimisé pour le périmètre de Bir-Ghbalou, d'une superficie de 200 hectares, situé dans la wilaya de Bouira alimenté par le barrage Lakhel. Nous procéderons à une analyse détaillée des caractéristiques pédoclimatiques de la zone, à une évaluation des besoins en eau et à une simulation du réseau d'irrigation. Enfin, nous estimerons le coût global du projet.

Chapitre I :
ANALYSE DES CONDITIONS
NATURELLES

I. Chapitre I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES

I.1. INTRODUCTION

Le périmètre d'étude est localisé dans la région de Bir-Ghbalou, au sein de la wilaya de Bouira. Les caractéristiques physiques de ce territoire constituent un élément clé pour la mise en place d'un aménagement hydro-agricole optimal et d'un système d'irrigation adapté. En effet, ces caractéristiques, résultant des conditions climatiques locales, déterminent les besoins en eau des cultures aux différents stades de leur développement. Cette section se propose d'analyser en détail la situation géographique, les aspects géomorphologiques et bioclimatiques de la région de Bir-Ghbalou.

I.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE BOUIRA

La Wilaya de Bouira, dont fait partie notre zone d'étude se situe dans la région Nord – Centre du pays, à environ 120 Km au Sud Est d'Alger, s'étend sur une superficie totale de 4454 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.

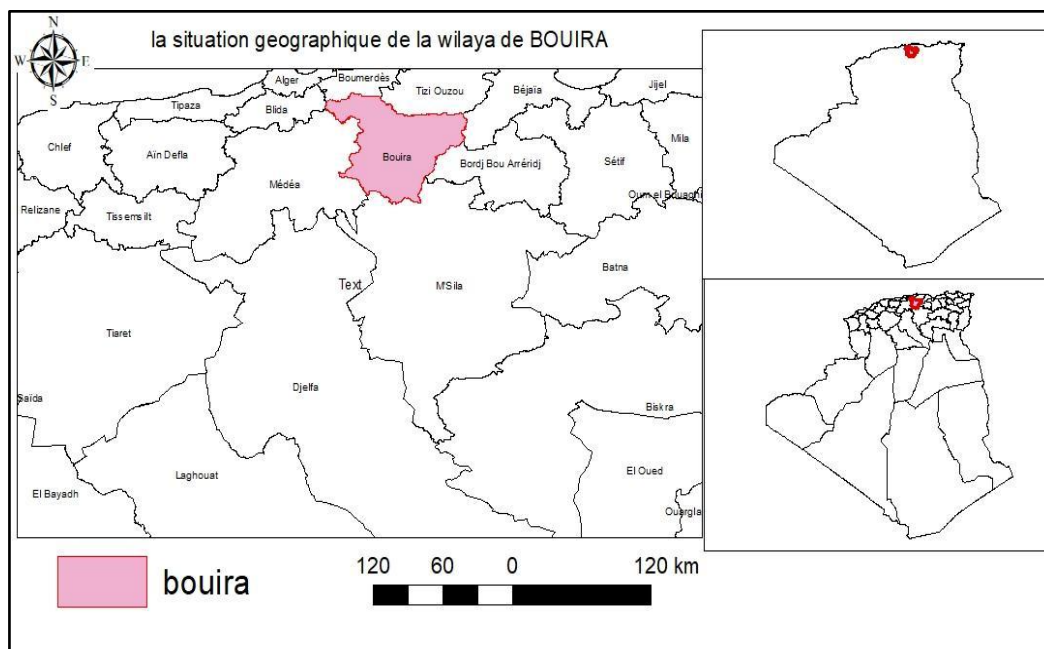


Figure I-1: situation géographique de la wilaya de Bouira

I.3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.3.1 Présentation de la plaine des Arribs

Le périmètre DES ARRIBS est limité au Nord, par l'oued BOU DJAAFAR et au Sud par la chaîne montagneuse de SOUR-EL-GHOZLANE, à l'Est par Oued FAHEM et à l'Ouest par l'oued KARARIF.

Le périmètre existant s'étend sur une superficie totale de 2200 Hectares, est prévue à partir du barrage d'Ain Lakhel. Il englobait non seulement la commune d'Ain-Bassem, il prend part à plus de 600 hectares dans la commune de Bir-Ghabalou, et plus de 655 hectares dans la commune de Raouraoua. Il est de forme trapézoïdale sur une superficie de 2 238 hectares irrigables, il s'étend à l'ouest jusqu'à Bir-Ghabalou et au nord-est jusqu'à Ain-Bassem et à l'Ouest vers Raouraoua,

La plaine des Arribs, située approximativement à 36° 23' nord, 3° 54' est

Le périmètre se divise en trois (03) secteurs, représenté dans le tableau 01.

Tableau I.1: Répartitions des superficies par secteur dans le périmètre existant

SECTEURS	CP1	CP2	CP3
SUPERFICIE (ha)	300	1500	400
ALTITUDES (m)	686.16	643.95	723.70

I.3.2 Présentation de l'extension de périmètre des Arribs

L'extension de la plaine des Arribs, s'étend sur une superficie de 2800 hectares, contemple les zones :

- La zone de Ain Bessam : 600 ha
- La zone de Bir-Ghbalou : 1200 ha
- La zone de Raouraoua : 1000 ha

I.3.3 Présentation de la zone d'étude

Notre périmètre d'étude se situe dans la zone de Bir-Ghbalou, s'étend sur une superficie de 200 hectares, irrigue à partir du barrage d'oued Lakhel. La commune de Bir-Ghbalou se situe du côté nord-est de la wilaya de Bouira

Les limites de la commune de Bir-Ghbalou sont les suivantes :

- À l'est : la commune d'Ain Bessem
- À l'ouest : la commune de Sedraia dans la wilaya de Médéa
- Au nord : la commune d'El Azizia wilaya de Médéa
- Au sud : la commune de Raouraoua

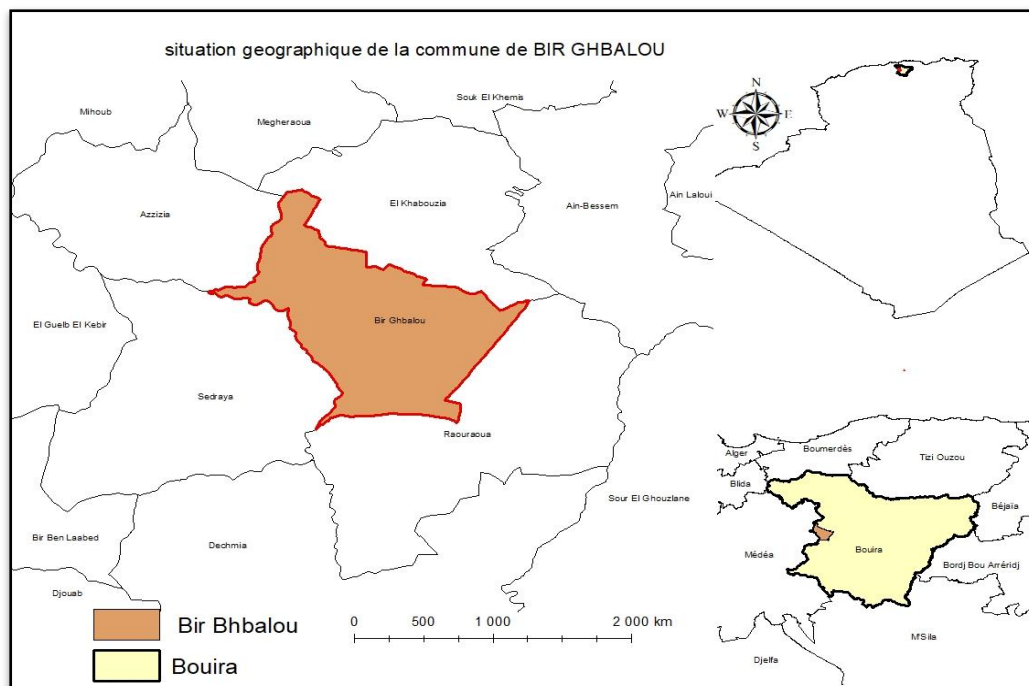
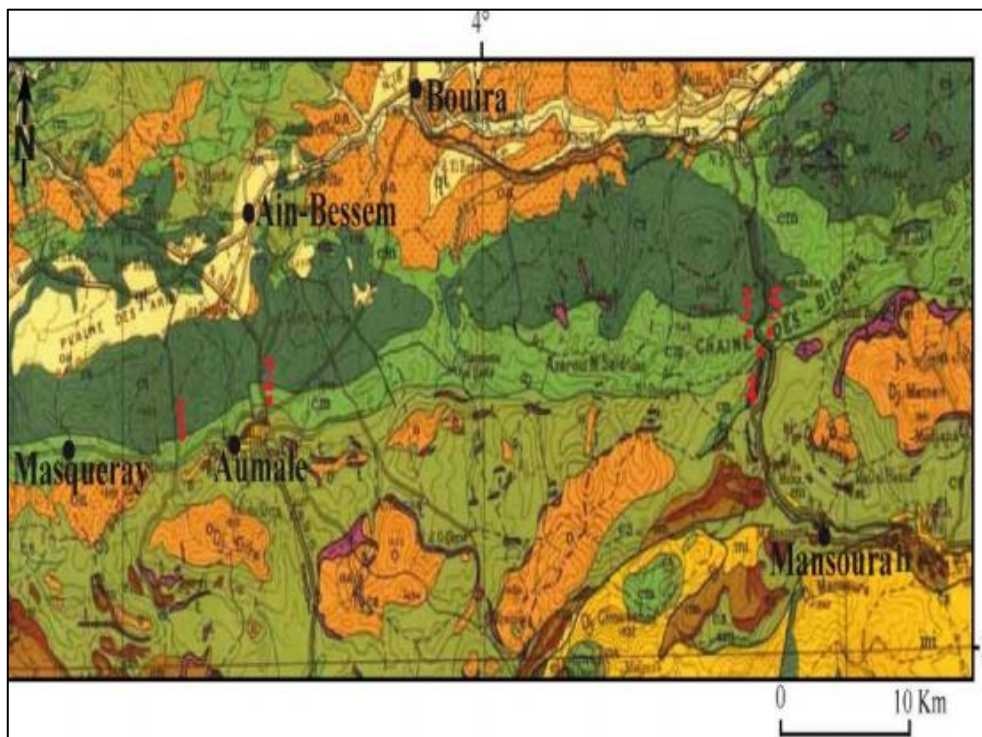


Figure I-2 : situation géographique de la commune de Bir-Ghbalou

I.3.4 Aperçu géologique

La géologie de la zone d'étude est caractérisée par une alternance de sédiments marins (crétacés, miocènes, quaternaires) et de formations évaporitiques (diapirs triasiques). La région est structurée par des plis et des failles liés à la convergence des plaques tectoniques



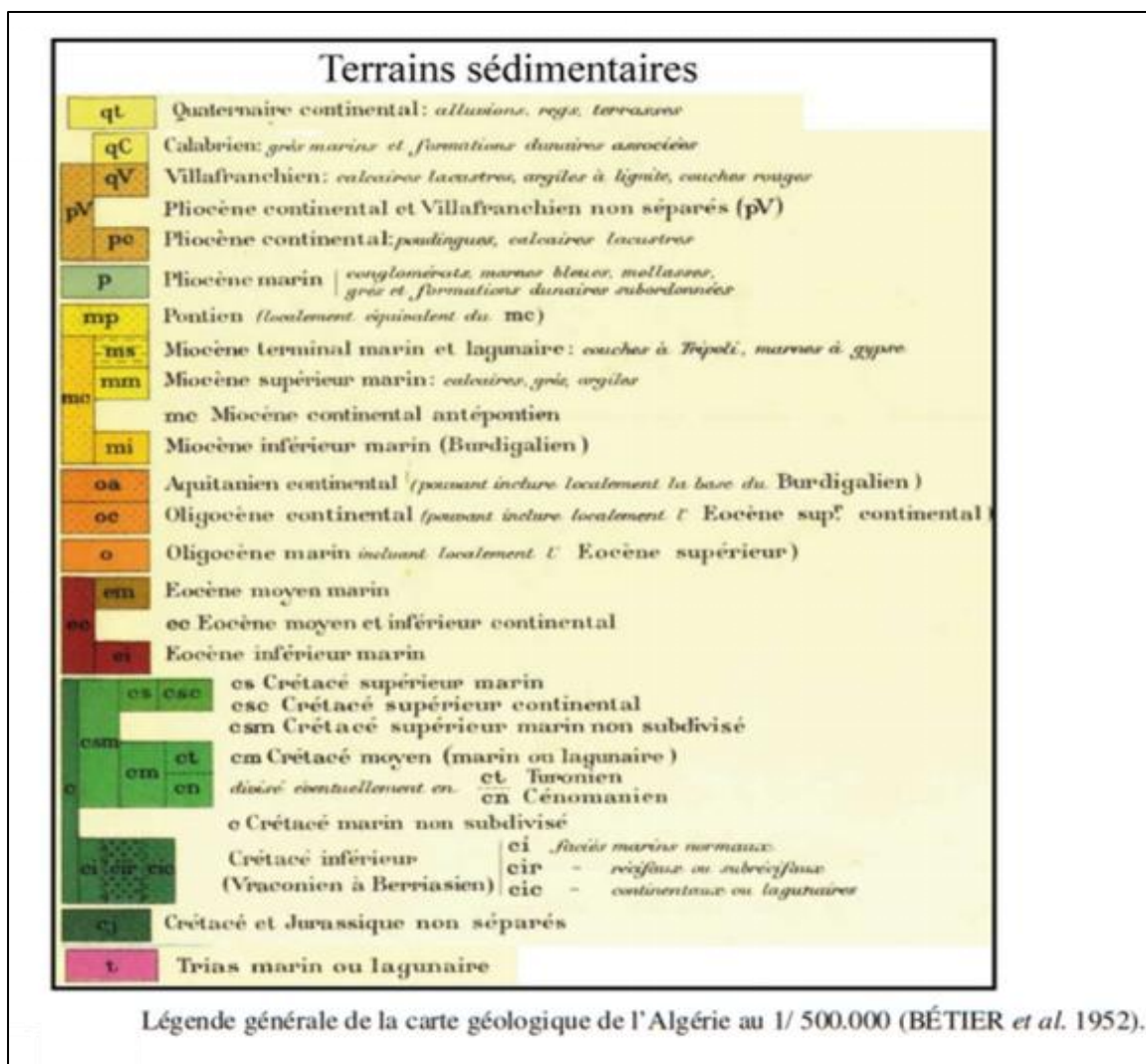


Figure I-3 : carte géologique de la zone d'étude (B et al 1952)

I.3.5 Réseau hydrographique de la zone d'étude

Le périmètre de Bir-Ghbalou est situé sur la ligne de partage des eaux du bassin versant des monts de Dirah, déversées dans l'Oued Lekhal (long de 165 km de Sour-Ghozlane). La construction du barrage Lakhel, fit réduire considérablement les conditions diverses du régime de L'OUED LAKHEL

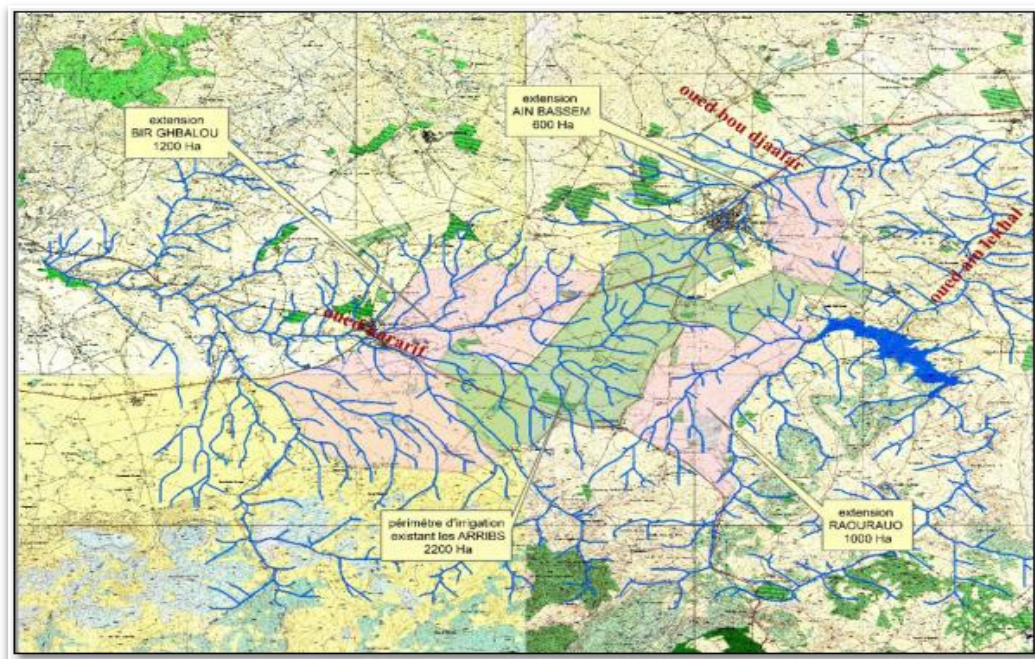


Figure I-4 : carte du réseau hydrographique de la zone d'étude

I.3.6 Analyse de la situation climatique

La compréhension des conditions climatiques est importante pour tous les projets. En particulier l'irrigation, car ils influencent directement les besoins en eau des cultures et la disponibilité de l'eau ainsi que la gestion des ressources halieutiques. La variabilité climatique qui a un impact sur les précipitations dans votre région est l'un des principaux facteurs influençant la disponibilité des ressources en eau.

I.3.6.1 Choix de la station météorologique

Les données climatiques illustrées ci-après sont collectées, auprès de la station

Tableau I.2: caractéristiques de la station météorologique Ain Bessem

Nom de la station	Coordonnées UTM		Altitude	Période d'observation	Nombre d'années d'observation
	Atitude	Longitude			
AIN BESSEM	36°19'	3°32 E	748	1989-2018	30

Source (ONM)

I.3.6.2 La pluviométrie

Afin d'évaluer précisément les besoins en eau pour l'irrigation, il est indispensable de connaître les précipitations moyennes mensuelles dans la zone d'étude et d'analyser leur évolution au cours du temps. Les données pluviométriques recueillies entre 1979 et 2018, présentées dans le tableau ci-dessous, sont cruciales pour cette évaluation

Tableau I.3: données de précipitations

P (mm)	Sept	oct.	nov.	dec	Jan	Fév	Mar s	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Annuel le
Mois	33,4	32,8	42,9 6	60,8 5	51,3	50,9	46,4	48,9	37,32	10,8	6,4	12,39	434,46

SOURCE : ONID AIN BESSEM

Selon le tableau, le régime pluviométrique de la région de Bir-Ghbalou révèle une saison sèche s'étendant de juin à août, où les précipitations moyennes varient de 6,5 à 12 mm. En revanche, les autres mois connaissent des pluies abondantes, avec des précipitations allant de 42,96 à 60,85 mm.

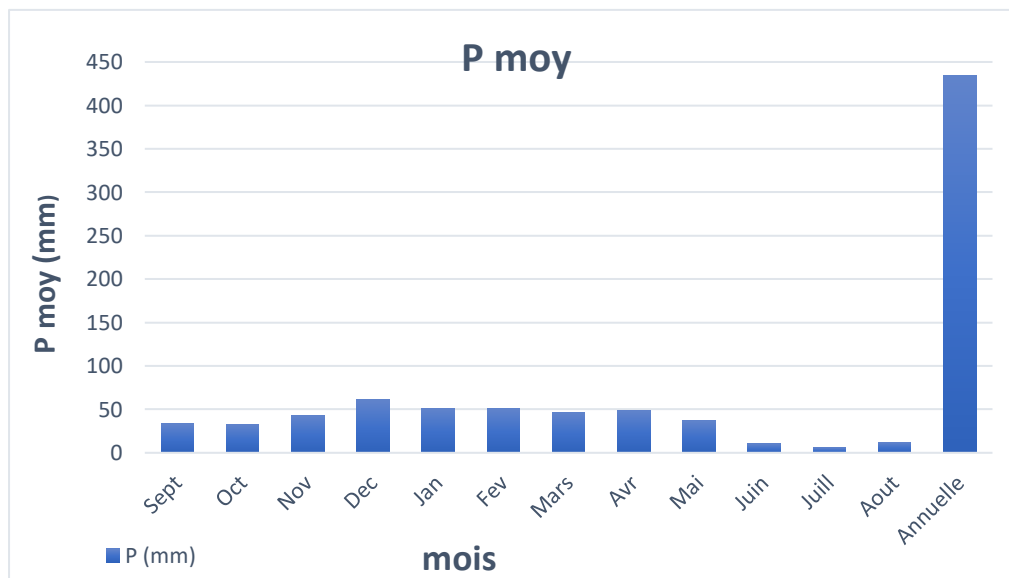


Figure I-5 : histogramme de la pluie moyenne mensuelle

Les précipitations de la région (en 2018) sont variables et connaissent leur maximum au mois de décembre (109.5mm).

I.3.6.3 La température

La température du climat joue un rôle important dans le processus de l'évapotranspiration. L'évapotranspiration est le processus par lequel les plantes se dessèchent, ce qui limite par conséquent la croissance des plantes et précise leurs aires de répartition. Les relevés mensuels moyens des températures ont été enregistrés par la station météorologique de Ain Bessem.

La distribution moyenne mensuelle de la température de l'air est représentée ci-après :

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

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	T.M
Tmin°C	0.9	-1.2	0.8	5.5	5.1	8	14.8	17	14	7.3	5.1	-0.4	6.4
Tmoy°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
Tmax°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, la région de Bir-Ghbalou 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.

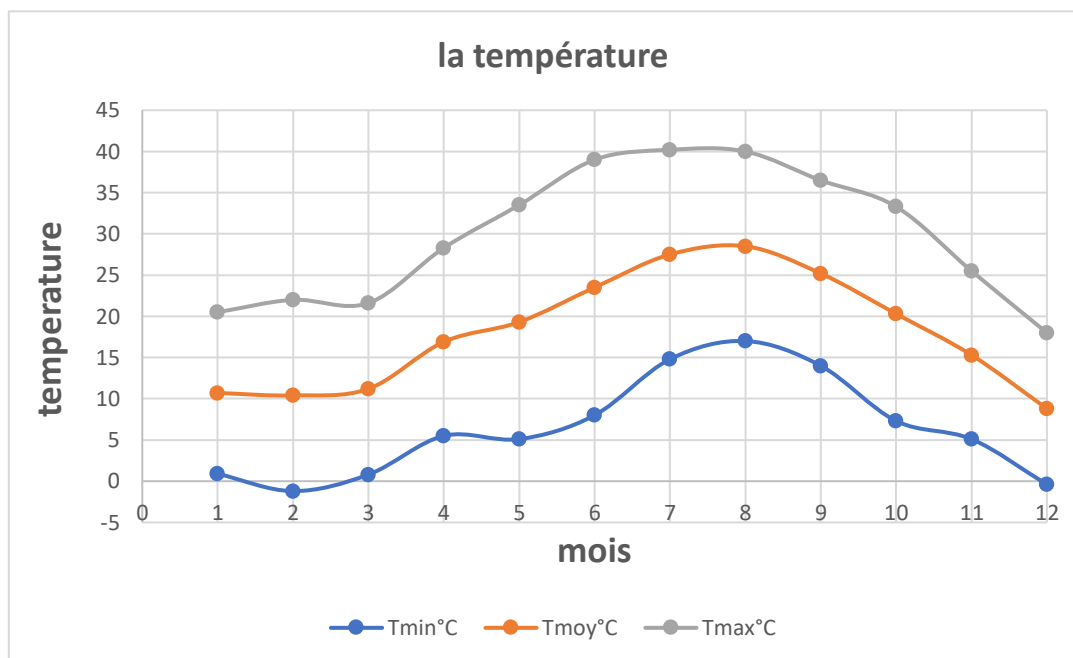


Figure I-6 : Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Ain Bessem)

I.3.6.4 Le vent

Le vent est un paramètre très important qui entre la projection du système d'irrigation surtout dans le cas où on utilise l'aspersion, il est caractérisé par sa direction et sa vitesse.

Tableau I.5: Les vitesses moyennes mensuelles du vent (ONM Ain Bessem,1993- 2018)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
V (m/s)	4.4	4.8	4.4	3.7	3.3	3.6	3.4	3.4	3.4	3.1	4.7	4.1	3.9

SOURCE : ONID AIN BESSEM

L'analyse de ce tableau montre une stabilité des vitesses tout le long de l'année, elle varie de 3.1m/s à 4.8m/s

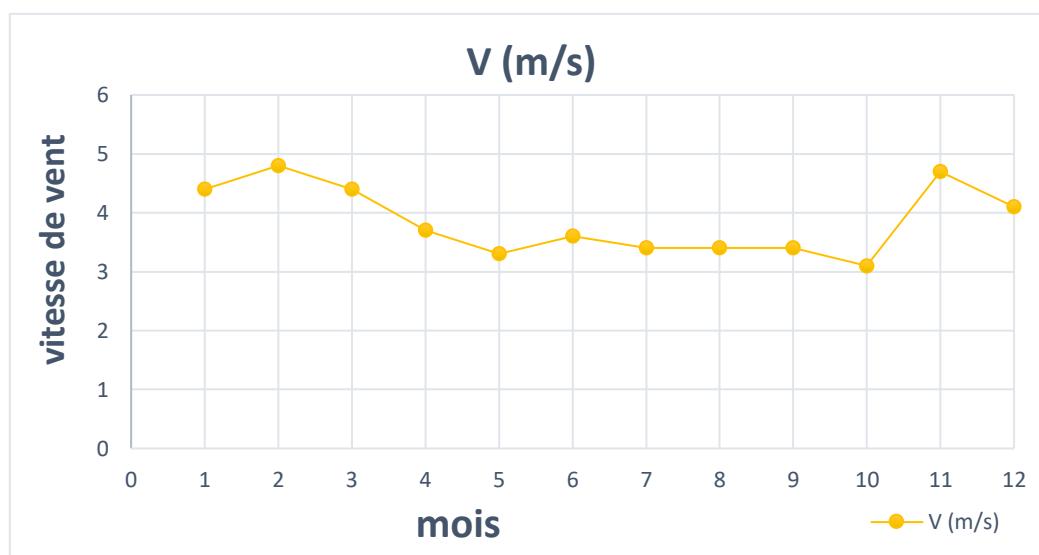


Figure I-7 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s)

I.3.6.5 L'humidité relative

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

La distribution spatiale des valeurs de l'humidité de l'air et variations journalières et annuelles, peuvent être modifiées par l'action des facteurs locaux.

Tableau I.6: L'humidité relative moyenne mensuelle (%) (ONM Ain Bessem ,1993- 2018)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Humidité (%)	74	69	79	63	62	35	43	45	57	55	66	80	61

SOURCE : ONID AIN BESSEM

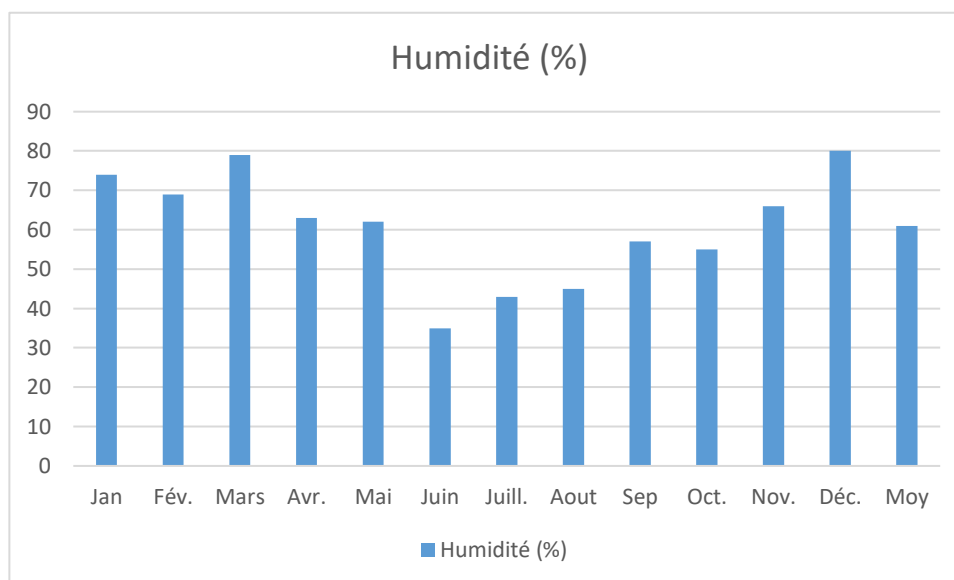


Figure I-8 : Evolution de l'humidité moyennes mensuelles en (%)

L'humidité de l'air étant conditionnée par la température de l'air elle varie inversement à celle-ci, elle reste néanmoins stable et varie entre 35 et 80%.

I.3.6.6 L'insolation

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de la station météorologique O.N.M d'Ain BESSEM présenté dans le tableau :

Tableau I.7: L'insolation moyenne mensuelle en heures (ONM Ain Bessem ,1993- 2018)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
L'insolation(h)	175	182	201	297	346	326	368	348	250	258	153	153

SOURCE : ONID AIN BESSEM

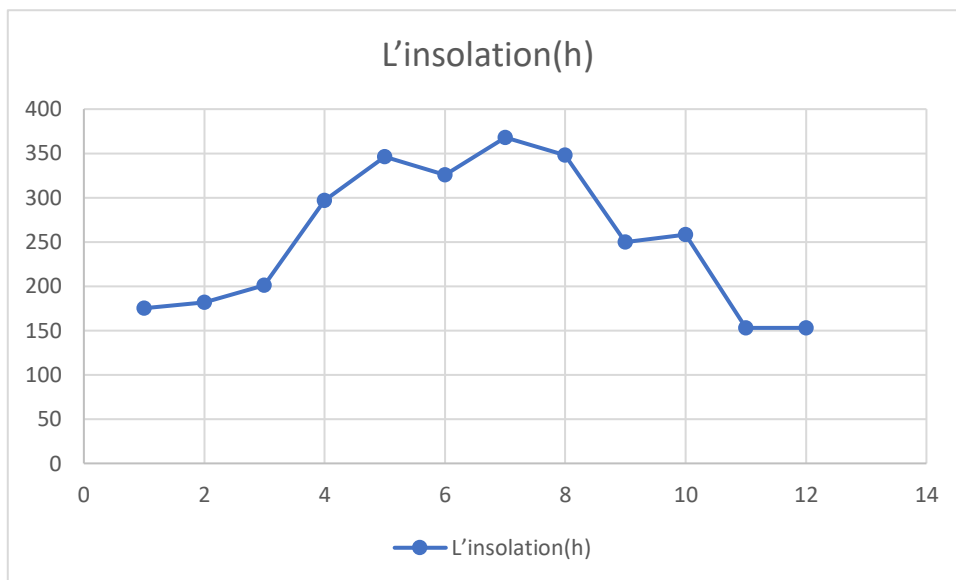


Figure I-9 : Variation de l'insolation moyennes mensuelles en heures

I.3.6.7 Le sirocco

C'est un vent chaud et sec qui souffle du Sahara vers le littoral. Il est très néfaste pour les végétaux car il peut provoquer le flétrissement de la plante ainsi que les chutes de rendement, donc sa connaissance est primordiale pour le choix des espèces à préconiser dans le périmètre. Les diverses valeurs observées sur les postes intéressant la zone d'étude sont présentées par le tableau ci-dessous

Nombre de jours moyens du sirocco relevé à la station d'AIN BESSEM.

Tableau I.8: Les valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco (ONM)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
N°de Jours	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	9

SOURCE : ONID AIN BESSEM

Le nombre moyen de sirocco varie entre 4 et 5 jours entre juin et juillet. La pointe observée dans le mois juillet en 5 jours et le total annuel de 9 jours.

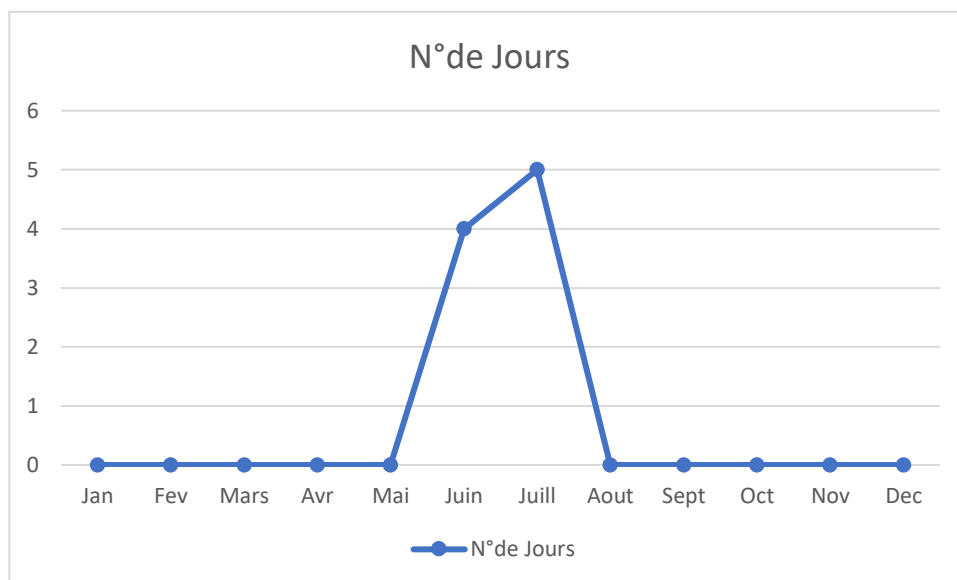


Figure I-10: Répartition des jours de sirocco.

I.3.7 Calcul des indices Agro-météorologiques

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

I.3.7.1 Indice d’aridité de Martonne

Formule utilisée est la suivante :

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

Avec :

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

Tableau I.9: 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

Dans notre cas, nous avons :

$$P = 434,46 \text{ mm/an}$$

$$T = 18,2^\circ\text{C}$$

On aura :

$$I_A = \frac{434,46}{18,2+10} = 15,406$$

Donc notre zone est sèche et l'irrigation souvent indispensable.

I.3.7.2 Classification du climat selon le diagramme d'emberger

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique, il est calculé comme suit :

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

Avec :

- Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.
- P : précipitation moyenne annuelle (mm).
- M : température maximale (Kelvin). (313,35)
- m : température minimale (Kelvin). (271,95)

A.N :

$$Q = \frac{2000 \times 434,46}{(40,2+273,15)^2 - (-1,2+2+3,15)^2} = 35,85$$

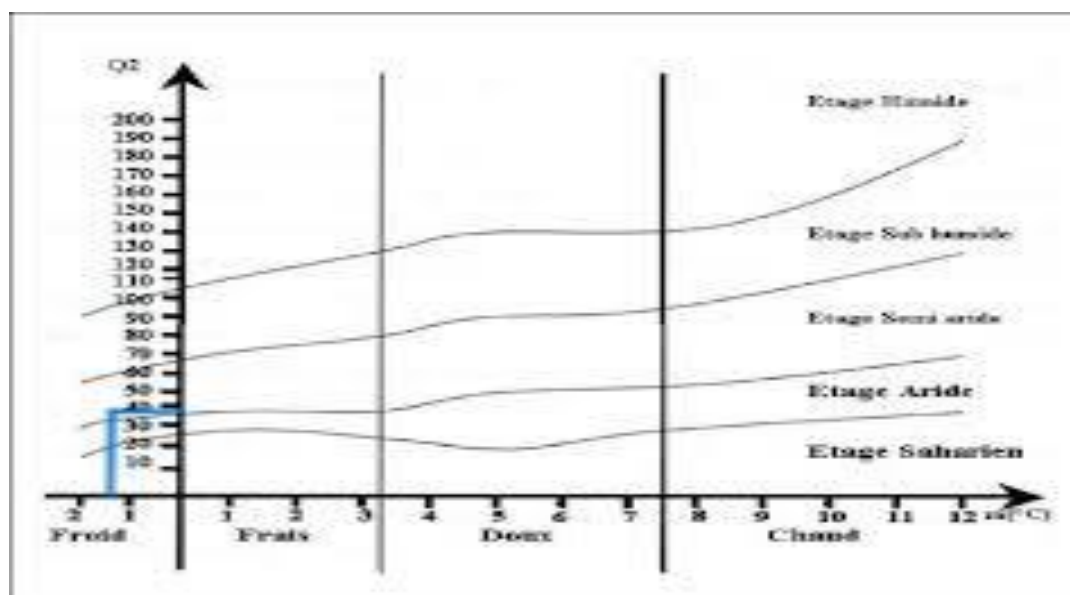


Figure I-11: le digramme bioclimatique d'Emberger.

Selon le digramme précédent le climat de la région de Bir-Ghbalou est semi-aride avec hiver doux

I.3.7.3 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.

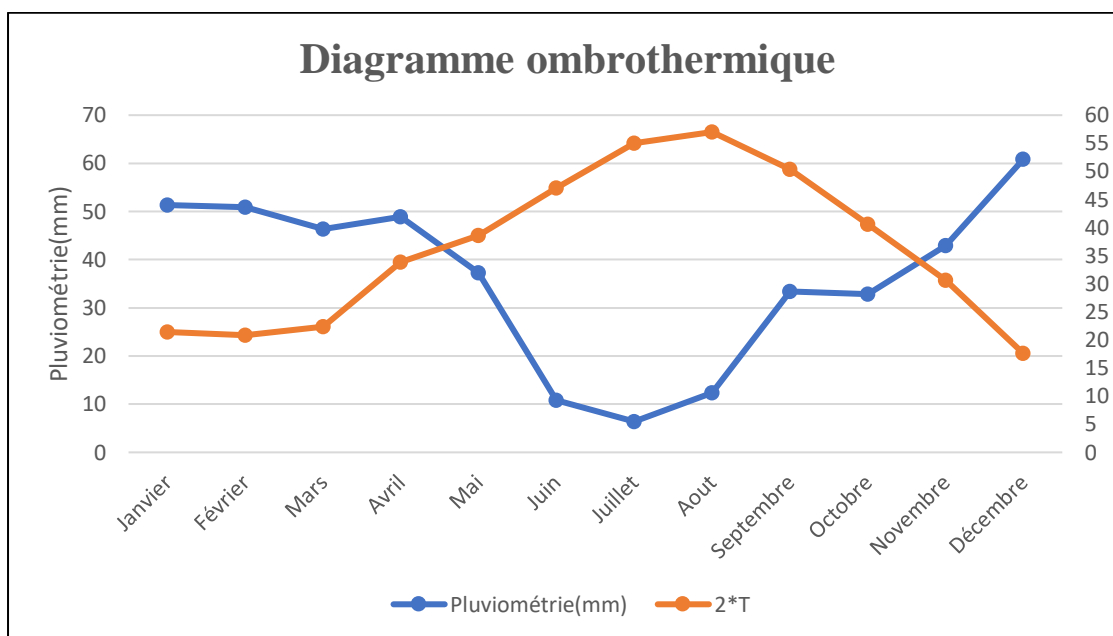


Figure I-12: le digramme ombrothermique de Gausсен

Selon le graphe ombrothermique de Gausсен la saison humide dans la région de Bir-Ghbalou s'étale durant la période de mi-October à Mai, et la saison sèche du Mai jusqu'à la mi-octobre.

I.4. 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 chaud 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 sol-Ressources
en eau

II. Chapitre II : RESSOURCES EN SOL-RESSOURCES EN EAU

II.1. INTRODUCTION

L'efficacité d'un système d'irrigation repose en grande partie sur la compréhension approfondie des interactions entre l'eau et le sol. Ce chapitre se concentre sur l'évaluation des propriétés spécifiques du sol et de l'eau dans la région de Bir-Ghbalou, afin d'optimiser les choix de cultures et de méthodes d'irrigation.

II.2. RESSOURCES EN EAU

Le périmètre d'Arribs exploite une fraction du volume régularisable du barrage de Lakehal (17 millions de m³ sur 30 millions de m³). L'allocation annuelle de 9 millions de m³ représente environ 27% du volume moyen annuel mobilisé par ce barrage, assurant ainsi une gestion rationnelle de cette ressource.

II.2.1 Barrage Lakhel

Le barrage se trouve à 5 km au Sud –Est de la ville de Ain-Bessem et est implanté sur l'Oued Lakhel.

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

➤ Les eaux souterraines

La nappe phréatique du périmètre des Arribs s'étend sur une grande superficie de plus de 15 km², englobant en grande partie (3/5) le territoire de la commune de Bir-Ghbalou, une petite partie (1/5) de la Commune de Raouraoua, et le reste (1 /5) se trouve dans la commune d'Ain-Bessem.

Les eaux sont localisées à une profondeur à moins de 15 m, loin de la couche active du sol, son niveau ne peut en aucun cas influencer le profil du sol ni de provoquer un lessivage

II.2.2 Caractérisation de la qualité des eaux du barrage Lakhel

Afin d'utiliser l'eau à des fins d'irrigation, il est crucial d'effectuer des analyses approfondies pour évaluer ses différentes propriétés. Ces analyses permettent de vérifier la qualité de l'eau et son aptitude aux applications agricoles.

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

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

Paramètre	Résultat
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

II.2.3 Classification des eaux d'irrigation

II.2.3.1 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, susceptibles d'affecter négativement la croissance des plantes et la qualité des sols.

Cette classification repose sur deux paramètres principaux :

Le taux de salinité, mesuré par la conductivité électrique (CE) de l'eau en décisiemens par mètre (dS/m).

Le taux de sodium, mesuré par la proportion de sodium dans les cations échangeables, exprimé par la valeur du SAR (sodium absorption ratio). On a : CE = 0.34 ms/cm = 340 µm/cm.

$$SAR = \frac{N_a^+}{\sqrt{\frac{C_a^{2+} + M_g^{2+}}{2}}} = \frac{6,91}{\sqrt{\frac{4,31 + 21,58}{2}}} = 1,92 \quad \text{II-1}$$

$$N_a^+ \left(\frac{meq}{l} \right) = \frac{Na^+ \times valence}{masse molaire} = \frac{152 \times 1}{22} = 6,91 meq/l \quad \text{II-2}$$

$$C_a^{2+} \left(\frac{meq}{l} \right) = \frac{C_a^{2+} \times valence}{masse molaire} = \frac{86,22 \times 2}{40} = 4,31 meq/l \quad \text{II-3}$$

$$Mg^{2+} \left(\frac{meq}{l} \right) = \frac{Mg^{2+} \times valence}{masse molaire} = \frac{259 \times 2}{24} = 21,58 meq/l \quad \text{II-4}$$

En utilisant le diagramme d'USSL 1954 suivant :

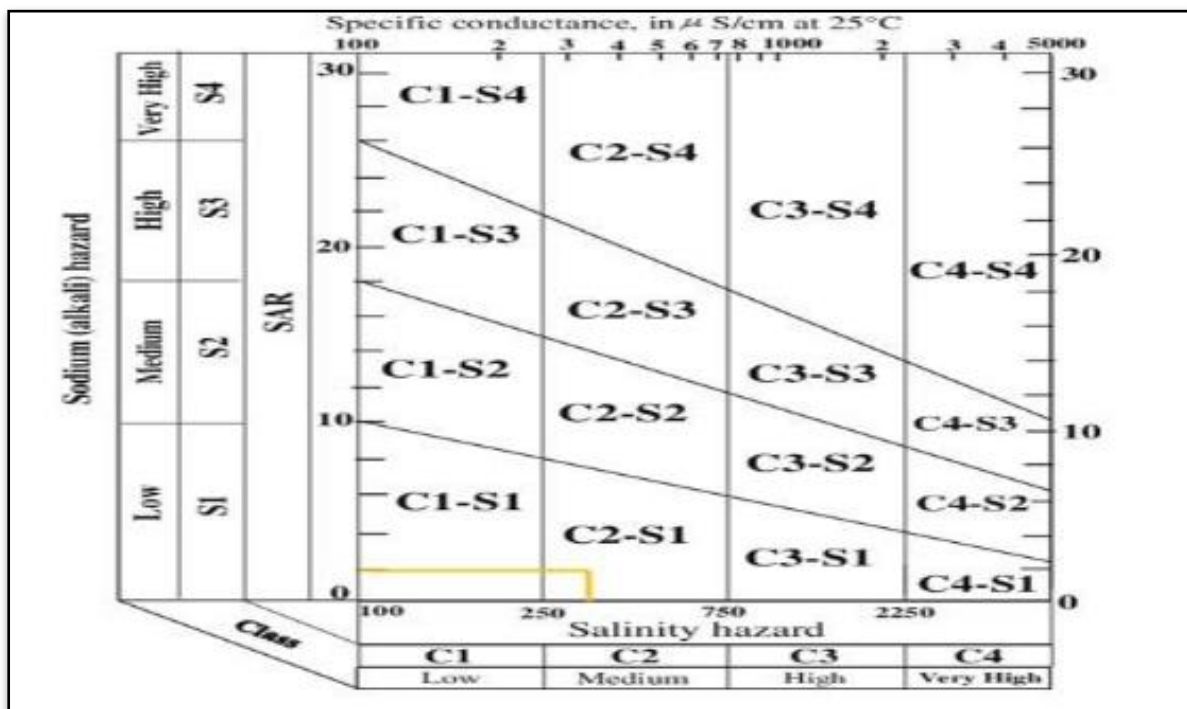


Figure II-1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

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

II.2.3.2 Les autres paramètres

- Le PH des eaux du barrage Lakhel 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 (Résiduel Sodium Carbonate). Dans ce cas :

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \quad \text{II-5}$$

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

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

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

$$SO_4^{2-} = 4.44 \text{ méq/l} < 7 \text{ méq/l} \quad \text{et} \quad K^+ = 13 \text{ mg/l} < 50 \text{ mg/l}$$

II.3. RESSOURCES EN SOL

L'étude pédologique est essentielle pour comprendre les propriétés et les limitations des sols, ce qui est crucial pour l'irrigation. Voici les principaux aspects à considérer :

- Profondeur du sol : Détermine la quantité d'eau accessible aux racines des plantes.
- Texture du sol : La granulométrie et la présence de cailloux affectent la capacité du sol à retenir l'eau.
- Propriétés chimiques : Le pH, la conductivité électrique (CE) et le rapport d'adsorption du sodium (SAR) influencent les types de cultures adaptées à la zone d'irrigation.

Ces éléments sont essentiels pour une gestion efficace et durable de l'irrigation.

II.3.1 Classification des sols

La prospection pédologique pour la classification des sols s'est appuyée sur la classification française (CPCS, France 1967). Après analyse des cartes pédologiques de la plaine des Arribs, nous avons identifié deux types de sols dans notre périmètre :

II.3.1.1 Classe des sols Calcimagnésiques

Les sols calcimagnésiques sont des types de sols riches en carbonates de calcium et de magnésium. Ils se distinguent par des textures et des structures avantageuses pour l'agriculture.

L'examen d'un profil pédologique permet de synthétiser les caractéristiques d'un sol de manière générale

A) Profil N° 1 :

Caractéristique morphologique :

- Classe : Sols Calcimagnésiques.
- Sous classe : sols carbonatés.

- Groupe : sols rendzines.
- Sous-groupe : Modal.
- Famille : sur calcaire friable
- Situation : nord-est du périmètre.
- Pente : 3-6 %
- Géomorphologie : Glacis.
- Occupation du sol : Jachère.

II.3.1.2 Classe des sols à sesquioxydes de fer

Les sols riches en sesquioxydes de fer, également appelés sols ferrugineux ou latéritiques, se caractérisent par une forte teneur en oxydes de fer. Leur texture et leur structure sont optimales pour l'agriculture

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
- Famille : sur grès
- Situation : nord du périmètre
- Pente : 3-6 % Sud-Nord.
- Géomorphologie : Glacis.
- Occupation du sol : Grande cultures

II.3.2 Analyse physico-chimique des sols

L'étude approfondie des sols de notre périmètre, à travers des analyses physico-chimiques portant sur la granulométrie, la matière organique, les éléments minéraux et le complexe absorbant, a permis de caractériser finement les différentes unités pédologiques présentes.

Les analyses de laboratoire ont révélé une grande variabilité des propriétés physiques et chimiques des sols le long de la plaine, notamment en termes de texture, de teneur en matière organique et de composition minéralogique.

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	CaCO3 TOTAL %	9	13	21
	CaCO3 ACTIF %	4.8	6.9	10.7
	P2O5 TOTAL %	2.5	1.2	0.2
	P2O5 Assimilable ppm	34	20	7

SOURCE : ONID AIN BESSEM

II.3.2.1 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, notamment les besoins en irrigation et en amendements du sol.

Pour déterminer la texture du sol, l'outil fondamental 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 :

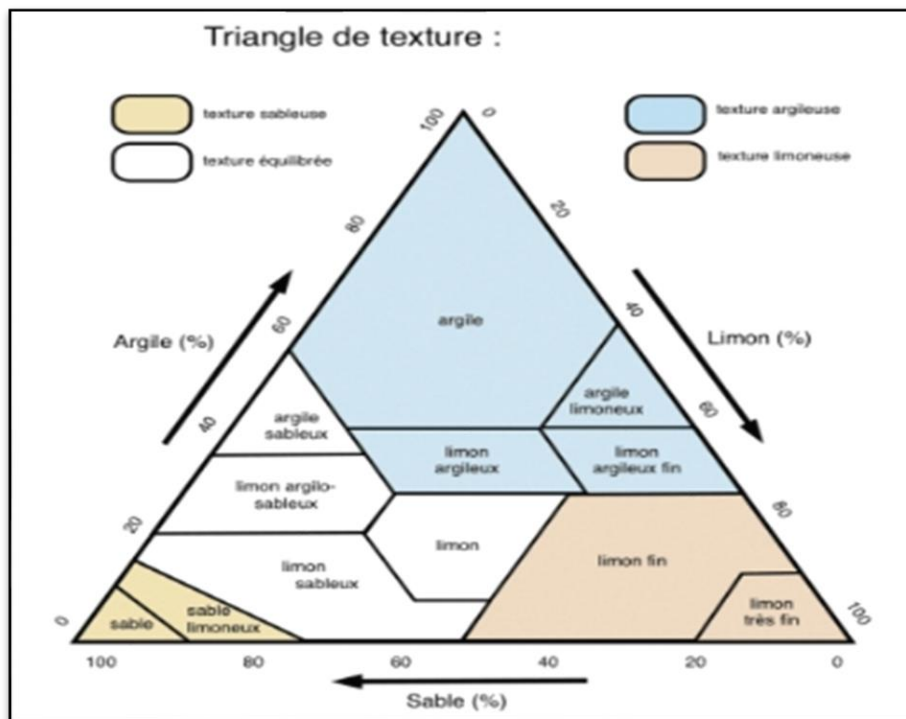


Figure II-2: Triangle des textures des sols.

II.3.2.2 Interprétations des résultats

Les analyses physico-chimiques révèlent un profil pédologique favorable à l'agriculture, caractérisé par une texture limono-argileuse assurant une bonne rétention en eau et en éléments nutritifs, une teneur en matière organique suffisante pour l'activité biologique et la fertilité du sol, ainsi qu'une minéralisation satisfaisante en éléments majeurs (N, P, K). La faible conductivité électrique indique l'absence de problèmes de salinité, permettant ainsi une large gamme de cultures.

Les résultats obtenus suggèrent un potentiel agronomique élevé de ce périmètre. La texture limono-argileuse, combinée à une bonne fertilité naturelle et à une absence de contraintes liées à la salinité, offre des conditions favorables au développement racinaire et à la croissance des plantes.

II.3.2.3 Caractéristiques hydrodynamiques

La connaissance des caractéristiques hydrodynamiques des sols de l'extension des Arribs est essentielle pour optimiser la gestion de l'eau dans cette zone, notamment en matière d'irrigation et de drainage. Les résultats présentés dans ce tableau constituent un outil précieux pour la prise de décision en matière d'aménagement du territoire.

Les paramètres hydrodynamiques déterminés permettent d'évaluer la vulnérabilité des sols de l'extension des Arribs à l'érosion, à la sécheresse et à d'autres phénomènes liés à l'eau. Ces informations sont cruciales pour mettre en place des mesures de protection et de valorisation de ces ressources naturelles.

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.3.3 Évaluation des aptitudes culturales

Nous avons analysé les propriétés physiques des sols afin d'évaluer leur potentiel agricole. Les résultats obtenus, basés sur des critères tels que la profondeur et la texture, permettent de proposer des spéculations culturales adaptées. Cependant, l'étude ne prend pas en compte la disponibilité en eau, ce qui implique que les cultures identifiées nécessitent une irrigation régulière

Les cultures proposées :

- Céréales et Fourragères (Blé dur, Blé tendre, Orge grain, Orge en vert, Maïs, Vesce-avoine)
- Maraîchage (Pomme de terre, Tomate, Aubergine, Carotte, Courgette)
- Arboriculture (Agrumes, Olivier, Pommier)

II.4. CALCUL DE LA PLUIE

II.4.1 Présentation de la station pluviométrique

La station pluviométrique retenue pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant ont été sélectionnées sur la base de l'emplacement géographique et la période d'observation.

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
	Atitude	Longitude			
AIN BESSEM	36°19'	3°32 E	748	1989-2018	30

SOURCE : ONID AIN BESSEM

II.4.2 Analyse des précipitations annuelles moyennes

Les précipitations mensuelles de 1989 à 2018 sont présentées dans le tableau ci-joint

Tableau II.5: Précipitation moyenne mensuelles de la station de Ain Bessem

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Annuel
1989	30	60.6	80.9	41	0	34.2	13.1	30.3	7.8	2.8	19.3	25.6	345.6
1990	0.2	3.9	13.4	24.4	53.6	55.9	26	42	20.4	13.8	0	0	253.6
1991	3.1	45.2	30.1	81	41	35.2	67.7	7	54.8	1.8	2.8	0	369.7
1992	35.1	19.8	38.8	57.6	51.4	30.7	140.5	15.1	4.8	9.7	0	0.6	404.1
1993	12.8	45.9	49.7	83.7	70.7	83.8	9.5	9.1	8.4	4	5.3	4.3	387.2
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	111.1	107	17.1	8.5	2.1	487.3
1999	14.4	40.3	81	32.3	15	23.6	15.65	25.3	38.4	7	3	11.2	307.15
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	131.7	4	3.2	4.5	621.3
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	24.6	5.7	2.5	440.2
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	116.2	100.7	25.9	0	10.5	659.9
2018	37.4	18.3	38	109.5	35.2	38.8	97	0.6	9.4	56.5	0.4	2.9	444
Moyenne	36,14	36,59	45,34	66,34	53,60	43,99	48,63	46,79	40,26	11,83	6,17	13,37	445,56

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	446
Médiane	438
Ecart-type	140
Coefficient de variance	0.313
Coefficient d'asymétrie	0.750
Coefficient d'aplatissement	3.03
Pluie moyenne annuelle maximale	840
Pluie moyenne annuelle minimale	253

➤ **Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique**

Il est essentiel de vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique avant de déterminer les différentes caractéristiques des précipitations. Pour cela, on utilise le Test de Mood, qui repose sur le procédé suivant :

Soit un échantillon de x_1, x_2, \dots, x_n . Nous pouvons calculer sa médiane M après avoir classé l'échantillon par ordre de croissant. La médiane M est une constante telle que 50% de x_i sont inférieures et 50% de x_i lui sont supérieures.

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

(+) Pour le $x_i > M$

(-) Pour le $x_i < M$

Calculons les quantités N_s et T_s avec :

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

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

Les conditions du test sont les suivantes :

N_s : nombre totale de séries de (+) ou de (-)

Les conditions du test sont suivantes :

$$\frac{1}{2}(N+1-1,96\sqrt{N-1}) < N_s < \frac{1}{2}(N+1+1,96\sqrt{N-1})$$

$$T_s < 3,3(\log_{10}N + 1)$$

Tableau II. 7: résultat du test Mood

Pmoy	345,6	253,6	369,7	404,1	387,20	265,10	591,00	319,2	485,2	487,3
	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
Pmoy	307,15	310,3	608,8	436,05	281,6	500,10	423,9	292,9	443,2	287,8
	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
Pmoy	840,8	621,30	358,9	567,2	509,6	440,2	553,4	594,0	659,9	444
	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+

Avec $\frac{1}{2}(N + 1 - 1,96\sqrt{N - 1}) = 9,002$ et $\frac{1}{2}(N + 1 + 1,96\sqrt{N - 1}) = 19,99$
 $N_s = 14$

Donc : $9.002 < N_s = 14 < 18.99$

Et d'autre part : $3.3(\log 10N+1) = 8.07$ et $T_s = 4$

$T_s = 4 < 3.3(\log 10N+1) = 8.07$

D'après les calculs, on voit que les conditions de Mood sont vérifiées, donc la série des précipitations moyenne annuelle est homogène.

II.4.3 L'ajustement des pluies annuelles

L'ajustement des données pluviométriques annuelles est nécessaire pour assurer la fiabilité des analyses climatiques et hydrologiques. Cet ajustement, basé sur des distributions statistiques (normale ou log normale), permet de corriger les éventuelles inhomogénéités des séries chronologiques.

Afin d'obtenir des données pluviométriques fiables pour les analyses, nous avons procédé à un ajustement statistique des séries chronologiques en utilisant HYFRAN.

II.4.3.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

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

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

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

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

II-7

Le processus d'ajustement comporte les étapes suivantes :

- Tri des valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Attribution d'un numéro d'ordre à chaque valeur triée.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul de la variable réduite de Gauss, u .
- Calcul des caractéristiques empiriques de la distribution, telles que la moyenne arithmétique \bar{x} , la variance σ , le coefficient de variation Cv , et le coefficient d'asymétrie Cs .
- Traçage de la droite de Henry sur un graphique de probabilité gaussienne Avec : L'équation de la droite de Henry est : $x_p\% = \bar{x} + u_p\%$ (II-8)
- $x_p\%$: Précipitation de probabilité P%.

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

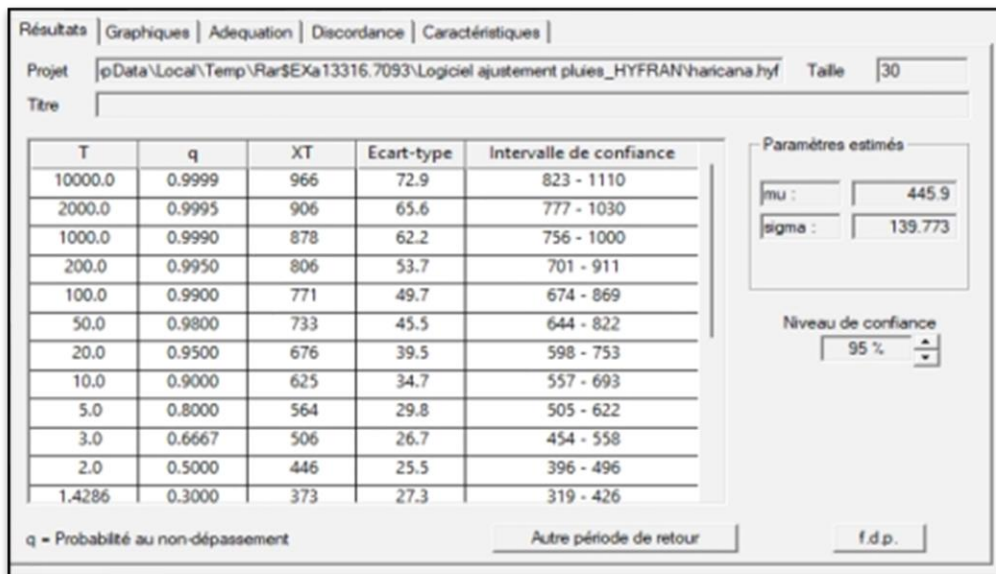


Figure II-3: Statistiques descriptives obtenue par le logiciel HYFRAN

II.4.3.2 L'ajustement par la loi log normal

La loi log normal 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 :

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

II-9

Avec : $u = a \log(x - x_0) + b$ (II-10)

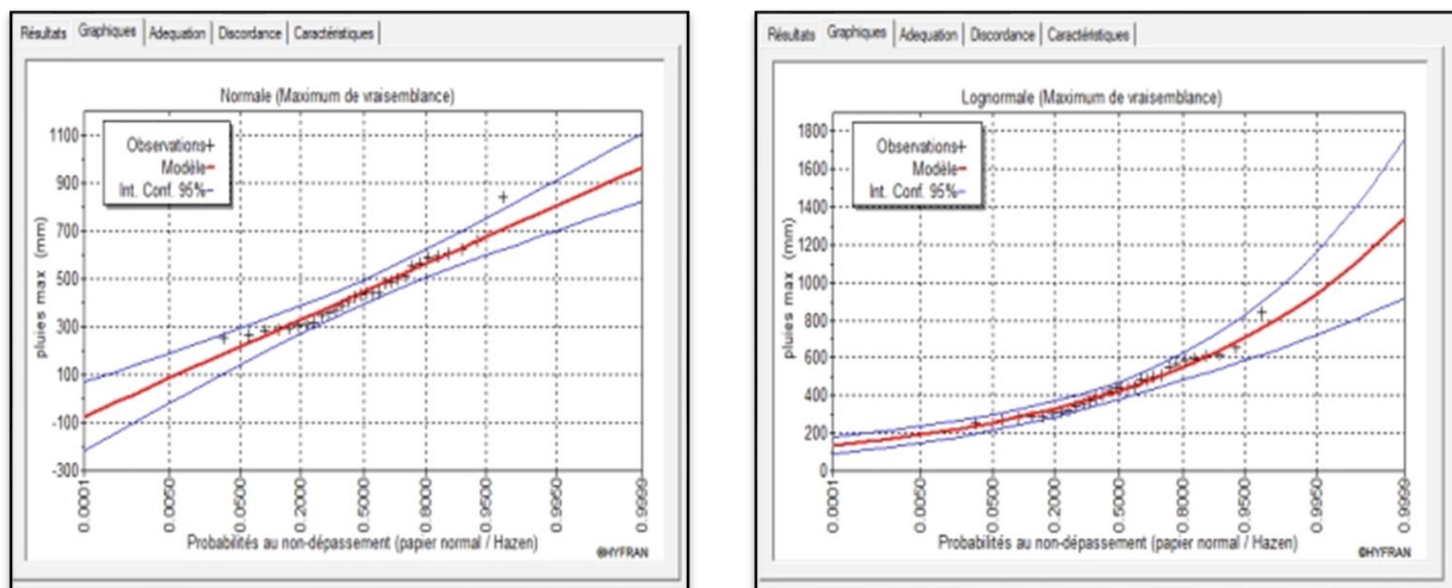


Figure II-4 : Courbes d’ajustement des pluies aux la loi normale et log-Normale

II.4.4 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 log normal
KHI carré χ^2 calculé	0.80	1.73
Probabilité $p(\chi^2)$	0.9384	0.7847
Degré de liberté	4	4
Nombre des classes	7	7
KHI carré χ^2 théorique	9,48	9,48
Observation	KHI carré χ^2 calculé inférieur a KHI carré χ^2 théorique Condition vérifiée	KHI carré χ^2 calculé inférieur a KHI carré χ^2 théorique Condition vérifiée

D'après les valeurs du test de Khi carré détaillées dans le tableau (II.7), on peut conclure que la loi normale présente un ajustement plus adéquat.

II.4.5 Détermination de l'année de calcul

L'objectif de la détermination de l'année de calcul est d'évaluer la quantité de pluie disponible pour la plante pour une probabilité de 80%, elle est calculée comme suit :

$$P_{moy\ de\ chaque\ mois}^{80\%} = P_{moy\ de\ chaque\ moi} \times \frac{P_{theorique\ (80\%)annuelle}}{P_{theorique\ (50\%)annuelle}} \quad \text{II-11}$$

Avec :

- $P_{80\% sec}$: la précipitation mensuelle de l'année de calcul
- $P_{moy.}$: La précipitation moyenne mensuelle
- $P_{80\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%
- $P_{50\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 50%

D'après les résultats de l'ajustement par la loi normal on trouve :

- $P_{théorique\ (80\%\ annuelle)=328}$ et $P_{théorique\ (50\%\ annuelle)=446}$

Tableau II.8: Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi normale

Période de retour T	Freq (q). Non Dépassement	Quantile XT (mm)	Intervalle de confiance
2	0,5	426	379-473
1,25	0,2	329	286-371

Les pluies moyennes mensuelles deviennent :

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

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	juill.	Aout
P moy	36,14	36,59	45,34	66,34	53,60	43,99	48,63	46,79	40,26	11,83	6,17	13,37
$P_{moy}^{80\%}$	27,83	28,17	34,91	51,08	41,27	33,87	37,44	36,03	31	9,11	4,75	10,29

CONCLUSION

L'étude des sols et de l'eau dans le périmètre de Bir-Ghbalou a révélé des sols de texture limono-argileuse, favorables à l'agriculture. L'eau du barrage Lakhel est de faible salinité, idéale pour l'irrigation. Les analyses ont confirmé que cette eau est de bonne qualité pour l'agriculture. Le périmètre de Bir-Ghbalou dispose donc de ressources considérables pour le développement agricole.

Chapitre III :
Calcul des besoins en eau des
cultures

III. CHAPITRE 03 : BESOIN EN EAU DES CULTURES

III.1. INTRODUCTION

Les besoins en eau d'irrigation se réfèrent à la quantité totale d'eau, par unité de surface, indispensable pour que les cultures se développent normalement dans les conditions locales. Cela représente la quantité d'eau à ajouter aux précipitations pour assurer une production agricole optimale.

L'eau peut se perdre par drainage, percolation, évaporation, évapotranspiration, et autres processus similaires.

III.2. LE CHOIX DES CULTURES A CULTIVER

Le choix des cultures dépend de plusieurs facteurs :

- **LES CONDITIONS CLIMATIQUES ET ENVIRONNEMENTALES** : Les cultures doivent être sélectionnées en fonction des conditions climatiques et environnementales de la région. Par exemple, certaines cultures prospèrent dans des climats chauds et secs, tandis que d'autres nécessitent davantage d'eau et des sols riches.
- **LES RESSOURCES EN EAU** : La disponibilité et la qualité de l'eau sont des facteurs cruciaux lors de la sélection des cultures. Certaines cultures ont besoin de grandes quantités d'eau pour croître, tandis que d'autres en nécessitent moins.
- **LES SOLS** : Les caractéristiques des sols doivent être prises en compte pour déterminer les cultures appropriées. Certains sols sont mieux adaptés à certaines cultures que d'autres.
- **LA DEMANDE DU MARCHÉ** : Le choix des cultures doit également tenir compte de la demande du marché local ou régional. Les cultures en demande et ayant une valeur économique élevée peuvent être plus rentables pour les agriculteurs.
- **LES PRATIQUES AGRICOLES LOCALES** : Les pratiques agricoles traditionnelles peuvent aussi influencer le choix des cultures. Les agriculteurs peuvent préférer cultiver des plantes adaptées à leurs méthodes de travail et ayant une importance culturelle ou historique pour leur communauté.

En résumé, le choix des cultures à cultiver doit s'appuyer sur une combinaison de ces facteurs pour garantir une production agricole efficace et durable.

III.3. BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

III.3.1 Calcul des besoins en eau

Pour déterminer la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation des cultures, on utilise une méthode d'analyse appelée bilan hydrique :

$$Bi = ETM - (P_{eff} + RU) \quad \text{III-1}$$

Avec :

- ETM : est l'évapotranspiration maximale ou besoins des cultures en mm
- KC : le coefficient culturel de la culture considérée.
- Peff : représente la précipitation utile (efficace)
- RU : La réserve utile

III.3.2 Calcul de l'évapotranspiration référence (ET0)

L'évapotranspiration de référence (ET0) est une estimation de la quantité d'eau évaporée du sol et transpirée par les plantes dans des conditions idéales sans contraintes hydriques, sur une surface standardisée (comme de l'herbe ou une culture courte) et sous des conditions météorologiques de référence. L'ET0 est un paramètre essentiel en agronomie, gestion de l'eau et irrigation, calculé couramment selon la méthode de la FAO, également appelée méthode de Penman-Monteith.

Formule de l'ET0 (méthode de Penman-Monteith) :

$$ET0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{Cste}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad \text{III-2}$$

- ET0 : est l'évapotranspiration de référence en millimètres par jour (mm/jour).
- Δ : est le gradient de la saturation de la pression de vapeur de l'air (en kPa/°C).
- Rn : est le rayonnement net en mégajoules par mètre carré et par jour (MJ/m²/jour).
- G : est la chaleur du sol en mégajoules par mètre carré et par jour (MJ/m²/jour).
- γ : est la constante psychrométrique en kPa/°C.
- T : est la température moyenne quotidienne en degrés Celsius (°C).
- U : est la vitesse du vent à 2 mètres au-dessus du sol en mètres par seconde (m/s).
- Es : est la pression de vapeur saturante en kPa.
-

Nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008), basé sur la méthode de Penman-Monteith. Nous avons entré des données mensuelles spécifiques telles que les températures moyennes, l'humidité relative de l'air en pourcentage, la durée quotidienne d'insolation, ainsi que la vitesse du vent en mètres par seconde. Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau III.1: Évapotranspiration de référence ET0 calculée par le logiciel COPWAT

<i>Évapotranspiration de référence ET0 de Penman&Monteith</i>							
<i>Pays : ALGERIE. Station climatique : AIN BESSEM</i>							
<i>Latitude 32.19°N Longitude : 0°.32'E</i>							
<i>Altitude : 748 mètres</i>							
Mois	Tmin	Tmax	Humidité	Vent	Insolation	Rayonnement	ET0
	C°	C°	%	m/s	heurs	Mj/m2/jour	Mm/mois
Jan	0.9	20.5	74	2.4	6.5	11.4	42.04
fév.	-1.2	22	69	2.8	7.1	14.2	51.25
Mars	0.8	21.6	79	3.1	7.5	17.5	73.17
avr.	5.5	28.3	63	2.7	7.7	20.1	114.63
Mai	5.1	33.5	62	3.3	8.1	21.9	134.18
Juin	8	39	35	3.0	8	22.1	165.02
Juilly	14.8	40.2	43	2.9	8.6	22.7	198.76
Aout	17	40	45	2.5	8.5	21.5	180.97
Sept	14	36.5	57	2.6	7.9	18.7	130.03
oct.	7.3	33.3	55	3.1	7.6	15.5	95.54
Nov.	5.1	25.5	66	3.0	6.7	12	56.33
déc.	-0.4	18	80	2.7	6.1	10.3	32.77

Les données du tableau montrent que l'évapotranspiration de référence ET0 est élevée durant la période estivale, atteignant 198.76 mm par mois en juin. Cela indique que les cultures nécessitent davantage d'eau pendant cette période. En résumé, les besoins en eau des cultures augmentent durant les mois d'été.

III.3.3 Calcul de la pluie efficace

Il s'agit de la part des précipitations totales réellement utilisées par la culture, ce qui dépend de la localité, des caractéristiques des précipitations et du type de sol. Il existe plusieurs méthodes pour évaluer cette utilisation des précipitations. Pour notre étude, nous avons choisi d'utiliser la méthode du pourcentage fixe, que nous détaillerons ci-dessous.

$$Pluies\ efficaces\ (mm/mois) = A \times Pluies\ totales\ (mm/mois) \quad III-3$$

Avec :

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

Tableau III.2: Pluie efficace.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Aout
P 80% (mm)	27,83	28,17	34,91	51,08	41,27	33,87	37,44	36,03	31	9,11	4,75	10,29
Peff(mm)	22,26	22,53	27,92	40,86	33,01	27,09	29,95	28,82	24,80	7,28	3,8	8,23

III.3.4 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM)

La mesure de référence pour l'évaporation d'une culture est désignée sous le nom d'évapotranspiration maximale, ou ETM. Cette valeur est affectée par plusieurs facteurs, notamment le stade de croissance de la culture, les conditions météorologiques et le type de sol. Pour déterminer l'ETM, on se réfère à la formule suivante :

$$ETM = Kc \times ETO \quad III-4$$

III.3.5 Calcul de la réserve en eau du sol RSi-1

La quantité d'eau disponible pour les plantes dépend de deux éléments clés : la capacité du sol à retenir l'eau (représentée par le facteur "K") et la profondeur des racines des plantes (qui définit la "réserve facilement utilisable" ou RFU). Ensemble, ces deux facteurs déterminent la "réserve en eau du sol", c'est-à-dire la quantité d'eau que les plantes peuvent effectivement puiser dans le sol. Cette réserve en eau est égale à la capacité de rétention du sol (K) multipliée par la réserve facilement utilisable (RFU). C'est un paramètre essentiel à prendre en compte pour bien gérer l'irrigation des cultures et s'assurer que les plantes disposent de suffisamment d'eau.

$$RSi = K \times RFU_i - 1 \quad III-5$$

K peut prendre des valeurs K=1, ou 1/2, 1/3 dans le cas de mois humides, ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle (Mois secs).

III.3.6 Calcul de la réserve en eau du sol restante

Elle est définie comme la réserve en eau facilement utilisable (RFU), correspondant à la portion de sol située entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. La réserve facilement utilisable (RFU) se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$RFU = (HCC - HPFP) * DA * Z * Y$$

III-6

Avec :

- H cc : humidité à la capacité au champ.
- Hpf : 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.

III.4. ASSOLEMENTS DES CULTURES (CHOIX DES CULTURES)

Tableau III.3: Assolements des cultures

Assolement 1	Blé	Pomme de terre (S)	Tomate	Olivier	Pommier
Assolement 2	Orge	Courgette	Oignon	Olivier	Pommier

III.4.1 Surface occupée par les cultures

La surface occupée par les cultures varie considérablement en fonction de divers facteurs, tels que le type de culture, la densité de plantation, les pratiques agricoles, le climat, le sol et les objectifs de l'agriculteur. Voici quelques informations générales sur la surface occupée par nos cultures :

Tableau III.4: occupation du sol du périmètre

Type de culture	Culture	Surface en %	Surface (ha)
Cultures céréales	-blé - orge	50	100
Les cultures maraîchères	-tomate -oignon -pomme de terre -courgette	30	60
L'arboriculture :	-olivier -pommier	20	40
Total		100	200

III.4.2 Les cycles végétatifs des cultures

Le cycle végétatif des plantes représente le processus continu de croissance et de développement, allant de la germination à la production de graines ou de fruits. Ce cycle est divisé en plusieurs étapes distinctes, influencées par la nature de la plante et les conditions environnementales spécifiques. Pour les cultures sélectionnées pour l'extension du périmètre des Arribs, les cycles végétatifs sont planifiés en fonction de leurs caractéristiques ainsi que des besoins du sol et du climat local. Ces informations sont présentées dans le tableau suivant

Tableau III.5: calendrier d'occupation des sols

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Blé		←————→										
Orge		←————→										
Pomme de terre (s)							←————→					
Courgette	←————→											
Tomate							←————→					
Oignon		←————→										
Olivier	←————→											
Pommier	←————→											

III.5. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES

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

$$B_i = ETM - (P_{eff} + R_{si}-1) \tag{III.7}$$

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

- K_c : le coefficient culturel de la culture considérée.
- P_{eff} : est la pluie efficace.
- R_{si} : La réserve en eau du sol du mois précédent.

• Besoin en eau de blé :

Mois	P80%(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	-	-	-	-	-	-
Octobre	28,17	22,53	95,54	0,3	36,40	0,00	0,6	57,32	34,79
Novembre	34,91	27,92	56,33	0,3	36,40	0,00	0,6	33,80	5,88
Décembre	51,08	40,86	32,77	0,5	60,67	12,13	0,9	29,49	0,00
Janvier	41,27	33,01	42,04	0,5	60,67	30,33	0,95	39,94	0,00
Février	33,87	27,09	51,25	0,6	72,80	30,33	1,1	56,38	0,00
Mars	37,44	29,95	73,17	0,6	72,80	36,40	1,1	80,49	14,14
Avril	36,03	28,82	114,63	0,6	72,80	24,27	1,1	126,09	73,01
Mai	31	24,8	134,18	0,6	72,80	0,00	1	134,18	112,38
Juin	9,11	7,28	165,02	0,6	72,80	0,00	0,7	115,51	108,23
Juillet	4,75	3,8	198,76	-	-	-	-	-	-
Août	10,29	8,23	180,97	-	-	-	-	-	-

• Besoin en eau de l'orge :

Mois	P80%(mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	-	-	-	-	-	-
Octobre	28,17	22,53	95,54	-	-	-	-	-	-
Novembre	34,91	27,92	56,33	0,5	60,67	0,00	0,4	22,53	0,00
Décembre	51,08	40,86	32,77	0,6	72,80	20,22	0,7	22,94	0,00
Janvier	41,27	33,01	42,04	0,6	72,80	36,40	0,85	35,73	0,00
Février	33,87	27,09	51,25	0,6	72,80	36,40	0,95	48,69	0,00
Mars	37,44	29,95	73,17	0,6	72,80	36,40	1,05	76,83	10,48
Avril	36,03	28,82	114,63	0,6	72,80	24,27	1,05	120,36	67,27
Mai	31	24,8	134,18	0,6	72,80	0,00	0,87	116,74	91,94
Juin	9,11	7,28	165,02	0,6	72,80	0,00	0,75	123,77	116,49
Juillet	4,75	3,8	198,76	-	-	-	-	-	-
Août	10,29	8,23	180,97	-	-	-	-	-	-

• Besoin en eau de la pomme de terre (s) :

Mois	P80%(m m)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	-	-	-	-	-	-
Octobre	28,17	22,53	95,54	-	-	-	-	-	-
Novembre	34,91	27,92	56,33	-	-	-	-	-	-
Décembre	51,08	40,86	32,77	-	-	-	-	-	-
Janvier	41,27	33,01	42,04	-	-	-	-	-	-
Février	33,87	27,09	51,25	-	-	-	-	-	-
Mars	37,44	29,95	73,17	0,5	60,67	0,00	0,5	36,59	6,64
Avril	36,03	28,82	114,63	0,5	60,67	20,22	0,7	80,24	31,20
Mai	31	24,8	134,18	0,5	60,67	20,22	1	134,18	89,16
Juin	9,11	7,28	165,02	0,5	60,67	20,22	0,75	123,77	96,27
Juillet	4,75	3,8	198,76	-	-	-	-	-	-
Août	10,29	8,23	180,97	-	-	-	-	-	-

• Besoin en eau de la courgette

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	0,2	24,27	0,00	0,4	52,01	29,75
Octobre	28,17	22,53	95,54	0,3	36,40	0,00	0,5	47,77	25,24
Novembre	34,91	27,92	56,33	0,4	48,53	0,00	0,8	45,06	17,14
Décembre	51,08	40,86	32,77	0,5	60,67	16,18	0,95	31,13	0,00
Janvier	41,27	33,01	42,04	0,5	60,67	30,33	0,6	25,22	0,00
Février	33,87	27,09	51,25	-	-	-	-	-	-
Mars	37,44	29,95	73,17	-	-	-	-	-	-
Avril	36,03	28,82	114,63	-	-	-	-	-	-
Mai	31	24,8	134,18	-	-	-	-	-	-
Juin	9,11	7,28	165,02	-	-	-	-	-	-
Juillet	4,75	3,8	198,76	-	-	-	-	-	-
Août	10,29	8,23	180,97	-	-	-	-	-	-

• Besoin en eau de la tomate :

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	-	-	-	-	-	-
Octobre	28,17	22,53	95,54	-	-	-	-	-	-
Novembre	34,91	27,92	56,33	-	-	-	-	-	-
Décembre	51,08	40,86	32,77	-	-	-	-	-	-
Janvier	41,27	33,01	42,04	-	-	-	-	-	-
Février	33,87	27,09	51,25	-	-	-	-	-	-
Mars	37,44	29,95	73,17	0,4	48,53	0,00	0,5	36,59	6,64
Avril	36,03	28,82	114,63	0,8	97,07	16,18	0,85	97,44	52,44
Mai	31	24,8	134,18	1,1	133,47	0,00	1,15	154,31	129,51
Juin	9,11	7,28	165,02	1,1	133,47	0,00	0,85	140,27	132,99
Juillet	4,75	3,8	198,76	-	-	-	-	-	-
Août	10,29	8,23	180,97	-	-	-	-	-	-

• Besoin en eau de l'oignon :

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM (mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	0,3	36,40	0,00	1,1	143,03	120,77
Octobre	28,17	22,53	95,54	0,4	48,53	0,00	1,1	105,09	82,56
Novembre	34,91	27,92	56,33	0,5	60,67	0,00	0,9	50,70	22,78
Décembre	51,08	40,86	32,77	0,6	72,80	20,22	0,95	31,13	0,00
Janvier	41,27	33,01	42,04	-	-	-	-	-	-
Février	33,87	27,09	51,25	-	-	-	-	-	-
Mars	37,44	29,95	73,17	-	-	-	-	-	-
Avril	36,03	28,82	114,63	-	-	-	-	-	-
Mai	31	24,8	134,18	-	-	-	-	-	-
Juin	9,11	7,28	165,02	-	-	-	-	-	-
Juillet	4,75	3,8	198,76	-	-	-	-	-	-
Août	10,29	8,23	180,97	-	-	-	-	-	-

• **Besoin en eau de l'olivier :**

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	1,50	182,00	0,00	0,75	97,52	75,26
Octobre	28,17	22,53	95,54	1,50	182,00	0,00	0,75	71,66	49,13
Novembre	34,91	27,92	56,33	1,50	182,00	0,00	0,75	42,25	14,33
Décembre	51,08	40,86	32,77	1,50	182,00	60,67	0,65	21,30	0,00
Janvier	41,27	33,01	42,04	1,50	182,00	91,00	0,65	27,33	0,00
Février	33,87	27,09	51,25	1,50	182,00	91,00	0,65	33,31	0,00
Mars	37,44	29,95	73,17	1,50	182,00	91,00	0,65	47,56	0,00
Avril	36,03	28,82	114,63	1,50	182,00	60,67	0,65	74,51	0,00
Mai	31	24,8	134,18	1,50	182,00	0,00	0,85	114,05	89,25
Juin	9,11	7,28	165,02	1,50	182,00	0,00	0,85	140,27	132,99
Juillet	4,75	3,8	198,76	1,50	182,00	0,00	0,85	168,95	165,15
Août	10,29	8,23	180,97	1,50	182,00	0,00	0,85	153,82	145,59

 • **Besoin en eau du pommier :**

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU (mm)	Rsi-1 (mm)	KC	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	27,83	22,26	130,03	1,50	182,00	0,00	0,70	91,02	68,76
Octobre	28,17	22,53	95,54	1,50	182,00	0,00	0,70	66,88	44,35
Novembre	34,91	27,92	56,33	1,50	182,00	0,00	0,70	39,43	11,51
Décembre	51,08	40,86	32,77	1,50	182,00	60,67	0,70	22,94	0,00
Janvier	41,27	33,01	42,04	1,50	182,00	91,00	0,70	29,43	0,00
Février	33,87	27,09	51,25	1,50	182,00	91,00	0,70	35,88	0,00
Mars	37,44	29,95	73,17	1,50	182,00	91,00	0,80	58,54	0,00
Avril	36,03	28,82	114,63	1,50	182,00	60,67	0,85	97,44	7,95
Mai	31	24,8	134,18	1,50	182,00	0,00	0,85	114,05	89,25
Juin	9,11	7,28	165,02	1,50	182,00	0,00	0,70	115,51	108,23
Juillet	4,75	3,8	198,76	1,50	182,00	0,00	0,70	139,13	135,33
Août	10,29	8,23	180,97	1,50	182,00	0,00	0,70	126,68	118,45

III.6. CALCUL DES BESOINS EN EAU POUR LES ASSOLEMENTS 1 ET 2

Tableau III.6: les besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois	Blé	Pomme de terre	Tomate	Olivier	Pommier	Total en (mm)	Total en(m3/ha)
Sept	0	0	0	75,26	68,76	144,02	1440,2
Oct	34,79	0	0	49,13	44,35	128,27	1282,7
Nov	5,88	0	0	14,33	11,51	31,72	317,2
Dec	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0
Fev	0	0	0	0	0	0	0
Mars	14,14	6,64	6,64	0	0	27,42	274,2
Avr	73,01	31,2	52,44	0	7,95	164,6	1646
Mai	112,38	89,16	129,51	89,25	89,25	509,55	5095,5
Juin	108,23	96,27	132,99	132,99	108,23	578,71	5787,1
Juill	0	0	0	165,15	135,33	300,48	3004,8
Aout	0	0	0	145,59	118,45	264,04	2640,4

Tableau III.7: les besoins nets (mm) pour l'assolement

Mois	Orge	Courgette	Oignon	Olivier	Pommier	Total (mm)	Totale(m3/ha)
Sept	0	29,75	120,77	75,26	68,76	294,54	2945,4
Oct	0	25,24	82,56	49,13	44,35	201,28	2012,8
Nov	0	17,14	22,78	14,33	11,51	65,76	657,6
Déc.	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0
Fév.	0	0	0	0	0	0	0
Mars	10,48	0	0	0	0	10,48	104,8
Avr.	67,27	0	0	0	7,95	75,22	752,2
Mai	91,94	0	0	89,25	89,25	270,44	2704,4
Juin	116,49	0	0	132,99	108,23	357,71	3577,1
juill.	0	0	0	165,15	135,33	300,48	3004,8
Aout	0	0	0	145,59	118,45	264,04	2640,4

III.7. CALCUL DU DEBIT SPECIFIQUE

Le débit fictif continu est la quantité d'eau d'irrigation nécessaire pour répondre aux besoins de pointe, fournie sous la forme d'un débit constant (fictif) disponible 22 heures par jour afin de satisfaire la consommation mensuelle. Pour calculer ce débit spécifique, on se base sur les besoins en eau de chaque culture préalablement évaluée, en tenant compte de la répartition des cultures. Après avoir analysé les deux tableaux, le choix du débit spécifique se porte sur l'Assolement 1 car il présente les besoins en eau les plus élevés.

$$q_s = \frac{B_p \times 10 \times 1000}{3600 \times N_h \times N_j \times k} \quad \text{III-8}$$

Avec :

- B : Besoins Net de mois de point (mm/mois).
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha).
- K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ($k = 0,75$).
- N_h : Nombre d'heures d'irrigation = 22 h.
- N_j : Nombre de jours par mois = 30 jours.

Application numérique :

$$q_s = \frac{578,71 \times 10 \times 1000}{3600 \times 22 \times 30 \times 0,75} = 3,24 \text{ l/s/ha}$$

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

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

$Q_s = 0,93 \text{ l/s/ha}$, on prend un débit spécifique de $Q_s = 1 \text{ l/s/ha}$.

III.8. LE DEBIT CARACTERISTIQUE

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

$$Q_{car} = q_s \times S \quad \text{III-9}$$

AN :

$$Q_{car} = 1 \times 200 = 200 \text{ l/s} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.9. LES VOLUMES D’EAU D’IRRIGATION

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

Tableau III.8: les volumes d’eau d’irrigation annuelles

Culture	Surface	Besoins nette(mm)	Besoins nette (m3)	Besoins brute (m3)	Volume d’eau (m3)
Blé	65	348,43	3484,3	4645,733333	301972,66
Pomme de terre	15	223,27	2232,7	2976,933333	44654
Tomate	15	324,95	3249,5	4332,666667	64990
Orge	35	286,18	2861,8	3815,733333	133550,66
Courgette	15	72,13	721,3	961,733333	14426
Oignon	15	226,11	2261,1	3014,8	45222
Olivier	20	678,56	6785,6	9047,466667	180949,33
Pommier	20	484,54	4845,4	6460,533333	129210,67
Totale	200	2644,17	26441,7	35255,6	914975,33

CONCLUSION

Les calculs hydrologiques détaillés, basés sur des données climatiques actualisées et des coefficients de culture précis, ont permis de déterminer un débit spécifique optimal pour le périmètre de Bir-Ghbalou. Le volume de stockage du barrage de Lakhel, largement supérieur aux besoins en eau calculés, garantit une sécurité hydrique durable et une exploitation optimale des ressources en eau. Cette étude démontre ainsi la faisabilité technique et économique du projet, tout en minimisant les risques liés aux aléas climatiques.

Chapitre IV :
Etude du système d'adduction-
distribution

IV. CHAPITRE IV : ETUDE DE SYSTEME D'ADDUCTION-DISTRIBUTION

IV.1. INTRODUCTION

L'analyse du réseau d'adduction et de distribution dans un périmètre d'irrigation nécessite l'examen de plusieurs paramètres, tels que la source d'approvisionnement en eau, le réseau de canalisations, les dispositifs de pompage, le bassin de stockage, et les mécanismes de régulation. Cette approche permet d'identifier des opportunités d'amélioration pour augmenter l'efficacité et la rentabilité du système, tout en minimisant les pertes en eau. Dans cette section, nous examinerons les différents éléments constitutifs de notre système d'adduction et de distribution pour le périmètre d'irrigation, et discuterons des stratégies pour optimiser leur performance.

IV.2. ALIMENTATION EN EAU DU PERIMETRE DE BIR-GHBALOU

Le barrage de Lakhel joue un rôle crucial en fournissant l'eau nécessaire pour l'irrigation des plaines des Arribs. Les volumes d'eau requis sont transportés grâce à un système intégré qui comprend une station de pompage, un réseau d'adduction et de distribution, ainsi qu'un ouvrage de stockage. Le volume du barrage dédié à l'irrigation est de 10 hm³. Cette configuration est essentielle en raison de la position stratégique du barrage par rapport aux plaines.

IV.3. STRUCTURE ET ORGANISATION DU PERIMETRE

Un îlot d'irrigation, formé de parcelles et alimenté par une borne d'irrigation, représente une unité hydro-agricole. L'organisation des îlots dans un périmètre est influencée par divers facteurs, notamment la topographie, les aspects technico-économiques, ainsi que la taille et le nombre de parcelles. Pour une organisation optimale de ces îlots, il est recommandé de suivre ces directives :

- Chaque îlot d'exploitation doit être équipé d'une prise.
- Une borne peut desservir jusqu'à quatre prises au maximum.
- Les bornes doivent être positionnées aux limites des îlots ou au centre des grands îlots.

La borne d'irrigation est un dispositif économique conçu pour les réseaux à la demande et remplit les fonctions suivantes :

- Réguler le débit, en le limitant au débit de l'îlot.
- Ajuster la pression et absorber les variations accidentelles.
- Assurer la distribution de l'eau pour un ou plusieurs utilisateurs disposant d'une prise personnelle.

IV.4. CALCUL HYDRAULIQUE DES POINTS DE DISTRIBUTION

La performance hydraulique des bornes dépend du débit nécessaire en amont des parcelles. Le débit que chaque borne doit fournir pour desservir un îlot est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s \times S \tag{IV-1}$$

Avec :

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

IV.4.1 Choix du diamètre adéquat pour la borne

Les diamètres des bornes d'irrigation sont principalement déterminés par les débits requis pour chaque îlot, comme le précise le tableau ci-dessous :

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

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

IV.4.2 Détermination du type de bornes

Le choix du type de borne se base sur la surface des îlots. En règle générale :

- Les îlots de 4 à 8 parcelles, dont la superficie est inférieure à 15 hectares, utilisent une borne à quatre prises (type A4).
- Les îlots de deux parcelles avec une superficie inférieure à 15 hectares sont équipés d'une borne à deux prises (type A2).
- Pour les îlots de deux parcelles dont la superficie dépasse 15 hectares, on choisit une borne à deux prises de type B.
- Les grands îlots nécessitent des bornes de type C.

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

Numéro d'îlot	Surface (ha)	Débit (l/s)	Type de borne
1	14,82	14,82	A4
2	17,83	17,83	B
3	19,4	19,4	B
4	10,48	10,48	A2
5	13,4	13,4	A4
6	12	12	A2
7	11,39	11,39	A4
8	18,12	18,12	B
9	11,07	11,07	A2
10	5,55	5,55	A2
11	7,82	7,82	A2
12	14,37	14,37	A4
13	9,98	9,98	A2
14	14,79	14,79	A4
15	10,56	10,56	A2
16	8,56	8,56	A2

IV.5. DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT DU PERIMETRE DE BIR-GHBALOU

Le projet d'aménagement hydro-agricole de Bir-Ghbalou a opté pour une solution technique combinant pompage et gravité. L'eau du barrage Lakhel est captée à la cote 666,47 m et refoulée vers un réservoir de compensation situé à une altitude de 710 m. Ce dispositif permet de surmonter le dénivelé et d'assurer une alimentation gravitaire de l'ensemble du périmètre. Cette configuration garantit une pression d'alimentation uniforme dans chaque îlot, optimisant ainsi la distribution de l'eau

IV.6. ETUDE DU SYSTEME DE POMPAGE

IV.6.1 Généralités sur les pompes

Les pompes sont des machines indispensables dans de nombreux domaines, du domestique à l'industriel. Leur principe de fonctionnement repose sur la création d'une différence de pression, propulsant ainsi un fluide d'un point à un autre. Cette différence de pression est générée par diverses méthodes, selon le type de pompe (centrifuge, volumétrique, etc.). Le choix d'une

pompe dépend de facteurs multiples, tels que le débit requis, la hauteur de refoulement, la nature du fluide et les conditions de travail. Les applications des pompes sont vastes : alimentation en eau, irrigation, industrie chimique, refroidissement de moteurs, etc.

IV.6.1.1 Les turbopompes

Les turbopompes se divisent en trois catégories principales : les pompes centrifuges, qui fonctionnent par écoulement radial ; les pompes axiales, qui utilisent un écoulement axial ; et les pompes semi-axiales.

Les pompes à écoulement radial, communément désignées sous le nom de pompes centrifuges, sont particulièrement adaptées pour produire de faibles débits à des hauteurs élevées.

La hauteur de refoulement d'une pompe augmente proportionnellement au diamètre extérieur de sa roue. Dans ce type de pompe, le fluide s'écoule de manière radiale, et les pales de la roue sont des surfaces planes.

Les pompes axiales, en revanche, ressemblent à des hélices et possèdent des pales formées de surfaces incurvées. Elles sont particulièrement efficaces pour augmenter les débits à de faibles hauteurs.

Les pompes semi-axiales sont spécifiquement conçues pour élever des débits importants à de faibles hauteurs. Elles nécessitent des vitesses d'entrée relativement basses en raison de leur faible hauteur de refoulement. Pour ce faire, elles adoptent une structure de pompes hélico-centrifuges, avec des dimensions notables, et les diamètres d'entrée et de sortie sont similaires.

IV.6.1.2 Les pompes volumétriques

Les pompes volumétriques forment une catégorie particulière de pompes dans laquelle l'énergie est convertie lors du refoulement, grâce à des éléments de refoulement, au cours d'un processus périodique. Cette conversion entraîne systématiquement une augmentation de la pression du fluide pompé.

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

La hauteur manométrique totale est donnée par la formule :

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

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).
- Pr : Pression résiduelle (mce)

IV.6.2.1 Calcul de la hauteur géométrique H_g

- H_r : Cote du réservoir = 710 m
- H_b : Cote bache : 666,47m

- Donc $H_g = 710 - 666,47 = 43,53\text{m}$

IV.6.2.2 Calcul des pertes de charge totale

➤ Calcul perte de charge linéaire

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

Formule

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

Avec :

- ΔH_L : perte de charge linéaire
 - L : Longueur de conduite, en m
 - Q : Débit, en m^3/s .
 - D : Diamètre, en m.
 - C : Coefficient de Hazen-Williams
- **Calcul des pertes de charge singulière**

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

$$\Delta H_s = 0,1 \Delta H_L \quad \text{IV-4}$$

➤ Les pertes de charge totale

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_s \quad \text{IV-5}$$

➤ Calcul du débit à refouler :

$$Q = Q_s \times Stot = 1 \times 200 = 200 \text{ l/s} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{IV-6}$$

$$Q_{forcé} = QC \times 1,05 = 0,2 \times 1,05 = 0,21 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{IV-7}$$

➤ Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt[4]{Q_{ref}} = \sqrt[4]{0,21} = 0,46 \text{ m} = 460 \text{ mm} \quad \text{IV-8}$$

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

Débit (m3/s)	Diamètre (mm)	Vitesse (m/s)	L (m)	P. charges Linéaire	P. charges Singulière	P. charges Totale	Hmt (m)
0,21	300	2,970	4581,4	116,31	11,631	127,94	171,47
0,21	400	1,671	4581,4	28,65	2,865	31,52	75,05
0,21	500	1,0695	4581,4	9,67	0,967	10,63	54,16
0,21	600	0,743	4581,4	3,98	0,398	4,38	47,91
0,21	700	0,546	4581,4	1,88	0,188	2,07	45,6

Le diamètre d'une conduite de refoulement est dimensionné de manière à obtenir le coût total de possession le plus faible, en considérant à la fois les coûts d'amortissement et les coûts d'exploitation.

IV.6.3 Calcul des frais d'amortissement

➤ Répartition annuelle de l'amortissement

Les coûts d'amortissement annuels sont déterminés par deux facteurs principaux : la durée d'amortissement de l'actif et le taux d'annuité. Cette relation est calculée de la manière suivante :

$$F = Prc \times A \tag{IV-9}$$

Avec :

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

$$A = \frac{i}{(1+i)^n} \tag{IV-10}$$

Avec :

- **A** : frais d'amortissement (Da).
- **i** : Taux d'annuité ; i = 8%.
- **n** : Durée de l'amortissement de la conduite, n =30 ans.

$$AN : A = \frac{0,08}{(1+0,08)^{30}} = 0,0888$$

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

Diamètre	Prix de pose	Prix de mètre linéaire	L	Prix total	A	Frais amortissement (DA)
300	500	6500	4581,4	32069800	0,0888	2847798,24
400	650	7490	4581,4	37292596	0,0888	3311582,525
500	880	9300	4581,4	46638652	0,0888	4141512,298
600	950	12000	4581,4	59329130	0,0888	5268426,744
700	1100	15700	4581,4	76967520	0,0888	6834715,776

IV.6.4 Calcul des frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont déterminés en fonction de l'énergie électrique consommée lors du pompage, en tenant compte de la gamme de diamètres obtenue. Ils se calculent à l'aide de la formule suivante :

$$F_{exp} = E \times e \quad \text{IV-11}$$

Avec :

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

La puissance absorbée par la pompe peut être exprimée par la relation suivante :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta} \quad \text{IV-12}$$

Avec :

- η : Rendement de la pompe en pourcentage (η = 75%)
- Q : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m³/s)
- g : Accélération due à la pesanteur (9,81 m/s²)
- ρ : Masse volumique de l'eau (kg/m³)
- **Énergie utilisée par la pompe**

L'énergie utilisée par la pompe est calculée de la façon suivante :

$$E = P \times t \times 365 \text{ (Kw/ans)} \quad \text{IV-13}$$

Avec :

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

Tableau IV.5: calcul des frais d'exploitations

Diamètre (mm)	Hmt (m)	Puissance (kw)	Energie (kw/an)	Frais d'exploitation (DA)
300	171,47	471,0050962	3782170,922	17662738,21
400	75,05	206,1438423	1655335,054	7730414,703
500	54,16	148,7723115	1194641,662	5578976,56
600	47,91	131,5861783	1056637,012	4934494,845
700	45,6	125,2410423	1005685,57	4696551,611

IV.6.5 Bilan global des coûts et sélection du diamètre

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

Tableau IV.6 : bilan total

Diamètre (mm)	f. exploitation (DA)	f. amortissement (DA)	Bilan (DA)
300	17662738,21	2847798,24	20510536,45
400	7730414,703	3311582,525	11041997,23
500	5578976,56	4141512,298	9720488,858
600	4934494,845	5268426,744	10202921,59
700	4696551,611	6834715,776	11531267,39

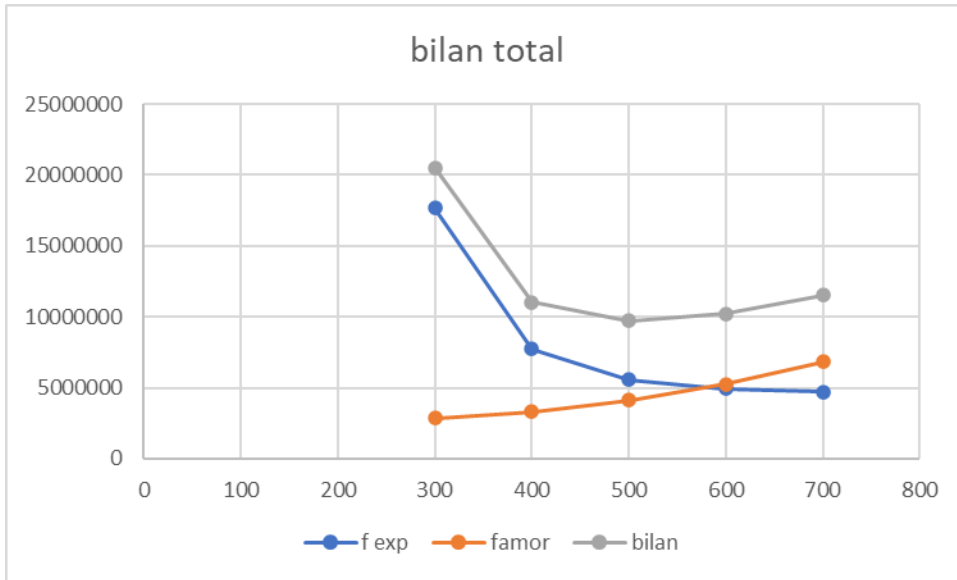


Figure IV-1 : Bilan total des frais

Interprétation :

L'analyse technico-économique du graphe IV.1 recommande un diamètre optimal de 500 mm, un débit de 0,21 m³/s et une hauteur manométrique totale de 54 m

IV.7. CHOIX DE NOMBRE ET DE TYPE DE POMPE

La sélection du nombre et du type de pompes à utiliser repose sur plusieurs facteurs clés, tels que le débit requis, la hauteur de refoulement, le rendement, la puissance absorbée, et autres critères techniques. Avant de déterminer le nombre de pompes nécessaires, il est essentiel de prendre en compte les éléments suivants :

- Nombre minimal de pompes.
- Puissance absorbée minimale.
- NPSH disponible minimal (NPSH(r)).
- Rendement optimal.
- Vitesse de rotation élevée.

Pour choisir le type et le nombre de pompes répondant à ces critères, nous avons utilisé le logiciel Caprari. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.7:choix de pompe

N de pompe	Débit demande (l/s)	Hmt(m)	Type de pompe	Q pompe (l/s)	Hmt pompe (m)	Puissance (KW)	Rendement (%)	NPSH (m)
1	210	54	-	-	-	-	-	-
2	105	54	P150	56,1	55,5	45,7	67,3	4
3	70	54	P125	70	57,9	64	72,5	1,57
4	52,5	54	P125	56,1	55,5	45,3	67,3	1,9
5	42	54	P125	41,6	56,8	29	65,4	1,99

Conformément à l'étude réalisée avec le logiciel Caprari, l'extension du périmètre irrigué de Bir-Ghbalou est alimentée par un réseau de pompage constitué de trois pompes centrifuges principales de type PM125 et d'une pompe de secours. Ce dispositif assure le transfert des eaux d'irrigation depuis la source jusqu'aux parcelles.

IV.8. VERIFICATION DU RISQUE DE LA CAVITATION

La cavitation se produit lorsque la pression absolue descend au niveau ou en dessous de la tension de vapeur de l'eau, perturbant ainsi l'écoulement du liquide à l'entrée de la pompe. Dans les pompes centrifuges, ce phénomène est généralement causé par un déficit d'énergie de NPSH à l'admission. Pour prévenir la cavitation, il est nécessaire que le NPSH disponible (NPSHd) soit supérieur au NPSH requis (NPSHr).

$$NPSHr < NPSHd$$

Où :

- **NPSHr** : Pression minimale d'aspiration requise, spécifiée par le fabricant.
- **NPSHd** : Pression minimale d'aspiration requise, déterminée par l'installateur.

Le NPSHd peut être calculé en utilisant la relation suivante :

$$NPSH_d = \frac{P_{at}}{\rho g} - ZE - \Delta H_{asp} - \frac{P_v}{\rho g} - \frac{v_{asp}^2}{2g} \tag{IV-14}$$

- $\frac{P_{at}}{\rho g}$: La pression atmosphérique à la station de pompage en mce de 10,33 mètres de haut.
- ZE : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.
- Pv : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est recommandé de prendre une valeur de Pv = 20 hPa, ce qui correspond à une valeur de Pv/ρg = 0.24.

- V (m/s) : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration.
- ΔH_{asp} : perte de charge à l'aspiration. Les pertes de charges linéaires sont utilisées pour la conduite d'aspiration. 4m à 1000m.
- Longueur asp = 4m, donc ΔH apparente = 0,016m.

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

On trouve que : $D= 200$ mm.

$$\Rightarrow V = 4 \times 0.21 / (\pi \times 0.0314) = 6.684 \text{ m/s, D'où } V^2 / 2g = 2.277.$$

Finalement :

$$NPSH_d = 5,65 > NPSH_r = 2.68 + 0,5 \Rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

IV.9. DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR DE STOCKAGE

La réalisation d'un réservoir de stockage est nécessaire pour réguler l'alimentation en eau d'irrigation et maintenir une pression hydraulique optimale. Le dimensionnement de ce réservoir, c'est-à-dire le calcul de son volume, se base sur :

$$V_{reservoir} = Q_f \times T_{nf} \tag{IV-14}$$

Avec :

- $V_{reservoir}$: Volume de réservoir (m³).
- Q_f : débit forcé (m³/h), $Q_f = 0.21 \text{ m}^3/\text{h}$.
- T_{nf} : temps de non fonctionnement, égal à 1 heure.

$$A \ N : V_{reservoir} = 0.21 \times 3600 \times 1 = 756 \text{ m}^3$$

Notre choix s'est porté sur un réservoir circulaire de 800 m³, dont la hauteur est fixée à 4 mètres.

$$D = \sqrt{\frac{4v}{\pi \times h}} = 16 \text{ m} \tag{IV-15}$$

Le réservoir prévu sera de type circulaire, construit en béton armé et pourra contenir 800 mètres cubes d'eau.

Ses dimensions sont les suivant :

Tableau IV.8 : les dimensions du réservoir du stockage

Volume (m3)	800
Hauteur (m)	4
Diamètre (m)	16
Cote du radier du réservoir (m)	710
Cote trop plein du réservoir (m)	750

IV.10. SYSTEME D'ADDUCTION-DISTRIBUTION

Le périmètre de Bir-Ghbalou bénéficie d'un système d'alimentation par gravité depuis un réservoir de stockage. Le choix des matériaux constituant le réseau de conduites est conditionné par divers paramètres.

IV.11. CHOIX DU MATERIAU DES CONDUITES

Afin d'optimiser la rentabilité des investissements et d'assurer un fonctionnement durable des installations, le choix des matériaux pour les canalisations a été effectué en tenant compte de critères rigoureux tels que la résistance aux contraintes hydrauliques, la durabilité, la facilité de mise en œuvre et le coût global sur le cycle de vie. Compte tenu de ces paramètres, nous avons opté pour des conduites en PEHD pour les petits diamètres, appréciées pour leur flexibilité et leur légèreté, et pour des conduites en fonte pour les grands diamètres, reconnues pour leur robustesse et leur durabilité. Cette solution permet de concilier performance et économie, tout en garantissant la pérennité de l'ouvrage

Dans notre cas, nous choisissons les conduites en fonte si leurs diamètres sont supérieures à 315 mm, sinon nous optons pour des conduites en PEHD

IV.12. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DU RESEAU

IV.12.1 Vitesses admissibles

L'établissement d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites présente plusieurs avantages techniques :

- Il permet de déterminer un diamètre maximum raisonnable, ce qui conduit à des économies sur le coût des canalisations.
- Il prévient les risques liés aux vitesses extrêmes : des vitesses élevées peuvent entraîner une érosion, tandis que des vitesses trop faibles peuvent favoriser l'accumulation de dépôts solides.

La plage de vitesse autorisée se situe généralement entre 1,0 m/s (minimum) et 2,0 m/s (maximum). Dans notre réseau, la vitesse maximale autorisée est fixée à 1,5 m/s.

IV.12.2 Calculs hydrauliques

Le calcul hydraulique est le processus de dimensionnement du réseau, comprenant la détermination des diamètres et des matériaux des conduites, ainsi que la définition des cotes piézométriques aux nœuds et aux bornes, et des pressions correspondantes.

L'estimation des diamètres des conduites est réalisée en appliquant la formule de continuité de type Chezy.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V}} \tag{IV-16}$$

IV.12.3 Calcul des pressions des nœuds et des bornes

- Les pressions sont calculées en utilisant le principe de Bernoulli, qui explique le déplacement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \tag{IV-17}$$

- Z_1 et Z_2 : Côte terrain naturel (m) aux points 1 et 2 (en m)
- $\frac{P_1}{\rho g}$ ET $\frac{P_2}{\rho g}$: La hauteur de la pression (m) aux points 1 et 2
- $\frac{v_1^2}{2g}$ Et $\frac{v_2^2}{2g}$: La hauteur représentative de la vitesse d'écoulement (m) aux points 1 et 2
- ΔH : Les pertes de charges totales (m) entre les 2 point 1 et 2
- Cote piézométrique :

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

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

$$\Delta H_L = J = \left(\frac{3,594}{CHW}\right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \tag{IV-18}$$

- Pression :

Pression = Cote piézométrique-Cote terrain.

Les pertes de charge totales dans un réseau sont constituées des pertes de charge linéaires, dues au frottement de l'écoulement sur les parois des conduites, auxquelles on ajoute un coefficient de 10% pour tenir compte des pertes de charge singulières induites par les accessoires de tuyauterie

Tableau IV.9 : calcul hydraulique du réseau de distribution

N du tronçon	Longueur(m)	Superficie (ha)	Débit (l/s)	Diamètre (mm)	Diamètre normalise (mm)	Matériau	Vitesse (m/s)	P.D.C totale (m)	Cote terrain (m)	Cote piézométrique (m)	Pression en bars
R-st	5600	200	0,2	412,02	500	Fonte	1,019	12,51	660,48	701,49	4,10
ST-N1	355,17	200	0,2	412,02	500	Fonte	1,018	0,75	665,89	700,73	3,48
N1-N2	179,4	60,95	0,06095	227,45	250	PEHD	1,24	1,23	662,13	699,50	3,73
N2-B1	95,59	14,82	0,01482	112,15	125	PEHD	1,20	1,39	656,23	698,17	4,18
N2-N5	343,68	46,15	0,04615	197,92	200	PEHD	1,46	4,17	658,48	695,32	3,68
N5-B7	105,09	11,39	0,01139	98,3	110	PEHD	1,19	1,76	649,23	693,56	4,43
N5-N6	37,32	34,74	0,03474	171,72	200	PEHD	1,10	0,26	656,4	695,05	3,86
N6-B8	127,71	18,12	0,01812	124,01	160	PEHD	1,47	2,71	650,3	692,34	4,20
N6-N7	321,06	16,62	0,01662	118,77	125	PEHD	1,35	5,80	646,93	689,25	4,23
N7-B10	79,97	5,55	0,00555	68,63	75	PEHD	1,25	2,28	644,41	686,96	4,25
N7-N8	74,12	11,07	0,01107	96,93	110	PEHD	1,16	1,1775	644,01	685,78	4,17
N8-B9	76,51	11,07	0,01107	96,93	110	PEHD	1,16	1,21	643,7	684,57	4,08
N1-N3	321,27	139,2	0,1392	343,73	400	FONTE	1,10	1,03	658,2	699,70	4,15
N3-B2	110,92	17,83	0,01783	123,02	160	PEHD	1,45	2,28	655,65	697,41	4,17
N3-N4	404,59	121,37	0,12137	320,97	400	Fonte	0,96	1,008	651,03	698,63	4,76
N4-B3	168,82	19,4	0,0194	128,32	200	PEHD	0,61	0,41	653,67	698,28	4,46
N4-N9	353,3	101,4	0,1014	293,37	315	PEHD	1,30	2,02	647,23	696,67	4,94
N9-B6	133,16	12	0,012	100,92	110	PEHD	1,26	2,45	648,65	694,22	4,55
N9-N10	103,42	89,4	0,0894	275,47	315	PEHD	1,14	0,46	645,9	696,20	5,03
N10-B4	123,63	10,49	0,01049	94,36	110	PEHD	1,10	1,77	650,57	694,43	4,38

CHAPITRE IV ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION -DISTRIBTION

N10-N11	83,07	78,98	0,07898	258,92	315	PEHD	1,01	0,29	644,89	695,90	5,10
N11-N12	172,16	32,52	0,03252	166,14	200	PEHD	1,03	1,09	650,23	694,81	4,45
N12-B16	117,89	8,56	0,00856	85,24	110	PEHD	0,90	1,16	648,65	693,65	4,5
N12-N13	279,54	23,96	0,02396	142,61	200	PEHD	0,76	1,00	651,89	693,80	4,19
N13-B15	129,83	10,56	0,01056	94,67	110	PEHD	1,11	1,89	645,12	691,91	4,69
N13-N14	96,03	13,4	0,0134	106,65	110	PEHD	1,42	2,17	646,46	691,63	4,51
N14-B5	136,96	13,4	0,0134	106,65	110	PEHD	1,41	3,09	652,6	688,53	3,59
N11-N15	211,68	17,15	0,01715	120,65	125	PEHD	1,39	4,05	647,41	691,85	4,44
N15-B11	89,99	7,82	0,00782	81,47	90	PEHD	0,82	0,75	645,34	691,09	4,57
N15-N16	112,75	39,33	0,03933	182,71	200	PEHD	1,25	1,01	646,27	690,8	4,45
N16-N17	181,37	24,96	0,02496	145,55	200	PEHD	0,79	0,70	648,18	690,12	4,19
N17-B13	110	9,98	0,00998	92,03	110	PEHD	1,05	1,44	647,65	688,68	4,10
N17-N18	309,12	14,79	0,01479	112,04	125	PEHD	1,20	4,50	644,97	685,61	4,06
N18-B14	167,68	14,79	0,01479	112,04	125	PEHD	1,20	2,44	643,65	683,17	3,95
N16-N19	73,89	14,37	0,01437	110,44	125	PEHD	1,17	1,02	645,82	689,80	4,39
N19-B12	151,53	14,37	0,01437	110,44	125	PEHD	1,17	2,09	640,17	687,71	4,75

CONCLUSION

En conclusion, le dimensionnement d'un réseau d'irrigation est une étape déterminante pour optimiser la production agricole tout en préservant les ressources en eau. Une approche méthodique, intégrant des critères techniques, économiques et environnementaux, est indispensable pour garantir la pérennité des systèmes d'irrigation. Face aux défis du changement climatique et à l'évolution des pratiques agricoles, il est essentiel de concevoir des réseaux d'irrigation flexibles et adaptables, capables de faire face aux incertitudes futures. La gestion durable de l'eau, à l'échelle de l'exploitation comme à celle du bassin versant, constitue un enjeu majeur pour l'avenir de l'agriculture.

Chapitre V :
Choix de la technique d'irrigation

V Chapitre V : CHOIX DE LA TECHNIQUE D'IRRIGATION

V.1. INTRODUCTION

L'irrigation est une pratique fondamentale en agriculture, qui consiste à fournir de l'eau aux cultures de manière artificielle lorsque les ressources hydriques naturelles ne suffisent pas à garantir un développement optimal des plantes. De nombreuses méthodes d'irrigation ont été élaborées, chacune étant adaptée aux spécificités du terrain à irriguer et à la façon dont l'eau est acheminée vers les végétaux. Ce chapitre se penchera sur ces différentes techniques afin de déterminer la méthode la plus adéquate en fonction des caractéristiques du périmètre étudié.

V.2. CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION

Lors du choix de la technique d'irrigation à adopter, plusieurs paramètres doivent être soigneusement pris en compte, parmi lesquels :

- La configuration géométrique du site
- Le débit hydraulique
- La nature spécifique des cultures
- La perméabilité du sol
- La viabilité économique du projet
- Les considérations financières

Tous ces éléments doivent être minutieusement évalués pour sélectionner la méthode d'irrigation la plus appropriée

V.3. CATEGORIES DES TECHNIQUES D'IRRIGATION

Les techniques d'irrigation peuvent être classées en trois grandes catégories :

- a) L'irrigation gravitaire, souvent appelée irrigation de surface.
- b) L'irrigation par aspersion.
- c) L'irrigation par micro-irrigation.

V.4. L'IRRIGATION GRAVITAIRE

L'irrigation gravitaire, également nommée irrigation de surface, est la méthode la plus répandue dans les exploitations agricoles. Elle consiste à faire couler l'eau sur le sol par gravité. Cette approche se décline en plusieurs sous-catégories :

- **Irrigation par ruissellement** : Cette méthode consiste à laisser l'eau s'écouler en surface, suivant les contours naturels du terrain.
- **Irrigation par rigoles d'infiltration** : Dans cette technique, l'eau est dirigée vers des canaux spécialement conçus pour favoriser son infiltration dans le sol.
- **Irrigation par submersion** : Cette approche implique une submersion temporaire du terrain, permettant à l'eau de se répandre sur la surface cultivée.

V.4.1 L'irrigation par ruissellement

L'irrigation par ruissellement se distingue par la distribution de l'eau à l'aide de rigoles, qui transportent l'eau par écoulement depuis les fossés du champ, sans véritable contrôle du flux d'eau à l'aide de digues.

V.4.2 L'irrigation à la raie

Le transport de l'eau vers les plantes à travers un système de canaux minces, généralement positionnés à des intervalles d'environ 0,75 à 1 mètre, caractérise la technique d'irrigation par sillons. Ces canaux sont stratégiquement disposés pour diminuer progressivement en densité.

Il en résulte un débit d'eau limité, ne couvrant qu'une petite partie de la surface.



Figure V-1: irrigation par planches

V.4.3 L'irrigation par submersion

L'inondation contrôlée, également connue sous le nom d'irrigation par inondation, est une technique agricole dans laquelle l'eau est appliquée au sol à différentes densités et laissée pendant une durée spécifique pour permettre une infiltration appropriée à la profondeur requise.

V.4.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité :

1) Avantage

Les principaux avantages de l'irrigation par ruissellement sont :

- Une approche technique élémentaire ne nécessitant pas d'énergie externe.
- Des coûts d'investissement réduits.
- La possibilité de recharger les nappes phréatiques.

2) Inconvénients

Les inconvénients de cette technique incluent :

- Une perte d'eau considérable.
- La nécessité d'effectuer des travaux de terrassement et de nivellement.
- Une efficacité relativement faible.
- Un cycle d'irrigation prolongé.
- Un besoin important de main-d'œuvre et un investissement en temps significatif.

V.5. L'IRRIGATION PAR ASPERSION

L'irrigation par aspersion consiste à apporter de l'eau aux plantes sous forme de pluie artificielle. Cette méthode fait appel à deux types de dispositifs : les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. L'objectif principal est de répartir l'eau de manière homogène sur la zone cultivée. La conception du système d'irrigation par aspersion doit veiller à ce que le débit appliqué soit inférieur au taux d'infiltration maximal du sol, afin de limiter les pertes par ruissellement



Figure V-2: irrigation par asperseurs

V.5.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :

1) Avantages

Les avantages de l'irrigation par aspersion comprennent :

- Pas besoin d'aménagement préalable du sol.
- Favorise une oxygénation significative de l'eau pulvérisée sous forme de pluie.
- Permet des économies substantielles par rapport à d'autres systèmes d'irrigation.
- Assure un dosage précis et une distribution uniforme de l'eau.
- Convient à tous les types de sols.
- Affiche une efficacité d'utilisation de l'eau élevée, variant de 75 % à 85 %.

- Réduit les besoins en main-d'œuvre.

2) Inconvénients

Les inconvénients de l'irrigation par aspersion incluent :

- La possibilité de pertes d'eau par évaporation et sous l'effet du vent.
- La nécessité d'une maintenance et d'une surveillance régulières du système.
- Les grandes variations de pression peuvent entraîner une distribution inégale de l'eau.

V.5.2 Types d'installations au niveau des parcelles

V.5.2.1 Système d'installation fixe

Dans ce système, tous les équipements (pompe, canalisations, asperseurs) sont installés de manière permanente. Cela réduit les besoins en main-d'œuvre mais entraîne des coûts d'investissement élevés.

➤ Couverture totale

La surface à arroser est équipée de rampes fixes. Seuls les asperseurs sont déplacés pendant et après la saison d'irrigation.

➤ Couverture intégrale

Des rampes et des arroseurs à postes fixes couvrent entièrement la parcelle. L'irrigation est contrôlée par l'ouverture et la fermeture manuelle ou automatique d'une vanne.

V.5.2.2 Système d'installation mobile

➤ Système d'irrigation par enrouleur

Très répandu dans certaines régions comme la France, ce système flexible utilise un canon d'arrosage stationnaire alimenté par un tuyau flexible enroulé sur une bobine. Un moteur hydraulique fait tourner la bobine, rembobinant le tuyau et déplaçant le canon pour une meilleure distribution de l'eau.



Figure V-3 : irrigation par enrouleur

➤ Système d'irrigation par pivot

L'irrigation par pivot et l'irrigation par rampe frontale sont des systèmes automatisés couramment utilisés pour arroser les prairies et d'autres cultures situées au-dessus de la canopée. Les pivots effectuent une rotation circulaire autour d'un point central, tandis que les rampes frontales ont des extrémités libres. Ces dispositifs nécessitent de l'énergie pour se déplacer dans la parcelle et pour transporter l'eau de la source jusqu'aux plantes.



Figure V-4 : irrigation par pivot

V.6. SYSTEME D'IRRIGATION LOCALISEE

L'irrigation localisée, communément appelée méthode de goutte-à-goutte, tire son nom de son application ciblée, où l'eau est fournie précisément aux endroits où son infiltration est nécessaire. Cette méthode consiste à transporter l'eau à travers des conduits, qui la distribuent ensuite sous forme de gouttes via des goutteurs placés le long des rangées de plantations.



Figure V-5 : irrigation goutte à goutte

V.6.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

1) Avantages

Les principaux avantages de l'irrigation localisée sont :

- Une efficacité d'irrigation élevée.
- La possibilité de s'adapter à différents types de sols et à la plupart des cultures.
- Le potentiel d'automatisation.
- Des besoins réduits en main-d'œuvre.
- Une diminution des pertes par évaporation.

2) Inconvénients

- Obstruction des goutteurs

Les particules de sable, les dépôts progressifs d'argile ou de limons ,les réactions chimiques précipitant des composés ,la prolifération de micro-organismes

Ces facteurs contribuent fréquemment à l'obstruction des orifices des goutteurs. Il est important de noter que l'entretien et le débouchage des goutteurs engendrent des durées et des coûts significatifs

- Accumulation de sels

L'accumulation de sels peut se produire pendant la phase d'irrigation, en particulier dans les régions arides où les précipitations sont rares

V.7. CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ARROSAGE

Notre choix des techniques d'irrigation s'est fondé sur une évaluation minutieuse de plusieurs facteurs : le type de sol, la topographie, le climat, les besoins en eau des cultures, la qualité de l'eau disponible et les contraintes économiques. L'aspersion a été retenue pour les grandes surfaces cultivées, en raison de son coût d'installation relativement faible et de sa capacité à couvrir de grandes parcelles. Le goutte-à-goutte, quant à lui, a été privilégié pour les cultures de haute valeur ajoutée, grâce à sa grande précision et à son efficacité en termes d'utilisation de l'eau

CONCLUSION

Après avoir comparé les différents systèmes d'irrigation, nous avons retenu l'aspersion pour les grandes cultures et le goutte-à-goutte pour les cultures plus intensives. Ces choix s'appuient sur une évaluation approfondie des besoins en eau de chaque culture et des contraintes pédoclimatiques de notre région.

Chapitre VI :

Dimensionnement à la parcelle

VI CHAPITRES VI : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

VI.1. INTRODUCTION

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation au niveau parcellaire nécessite une analyse préalable des contraintes hydrauliques (taille de la parcelle, pression de service) et des besoins cultureux (besoins en eau, durée d'irrigation). Ces données permettront de déterminer les caractéristiques techniques du système.

VI.2. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION PAR ASPERSION

VI.2.1 Données générales

VI.2.1.1 Choix de la parcelle

Afin de dimensionner et de concevoir un réseau d'irrigation par aspersion optimal, nous avons choisi comme étude de cas la parcelle 20, située dans l'ilot 6. Cette parcelle, d'une superficie de 1,4 hectare, qui possède les caractéristiques suivantes :

- Surface : 1.4 ha
- Longueur 140 m
- Largeur 100 m
- Alimentation en eau : Borne B06
- Pression disponible à la borne : 4.57 bars

VI.2.1.2 Choix de la culture

Nous avons sélectionné le blé comme culture de référence pour le dimensionnement de notre réseau d'aspersion, en raison de son intérêt économique et agronomique. Le blé exige un apport d'eau durant les mois d'Octobre à juin avec un besoin net de pointe durant le mois de Mai qui est égal à **112.38 mm/mois**.

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

VI.2.1.3 Calcul de la dose pratique :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times da \times Z \quad \text{VI-1}$$

- Y : degré de tarissement : égal à 2/3
- Da : densité apparente : égale à 1.4
- Z : profondeur d'enracinement mm (60 cm)
- Hcc : humidité à la capacité au champ (28%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (15%)

$$AN : RFU = \frac{2}{3} \times (0,28 - 0,15) \times 1,4 \times 600 = 72,8 \text{ mm}$$

VI.2.2 Dimensionnement de l'asperseur

VI.2.2.1 Choix du diamètre de la buse

D'après la fiche technique d'un arroseur Perrot, nous avons opté pour le diamètre de 4,5 mm avec une pression de 3 bars, ce qui nous permet d'atteindre une portée théorique de 15.4 m.

VI.2.2.2 Calcul de la portée

La portée d'un asperseur, qui correspond à la limite de son rayon d'action, est calculée avec la formule suivante :

$$L = 3 \times d^{0,5} \times H^{0,25} \quad \text{VI-2}$$

Avec :

- d : diamètre de la buse en mm.
- H : pression à la buse en m.

$$A N : L = 3 \times 4,5^{0,5} \times 30^{0,25} = 14,89 \text{ m}$$

On prend 15 m

VI.2.2.3 Calcul de l'écartement entre les rampes et arroseurs

Les normes américaines définissent une relation entre la vitesse du vent et l'espacement maximal entre les lignes d'irrigation. étant donné les vents dominants dans notre région nous avons établi les résultats suivantes :

$$E_a = 0,8 \times L = 0,8 \times 15 = 12 \text{ m} \quad \text{VI-3}$$

$$E_r = 1,2 \times L = 1,2 \times 15 = 18 \text{ m} \quad \text{VI-4}$$

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

VI.2.2.4 Caractérisation de la buse

➤ Débit de l'asperseur

$$Q = 0,95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad \text{VI-5}$$

$$A N : Q = 0,95 \times \frac{\pi \times (4,5 \times 10^{-5})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 35} = 1,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ Vérification de la pluviométrie de l'asperseur

$$P = \frac{Q}{E_a \times E_r} \quad \text{VI-6}$$

$$A N : P = \frac{1,32 \times 1000}{12 \times 18} = 6,11 \text{ mm}$$

Pour ne pas dépasser une intensité d'irrigation de 9mm/h, le diamètre de la buse doit être soigneusement sélectionné.

VI.2.3 Les paramètres d'arrosage

➤ Calcul du tour d'eau

$$T_{eau} = \frac{\text{dose } p \times N_j}{B_{bp}} \quad \text{VI-7}$$

- $N_j = 26$ jours
- Besoin de pointe = 112.38 mm
- Dose nette pratique = 72.8mm

Le calcul nous donne $T_{eau} = 16,5$ jours, on normalise le tour d'eau à 15 jours que nous donne un nombre d'irrigation par mois égale à 2 fois/mois.

➤ **La dose réelle**

$$D_r = T_{eau} \times \text{la dose journaliere} \quad \text{VI-8}$$

AN : $D_r = 15 \times \frac{112,38}{30} = 56,84 \text{mm}$

➤ **La dose brute**

$$D_b = \frac{D_r}{eff} \quad \text{VI-9}$$

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

AN : $D_b = \frac{56,84}{0,75} = 75,78 \text{ mm} \approx 76 \text{mm}$

➤ **Temps d'arrosage**

$$T = \frac{D_b}{p} \quad \text{VI-10}$$

AN : $T = \frac{76}{6,11} = 12,43 \text{ h}$

Chaque asperseur adoptera une position par jour.

➤ **Débit d'équipement**

$$Q_{eq} = \frac{S \times B \times 10}{N_j \times n \times T_a \times eff} \quad \text{VI-11}$$

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

AN : $Q_{eq} = \frac{1,4 \times 112,38 \times 10}{26 \times 1 \times 15 \times 0,75} = 2,5 \text{m}^3/h$

On prend $Q = 3 \text{m}^3/h$

VI.2.4 Calcul hydraulique des rampes et porte rampe

VI.2.4.1 Dimensionnement des rampes

$$L_r = \text{largeur du terrain} - E_a/2 \quad \text{VI-12}$$

- L_r : longueur de la rampe en m.
- E_a : Écartement entre asperseurs dans la même rampe en m

A N : $L_r=94$ m

➤ **Nombre d'asperseurs par rampe**

$$N_{asp/r} = \frac{L_r}{E_a} \quad \text{VI-13}$$

A N : $N_{asp/r} = \frac{94}{12} = 7,8$ donc on prend 7 asperseurs par rampe

➤ **Nombre de rampe**

On travaille sur une seule rampe

➤ **Débit de la rampe**

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times N_{asp/r} \quad \text{VI-14}$$

A N : $Q_{rampe} = 9,24m^3/h=0,0025m^3/s$

➤ **Diamètre de la rampe**

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \quad \text{VI-15}$$

- V : vitesse admissible égale à 1.5 m/s.

A N : $D_r=0,046m$ on normalise le diamètre a 50 mm

VI.2.4.2 Dimensionnement de la porte rampe

➤ **La longueur de la porte rampe**

$$L_{pr} = \text{longueur du terrain} - \frac{Er}{2} \quad \text{VI-16}$$

A N : $L_{pr} = 131m$

➤ **Débit de porte rampe**

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times N_{asp/r} \times Nr \quad \text{VI-17}$$

A N : $Q_{pr} = 0,0025m^3/s$

➤ **Diamètre de la porte rampe**

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

A N : $D_{pr} = 46$ mm le diamètre normalise est a 63 mm

VI.2.4.3 Calcul des pertes de charge

$$J = \left(\frac{3,592}{Ch}\right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852}$$

VI-19

- J=Perte de charges linéaire en m ;
- CH : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m

Pour les rampes Jr = 5,8

Les portes rampes Jpr= 2,18

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

Conduite	La rampe	Porte rampe	Tertiaire
Longueur (m)	94	131	10
Diamètres (mm)	50	63	63
Débit (m ³ /s)	0,0025	0,0025	0,0025
Perte de charge (m)	4,01	1,81	0,13

Les pertes de charge totale sont a 5,95 m donc la règle de Christiansen est vérifiée

VI.3. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D’IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE

VI.3.1 Données générales

VI.3.1.1 Choix de parcelle

Afin de dimensionner et de concevoir un réseau d'irrigation goutte à goutte optimal, nous avons choisi comme étude de cas la parcelle 49, située dans l'ilot 14. Cette parcelle, d'une superficie de 1,4 hectare, qui possède les caractéristiques suivantes :

- Surface : 1.2 ha
- Longueur 120 m
- Largeur 100 m
- Alimentation en eau : Borne B14
- Pression disponible à la borne : 3 bars

VI.3.1.2 Choix de culture

Nous avons sélectionné l’Olivier comme culture de référence pour le dimensionnement de notre réseau goutte à goutte, en raison de son intérêt économique et agronomique. L’Olivier exige un apport d’eau durant toute l’année avec un besoin net de pointe durant le mois de juillet qui est égal à **165.15mm/mois**.

Le temps de travail est 22heurs par jour durant 26 jours par mois.

VI.3.1.3 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 : 1260 goutteurs.

VI.3.2 Besoins hydriques en irrigation localisée

- **Impact de la couverture du sol**

Dans les systèmes d'irrigation goutte à goutte, le coefficient Kr est utilisé pour ajuster l'ETP en fonction du faible taux d'évaporation directe du sol, lié à la concentration de l'eau au niveau des racines. Dans notre cas nous l'avons calculé comme suit :

Keller et Kameli :

$$Kr = \frac{Cs}{0,85} \quad \text{VI-20}$$

Dans notre cas Kr est estimé à 0,7.

$$Bjl = Bj \times Kr \quad \text{VI-21}$$

Bj= ETMc= Bpointe/30 =5,5 mm/j et Bjl= 3,85 mm/j.

VI.3.3 Dose nette pratique

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, la dose d'humidification (RFU), exprimée en hauteur d'eau (P), représente la quantité d'eau à apporter pour maintenir le sol à une humidité optimale dans la zone racinaire, favorisant ainsi une croissance végétale optimale.

$$Dp = (Hcc - Hpf).Y.Z.da.p = RFU \times P \quad \text{VI-22}$$

- Hcc : humidité a la capacité au champ (28%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (15%)
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- Z : profondeur d'enracinement en (1,5m)
- Da : la densité apparente $\approx 1,4$
- P : Pourcentage du sol humidifié :

$$P = \frac{n.Spd.Sh}{Sa.Sr} \quad \text{VI-23}$$

- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1,5m)
- Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après la table, on a Sh = 1m.
- Sr : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.
- Sa : espacement des arbres sur les rangs= 4m

AN : P=19 %

Dp=34,58mm

VI.3.4 Fréquence d'irrigation et besoins en eau des cultures

$$Tr = \frac{\text{Dose nette}}{Bj} \quad \text{VI-24}$$

AN : $Tr = \frac{34,58}{3,85} = 8,8$ jours on prend Tr=8 jours

VI.3.5 Calcul de la dose réelle

$$Dr = Bj m \times Tr \quad \text{VI-25}$$

AN : Dr=34,65 mm

VI.3.6 Calcul de la dose brute

$$D_{brute} = \frac{Dr}{Eff \times Cu} \quad \text{VI-26}$$

- Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%,
- Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

AN : $D_{brute} = 42,77$ mm

VI.3.7 Durée d'arrosage

$$\theta = \frac{D_{brute} \times Sd \times Sr}{n \times Qg} \quad \text{VI-27}$$

AN : $\theta = \frac{42,77 \times 1,5 \times 4}{2 \times 4} = 32h$

VI.3.8 Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe

VI.3.8.1 Condition de Christensen

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad \text{VI-28}$$

L'écart maximal de pression :

$$dq = K \cdot xH^{x-1} \cdot dH \quad \text{VI-29}$$

x = 0.5 (caractéristique du goutteur) ; $q = K \cdot hx$

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \quad \text{VI-30}$$

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

La règle de Christensen fixe les pertes de charge à 1,8 m, dont 1,2 m pour la rampe et 0,6 m pour le porte-rampe.

VI.3.9 Les débits de rampes et la porte rampe

Débit des rampes :

$$Q_r = N_g \times Q_{gr} \quad \text{VI-31}$$

Débit des portes rampes :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad \text{VI-32}$$

➤ Nombre des arbres par rampe

$$N_{A/r} = \frac{Lr}{Ea} = \frac{100}{4} = 25 \text{ arbres} \quad \text{VI-33}$$

➤ Nombre des goutteurs par rampe

$$N_{g/r} = N_{A/r} \times N_g = 25 \times 2 = 50 \text{ goutteurs} \quad \text{VI-34}$$

➤ Nombre des rampes

$$N_r = \frac{L_{terrain}}{Ea} = \frac{120}{4} = 30 \text{ rampes} \quad \text{VI-35}$$

Donc :

Pour les rampes :

$$Q_r = N_g \times Q_{gr} = 50 \times 4 = 200 \text{ l/h} = 5,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour les portes rampes :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 200 \times 30 = 6000 \text{ l/h} = 0,001666 \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.3.10 Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe

➤ Diamètre de la rampe

$$\phi_r = \left(\frac{p \cdot d \cdot c(r) \cdot 2,75}{0,478 \cdot Q(r)^{1,75} L(r)} \right)^{-\frac{1}{4,75}} = 12,36 \text{ mm} \quad \text{VI-36}$$

Le diamètre normalise sera 16mm

➤ Diamètre de porte rampe

$$\phi_{pr} = \left(\frac{p \cdot d \cdot c(pr) \cdot 2,75}{0,478 \cdot Q(pr)^{1,75} L(pr)} \right)^{-\frac{1}{4,75}} = 62,82 \text{ mm} \quad \text{VI-37}$$

Le diamètre normalise sera 63mm

VI.3.11 Calcul des pertes de charge

$$J = \left(\frac{3,592}{Ch} \right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \quad \text{VI-38}$$

Pour les rampes : $\Delta H_r = 0.95 \text{ m} < 1.2 \text{ m} \rightarrow$ Condition vérifier

Pour les portes rampes : $\Delta H = 0,78 \text{ m} > 0,6 \text{ m} \rightarrow$ **condition n'est pas vérifiée**

On prend un diamètre supérieur $D=75 \text{ mm} \Rightarrow \Delta H = 0,33 \text{ m} < 0,6 \text{ m}$ (**vérifiée**)

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

Conduite	La rampe	Porte rampe	Tertiaire
Longueur (m)	100	120	10
Diamètres(mm)	16	75	75
Débit (m³/s)	$5,55 \cdot 10^{-5}$	0,00166	0,00166
Perte de charges (m)	0,95	0,33	0,03

Les pertes de charge totale sont à 1,31m inférieur a 1,8 m donc la règle de Christiansen est vérifiée

CONCLUSION

En adoptant des systèmes d'irrigation précis comme la goutte à goutte et l'aspersion, nous contribuons à une meilleure gestion de l'eau, à une augmentation de la rentabilité agricole et à une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

Chapitre VII : Management du projet

VII CHAPITRES VII : MANAGEMENT DU PROJET

VII.1. INTRODUCTION

L'étude économique et financière d'un projet d'irrigation vise à évaluer précisément son coût global, de la prise d'eau jusqu'à l'irrigation des parcelles. Ce chapitre a pour objectif d'estimer les dépenses nécessaires à la réalisation et à l'exploitation de ce système, afin d'assurer sa faisabilité financière et d'optimiser les investissements.

VII.2. LES PHASES DE REALISATION D'UN RESEAU D'IRRIGATION

Les différentes phases de l'installation des réseaux d'adduction et de distribution, dans le respect des normes environnementales et de sécurité sont les suivantes :

➤ **Excavation pour la pose de canalisations**

La première étape consiste à creuser une tranchée à l'aide d'une pelle mécanique. Les matériaux excavés sont ensuite évacués et un espace est aménagé pour le coffrage des conduites

➤ **Pose du lit de sable**

Afin de garantir la stabilité des conduites, nous allons mettre en place un sous-fonds de 15 centimètres de sable propre et tamisé au fond de l'excavation

➤ **Pose des conduites**

La phase d'installation comprend une sélection rigoureuse des éléments, une manutention délicate et un contrôle continu de l'alignement des conduites.

➤ **Essai de pression pour vérifier l'étanchéité des joints**

Un essai hydraulique à 1,8 fois la pression de service nominale est effectué sur les conduites avant le remblaiement. La stabilité de la pression est contrôlée pendant 30 minutes pour détecter d'éventuelles fuites.

➤ **Remplissage de la fouille**

La tranchée est remblayée avec les terres provenant du creusement.

➤ **Nivellement et compactage du sol**

Une fois la tranchée remblayée, le terrain est nivelé pour obtenir une surface plane. Il est ensuite compacté afin d'augmenter sa densité et sa stabilité.

VII.3. VOLUMES DE TERRASSEMENT

VII.3.1 Dimensions des tranchées

➤ **Largeur du fond de la tranchée**

Pour déterminer la largeur de la tranchée, nous utiliserons la formule suivante, qui prend en compte le diamètre de la conduite :

$$B = D + 0,6$$

VII -01

Avec :

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

La profondeur de la tranchée est calculée en fonction de la profondeur de recouvrement requise, du diamètre de la conduite et d'une hauteur libre nécessaire pour les opérations de branchement.

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

VII -02

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).

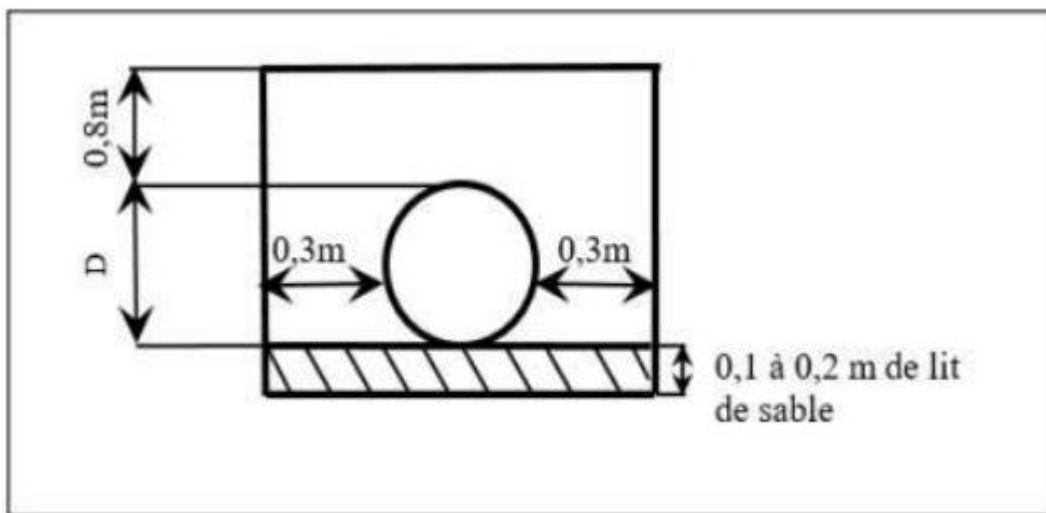


Figure VII-1 : profil en travers d'une tranchée

➤ **Section de la tranchée :**

Les sections des tranchées sont :

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

VII -03

Avec :

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

➤ **Volume de la tranchée**

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

$$V_{tr} = S_{tr} \times L \quad \text{VII -04}$$

Avec :

- V_{tr} : Volume du déblai (m³).
- S_{tr} : La section de la tranchée (m²).
- L : Longueur de la tranchée (m).

VII.3.2 Calcul des volumes de terrassement

➤ **Volume de déblai**

Les terres enlevées pour creuser une tranchée sont appelées déblais. Il est calculé par la formule suivante :

$$V_{deblai} = V_{tr} \times L \times H_{tr} \times B \quad \text{VII -05}$$

Avec :

- B : largeur de tronçon (m).
- H_{tr} : profondeur de tronçon (m).
- L : longueur de tronçon (m).

➤ **Volume de lit de sable**

Pour obtenir une base stable, on utilise un lit de sable, une couche horizontale posée sur le sol. On le calcule par la formule :

$$V_{sable} = e \times L \times B \quad \text{VII -06}$$

Avec :

- V_{sable} : volume de lit de sable (m³).
- E : épaisseur de la couche de lit de sable(m).
- B : largeur de tronçon(m).
- L : longueur de trançon(m)

➤ **Volume occupé par la conduite**

$$V_{cond} = S_{cond} \times L = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times L \quad \text{VII -07}$$

Avec :

- V_{con} : volume occupé par la conduite (m³).
- S_{cond} : section de la conduite(m).
- L : longueur de tronçon (m).
- D : diamètre extérieur de la conduite(m)

➤ **Volume de remblai**

Le remblai correspond au volume de matériau nécessaire pour combler une excavation et rétablir le niveau du terrain initial

$$V_{remb} = V_{deblai} - (V_{sable} + V_{cond}) \quad \text{VII -08}$$

Avec :

- V_{remb} : volume de remblai en (m3).
- V_{deblai} : volume de déblai en (m3).
- V_{sable} : volume de lit de sable (m3).
- V_{cond} : volume occupé par la conduite (m3)

Les volumes de déblais, de sable, de remblais du réseau de distribution sont calculés dans le tableau suivant :

Tableau VII.1: calcul des volumes de terrassements

Diamètre (mm)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Section (m2)	Longueur (m)	V deb	V conduite	V sable	V remblai
500	1,1	1,4	1,54	10836,57	16688,31	2127,755	1192,022	13368,53
400	1	1,3	1,3	725,86	943,618	91,214	72,586	779,817
315	0,915	1,215	1,111	539,67	599,964	42,057	49,379	508,527
250	0,85	1,15	0,977	179,4	175,363	8,806	15,249	151,308
200	0,8	1,1	0,88	1095,64	964,163	34,420	87,651	842,091
160	0,76	1,06	0,805	238,63	192,24	4,797	18,135	169,306
125	0,725	1,025	0,743	797,81	592,872	9,790	57,841	525,240
110	0,71	1,01	0,717	741,34	531,614	7,045	52,635	471,934
90	0,69	0,99	0,683	89,99	61,472	0,572	6,209	54,690
75	0,675	0,975	0,658	79,97	52,630	0,353	5,397	46,878
Total					20802,257	2326,81	1557,108	16918,33

VII.4. COUT DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

Les coûts détaillés par poste de travaux de terrassement sont les suivants :

Tableau VII.2: Estimation du cout des travaux de terrassement

Type de travail	Unité	Prix unitaire (DA)	Quantité	Prix trav
Déblai	M3	310	20802,25	6 448 699,794
P. sable	M3	2900	1557,108	4 515 613,896
Remblai	M3	420	16918,335	7 105 701,078
Total HT				18 070 014,77
TVA 19%				3 433 302,806
Total TTC				21 503 317,57

Le coût total des travaux de terrassement est évalué à : 21 503 317DA en TTC

VII.5. COUT DE POSE DES CONDUITES

Le tableau ci-dessous indique les prix de pose des conduites de refoulement et gravitaire

Tableau VII.3 : les couts de pose des conduites

Diamètre	Type de conduite	Unité	Prix unitaire (DA)	Longueur (m)	Prix (da)
500	Fonte	ml	8560	10836,57	92 761 039,2
400	Fonte	ml	7900	725,86	5 734 294
315	PEHD	ml	4703	539,67	2 538 068,01
250	PEHD	ml	2960	179,4	531 024
200	PEHD	ml	1952	1095,64	2 138 689,28
160	PEHD	ml	1229	238,63	293 276,27
125	PEHD	ml	771	797,81	615 111,51
110	PEHD	ml	626	741,34	464 078,84
90	PEHD	ml	421	89,99	37 885,79
75	PEHD	ml	374	79,97	29 908,78
Total HT					105 143 376
TVA 19%					19 977 241,4
Total HTC					125 120 617

Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales

Tableau VII.4: Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales

Les bornes	Prix unitaire	Quantité	Prix des trav
A4	20000	5	100 000
A2	13400	8	107 200
B	15200	3	45 600
Coudes 90	1280	2	2 560
Coudes 45	1190	3	3 570
Vannes	12790	8	102 320
Vanne sectionnement	21700	4	86 800
Te	1190	6	7 140
Total HT			448 050
TVA 19%			85 129,5
TOTAL TTC			533 179,5

VII.6. LE RESERVOIR DE STOCKAGE

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

Tableau VII.5 : les couts du réservoir de stockage

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
	Terrassement			
Déblai	M3	100	620	62 000
Remblai	M3	75	650	48 750
Béton armée	M3	120	12000	1 440 000
	Aménagement	Extérieur et	Divers	
Portail métallique	U	1	250000	250 000
Mur de clôture	M2	50	3200	160 000
Revêtement	M2	250	1200	300 000
Total HT				2 260 750
TVA 19%				429 542,5
Total TTC				2 690 292,5

VII.7. DEVIS ESTIMATIF DU PROJET

Tableau VII.6: estimation du devis estimatif du projet

Travaux	Montant DA
Terrassement	21 503 317,6
Pose des conduites	125 120 617
bornes d'irrigation	533 179,5
Réservoir de stockage	2 690 292,5
Montant TTC	149 847 406,5

VII.8. ORGANISATION DU CHANTIER

La planification des travaux est un processus méthodique qui consiste à définir les tâches à réaliser, leur séquençement, leur durée et les ressources nécessaires, afin d'atteindre les objectifs du projet dans les délais et les limites budgétaires impartis.

VII.8.1 Taches de projet et leur durée

Phase préparatoire :

- **Préparation du chantier** : Phase 0 - Mobilisation
- **Jalonnement** : Phase 1 - Repérage

Phase de construction :

- **Excavation de la tranchée** : Phase 2 - Terrassement
- **Pose de lit de sable** : Phase 3 - Fondations
- **Bardage des conduits** : Phase 4 - Protection
- **Installation des conduites** : Phase 5 - Pose
- **L'emplacement des bornes d'irrigation** : Phase 6 - Bornes
- **Montage et raccordement des conduites** : Phase 7 - Raccordement
- **Essais des conduites et des joints** : Phase 8 - Essais

Phase de finition :

- **Remblayage des tranchées** : Phase 9 - Remblai
- **Équipements des ilots d'irrigation** : Phase 10 - Équipements
- **Nivellement et compactage** : Phase 11 - Finitions

Tableau VII.7 : 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

Tableau VII.8 : Opérations succède et précède

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.8.2 Déterminations des délais

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

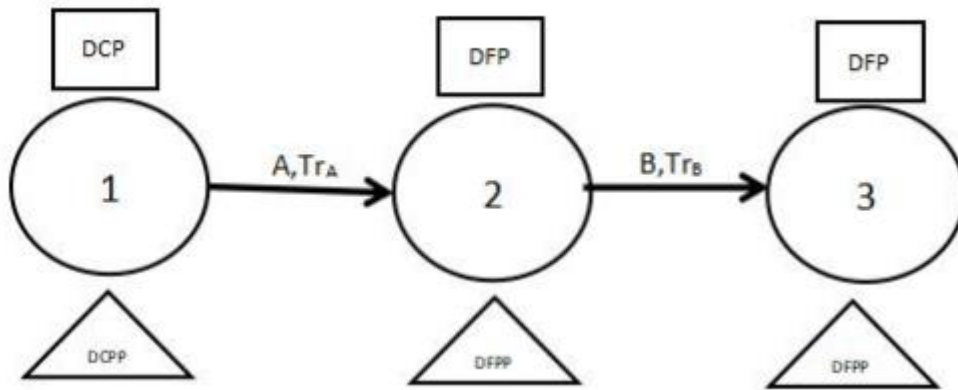


Figure VII-2 : Schéma représentatif de la méthode de PERT

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.
- DCP : date de commencement de l'opération par le calcul retour.
- DFPP : Date de finition de l'opération par le calcul retour.
- $MT = DCP - DCP = DFPP$
- 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.

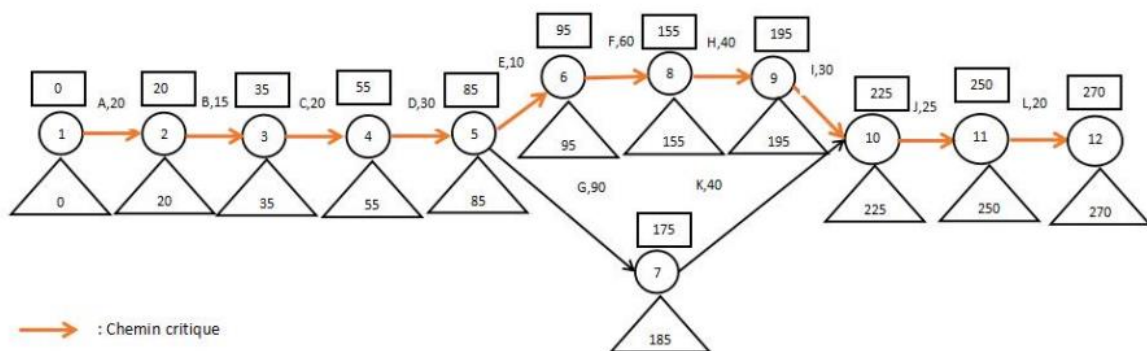


Figure VII-3 : reseau a fleche

CONCLUSION

Une organisation rigoureuse du chantier est indispensable pour mener à bien un projet d'irrigation. En utilisant la méthode PERT, nous avons établi un planning détaillé, permettant d'optimiser les ressources, de réduire les délais et de maîtriser les coûts. Notre analyse a estimé la durée totale du projet à 270 jours pour un budget global de 149 314 227DA

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Pour améliorer l'efficacité de l'irrigation dans la région des Arribs, une approche globale a été mise en place, prenant en compte divers indicateurs de performance. Cette démarche nécessite une analyse approfondie des données, incluant les caractéristiques agro-pédologiques et climatiques, tout en considérant les besoins en eau. L'analyse climatique montre que la région de Ain Bessem, caractérisée par un climat semi-aride, souffre d'un déficit pluviométrique, rendant indispensable l'irrigation pour maintenir des rendements agricoles stables.

L'aménagement hydro-agricole de l'extension du périmètre des Arribs repose sur une évaluation précise des besoins en eau des différentes cultures, en fonction de la vocation agricole de la région. Après avoir déterminé les volumes d'eau nécessaires pour irriguer cette zone, assurés par le barrage Lakhel, nous avons opté pour un système d'irrigation comprenant des canalisations souterraines en fonte et en PEHD, équipées de bornes d'irrigation. Nous avons également mis en lumière l'importance d'introduire des techniques modernes telles que l'aspersion pour les cultures céréalières et le goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage. Cette stratégie est essentielle pour atteindre notre objectif d'amélioration des rendements agricoles.

En termes de faisabilité, une étude de gestion de projet a été menée, révélant que la réalisation de ce projet s'étalera sur 270 jours, avec un coût estimé à 149 314 227DA (dinars algériens).

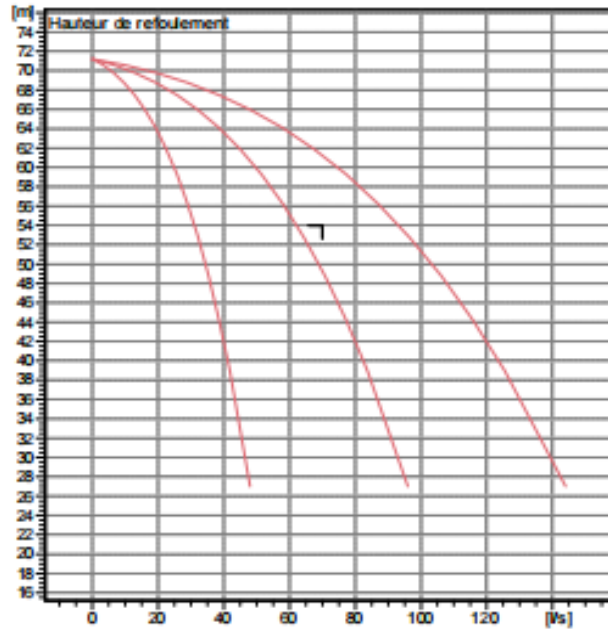
Références Bibliographiques

- A.Phocaidès: Manuel des techniques d'irrigation sous pression.Rome, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture,2008
- FAO 1975. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 33.
- MISSOUM TAREK AMINE : ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU PERIMETRE DE TOUFFANA, 515 ha (WILAYA DE BATNA)
- Monographie de la wilaya de Bouira , 2018.
- TALBI Karima : Etude d'extension du périmètre des ARRIBS (200ha) à partir du barrage de LAKEHAL (W. BOUIRA). Blida: ENSH,2023
- TAZI Abdel Madjid : Etude de la projection d'un système d'irrigation agricole du périmètre du moyen Cheliff secteur 'c'« 120 ha» irrigué à partir du barrage d'Oum Droua (Wilaya de Chlef)
- Touaibia 2004 : Manuel d'hydrologie

Annexes

Annexe I : Fiche technique de la pompe

PM 125/ 4 F	
Caractéristiques requises	
Débit	70 l/s
Hauteur de refoulement	54 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
Nbre de pompes	3
Caractéristiques de la pompe	
Débit	27,3 l/s
Hauteur de refoulement	57,9 m
Puissance absorbée	21,3 kW
Rendement	72,6%
Hauteur manométrique H(Q=0)	71,2 m
Orif. de refoulement	125 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	30 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3-
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	796 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Che mise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Étoupe	Fonte
Étoupe	Tresse graphitée

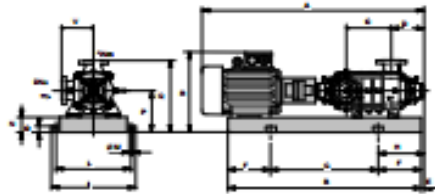


Caractéristiques de fonctionnement UNISO 2548C

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

Dimensions mm

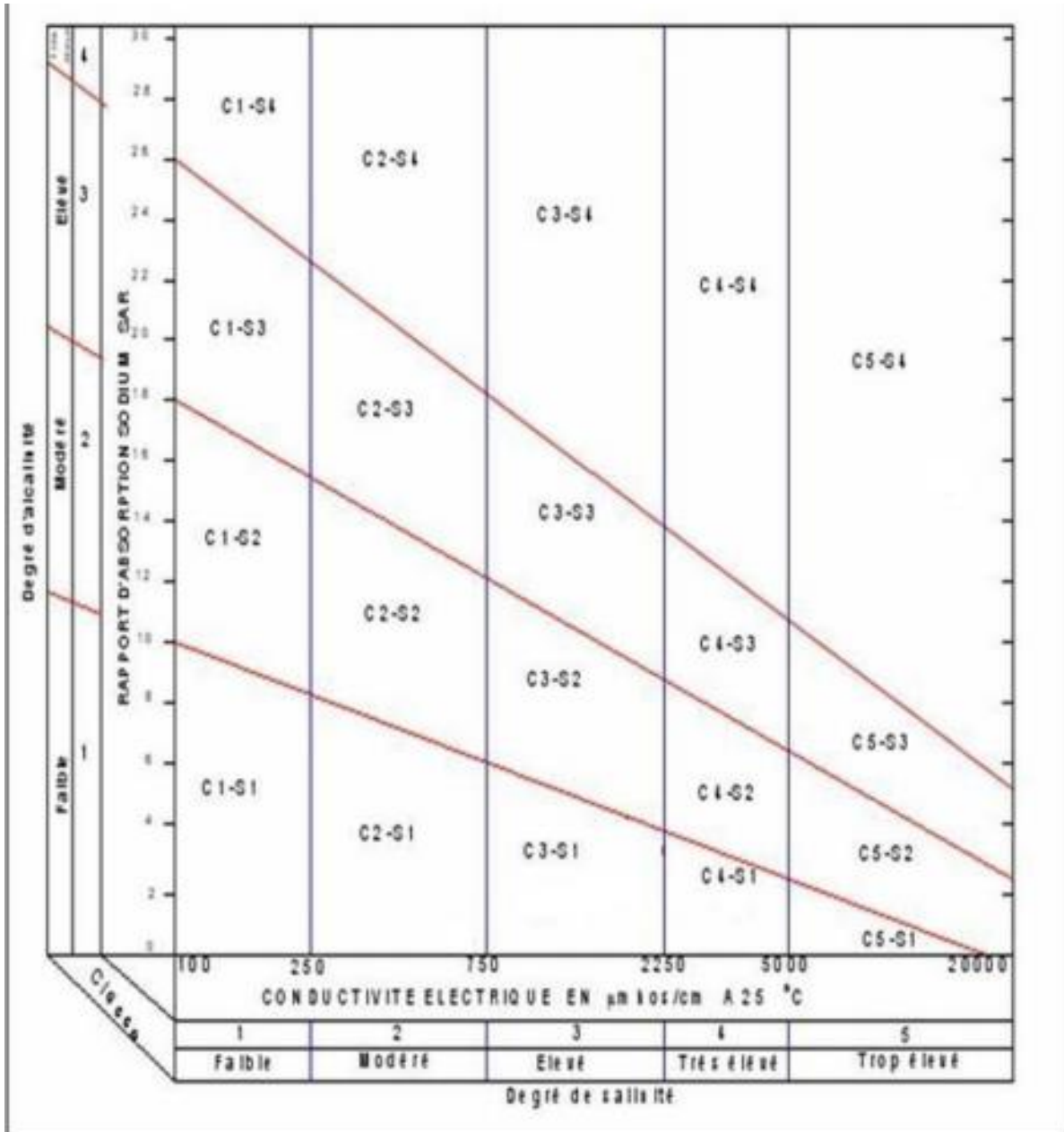
A = 1945
 B = 1636
 C = 445
 D = 337
 DN_a = 150
 DN_m = 125
 E = 244
 F = 300
 G = 1036
 H = 544
 I = 720
 L = 670
 M = 20
 N = 140
 O = 45
 P = 420
 Q = 740
 R = 670
 V = 320












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	
Bananier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
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

Annexe III : Diagramme de classification des eaux d'irrigation



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)	
	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
ZB 22D	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)
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	3,1	4,1	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0	5,3	4,3	5,7	4,5	6,0
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4	5,9	4,7	6,3	5,0	6,7
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7	6,3	5,1	6,8	5,4	7,2
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0	6,7	5,4	7,2	5,7	7,7
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4	8,6	6,9	9,2	7,3	9,7
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,4	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7

Caractéristiques du canon ZB22

Image 5 sur 11

