



## 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(150ha) partie sud, à partir du barrage LEKHAL  
(W.BOUIRA).**

**Présenté par :**

**AHMEDI EZZOURGUI Mohammed**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
KAHLERRAS Djillali	M.C.A	Président
BENKACI ALI Tarek	M.C.B	Examineur
BOUZIANE Omar	M.A.A	Examineur
SADOUNE Samra	M.C.A	Promoteur

**Session, Septembre 2024**

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## Remerciements

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma gratitude à mes parents pour votre soutien continu et vos grands sacrifices tout au long de mes études. Vos encouragements et vos soins ont été pour moi une source de force et d'inspiration et ont grandement contribué à ma réussite scolaire.

Je voudrais exprimer mes sincères remerciements au professeur SADOUNE SAMRA et mon appréciation pour votre soutien continu et votre supervision précieuse et créative dans ma préparation à ce travail. Vos conseils pour aller jusque dans les moindres détails ont été une source d'inspiration majeure dans la réussite du projet. Merci pour tous vos efforts et efforts à ce stade

Merci à Monsieur BENKACI Ali et AZIEZ Ouahiba pour ses besoins et ses conseils avisés. Je suis très reconnaissant d'exprimer ma gratitude aux personnels des Ingénieurs de la Supervision Nationale Hydraulique (ENSH) pour leurs bonnes pratiques et leur soutien continu tout au long de la longue période de formation académique.

Pour terminer, je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué, de manière directe ou indirecte, à l'élaboration de ce mémoire, même si elles ne sont pas nommées ici. Leur contribution a été inestimable, et je leur suis profondément reconnaissant.

Je souhaite également adresser mes remerciements aux membres du jury qui auront l'honneur d'évaluer et de juger mon travail.

# Dédicaces

Je souhaite tout d'abord exprimer ma reconnaissance infinie à mes parents, dont le soutien indéfectible, les sacrifices et les privations au fil des années ont été la pierre angulaire de mes succès. Leur amour et leurs encouragements m'ont guidé et inspiré tout au long de ce parcours. Que Dieu bénisse et fasse fructifier ce travail en hommage à leur dévouement.

Je tiens également à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à ce projet, ainsi que mes proches et ma famille, pour leur soutien inestimable et leur encouragement constant.

## ملخص

يهدف هذا البحث إلى تطوير نظام ري مستدام وفعال في منطقة بئر غبالو (150 هكتار) عبر تحليل البيانات المناخية وخصائص التربة. تم تصميم شبكة ري متكاملة باستخدام تقنيات الري بالرش والتقطير لتحسين استخدام المياه القادمة من سد لكحل. يهدف المشروع إلى تعزيز الإنتاجية الزراعية من خلال تحسين توزيع المياه وتلبية احتياجات المحاصيل المختلفة. كما يسعى إلى تحديث الممارسات الزراعية وتعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية في الزراعة.

## Résumé

Cette recherche vise à développer un système d'irrigation durable et efficace pour la région de Bir-Ghbalou, couvrant une superficie de 150 hectares, en se basant sur une analyse des données climatiques et des caractéristiques du sol. Un réseau d'irrigation intégré a été conçu, combinant les techniques d'irrigation par aspersion et par goutte-à-goutte, afin d'optimiser l'utilisation de l'eau provenant du barrage de Lakhal. Le projet cherche à améliorer la productivité agricole en optimisant la distribution de l'eau pour répondre aux besoins spécifiques des différentes cultures. De plus, il vise à moderniser les pratiques agricoles et à promouvoir la durabilité environnementale et économique de l'agriculture.

## Abstract

This research aims to develop a sustainable and efficient irrigation system for the Bir-Ghbalou region, covering an area of 150 hectares, based on an analysis of climatic data and soil characteristics. An integrated irrigation network has been designed, combining sprinkler and drip irrigation techniques, to optimize the use of water from the Lakhal dam. The project seeks to enhance agricultural productivity by optimizing water distribution to meet the specific needs of various crops. Furthermore, it aims to modernize agricultural practices and promote environmental and economic sustainability in agriculture.

## Table des matières

### Chapitre I Analyse des conditions naturelles

I. Introduction .....	3
I.2 Situation géographique de la wilaya de Bouira.....	3
Situation géographique de la wilaya de Bouira .....	3
I.3 Présentation de la zone d'étude .....	3
I.3.1 Présentation de la plaine des Arribs.....	3
I.3.2 Présentation de l'extension de périmètre des Arribs .....	4
I.4 Analyse de la situation physique de la région.....	5
I.4.1 Aperçu géologique .....	5
I.4.2 Situation Hydromorphologique .....	6
I.4.3 Situation Topographique .....	6
I.5 Analyse de la situation climatique.....	7
I.5.1 Choix de la station de référence .....	7
I.5.2 La pluviométrie .....	8
I.5.3 La température.....	8
I.5.4 Le vent.....	9
I.5.5 L'humidité relative .....	11
I.5.6 L'insolation.....	11
I.5.7 Le sirocco .....	11
I.6 Calcul des indices Agrométéorologiques .....	12
I.6.1 Indice d'aridité de Martonne .....	12
I.6.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger .....	13
I.6.3 Indice de Bagnouls et Gaussen.....	14
I.7 Conclusion.....	15

### Chapitre II :Ressources en eau -Ressources en sol

II.1 Introduction.....	17
II.2 Ressources en eau .....	17
II.2.1 Barrage Lakehal .....	17
II.2.2 Qualité d'eau de barrage Lakehal .....	18

II.3 Classification des eaux de l'irrigation.....	18
II.3.1 Risques dus à la salinité .....	19
II.3.2 Risques d'alcalinisation.....	19
II.4 Ressources en sol .....	21
II.4.1 Classification des sols .....	21
III.4.1.1 Classe des sols calcimagnésiques .....	21
II.4.1.2 Analyses physico-chimiques des sols .....	22
II.4.1.3 Textures de sol .....	23
II.4.1.4 Interprétations des résultats.....	23
II.4.2 les paramètres hydrodynamiques des sols.....	24
II.5 Détermination des aptitudes culturales des sols.....	24
II.6 Calcul de la pluie de projet .....	25
II.6.1 Présentation de la station pluviométrique .....	25
II.6.2 Données de précipitation .....	25
II.6.3 Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique .....	26
II.6.4 Ajustement de la série pluviométrique.....	27
II.6.4.1 Ajustement à la loi lognormal .....	28
II.6.4.2 l'ajustement par la loi normal .....	28
III.6.4.3 Évaluation de la validité d'un ajustement .....	30
II.7 Détermination de l'année de calcul.....	30
II.8 Conclusion .....	31

### **CHAPITRE III : Calcul des besoins en eau**

III.1 Introduction.....	33
III.2 Besoin net d'irrigation .....	33
III.2.1 Concept de l'évapotranspiration de référence : (ET <sub>0</sub> ) . (ETP).....	33
III.3 Pluie efficace .....	35
III.3.1 Calcul des besoins en eau .....	36
III.4 Calcul de la réserve en eau du sol RS <sub>j-1</sub> .....	36
III.5 Occupation des sols .....	37
III.5.1 Les cultures proposes.....	37

III.5.3 Assolements/rotation des cultures .....	38
III.6 Les céréalicultures .....	40
III.7 Estimation des besoins en eau des maraichères .....	42
III.8 Estimation des besoins en eau des cultures arboricoles .....	47
III.9 Besoins en eau pour les assolements (1) et (2) .....	48
III.10 Calcul du débit spécifique .....	49
III.10.1 Évaluation du débit caractéristique .....	50
III.10.2 Estimation des volumes d'eau d'irrigation .....	50
III.11 Conclusion .....	51

## **Chapitre IV Etude du système d'adduction- distribution**

IV.1 Introduction .....	53
IV.2 Alimentation en eau du périmètre de Bir Ghablou .....	53
IV.3 Organisation et structure du périmètre .....	53
IV.4 Calcul hydraulique des bornes .....	54
IV.4.1 Choix du diamètre de la bornes .....	54
IV.4.1 Choix du type de bornes .....	54
IV.5 : Description de l'aménagement du périmètre de Bir ghablou .....	55
IV.6 : Etude du système de pompage .....	55
IV.6.1 : Généralités sur les pompes .....	56
IV.6.1.1 : Les pompes volumétriques .....	56
IV.6.1.2 : Les turbopompes .....	56
IV.5.2 : Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation .....	56
IV.6.2.1 : Calcul de la hauteur géométrique Hg .....	56
IV.6.2.2 : Calcul des pertes de charge totale .....	57
IV.7 Calcul des frais d'exploitation .....	58
IV.7.1 Calcul des frais d'investissement .....	59
IV.7.2 Bilan total des frais .....	60
IV.8 Choix de nombre et de type de pompe .....	61

IV.8.1 Critères de choix de nombre des pompes .....	61
IV.8.2 Critères de choix de types des pompes.....	61
IV.8.3 Choix des pompes.....	62
IV.9 Vérification du risque de la cavitation.....	62
IV.10 description du réseau d'adduction-distribution .....	63
IV.11 Choix du matériau des conduites.....	63
IV.12 Dimensionnement du réseau de distribution.....	64
IV.12.1 Vitesses admissibles .....	64
IV.12.2 Calcul des diamètres .....	64
IV.11.3 Calcul des pressions.....	64
IV.11.4 Estimation des pertes de charge.....	65
IV.12 Conclusion .....	68

## **Chapitre V Techniques d'irrigation**

V.1 Introduction.....	70
V.2 Classification des techniques d'irrigation.....	70
V.3 L'irrigation de surface (gravitaire).....	70
V.3.1 Irrigation par bassins (submersion).....	70
V.3.2 : Irrigation par ruissellement .....	71
V.3.3 Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface.....	72
V.4 L'irrigation par aspersion.....	72
V.4.1 Irrigation par Asperseurs.....	73
V.4.2 Irrigation par pivot .....	73
V.4.3 Les avantages et les inconvénients de l'aspersion.....	74
V.5 L'irrigation localisée (goutte à goutte).....	74
V.5.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.....	75
V.6 Choix de la technique d'arrosage.....	75
V.7 Conclusion.....	75



## Chapitre VI Dimensionnement à la parcelle

VI.1 Introduction.....	77
VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion .....	77
VI.2.1 Choix de parcelle.....	77
VI.2.2 Choix de la culture.....	77
VI.2.3 Calcul de la Dose pratique RFU.....	77
VI.2.4 Dimensionnement de l'asperseur.....	78
VI.2.4.1 Choix du diamètre de la buse .....	78
VI.2.4.2 Calcul de la portée .....	78
VI.2.4.3 Écartement entre les rampes et arroseurs .....	78
VI.2.4.4 Vérification de la pluviométrie de la buse.....	78
VI.2.4.5 Détermination des paramètres d'arrosage .....	79
VI.2.5 Calculs hydrauliques .....	80
VI.2.5.1 Dimensionnement hydraulique des rampes .....	80
VI.2.5.2 Dimensionnement de la porte rampe.....	81
VI.2.5.3 Calcul des pertes de charge .....	82
VI.3 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	82
VI.3.1 Données générales.....	82
VI.3.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	83
VI.3.3 Dose nette pratique .....	83
VI.3.4 Fréquence et intervalle des arrosages .....	84
VI.3.5 Calcul de la dose réelle.....	84
VI.3.6 Calcul de la dose brute.....	84
VI.3.7 Durée de fonctionnement par d'arrosage.....	85
VI.4 Calcul hydraulique .....	85
VI.4.1 Les débits de rampes et la porte rampe.....	85
VI.4.2 Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe .....	86
VI.4.3 Vérification des pertes de charges .....	87
VI.5 Conclusion .....	88

## Chapitre VII : Calcul technico-économique

VII.1 Introduction .....	90
--------------------------	----

VII.2 Différents type de travaux à entreprendre .....	90
VII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution .....	90
VII.2.2 Les sections des tranchées .....	92
VII.2.3 Volume de la tranchée .....	92
VII.2.4 Volume occupé par les conduites .....	93
VII.2.5 Calcul du volume du déblai .....	93
VII.2.6 Volume du lite de sable .....	93
VII.2.7 Volume de remblais .....	93
VII.2.8 Evaluation du cout des travaux de terrassement .....	94
VII.2.9 Évaluation des prix de pose des conduites .....	94
VII.2.10 Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales... ..	95
VII.2.11 La station de pompage .....	96
VII.2.12 Devis estimatif du projet .....	96
VII.3 Conclusion.....	97

## Liste des tableaux

### Chapitre I Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : caractéristiques de la station météorologiques Bir ghalou .....	7
Tableau I.2 : Les pluies moyennes mensuelles en mm (1993-2018) .....	8
Tableau I.3 : Les températures moyennes mensuelles (1993-2018) .....	9
Tableau I.4 : Les vitesses moyennes mensuelles du vent (1993-2018).....	9
Tableau I.5 : L'humidité relative moyenne mensuelle (%) (1993-2018).....	10
Tableau I.6 : L'insolation moyenne mensuelle en heurs (1993-2018)....	11
Tableau I.7 : Les valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco (1993-2018) .....	11
Tableau I.8 : Indice d'aridité de Martonne .....	13

### Chapitre II Ressources en eau -Ressources en sol

Tableau II.1 : Les résultats des analyses de l'eau du barrage Lakehal.....	18
Tableau II.2: Risque d'irrigation en fonction de la salinité .....	19
Tableau II. 3: Résultats des analyses de l'eau du barrage Lekhal.....	20
Tableau II.4: Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR .....	20
TableauII.5 : Résultats des analyses physico-chimiques .....	22
Tableau II.6: Propriétés hydrodynamiques des sols .....	24
Tableau II.7 :Coordonnées de la station météorologique ANRH Alger.....	25
Tableau II.8 : Répartition mensuelle et annuelle des pluies .....	25
Tableau II.9 : Caractéristiques de la série pluviométrique.....	26
Tableau II.10 : Résultats du test de Mood....	27
Tableau II.11 :Résultats de l'ajustement à la loi log-normale (utilisation du logiciel Hyfran).....	28
Tableau II.12 :Résultats de l'ajustement à la loi normale (utilisation du logiciel.....	29
Tableau II. 13: Test de validité des deux ajustements....	30
Tableau II.14 : Les précipitations moyennes mensuelles pour l'année de sécheresse....	31

### CHAPITRE III :Calcul des besoins en eau

Tableau III.1 : Calcul de l'Evapotranspiration de référence par le logiciel CROPWAT .....	35
Tableau III. 2 : Pluie efficace .....	36
Tableau III.3 : Scénario d'occupation du sol du périmètre Bir ghalou.....	37

Tableau III.4 : système de cultures proposées.....	38
Tableau III.5 Assolement proposé pour le périmètre .....	38
Tableau III.6 les cycles végétatifs des cultures proposées pour l'extension de périmètre des Arribs.....	39
Tableau III. 7: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.....	48
Tableau III.8 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.....	48
Tableau III.9 :Estimation des volumes d'irrigation annuels .....	50

## **Chapitre IV Etude du système d'adduction- distribution**

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit de la borne .....	54
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.....	55
Tableau IV. 3: Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.....	58
Tableau IV.4: Calcul des frais d'exploitation.....	59
Tableau IV.5: Calcul de frais d'investissement .....	60
Tableau IV.6 Bilan total des diamètres choisis .....	60
Tableau IV.7: Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari .....	62
Tableau IV.8 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution .....	66

## **Chapitre VI Dimensionnement à la parcelle**

Tableau VI.1 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion... ..	82
Tableau VI.2 Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte.....	87

## **Chapitre VII : Calcul technico-économique**

Tableau VII.1 Calcul des différents volumes .....	94
Tableau VII.2 Estimation du cout des travaux de terrassement.....	94
Tableau VII.3: Estimation du cout de pose des conduites.....	95
Tableau VII.4 Estimation du cout des bornes et pièces d'irrigation... ..	95
Tableau VII.5 Estimation du cout de la station de pompage.....	96
Tableau VII.6: Estimation de coût totale de projet.....	9

## Liste des figures

### Chapitre I Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Bouira .....	3
Figure I.2 : Situation géographique de la plaine des Arribs. ....	4
Figure I.3 : Situation géographique de l'extension de périmètre des Arribs... ..	5
Figure I.4 : Carte géologique de la région de Bir Ghablou (Bétier et al , 1952)... ..	6
Figure I.5 : Carte du réseau hydro climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux (ANRH, 2005). 6	
Figure I.6 : Situation topographique de la région de Bir Ghablou... ..	7
Figure I.7: Répartition de pluie moyenne mensuelle en mm(Station Bir ghablou)... ..	8
Figure I.8 :Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Bir ghablou)... ..	9
Figure I.9 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s) (Station Bir ghablou)... ..	10
Figure I.10 : Evolution de l'humidité moyennes mensuelles en (%)(Station .....	10
Figure I.11 : Variation de l'insolation moyennes mensuelles en heurs(Station Bir ghablou)... ..	11
Figure I.12 : Répartition des jours de sirocco(Station Bir ghablou)... ..	12
Figure I.13 : le digramme bioclimatique d'Emberger... ..	13
Figure I.14 : le digramme ombrothermique de Gaussen... ..	14

### Chapitre II Ressources en eau -Ressources en sol

Figure II.1: La situation géographuique du barrage Oued Lakhal.....	17
Figure II. 2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation (1954).....	20
Figure II.3 : Triangle des textures des sols.....	23
Figure II.3 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normal .....	29
Figure II.4 : Ajustement des pluies annuelles la loi lognormal .....	29

### Chapitre IV Etude du système d'adduction- distribution

Figure IV.1: Bilan total des frais en fonction des diamètres .....	61
--	----

### Chapitre V Techniques d'irrigation

Figure V.1 : Irrigation par bassins .....	71
Figure V. 2: Irrigation par planche .....	71
Figure V.3: Irrigation à la raie .....	72
Figure V.4 : Irrigation par des asperseurs.....	73

Figure V.5: Irrigation par pivot .....	73
Figure V.6: Système d'irrigation goutte à goutte .....	74

## **Chapitre VII : Calcul technico-économique**

Figure VII. 1: Schéma d'une tranchée.....	92
---	----

# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

L'agriculture est un secteur crucial pour toute économie, assurant la sécurité alimentaire, stimulant la croissance économique et contribuant au développement durable.

En 2018, elle représentait 4 % du PIB mondial, soulignant son rôle clé.

En Algérie, bien que vitale pour l'économie, l'agriculture fait face à des défis majeurs, notamment la raréfaction des ressources en eau due à un climat de plus en plus aride. Pour relever ces défis et garantir la sécurité alimentaire, l'État a mis en place des politiques agricoles incitatives.

La wilaya de Bouira, reconnue pour son potentiel agricole, notamment dans la plaine des Arribs, souffre d'un manque d'infrastructures modernes d'irrigation, ce qui limite le développement hydro-agricole de la région malgré la qualité de ses terres fertiles.

Ce mémoire propose la conception d'un réseau d'irrigation optimisé pour la zone de Bir-Ghbalou (150 hectares), alimentée par le barrage Lakhel. Il inclut une analyse des caractéristiques pédoclimatiques, une évaluation des besoins en eau et une simulation du réseau d'irrigation, suivies d'une estimation du coût global du projet.



# **Chapitre I :**

## **Analyse des conditions naturelles**

**Introduction :**

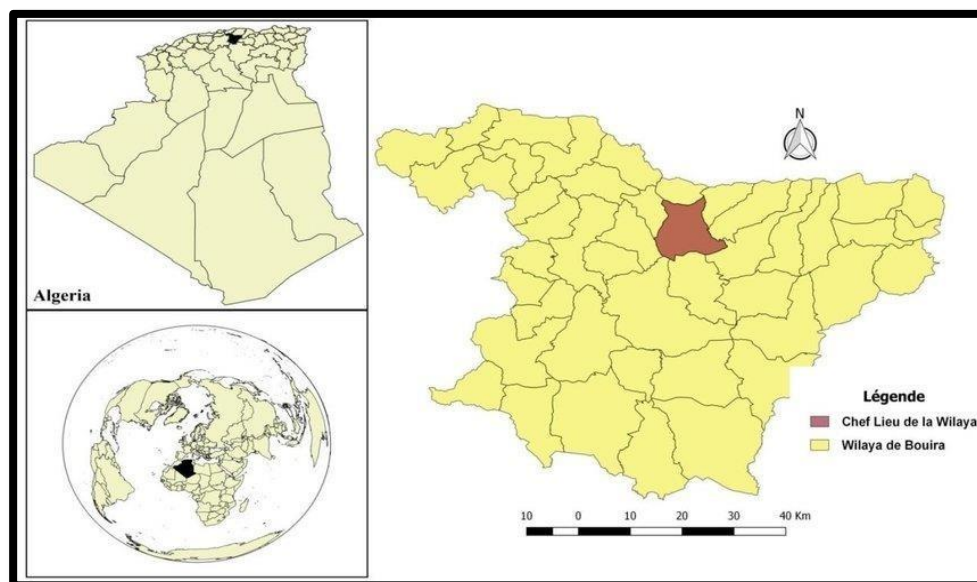
Les spécificités naturelles de la région sont intrinsèquement liées à l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation, d'une façon directe ou indirecte.

Ce chapitre se consacre à la caractérisation des diverses conditions naturelles (géographique, topographique, climatologique, et socio-économiques,...) présentes dans la zone d'étude, notamment les plaines des ARRIBS, localisées dans la daïra de Bir Ghalou, wilaya de Bouira, Afin d'adapter de manière optimale le réseau d'irrigation et d'améliorer ainsi l'efficacité des travaux d'aménagement hydro-agricole.

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

La wilaya de Bouira, située dans la région Nord du pays, s'étend sur une superficie de 4456,26 km<sup>2</sup>, ce qui représente 0,19% du territoire national. Elle est subdivisée en 12 daïras et 45 communes, selon les données de la monographie de la wilaya de Bouira de 2018. Sur le plan géographique, elle est délimitée comme suit :

- Au nord, par les wilayas de Boumerdes et de Tizi-Ouzou.
- À 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.



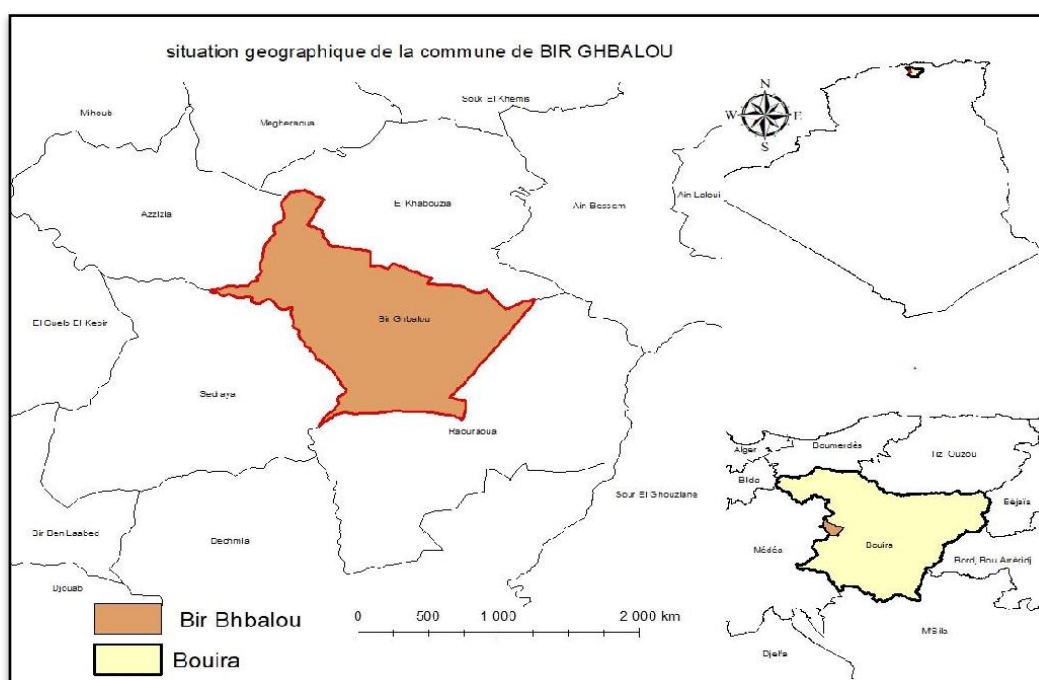
**Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Bouira.**

**I.2 Présentation de la zone d'étude :****I.2.1 : Présentation de la plaine des Arribs :**

Le périmètre des Arribs, situé dans la partie Nord-Est de la Wilaya de Bouira, est délimité par :

- à l'Ouest par l'Oued Kararif,
- à l'Est par l'Oued Fahem,
- au Nord par l'Oued Djaâfer,
- et au Sud par la chaîne montagneuse de Sour-El-Ghozlane).

Le périmètre couvre une superficie totale de 2200 hectares, dont 600 hectares se trouvent dans la commune de Bir Ghbalou, cette zone se caractérise par des altitudes variant de 600 à 750 mètres. Sa topographie présente une plaine trapézoïdale s'ouvrant vers l'ouest, avec une longueur moyenne de 10 km et une largeur moyenne de 5 km (ONID Ain Bessem).



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

### **I.2.1 : Présentation de l'extension de périmètre des Arribs**

L'extension de la plaine des Arribs couvre une superficie de 150 hectares vers le sud. Cette expansion est intégrée dans un projet d'extension visant à doter cette zone d'un système d'irrigation par adduction, alimenté par les eaux du barrage Lakhal.

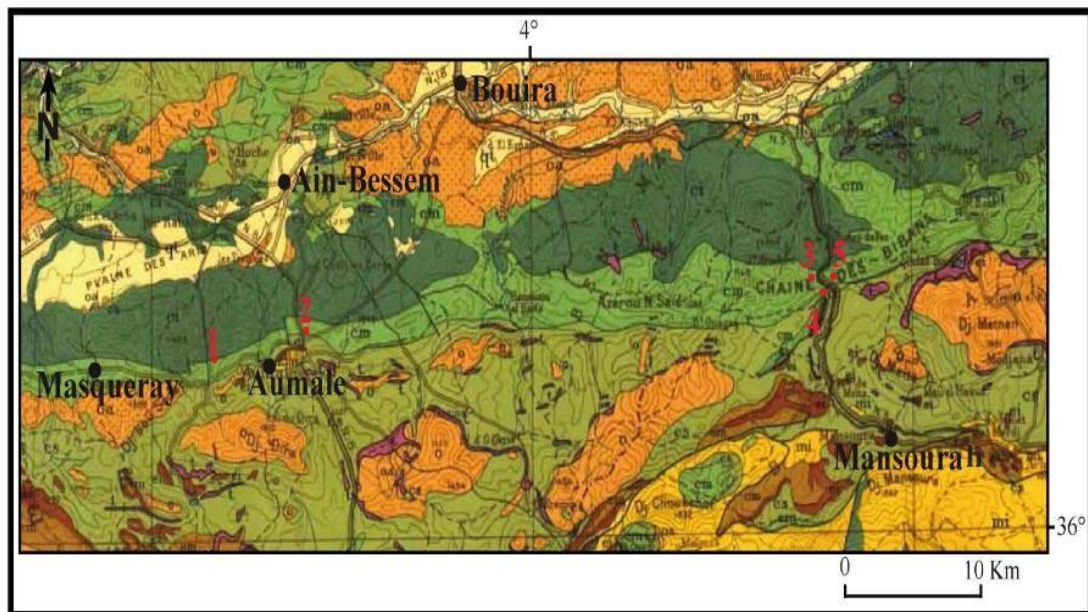


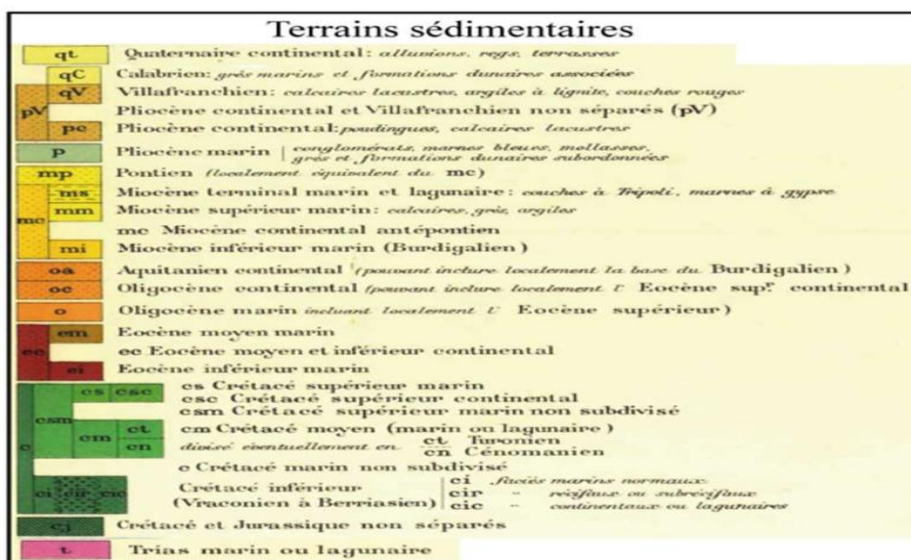
Figure 1.3 : Carte situation administrative de périmètre desARRIB

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

**I.3.1 : 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.





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

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

**I.3.2 : Situation Hydromorphologique :**

Sur le plan hydrologique, les plaines des ARRIBS sont situées dans le bassin versant de la Soummam, ainsi que dans le sous-bassin d'Oued Eddous, qui couvre une superficie de 901.56 km<sup>2</sup> et un périmètre de 205.05 km. Au Nord-Est et au Sud-Ouest, la ligne de partage des eaux superficielles sépare la plaine en deux parties escarpées. (ANRH, 2005).

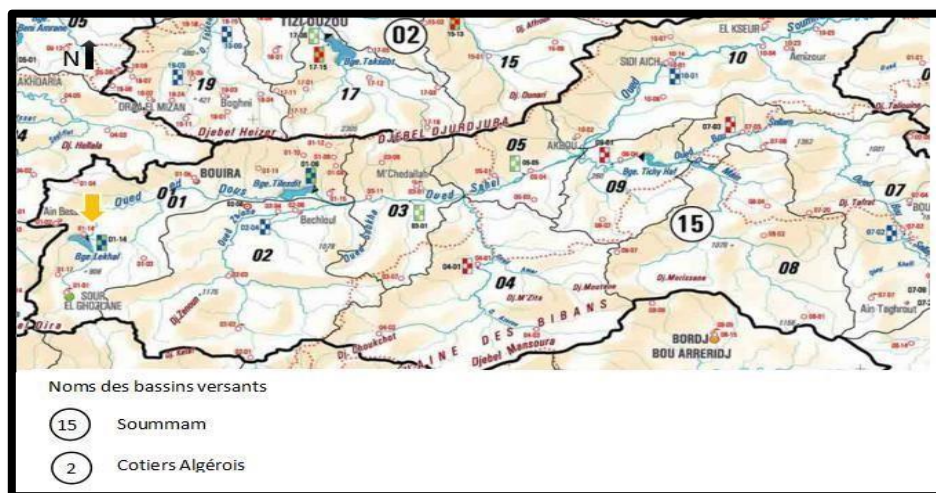


Figure I.5 : Carte du réseau hydro climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux (ANRH, 2005)

**I.3.3 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

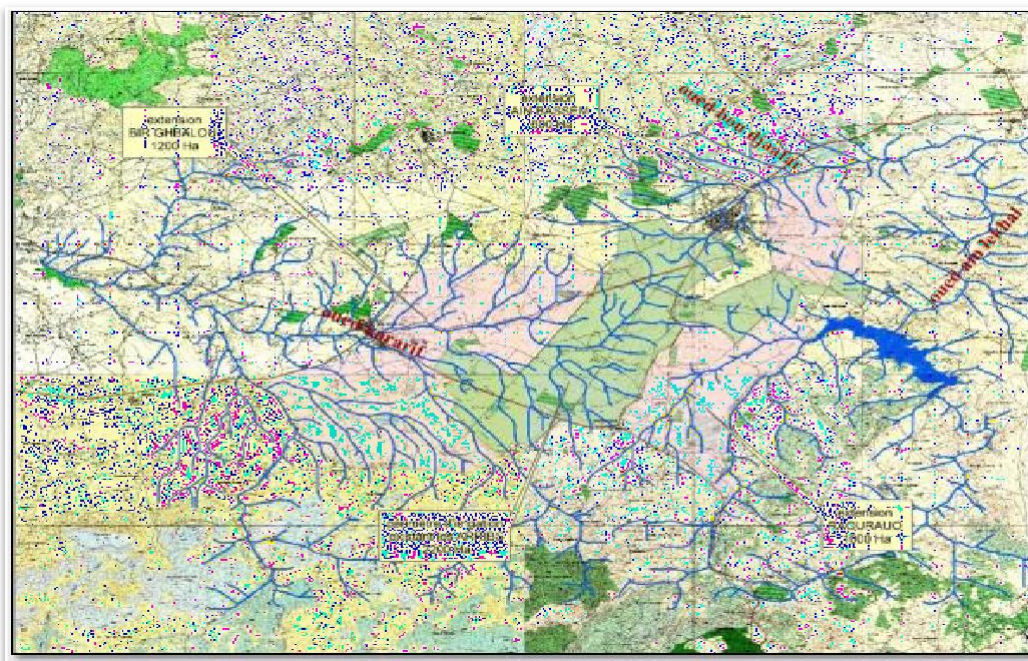


Figure I-6 : carte du réseau hydrographique de la zone d'étude

#### I.4 : Analyse de la situation climatique :

Les conditions climatiques jouent un rôle crucial dans tout projet d'irrigation, car elles ont un impact direct sur les besoins en eau des cultures, la disponibilité d'eau et la gestion des ressources aquatiques. Après une analyse approfondie du climat régional, il est envisageable de développer des stratégies d'irrigation appropriées, en utilisant les technologies les plus appropriées, pour maximiser l'utilisation des ressources hydriques disponibles et réduire les pertes, tout en garantissant une production agricole optimale.

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

La station météorologique de l'ONM, située dans la région de Bir ghalou, collecte les données climatiques de la région de Bir ghalou, où le périmètre est situé. Par la suite, ces informations sont intégrées dans un endroit qui présente les caractéristiques suivantes :

Tableau I.1 : caractéristiques de la station météorologiques Bir ghalou

Station	Coordonnées UTM		Altitude (m)	Période d'observations	Nombre d'années observées
	Latitude	Longitude			
Ain Bessem	36°19'N	0°32 E	748	1992-2018	27

Source (ONM,2022)

**I.4.2 : La pluviométrie :**

L'étude des données mensuelles de précipitations permet de saisir la répartition de la pluviométrie sur toute l'année, ce qui facilite la détection des perturbations saisonnières de l'écoulement.

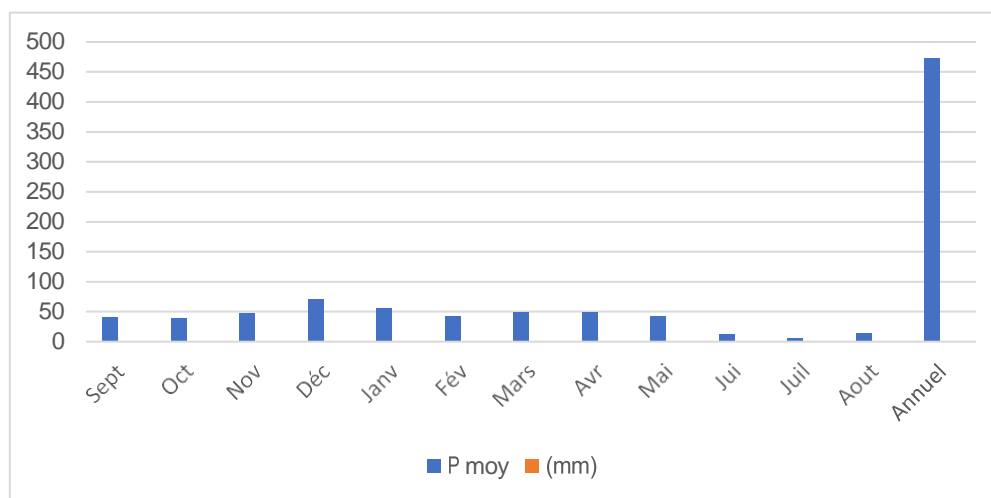
Le tableau ci-dessous présente les données de précipitations enregistrées pendant la période 1993-2018.

**Tableau I.2 : Les pluies moyennes mensuelles en mm (1993-2018)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Jui 1	Aout	Annuel
<b>P moy (mm)</b>	40.6	38.7	47.9	71.4	56.8	42.7	48.5	48.4	43.5	12.7	6.5	15.0	472.7

Source : ONID

Ce tableau présente le régime pluviométrique de la région d'bir ghalou, sec de juin à août, avec des précipitations moyennes de 6,5 à 15 mm. et pluvieux pendant les mois suivants avec des précipitations allant de 40,6 à 71,4 mm (Voir figure I.7).



**Figure I.7: Répartition de pluie moyenne mensuelle en mm(Station Bir ghalou)**

**I.4.3 : La température :**

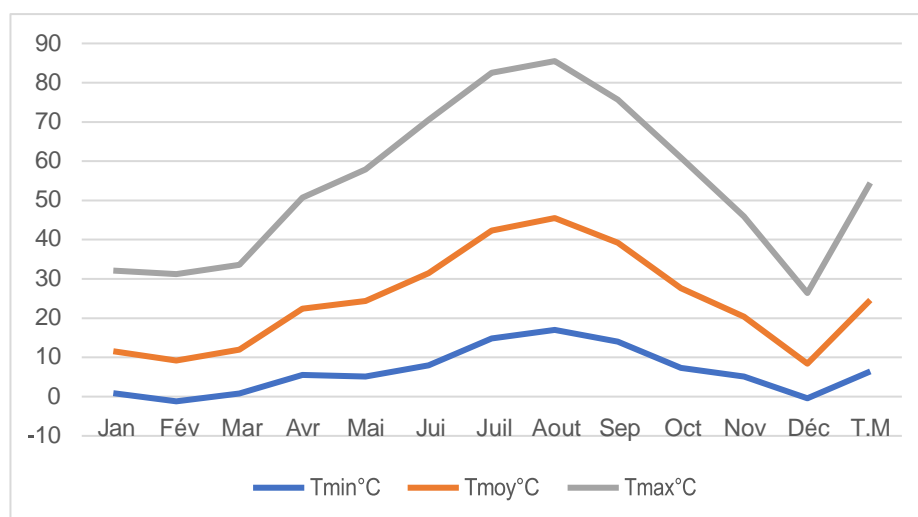
La station météorologique de Ain Bessem a enregistré les relevés mensuels moyens des températures. Les moyennes mensuelles et annuelles correspondant à la période d'observation sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau I.3 : Les températures moyennes mensuelles (1993-2018)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	T.M
<b>T<sub>min</sub> °C</b>	0.9	-1.2	0.8	5.5	5.1	8	14.8	17	14	7.3	5.1	-0.4	6.4
<b>T<sub>moy</sub> °C</b>	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
<b>T<sub>max</sub> °C</b>	20.5	22	21.6	28.3	33.5	39	40.2	40	36.5	33.3	25.5	18	29.9

Source ONID

Selon le tableau I.3, le climat de la région de Bir ghalou est méditerranéen avec des fluctuations de température importantes tout au long de l'année. Les mois de juin, juillet et août sont les mois les plus chauds de la région, avec des températures maximales pouvant dépasser 40°C. En revanche, les mois de décembre, janvier, février et mars sont les plus froids, avec des températures inférieures à 0°C (Voir Figure I.8).



**Figure I.8 : Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Bir ghalou)**

**I.4.4 : Le vent :**

Le vent est un élément clé du climat, qui a un impact sur l'évaporation des plantes et peut entraîner la chute des céréales, la dégradation des plantes et la chute des fruits lourds. L'analyse de sa situation est essentielle pour orienter et installer des brise-vents.

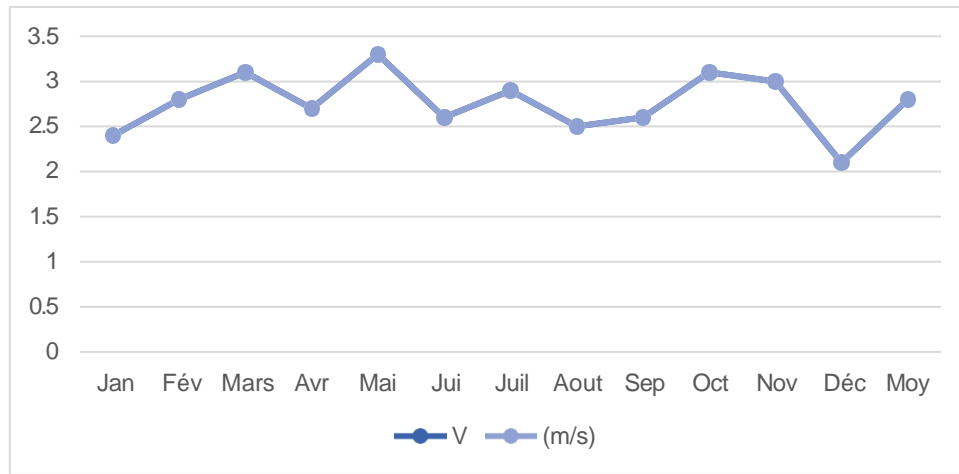
**Tableau I.4 : Les vitesses moyennes mensuelles du vent (1993-2018)**

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

Source ONID



D'après les données du tableau I.4, la zone d'étude est exposée à des vents assez forts tout au long de l'année, avec une vitesse maximale de 3.3 m/s en mai.



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

**I.4.5 : L'humidité relative :**

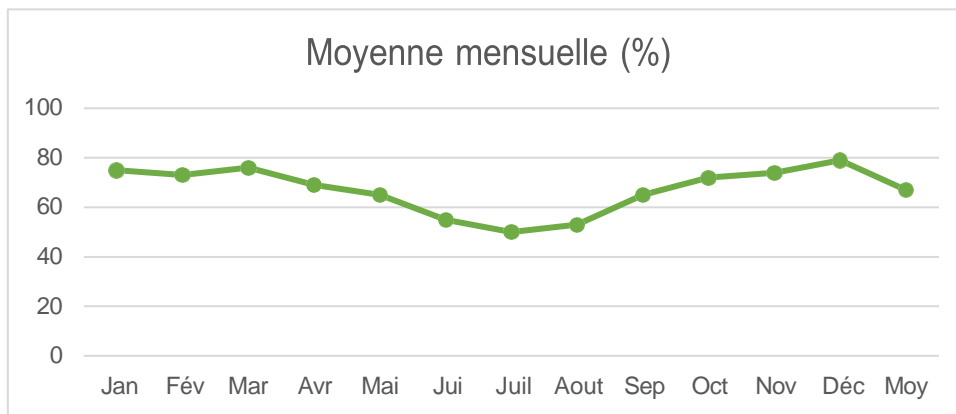
La tension de vapeur réelle est le rapport entre la tension de vapeur saturante. Le niveau d'humidité de la région varie considérablement entre l'hiver et l'été.

**Tableau I.5 : L'humidité relative moyenne mensuelle (%) (1993-2018)**

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

Source ONID

D'après les données du tableau I.5, l'humidité relative de l'air est habituellement supérieure à 50%, atteignant un maximum de 79% en décembre.



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

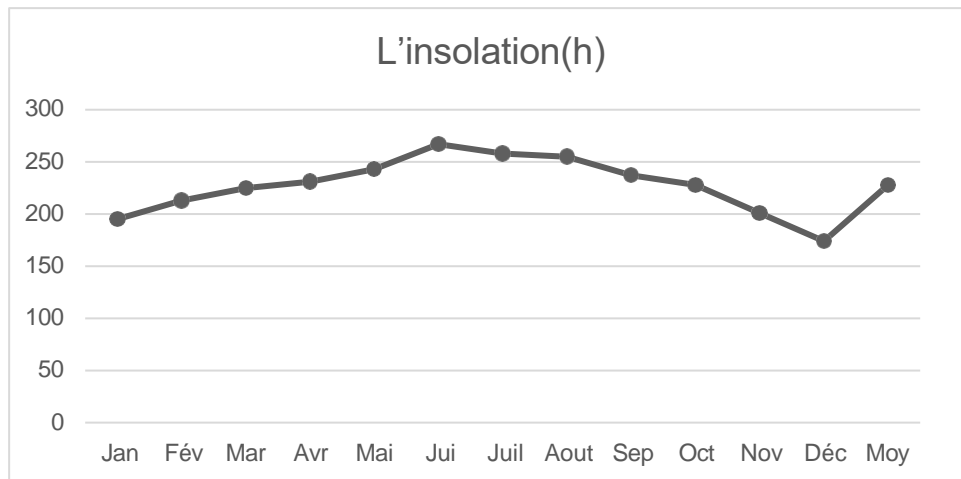
**I.4.6 : L'insolation :**

La radiation solaire globale, aussi connue sous le nom d'insolation, correspond à la durée totale mensuelle d'ensoleillement en supposant un ciel sans nuages. On la mesure avec l'héliographe CAMPBELL et on la représente en heures.

**Tableau I.6 : L'insolation moyenne mensuelle en heurs (1993-2018)**

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

Source ONID



**Figure I.11 : Variation de l'insolation moyennes mensuelles en heurs(Station Bir ghalou)**

**I.4.7 : Le sirocco :**

Le vent du Sud, également connu sous le nom de sirocco, commence à souffler à la fin du printemps et pendant l'été, ce qui accentue le dessèchement du sol et l'évaporation des végétaux.

**Tableau I.7 : Les valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco (1993-2018)**

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

Source : ONID

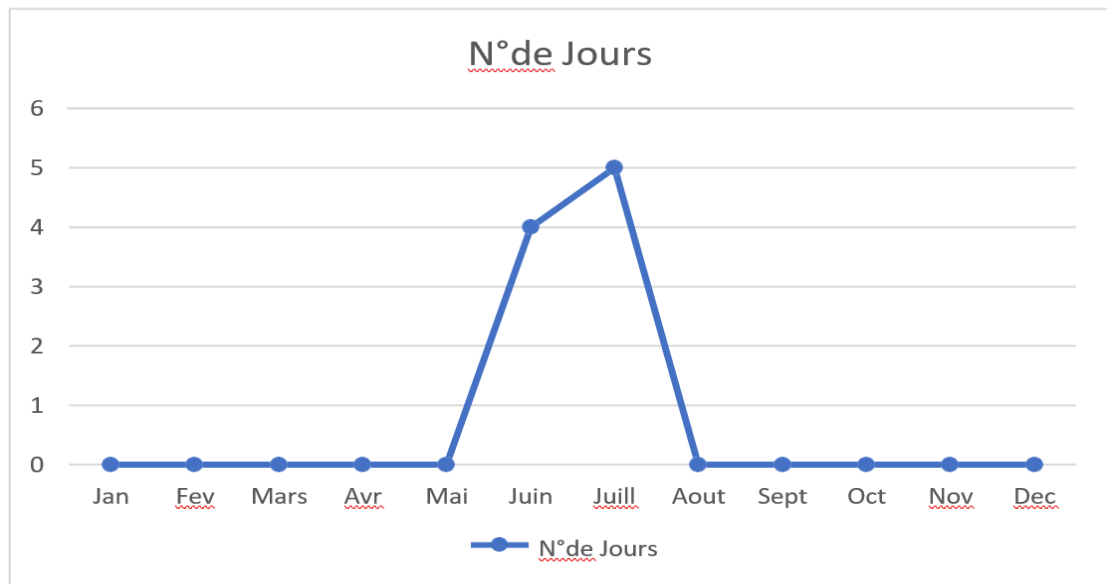


Figure I.12 : Répartition des jours de sirocco(Station Bir ghalou).

**I.5: Calcul des indices Agrométéorologiques :**

Les indices agrométéorologiques sont utilisés pour évaluer l'impact des précipitations et de la température sur le climat et l'impact des différentes variables climatiques sur les plantes. Nous avons identifié les trois indices suivants dans notre étude :

**I.5.1 : Indice d'aridité de Martonne :**

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

$$IA = \frac{P}{T+10} \dots\dots\dots (I.1)$$

Avec :

IA : indice d'aridité de Martonne.

P : pluie moyenne annuelle en (mm).

T : température moyenne annuelle en (°C).

**\*Application numérique :**

$$IA : = \frac{472.7}{18.2+10} = 16.762.$$

Les limites des climats d'après l'indice climatique de De Martonne sont données dans le tableau I.8

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

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

On constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime de climat sec, et que l'irrigation est souvent indispensable

**I.5.2 : Quotient Ombrothermique d'Emberger :**

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

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

**Avec :**

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

**\*Application numérique :**

$$Q = \frac{2000^2 * 472.7}{(29.9 + 273.15) - (6.4 + 273.15)^2} = 63.47$$

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

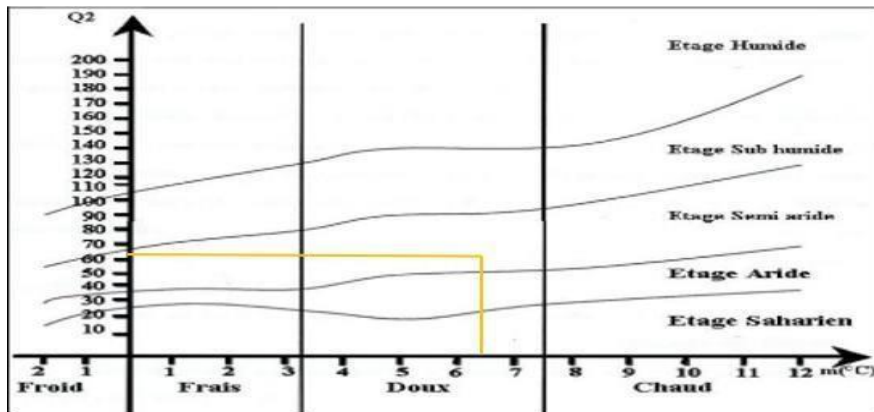


Figure I.13 : le digramme bioclimatique d'Emberger.

D'après l'illustration précédente, le climat de la région de Bir ghalou est de type semi-aride avec un hiver agréable.

### I.5.3 : Indice de Bagnouls et Gausсен :

D'après Bagnouls et Gausсен, des diagrammes ombrothermiques ont été développés afin d'évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche tout au long de l'année. Dans ce diagramme, on considère un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en °C ( $P \leq 2T$ ), c'est-à-dire quand la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures

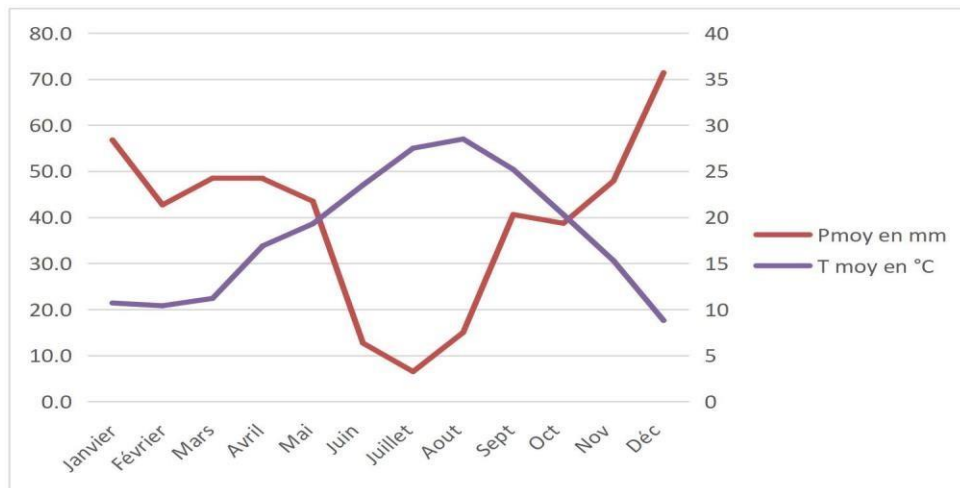


Figure I.14: le digramme ombrothermique de Gausсен.

#### Description du graphe :

Le diagramme montre les précipitations et les températures moyennes mensuelles à Bir Ghalou. La **période humide** s'étend de **mi-octobre à mai**, avec des précipitations maximales en décembre (environ 70 mm) et des températures modérées. La **période sèche**, de **mai à mi-octobre**, se caractérise par des précipitations très faibles, surtout en juillet et août, et des températures élevées, atteignant environ 35 °C en été.

D'après le diagramme Ombrothermique de Gausсен, la période humide dans la région de Bir ghalou s'étend de la mi-octobre à mai, tandis que la période sèche s'étend du mai à la mi-octobre.

**Conclusion :**

A travers ce chapitre, nous avons estimé que le périmètre des Arribs la wilaya de Bouira, est caractérisé par un climat Semi aride , Sec en été et frais en hiver, et par une moyenne pluviométrique de l'ordre de 39.4 mm/an qui tombe essentiellement durant la période (1993-2018) .

L'introduction de l'irrigation est donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans cette zone rurale

# **Chapitre II :**

## **Ressources en eau -Ressources en sol**

## II.1 Introduction :

L'efficacité d'un système d'irrigation dépend largement de la compréhension des interactions entre l'eau et le sol. Ce chapitre examine les caractéristiques particulières du sol et de l'eau dans la région de Bir-Ghbalou, dans le but d'optimiser les choix de cultures et les techniques d'irrigation.

## II.2 Ressources en eau :

Les besoins en eau d'irrigation pour le périmètre des Arribs, alimenté par le barrage Lakehal d'une capacité totale de 30 millions de mètres cubes (30 HM3), dont 17 millions de mètres cubes (17 HM3) sont disponibles pour régularisation, nécessitent un quota annuel de 9 millions de mètres cubes (9 HM3) d'eau pour un fonctionnement à pleine capacité, en supposant que le barrage est plein. Cela implique que le périmètre utilise 27 % des 30 millions de mètres cubes (30 HM3) disponibles en année moyenne. (ONID Ain Bessem).



Source : map box

**Figure II.1 La situation géographique du barrage Oued Lakhal**

### II.2.1 Barrage Lakehal

Le barrage, situé à 5 km au sud-est de la ville de Ain-Bessem, est construit sur l'Oued Lakehal et comprend les ouvrages suivants :

- Une digue de 45 mètres de hauteur
- Une crête de 600 mètres de longueur et 8 mètres de largeur, à une cote de 690 mètres
- Une vidange de fond de 5 mètres de diamètre et 260 mètres de longueur



- Une tour de prise de 35 mètres de hauteur et 4 mètres de diamètre, positionnée sur la galerie de vidange de fond

Les caractéristiques de la retenue du barrage sont les suivantes :

- Cote minimale de la retenue : 667,5 mètres
- Cote normale de la retenue : 684,4 mètres
- Volume des eaux non utiles (envasement) : 5 millions de mètres cubes
- Volume total de la retenue normale : 30 Hm<sup>3</sup>
- Volume régularisable : 17 Hm<sup>3</sup>

### II.2.2 Qualité d'eau de barrage Lakehal :

Avant de procéder à l'irrigation, il est crucial de réaliser des analyses approfondies pour évaluer les caractéristiques de l'eau. Ces analyses sont essentielles pour déterminer la qualité de l'eau et vérifier sa conformité aux exigences agricoles. Les résultats des analyses de l'eau du barrage Lakehal sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II.1 Les résultats des analyses de l'eau du barrage Lakehal**

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

Source :ONID Alger,2018

### II.3 Classification des eaux de l'irrigation :

Les qualités de l'eau, en vue de son utilisation à des fins agricoles, sont différenciées selon les critères suivants:

- Taux de salinité (Conductivité, CE<sub>w</sub> en mmho/cm ou ds/m)
- Taux de d'alcalinité

- Taux de toxicité.

### II.3.1 Risques dus à la salinité :

Une concentration élevée de certains sels peut être nuisible, voire toxique, pour certaines plantes. La classification de l'eau d'irrigation repose sur sa teneur en sels, mesurée par la conductivité électrique. Cette mesure, exprimée en millimhos par centimètre à une température de 25°C, indique la capacité des ions à se déplacer dans l'eau. Le tableau II.2 présente la classification américaine des risques liés à l'irrigation en fonction de la salinité de l'eau.

**Tableau II.2 Risque d'irrigation en fonction de la salinité**

classe	Risque	Observations
C1	Eau de risque faible	Convient pour toutes les cultures
C2	Eau de risque moyen	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	Eau de risque élevé	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes
C4	Eau de risque très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

### II.3.2 Risques d'alcalinisation :

Le sodium échangeable (Na<sup>+</sup>) a un impact majeur sur les propriétés physiques et chimiques des sols. Une augmentation de la teneur en sodium échangeable entraîne une dureté et une compacité accrues du sol lorsqu'il est sec, ce qui réduit les taux d'infiltration de l'eau et de l'air, et devient particulièrement nuisible pour les plantes.

Le degré d'alcalinité d'une eau d'irrigation est quantifié par le SAR (Sodium Absorption Ratio). Cet indice mesure la concentration relative de sodium par rapport au calcium et au magnésium, fournissant ainsi une évaluation précise du potentiel d'alcalinité.

Le SAR est défini par l'équation suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\frac{\sqrt{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}}{2}} \dots \dots \dots \text{L1}$$

Avec :

Ca : Calcium en méq/L. Na : sodium en méq/L. Mg : Magnésium en méq/L.

Tableau II. 3: Résultats des analyses de l'eau du barrage Lekhal

Paramètre	Résultats
Sodium (Na+)	152 mg/l
Calcium (Ca ++)	86.22 mg/l
Magnésium (Mg++)	259 mg/l
Conductivité à 25°C	0.34 ms/cm

Source : Onid Alger,2018

$$SAR = \frac{6,91}{\frac{\sqrt{4,311+21,58}}{2}} = 1,92$$

Tableau II.4 Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR :

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

En utilisant le diagramme d'USSL 1954 suivant :

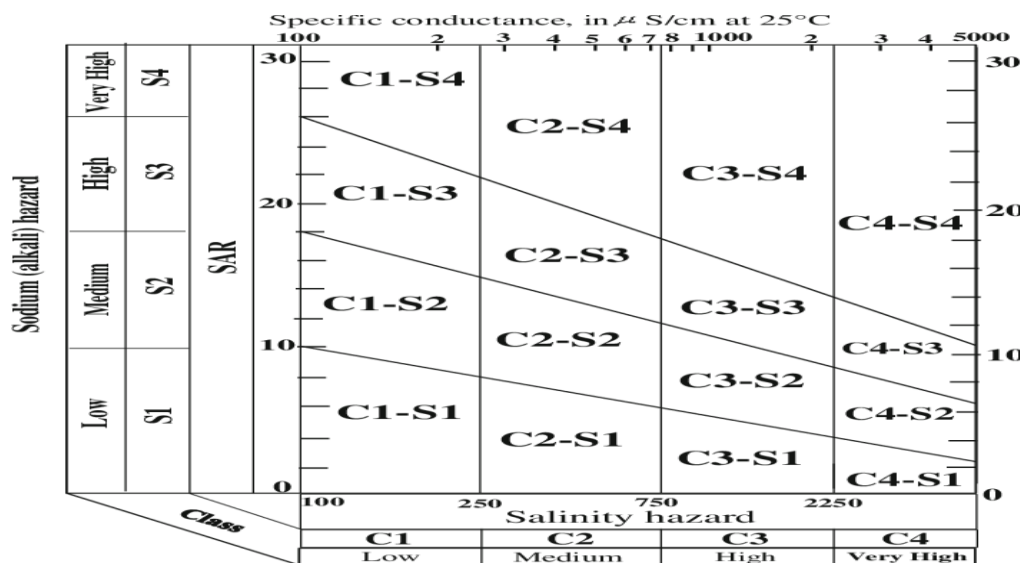


Figure II. 2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

**Analyse des résultats:**

- La conductivité électrique est de 0,34 ms/cm, et le SAR est de 2,18, ce qui indique un faible risque de salinité et aucune indication d'alcalinisation.
- L'eau est classée en catégorie C2-S1, signifiant qu'elle est appropriée pour les zones non salines. Elle est utilisable pour l'irrigation dans des conditions normales et convient à une grande diversité de cultures.

**II.4 Ressources en sol :**

L'analyse pédologique est essentielle pour comprendre les caractéristiques, la répartition et les limitations des sols. Concernant l'irrigation, plusieurs facteurs doivent être considérés, notamment :

- La profondeur du sol, qui détermine l'épaisseur des horizons accessibles aux racines, et donc la quantité d'eau disponible.
- La texture du sol, ainsi que sa granulométrie et la présence de cailloux, affectent sa capacité de rétention d'eau.
- Les propriétés chimiques (pH, conductivité électrique, rapport d'adsorption du sodium) sont cruciales pour déterminer les cultures adaptées à la zone d'irrigation.

**II.4.1 Classification des sols :**

La prospection pédologique, utilisée pour classer les sols, s'est fondée sur la classification française (CPCS, France 1967). Après examen des cartes pédologiques de la plaine des Arribs, nous avons constaté que les sols de notre périmètre se répartissent en deux types : les Vertisols et les sols calcimagnésiques, ces derniers étant les plus courants dans la zone d'étude.

**III.4.1.1 Classe des sols calcimagnésiques :**

Les sols calcimagnésiques, caractérisés par leur richesse en carbonates de calcium et de magnésium, se distinguent par leurs textures et structures favorables à l'agriculture. Ils sont présents sur la majeure partie du périmètre de Raouraoua. L'analyse d'un profil pédologique permet d'obtenir une vue d'ensemble des caractéristiques générales du sol.

**Profil N°1**

- **Caractéristique morphologique**
- **Classe :** Sols calcimagnésiques
- **Sous-classe :** Sols carbonatés

- **Groupe** : Sols rendzines
- **Sous-groupe** : Modal
- **Famille** : Moyennement profond
- **Série** : Sur encroutement
- **Situation** : Sud-est du périmètre
- **Pente** : 1-3 % du Sud au Nord
- **Occupation du sol** : Culture céréalière

#### II.4.1.2 Analyses physico-chimiques des sols :

L'analyse physico-chimique effectuée en laboratoire nous a fourni une compréhension approfondie des propriétés, notamment texturales et hydrodynamiques, de notre sol. Les résultats de ces analyses sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II.5 : Résultats des analyses physico-chimiques.**

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.4.1.2 Textures de sol :**

La compréhension de la texture du sol est cruciale pour choisir les cultures adaptées à une région spécifique et pour planifier la gestion agricole, notamment en ce qui concerne les besoins en irrigation et en amendements.

Pour déterminer la texture du sol, l'outil clé en agronomie est le triangle des textures de sol. Celui-ci définit la texture du sol en fonction des proportions relatives de sable, de limon et d'argile.

Dans notre cas, le triangle des textures de sol est le suivant :

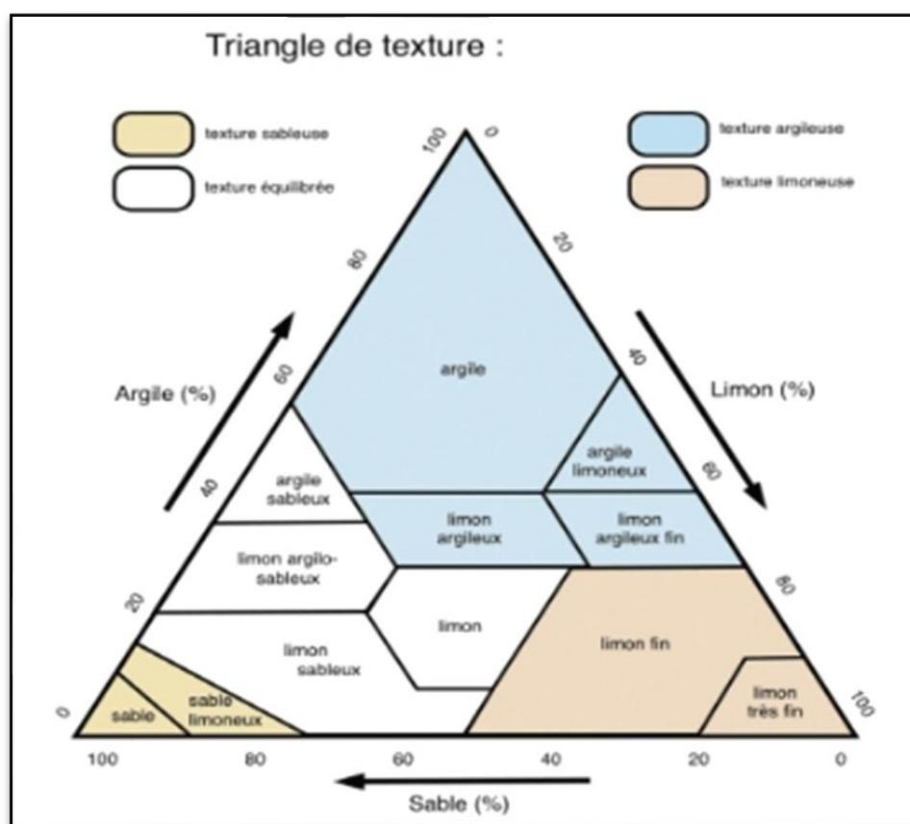


Figure II.3 : Triangle des textures des sols.

**II.4.1.3 Interprétations des résultats :**

Les analyses physico-chimiques des sols du périmètre ont démontré que ces terres sont propices aux activités agricoles. Le sol, d'une texture limono-argileuse selon le

triangle des textures, contient une quantité suffisante de matière organique nécessaire au développement des plantes. De plus, il renferme des nutriments essentiels comme le phosphore, l'azote et le carbone, indispensables à la fertilité. Par ailleurs, la conductivité électrique du sol est suffisamment faible, ce qui écarte tout problème de salinité, garantissant ainsi des conditions favorables pour l'agriculture.

#### II.4.2 les paramètres hydrodynamiques des sols :

Les caractéristiques hydrodynamiques des sols incluent les propriétés influençant le mouvement et le stockage de l'eau dans le sol, telles que la densité apparente, la porosité, la perméabilité, la capacité au champ (Hcc) et le point de flétrissement permanent (Hpf). Les données relatives à ces propriétés pour les sols de l'extension du périmètre des Arribs sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II.6 :Propriétés hydrodynamiques des sols**

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

Source :Alger ONID 2018

#### II.5 Détermination des aptitudes culturales des sols :

L'étude de l'aptitude culturale des sols vise à évaluer leur capacité à soutenir la croissance des cultures, ce qui est essentiel pour orienter les choix des agriculteurs. Cette évaluation repose principalement sur les caractéristiques morphologiques des sols, telles que leur profondeur et leur position topographique. Toutefois, elle ne prend pas en compte la disponibilité des ressources en eau. Il est donc présumé que les agriculteurs disposent d'une source d'eau d'irrigation de qualité suffisante pour satisfaire les besoins en eau des cultures.

Une analyse approfondie des facteurs limitants, tels que la profondeur, la texture, la salinité et les inclusions, a permis d'envisager les cultures suivantes :

- **Céréales et fourragères** : Blé dur, blé tendre, orge à grain, orge en vert, maïs, vesce-avoine.
- **Maraîchage** : Pomme de terre, tomate, aubergine, carotte, courgette, salade, petit pois, haricot, poivron, chou-fleur, navet, fenouil, oignon, ail.
- **Arboriculture** : Agrumes, olivier, pommier, amandier, figuier.

## II.6 Calcul de la pluie de projet :

### II.6.1 Présentation de la station pluviométrique :

Les stations pluviométriques retenues pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant ont été sélectionnées en fonction de leur emplacement géographique et de la durée de la période d'observation.

**Tableau II.7 :Coordonnées de la station météorologique ANRH Alger.**

Nom de la station	Coordonnées UTM		Altitude (m)	Période d'observation	Années observées
	Altitude	Longitude			
<b>AIN BESSEM</b>	36°19'	0°32 E	748	1992-2018	27

Source : ANRH, 2018

### II.6.2 Données de précipitation :

Nous avons à notre disposition un ensemble de données sur les précipitations mensuelles couvrant la période de 1993 à 2021. Ces données sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II.8 : Répartition mensuelle et annuelle des pluies :**

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
<b>1992-1993</b>	12,8	45,2	49,7	83,7	70,7	8,9	9,5	9,1	8,4	4	5,3	4,3	311.6
<b>1993-1994</b>	6,6	29,7	42,9	24,2	15,8	22,7	43,7	45,5	23,5	10,5	0	0	265.1
<b>1994-1995</b>	23,7	16,6	24	230,4	23,9	20,3	62,2	92,4	15,6	22,4	17,4	42,1	591
<b>1995-1996</b>	29,2	19,2	0	14,9	38	0	38,4	58,5	52,1	0	68	0,9	319.2
<b>1996-1997</b>	12	25,5	38,2	78,6	29,9	112,4	104,2	36,3	32,8	6,5	0	8,8	485.2
<b>1997-1998</b>	5,9	66	11,8	6,1	81,3	8,9	61,5	11,1	107	17,1	8,5	2,1	387.3
<b>1998-1999</b>	14,4	40,3	81	32,3	15	2	15,65	25,3	38,4	7	3	11,2	285.55
<b>1999-2000</b>	68,2	14,4	18,5	84	5,6	46	1,7	44,8	8,1	0,7	0,1	18,2	310.3
<b>2000-2001</b>	91,3	61,8	32,1	36	170,2	39,3	101,9	18,9	3,5	17,6	0	36,2	608.8



2001-2002	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
2002-2003	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
2003-2004	47,6	59,5	71,3	47,5	11,9	57,4	16,9	45,6	133,9	4,5	0	4	500.1
2004-2005	45,8	43,6	83,1	41,3	42,3	28,2	90,9	0	33,7	4,1	0	10,9	423.9
2005-2006	38,7	16,2	25,5	132,2	3,4	1,3	12,7	26,6	34	0,3	0	2	292.9
2006-2007	33	81,8	34,8	53,4	148,3	25,3	5	49	8	2,5	0	2,1	443.2
2007-2008	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
2008-2009	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
2009-2010	60,4	67,8	40,7	123,1	72,1	16,1	38,7	59	131,1	4	3,2	4,5	620.7
2010-2011	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
2011-2012	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
2012-2013	34,2	0	29	56,5	6	54,3	178,6	101,2	24,1	18,2	0	7,5	509.6
2013-2014	65,8	82,4	72,8	39,1	11,6	17,5	20,2	31,1	66,9	24,5	5,7	2,5	440.1
2014-2015	78,5	36,9	53,8	60,1	97,1	23,9	74,9	90	20,8	2,5	1	13,9	553.4
2015-2016	106,1	9,8	103	63,6	42	86	62,2	23,1	45,7	19,8	0	32,7	594
2016-2017	6,1	63,3	91,9	30,3	37,7	116,4	60,9	116,1	100,7	25,9	0	10,5	659.8
2017-2018	37,4	18,3	38	109,5	35,2	38,8	97	0,6	9,4	56,5	0,4	2,9	444

Source : ONID Alger 2018

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

**Tableau II.9 :Caractéristiques de la série pluviométrique.**

<b>Moyenne</b>	<b>456</b>
<b>Médiane</b>	<b>442</b>
<b>Écart type</b>	<b>139.8</b>
<b>Cv</b>	<b>0.304</b>
<b>Cas</b>	<b>0.66</b>
<b>Cap</b>	<b>2.72</b>
<b>P min</b>	<b>265.1mm)</b>
<b>P max</b>	<b>840.8 (mm)</b>

### II.6.3 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.

- (-) Pour le  $x_i < M$
- (+) Pour le  $x_i > M$

Calculons les quantités  $N_s$  et  $T_s$  avec :

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

Les conditions du test sont suivantes :

$$\frac{1}{2}(N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < N_s < \frac{1}{2}(N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1}) \dots \dots \dots \text{I.2}$$

$$T_s < 3.3(\log_{10}N + 1) \dots \dots \dots \text{II.3}$$

**Tableau II.10 :Résultats du test de Mood**

<b>Pmoy</b>	311,6	265,1	591	319.2	485.2	387.3	285.55	310.3	608.8
	-	-	+	-	+	-	-	-	+
<b>Pmoy</b>	436.05	281.6	500.1	423.9	292.9	443.2	287.8	840.8	620.7
	-	-	+	-	-	-	-	+	+
<b>Pmoy</b>	358.9	358.9	567,2	509,6	440,2	594	594	659,9	444
		-	+	+	-	+	+	+	+

Avec  $\frac{1}{2}(N+1-1,96\sqrt{N-1})=9,003$  et  $\frac{1}{2}(N+1+1,96\sqrt{N-1})=18,99$

$N=27$

$N_s=14$

Donc :  $9,002 < N_s=14 < 18,99$  et d'autre part :  $3,3(\log_{10}N+1)=8,028$  et  $T_s=4$

$T_s=4 < 3,3(\log_{10}N+1)=8,028$

D'après les calculs effectués, les conditions du test de Mood sont satisfaites, ce qui indique que la série des précipitations annuelles moyennes est homogène.

**II.6.4 Ajustement de la série pluviométrique :**

L'ajustement des données pluviométriques annuelles est une étape cruciale dans l'analyse de la pluviométrie. Cette procédure vise à corriger les séries chronologiques de précipitations pour éliminer les effets d'inhomogénéités, afin d'obtenir des données

fiables pour les analyses climatiques et hydrologiques. Cette correction est effectuée à

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Galton ou loi log normale.

en utilisant des outils tels que le logiciel **HYFRAN**.

**II.6.4.1 Ajustement à la loi lognormal :**

Il s'agit d'une méthode statistique employée pour analyser les données de précipitations suivant une distribution symétrique en forme de cloche autour de la moyenne, également connue sous le nom de loi de Gauss ou loi de distribution normale. La formule mathématique de cette loi est :

$$\text{Ln}(Xp\%) = \ln(\bar{x}) + \delta \text{Ln} \times Up\% \dots\dots\dots \text{I.4}$$

- $\delta \text{Ln}$  : écart type des précipitations observées.
- $Up\%$  : variable réduite de Gauss.
- $\ln(\bar{x})$  : Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.
- $Xp\%$  : précipitation probable à  $p\%$ .

**Tableau II.11 :Résultats de l'ajustement à la loi log-normale (utilisation du logiciel Hyfran).**

P. retour T (ans)	Freq (q). Non Dépassement	Quantile XT (mm)	Intervalle de confiance
2	0.5	433	380-486
1.25	0.2	331	284-379

**II.6.4.2 l'ajustement par la loi normal :**

Cette approche statistique repose sur une distribution spécifique des données de précipitations, dénommée loi normale ou loi de Gauss, caractérisée par une courbe en cloche symétrique centrée sur la moyenne des valeurs observées. Cette distribution est formalisée par une fonction mathématique dont l'expression est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \dots\dots\dots \text{I.5}$$

Avec : variable réduite de gauss égale à  $u = \frac{x-\mu}{\sigma}$

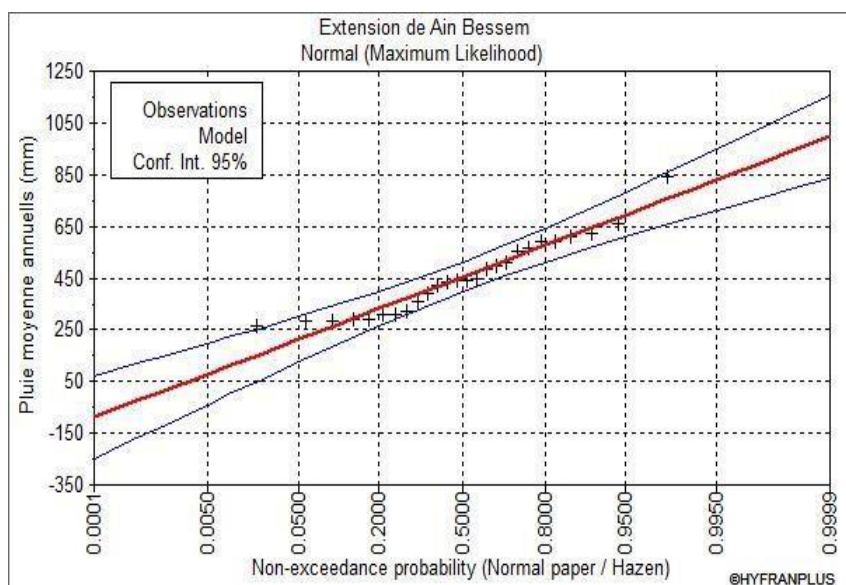
$\sigma$  : L'écart type

X : Moyenne

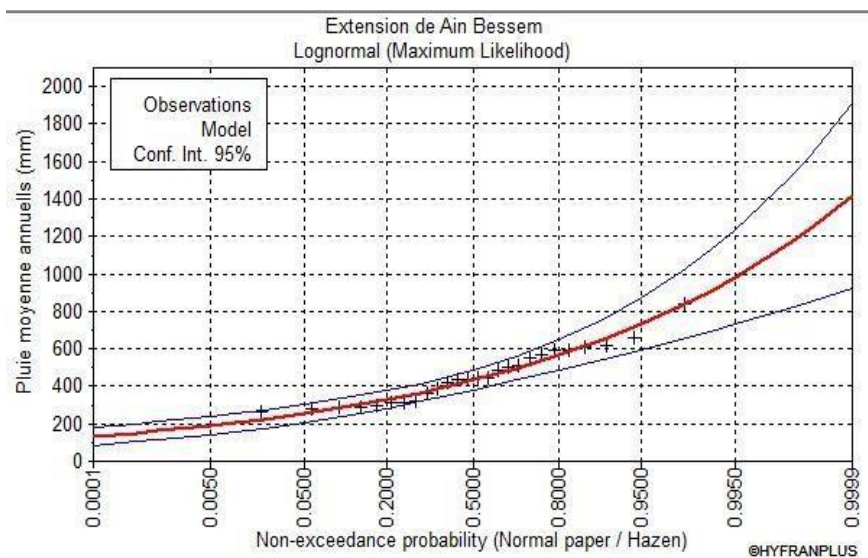
Pour effectuer les calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats de calcul sont détaillés dans le tableau suivant :

**Tableau II.12 : Résultats de l'ajustement à la loi normale (utilisation du logiciel Hyfran).**

P. retour T (ans)	L'écart type	Freq (q). Non Dépassement	Quantile XT (mm)	Intervalle de confiance
2	26.92	0.5	460	407.3-512.8
1.25	31.47	0.2	342.3	280.7-404



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



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

### III.6.4.3 Évaluation de la validité d'un ajustement :

Après avoir ajusté les données selon la loi statistique considérée, il est impératif de comparer la pertinence de cet ajustement afin de déterminer le modèle le plus approprié. Dans notre étude, nous avons recouru au test du khi carré ( $\chi^2$ ) pour cette évaluation, conformément à la méthodologie décrite par Touaibia (2004). La loi est jugée adéquate pour un niveau de signification  $\alpha = 0,05$  si, et seulement si, le chi carré calculé ( $\chi^2_{\text{calculé}}$ ) est inférieur au chi carré théorique ( $\chi^2_{\text{théorique}}$ ).

**Tableau II.13 : Test de validité des deux ajustements.**

Paramètre	La loi normal	La loi lognormal
KHI carré $\chi^2$ calculé	2	3.08
Probabilité $p(\chi^2)$	0.73	0.54
Degré de liberté	4	4
Observation	$\chi^2$ calculé < $\chi^2$ théorique Condition vérifiée	$\chi^2$ calculé < $\chi^2$ théorique Condition vérifiée

Les valeurs de P associées au khi carré calculé, étant supérieures à 5 %, suggèrent que les deux ajustements sont adéquats pour notre série de données. Cependant, nous privilégions la loi log-normale, étant donné que l'écart entre le khi carré calculé pour cette loi et le khi carré théorique est le plus réduit, indiquant ainsi une concordance plus étroite entre les fréquences observées et les fréquences attendues.

## II.7 Détermination de l'année de calcul :

L'objectif de la détermination de l'année de calcul est d'évaluer la quantité de précipitations disponible pour la plante avec une probabilité de 80 %. Cette évaluation est effectuée selon la procédure suivante :

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * \frac{P_{\text{théorique}(80\%) \text{ annuelle}}}{P_{\text{théorique}(50\%) \text{ annuelle}}} \quad \mathbf{I.6}$$

Avec :

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

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

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

$P_{80}^{gg}$  : la précipitation mensuelle de l'année de calcul

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

$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \times 0,76$

Les pluies moyennes mensuelles deviennent :

**Tableau II.14 : Les précipitations moyennes mensuelles pour l'année de sécheresse**

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>Pmoy en mm</b>	56.81	42.72	48.50	48.41	43.51	12.71	6.50	15.00	40.60	38.70	47.90	71.40
<b>Pmoy 80% (mm)</b>	43.20	32.39	36.80	36.79	33.00	9.70	5.00	11.40	30.90	29.40	36.40	54.31

## II.8 Conclusion :

Dans cette section consacrée à l'analyse des ressources en sols et en eau, une étude approfondie a été réalisée sur les sols situés dans l'extension du périmètre de Bir Ghalou. Ces sols, caractérisés par une texture limono-argileuse, offrent des conditions particulièrement propices aux activités agricoles. Parallèlement, l'eau issue du barrage de Lakhel, affichant une faible salinité, se révèle idéale pour l'irrigation. Les analyses et le diagramme de classification de l'eau ont validé que cette ressource hydrique est parfaitement adaptée à cet usage. Ainsi, le périmètre de Bir Ghalou dispose de ressources significatives qui devraient être optimisées pour l'aménagement hydro-agricole de cette zone.

# **CHAPITRE III :**

## **Calcul des besoins en eau**

### III.1 Introduction :

Les précipitations, en particulier leur fraction efficace, sont cruciales pour satisfaire les besoins en évapotranspiration des cultures, avec le sol jouant un rôle régulateur en stockant et libérant l'eau aux plantes lors des périodes sèches. Dans les climats humides, ce processus peut suffire à soutenir la croissance agricole sans irrigation supplémentaire. L'évapotranspiration (ET), mesurée en millimètres par jour ou par an, intègre l'eau évaporée du sol et la transpiration des plantes, et est influencée par le climat, la végétation et les caractéristiques du sol. L'évaluation des besoins en irrigation repose sur un bilan hydrique détaillé, abordé en profondeur dans ce chapitre.

### III.2 Besoin net d'irrigation :

elon Doorenbos et Pruitt (1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la quantité d'eau nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établi dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitant du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données ».

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite une bonne connaissance des plantes et aussi les données climatique et pédologique de la région pour pouvoir estimer la réserve en eau utile du sol 'RU' et la réserve facilement utilisable par la plante 'RFU' .

#### III.2.1 Concept de l'évapotranspiration de référence : (ET<sub>0</sub>) . (ETP)

L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) représente les pertes totales d'eau par évaporation d'un couvert végétal dense, comme un gazon bien irrigué, où l'eau est le seul facteur limitant. Elle se mesure lorsque la végétation est en pleine croissance, assurant une couverture complète du sol à sa capacité de champ. Ce paramètre est crucial pour évaluer les besoins hydriques des cultures, reflétant la demande en eau nécessaire pour une croissance optimale.

Le coefficient culturel (**Kc**) est un facteur essentiel qui quantifie les besoins en eau spécifiques d'une culture donnée, en prenant en compte ses exigences particulières pour une croissance optimale, et ETM l'évapotranspiration maximale en mm.

$$ETM = ET_0 \times Kc$$



- **Calcul de l'évapotranspiration**

L'évapotranspiration de référence, étant intrinsèquement liée aux caractéristiques spécifiques de chaque culture et requérant des mesures météorologiques directes et complexes, telles que celles fournies par les lysimètres, rend l'application de ces méthodes particulièrement contraignante. Par conséquent, il est fréquemment plus opportun de privilégier des approches indirectes pour estimer cet indice.

- **Méthode directe**

Pour une évaluation complète de l'évapotranspiration, il est essentiel de comparer les méthodes de calcul théoriques avec des mesures empiriques. Tandis que la méthode de Penman-Monteith Modifiée fournit une estimation basée sur des paramètres climatiques, la mesure directe par lysimètre offre une approche pratique et concrète pour valider ces estimations. Le lysimètre permet de capturer les effets combinés des conditions environnementales sur l'évapotranspiration, offrant ainsi une référence précieuse pour ajuster et affiner les modèles théoriques.

- **Formule Modifiée de Penman\_ Monteith**

Parmi les différentes techniques pour estimer l'évapotranspiration, le modèle de Penman-Monteith se distingue en utilisant des variables climatiques couramment disponibles. Il s'appuie sur des données telles que l'ensoleillement, la température, l'humidité relative et la vitesse du vent pour déterminer l'ET0. Ce modèle intègre ces paramètres dans une formule mathématique afin de fournir une estimation précise de l'évapotranspiration potentielle.

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

**ET<sub>0</sub>** : évapotranspiration de référence [mm jour<sup>-1</sup>]

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

**G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>]

**R<sub>n</sub>** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>]

**u<sub>2</sub>** : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s]

**e<sub>s</sub>** : Pression de vapeur saturante [kPa]

**e<sub>a</sub>** : Pression de vapeur réelle [kPa].

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

Pays : Algérie.				Station : Ain Bessem.		
Altitude : 748m. : 0.32°E.		Latitude : 36.19 °N.			Longitude	
	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
Mois	°C	%	m/s	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/mois
Janvier	<b>10.40</b>	<b>75</b>	<b>2.4</b>	<b>6.50</b>	<b>10.10</b>	<b>42,37</b>
Février	<b>10.70</b>	<b>73</b>	<b>2.80</b>	<b>7.10</b>	<b>13.00</b>	<b>51,97</b>
Mars	<b>11.20</b>	<b>76</b>	<b>3.10</b>	<b>7.50</b>	<b>16.50</b>	<b>70,07</b>
Avril	<b>16.90</b>	<b>69</b>	<b>2.70</b>	<b>7.70</b>	<b>19.50</b>	<b>104,54</b>
Mai	<b>19.30</b>	<b>65</b>	<b>3.30</b>	<b>8.10</b>	<b>21.60</b>	<b>137,55</b>
Juin	<b>23.50</b>	<b>60</b>	<b>3.00</b>	<b>8.90</b>	<b>23.30</b>	<b>162,09</b>
Juillet	<b>27.50</b>	<b>53</b>	<b>2.90</b>	<b>8.60</b>	<b>22.50</b>	<b>192,3</b>
Août	<b>28.50</b>	<b>54</b>	<b>2.50</b>	<b>8.50</b>	<b>21.20</b>	<b>182,19</b>
Septembre	<b>25.30</b>	<b>65</b>	<b>2.60</b>	<b>7.90</b>	<b>18.00</b>	<b>135,17</b>
Octobre	<b>20.30</b>	<b>72</b>	<b>3.10</b>	<b>7.60</b>	<b>14.60</b>	<b>97,45</b>
Novembre	<b>15.30</b>	<b>74</b>	<b>3.00</b>	<b>6.70</b>	<b>10.80</b>	<b>61,92</b>
Décembre	<b>8,8</b>	<b>79</b>	<b>2.70</b>	<b>6.10</b>	<b>9.10</b>	<b>35,83</b>

### III.3 Pluie efficace

Il s'agit de la proportion des précipitations totales effectivement exploitée par la culture, variant selon la nature du sol et les conditions climatiques. Diverses méthodes existent pour évaluer les précipitations. Dans le cadre de notre étude, nous avons employé la méthode du pourcentage fixe, décrite comme suit :

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

Avec :

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

### III.3.1 Calcul des besoins en eau

Les besoins en eau d'une culture sont établis en soustrayant les précipitations effectivement reçues de l'évapotranspiration maximale, qui est fonction des conditions climatiques et des caractéristiques des plantes (ETM). Il est donc impératif de réaliser un bilan hydrique systématique à chaque étape de la croissance des végétaux pour évaluer les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation. Pour déterminer les volumes d'eau requis, il est essentiel d'effectuer un bilan hydrique spécifique à chaque phase de développement végétatif.

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RS_{i-1}) \dots\dots\dots I.3$$

- **Kc** : le coefficient cultural de la culture considérée.
- **Pe<sub>eff</sub>** : est la pluie efficace.
- **RS<sub>i-1</sub>** : La réserve utile du sol du mois précédent.
- **ETM**: est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, **ET<sub>o</sub> x Kc**

**Tableau III. 2 : Pluie efficace.**

Mois	Pluie mm	Pluie 80% mm	Pluie efficace mm
Septembre	33,44	26,75	18,73
Octobre	32,80	26,24	18,36
Novembre	42,96	34,36	24,05
Décembre	60,85	48,68	34,08
Janvier	51,30	41,04	28,73
Février	50,90	40,72	28,50
Mars	46,40	37,12	25,98
Avril	48,90	39,12	27,38
Mai	37,32	29,85	20,90
Juin	10,80	8,64	6,05
Juillet	6,40	5,12	3,58
Aout	12,39	9,91	6,94

### III.4 Calcul de la réserve en eau du sol RS<sub>i-1</sub> :

Il s'agit de la quantité d'eau présente dans la couche de sol accessible aux racines, située entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. La formule ci-dessous permet de calculer la réserve en eau du sol pour le mois précédent :

$$RFU = (hcc-hpf). Da. Z. y \dots\dots\dots III.4$$

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

$$RS_i = K \times RFU_i - 1 \dots \dots \dots I.5$$

Le facteur K peut varier selon les conditions de précipitation : il peut être égal à 1, ou à 1/2 ou 1/3 pour les mois humides, et il est égal à 0 en cas de réserve en eau nulle (mois secs).

### III.5 Occupation des sols:

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est crucial de définir préalablement l'occupation des terres et la répartition des cultures au sein de la région.

#### III.5.1 Les cultures proposées:

La diversité agricole de la région de Bir Ghalou et de ses alentours constitue un atout essentiel pour garantir l'approvisionnement en produits alimentaires fondamentaux. Les terres cultivées dans cette région sont dédiées à la production de céréales (blé, orge), de légumes (pommes de terre, tomates) et de fruits (oliviers, figuiers, agrumes). Plusieurs paramètres déterminent le choix des cultures, parmi lesquels on trouve :

**Tableau III.3 : Scénario d'occupation du sol du périmètre Bir ghalou**

Type de culture	Surface occupée en %	Surface occupée en ha
Maraichage	40	65
Céréales	40	65
Arboriculture	10	10
Fourragère	10	10
Total	100%	150

**Tableau III.4 : système de cultures proposées.**

Culture maraichères	Céréaliculture	Culture arboricoles	Culture fourragère
Pomme de terre	Blé	Olivier	Avoines
Oignon	Orge grain	Agrumes	
Oignon vert	Orge en vert		
Petit pois			
Tomate			
Aubergine			
Haricot			
Fèves			
Ail			
Courgette			

**III.5.3 Assolements/rotation des cultures:**

L'assolement des cultures est une méthode agricole stratégique qui consiste à planifier la rotation des cultures sur une période déterminée. Cette approche vise à atteindre plusieurs objectifs clés : améliorer la fertilité des sols, réduire l'impact des maladies et des ravageurs, et augmenter les rendements. En suivant un calendrier de rotation, les agriculteurs optimisent l'utilisation des ressources du sol, minimisent les problèmes phytosanitaires et maximisent la productivité agricole.

**Tableau III.5 Assolement proposé pour le périmètre.**

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

Les cycles végétatifs des cultures :

Le cycle végétatif des plantes décrit le processus continu de croissance et de développement, commençant par la germination et se terminant par la production de graines ou de fruits.

Ils sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau III.6 : les cycles végétatifs des cultures proposées pour l’extension de périmètre des Arribs.**

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

## III.6 Les céréalicultures :

## • Besoin en eau de blé :

Blé									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17						
Octobre	26,24	18,36	97,45						
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,30	33,80	0,00	0,30	16,88	0,00
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,40	45,07	11,27	0,50	16,57	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	0,50	56,33	15,02	0,70	29,04	0,00
Février	40,72	28,50	51,97	0,60	67,60	18,78	1,02	52,03	4,29
Mars	37,12	25,98	70,07	0,60	67,60	0,00	1,05	74,68	47,59
Avril	39,12	27,38	104,54	0,60	67,60	0,00	1,00	107,09	77,16
<b>Mai</b>	<b>29,85</b>	<b>20,90</b>	<b>137,55</b>	<b>0,60</b>	<b>67,60</b>	<b>0,00</b>	<b>0,90</b>	<b>125,66</b>	<b>102,90</b>
Juin	8,64	6,05	162,09	0,60	67,60	0,00	0,60	99,35	91,20
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

## • Besoin en eau de l'avoine :

avoine									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17						
Octobre	26,24	18,36	97,45						
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,30	33,80	0,00	0,30	16,88	0,00
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,40	45,07	11,27	0,70	23,19	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	0,50	56,33	15,02	0,80	33,18	0,00
Février	40,72	28,50	51,97	0,60	67,60	18,78	1,15	58,66	11,04
Mars	37,12	25,98	70,07	0,60	67,60	0,00	1,00	71,12	44,09
<b>Avril</b>	<b>39,12</b>	<b>27,38</b>	<b>104,54</b>	<b>0,60</b>	<b>67,60</b>	<b>0,00</b>	<b>0,80</b>	<b>85,67</b>	<b>56,25</b>
Mai	29,85	20,90	137,55	0,60	67,60	0,00	0,50	69,81	47,88
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

• **Besoin en eau de l'orge grain :**

l'orge grain									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17						
Octobre	26,24	18,36	97,45						
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,30	36,40	0,00	0,30	18,58	0,00
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,40	48,53	12,13	0,50	17,92	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	0,50	60,67	16,18	0,70	29,66	0,00
Février	40,72	28,50	51,97	0,60	72,80	20,22	1,00	51,97	3,25
Mars	37,12	25,98	70,07	0,60	72,80	0,00	1,10	77,08	51,10
Avril	39,12	27,38	104,54	0,60	72,80	0,00	1,05	109,77	82,39
Mai	29,85	20,90	137,55	0,60	72,80	0,00	0,80	110,04	89,14
Jun	8,64	6,05	162,09	0,60	72,80	0,00	0,60	97,25	91,20
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

• **Besoin en eau de l'orge en vert :**

l'orge en vert									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17						
Octobre	26,24	18,36	97,45						
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,30	36,40	0,00	0,3	18,58	0,00
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,40	48,53	12,13	0,3	10,75	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	0,50	60,67	16,18	0,5	21,19	0,00
Février	40,72	28,50	51,97	0,60	72,80	20,22	0,95	49,37	0,00
Mars	37,12	25,98	70,07	0,60	72,80	0,00	1	70,07	44,09
Avril	39,12	27,38	104,54	0,60	72,80	0,00	1,05	109,77	82,39
Mai	29,85	20,90	137,55	0,60	72,80	0,00	1	137,55	116,65
Jun	8,64	6,05	162,09	0,60	72,80	0,00	0,7	113,46	107,41
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						



## III.7 Estimation des besoins en eau des maraichères

## • Besoin en eau de la tomate

la tomate									
mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17						
Octobre	26,24	18,36	97,45						
Novembre	34,36	24,05	61,92						
Décembre	48,68	34,08	35,83						
Janvier	41,04	28,73	42,37						
Février	40,72	28,50	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07	0,40	48,53	0,00	0,50	35,04	9,06
Avril	39,12	27,38	104,54	0,80	97,07	0,00	1,05	109,77	82,39
Mai	29,85	20,90	137,55	1,05	127,40	0,00	1,00	137,55	116,65
Jun	8,64	6,05	162,09	1,10	133,47	0,00	0,85	137,78	131,73
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

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

terre (s)									
mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	0,2	24,27	0,00	0,5	67,59	48,86
Octobre	26,24	18,36	97,45	0,4	48,53	8,09	0,7	68,22	41,77
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,5	60,67	16,18	1	61,92	21,69
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,5	60,67	20,22	0,75	26,87	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37						
Février	40,72	28,5	51,97						-
Mars	37,12	25,98	70,07						
Avril	39,12	27,38	104,54						
Mai	29,85	20,9	137,55						
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

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

terre (As)									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17						
Octobre	26,24	18,36	97,45						
Novembre	34,36	24,05	61,92						
Décembre	48,68	34,08	35,83						
Janvier	41,04	28,73	42,37						
Février	40,72	28,5	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07	0,2	24,27	0,00	0,4	28,03	2,05
Avril	39,12	27,38	104,54	0,4	48,53	8,09	0,7	73,18	37,71
Mai	29,85	20,9	137,55	0,5	60,67	16,18	1,1	151,31	114,23
Juin	8,64	6,05	162,09	0,5	60,67	20,22	0,75	121,57	95,30
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

• **Besoin en eau de l'oignon sec**

l'oignon sec									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	0,2	24,27	0,00	1,1	148,69	129,96
Octobre	26,24	18,36	97,45	0,3	36,40	8,09	1,1	107,20	80,75
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,4	48,53	12,13	0,95	58,82	22,64
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,4	48,53	16,18	0,8	28,66	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37						
Février	40,72	28,5	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07						
Avril	39,12	27,38	104,54						
Mai	29,85	20,9	137,55						
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

- **Besoin en eau pour Haricot**

Haricot									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	0,7	84,93		0,9	121,65	102,92
Octobre	26,24	18,36	97,45	0,7	84,93	28,31	0,8	77,96	31,29
Novembre	34,36	24,05	61,92						
Décembre	48,68	34,08	35,83						-
Janvier	41,04	28,73	42,37						
Février	40,72	28,5	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07						
Avril	39,12	27,38	104,54						
Mai	29,85	20,9	137,55						
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3	0,5	60,67	20,22	0,6	115,38	91,58
Août	9,91	6,94	182,19	0,5	60,67	20,22	0,85	154,86	127,70

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

l'ail									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	0,2	24,27	0,00	1,1	148,69	129,96
Octobre	26,24	18,36	97,45	0,3	36,40	8,09	1,1	107,20	80,75
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,4	48,53	12,13	0,9	55,73	19,54
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,5	60,67	16,18	0,85	30,46	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37						
Février	40,72	28,5	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07						
Avril	39,12	27,38	104,54						
Mai	29,85	20,9	137,55						
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

- Besoin en eau du Choux

Choux									
mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	0,2	24,27	0,00	0,75	101,38	82,65
Octobre	26,24	18,36	97,45	0,3	36,40	8,09	1	97,45	71,00
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,4	48,53	12,13	1,05	65,02	28,83
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,4	48,53	16,18	0,9	32,25	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37						
Février	40,72	28,5	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07						
Avril	39,12	27,38	104,54						
Mai	29,85	20,9	137,55						
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

- Besoin en eau de la courgette

la courgette									
mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	0,2	24,27	0,00	0,4	54,07	35,34
Octobre	26,24	18,36	97,45	0,3	36,40	8,09	0,5	48,73	22,28
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,4	48,53	12,13	0,8	49,54	13,35
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,5	60,67	16,18	0,95	34,04	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	0,5	60,67	20,22	0,6	25,42	0,00
Février	40,72	28,5	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07						
Avril	39,12	27,38	104,54						
Mai	29,85	20,9	137,55						
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

• Besoin en eau du petit pois

mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	0,3	36,40	0,00	0,5	67,59	48,86
Octobre	26,24	18,36	97,45	0,5	60,67	12,13	0,9	87,71	57,21
Novembre	34,36	24,05	61,92	0,7	84,93	20,22	1	61,92	17,65
Décembre	48,68	34,08	35,83	0,7	84,93	28,31	0,8	28,66	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	0,7	84,93	28,31	0,6	25,42	0,00
Février	40,72	28,5	51,97						
Mars	37,12	25,98	70,07						
Avril	39,12	27,38	104,54						
Mai	29,85	20,9	137,55						
Juin	8,64	6,05	162,09						
Juillet	5,12	3,58	192,3						
Août	9,91	6,94	182,19						

• Besoin en eau de l'Aubergine

l'Aubergine	mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
	Septembre	26,75	18,73	135,17						
	Octobre	26,24	18,36	97,45						
	Novembre	34,36	24,05	61,92						
	Décembre	48,68	34,08	35,83						
	Janvier	41,04	28,73	42,37						
	Février	40,72	28,5	51,97						
	Mars	37,12	25,98	70,07						
	Avril	39,12	27,38	104,54	0,3	36,40	8,09	0,5	52,27	16,80
	Mai	29,85	20,9	137,55	0,4	48,53	12,13	0,6	82,53	49,50
	Juin	8,64	6,05	162,09	0,6	72,80	16,18	1	162,09	139,86
	Juillet	5,12	3,58	192,3	0,6	72,80	24,27	0,6	115,38	87,53
	Août	9,91	6,94	182,19						

### III.8 Estimation des besoins en eau des cultures arboricoles :

#### • Besoin en eau de l'Olivier

<b>l'Olivier</b>									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	1,5	182,00	0,00	0,85	114,89	96,16
Octobre	26,24	18,36	97,45	1,5	182,00	0,00	0,85	82,83	64,47
Novembre	34,36	24,05	61,92	1,5	182,00	0,00	0,75	46,44	22,39
Décembre	48,68	34,08	35,83	1,5	182,00	60,67	0,65	23,29	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	1,5	182,00	60,67	0,65	27,54	0,00
Février	40,72	28,5	51,97	1,5	182,00	60,67	0,65	33,78	0,00
Mars	37,12	25,98	70,07	1,5	182,00	60,67	0,65	45,55	0,00
Avril	39,12	27,38	104,54	1,5	182,00	60,67	0,65	67,95	0,00
Mai	29,85	20,9	137,55	1,5	182,00	0,00	0,65	89,41	68,51
Juin	8,64	6,05	162,09	1,5	182,00	0,00	0,8	129,67	123,62
<b>Juillet</b>	<b>5,12</b>	<b>3,58</b>	<b>192,3</b>	<b>1,5</b>	<b>182,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,85</b>	<b>163,46</b>	<b>159,88</b>
Août	9,91	6,94	182,19	1,5	182,00	0,00	0,85	154,86	147,92

#### • Besoin en eau des Agrumes

<b>Agrumes</b>									
mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	26,75	18,73	135,17	1,5	182,00	0,00	0,4	54,07	35,34
Octobre	26,24	18,36	97,45	1,5	182,00	0,00	0,75	73,09	54,73
Novembre	34,36	24,05	61,92	1,5	182,00	0,00	0,75	46,44	22,39
Décembre	48,68	34,08	35,83	1,5	182,00	60,67	0,75	26,87	0,00
Janvier	41,04	28,73	42,37	1,5	182,00	60,67	0,65	27,54	0,00
Février	40,72	28,5	51,97	1,5	182,00	60,67	0,65	33,78	0,00
Mars	37,12	25,98	70,07	1,5	182,00	60,67	0,45	31,53	0,00
Avril	39,12	27,38	104,54	1,5	182,00	60,67	0,45	47,04	0,00
Mai	29,85	20,9	137,55	1,5	182,00	0,00	0,45	61,90	41,00
Juin	8,64	6,05	162,09	1,5	182,00	0,00	0,55	89,15	83,10
<b>Juillet</b>	<b>5,12</b>	<b>3,58</b>	<b>192,3</b>	<b>1,5</b>	<b>182,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,75</b>	<b>144,23</b>	<b>140,65</b>
Août	9,91	6,94	182,19	1,5	182,00	0,00	0,7	127,53	120,59

## III.9 Besoins en eau pour les assolements (1) et (2)

Tableau III. 7: Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois Cultures	sep	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	Juil	Août
Blé	0	0	0	0	0	4,29	47,59	77,16	102,9	91,2	0	0
Avoine	0	0	0	0	0	11,04	44,09	56,25	47,88	0	0	0
P.D.T (S)	48,86	41,77	21,69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P.D.T (AS)	0	0	0	0	0	0	2,05	37,71	114,23	95,3	0	0
Aubergine	0	0	0	0	0	0	0	16,8	49,5	139,86	87,53	0
Choux	82,65	71,00	28,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomate	0	0	0	0	0	0	9,06	82,39	116,65	131,73	0	0
Courgette	35,34	22,28	13,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olivier	96,16	64,47	22,39	0	0	0	0	0	68,51	123,62	159,88	147,92
Agrumes	35,34	54,73	22,39	0	0	0	0	0	41,00	83,1	140,65	120,59
Total en (mm)	298,35	254,25	108,65	0	0	15,33	102,79	270,31	540,67	665,32	388,06	268,51
Total en(m3/ha)	2983,56	2542,55	1086,53	0	0	153,33	1027,92	2703,13	5406,74	6653,21	3880,66	2685,11

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

Mois Cultures	sep	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	Août
Orge en vert	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,09	82,39	116,65	107,41	0,00	0,00
Orge graine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,25	51,1	82,39	89,14	91,2	0,00	0,00
Haricot	102,92	31,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,58	127,7
Courgette	35,34	22,28	13,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ail	129,96	80,75	19,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tomate	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,06	82,39	116,65	131,73	0,00	0,00
Oignon	129,96	80,75	22,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Petits pois	48,86	57,21	17,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Olivier	96,16	64,47	22,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,51	123,62	159,88	147,92
Agrumes	35,34	54,73	22,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,00	83,1	140,65	120,59
Total en(mm)	578,54	391,48	117,96	0,00	0,00	3,25	104,25	247,17	431,95	537,06	392,11	396,21
Total en(m3/ha)	5785,41	3914,8	1179,61	0,00	0,00	32,55	1042,53	2471,7	4319,56	5370,6	3921,1	3962,11

### III.10 Calcul du débit spécifique

Le débit fictif continu correspond à la quantité d'eau d'irrigation nécessaire pour satisfaire les besoins de pointe, fournie sous la forme d'un débit constant (fictif) disponible pendant 22 heures par jour, afin de répondre aux exigences de consommation mensuelle. Ce débit est calculé en fonction des besoins en eau spécifiques de chaque culture, préalablement évalués, en se basant sur la répartition des cultures. Suite à l'analyse des deux tableaux.

Le débit spécifique de l'Assolement 1 est retenu en raison de ses besoins en eau les plus élevés.

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

Avec :

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

$N_j$  : Nombre de jours par mois = 30 jours.

**B** : Besoins Net de mois de point 665,32 (mm/mois).

$q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha).

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

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement1) D'où les besoins de pointe correspondent au mois de Juin :

Besoins Net de mois de point 665,32 (mm/mois).

Application numérique :

$$q_s = \frac{664,65 \times 10 \times 1000}{3600 \times 22 \times 30 \times 0,75} = \mathbf{3,73 \text{ l/s/ha}}$$

Lorsque le débit spécifique calculé dépasse 1,5, cela indique un risque potentiel de surdimensionnement des conduites du réseau d'adduction.

$$q_s = \mathbf{3,73 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha.}}$$

la culture la plus exigeante pour le mois de pointe, à savoir l'olivier. Par conséquent, le débit

spécifique considéré pour notre zone est :

$Q_s = 0.96 \text{ l/s/ha}$ , on prend un débit spécifique de  **$Q_s = 1 \text{ l/s/ha}$** .



**III.10.1 Évaluation du débit caractéristique :**

Le calcul du débit caractéristique permet de déterminer le débit maximal que le système de distribution doit fournir pour l'irrigation de chaque parcelle. Ce débit maximal est obtenu en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utilisable, conformément à la formule suivante :  $Q_{car} = q_s \times s$

$$Q_{car} = 1 \times 150 = 150 \text{ l/s} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

L'estimation des volumes d'eau nécessaires pour l'irrigation permet de prévoir les débits de lâchers d'eau d'un barrage ou d'une retenue, facilitant ainsi une planification plus efficace de l'arrosage au sein d'un périmètre. Le volume estimé des besoins en eau est calculé en multipliant les besoins bruts en eau de la culture (en m<sup>3</sup>) par la surface cultivée du périmètre. Ces estimations sont présentées dans le tableau III.9.

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

Culture	surface(ha)	Besoins nets(mm)	Besoins bruts(m3)	Volume d'eau (m3)
Blé	30	323,14	4308,53	129256,00
Orge grain	19	317,08	4227,73	80326,93
Orge en vert	10	350,54	4673,87	46738,67
Avoine	15	159,26	2123,47	31852,00
P.D.T (AS)	12	249,29	3323,87	39886,40
P.D.T (S)	12	112,32	1497,60	17971,20
Choux	4	182,48	2433,07	9732,27
Oignon sec	4	233,35	3111,33	12445,33
Petit pois	4	123,72	1649,60	6598,40
Ail	4	230,25	3070	12280,00
Aubergine	10	293,69	3915,87	39158,67
Tomate	4	339,83	4531,07	18124,27
Haricot	4	353,49	4713,20	18852,80
Courgette	4	70,97	946,27	3785,07
Olivier	7	682,95	9106	63742,00
Agrumes	7	497,8	6637,33	46461,33
Total	150	4520,16	60268,80	577211,33

Les besoins en eau de notre périmètre sont évalués à près de 600000 m<sup>3</sup>/an

### III.11 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exposé les besoins en eau de notre périmètre 600 000 mètres cubes ( $m^3$ ) pour le but d'assurer une bonne gestion et répartition de l'eau à travers l'ensemble du périmètre.

Le choix des cultures s'est fait sur une base tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques.

Le calcul de débit spécifique pour le but de dimensionner la conduite d'irrigation

Nous avons calculé les besoins en eau totaux du périmètre et déduit que la capacité de la retenue (Barrage de Lakhel ) de 10 hectomètres cubes ( $hm^3$ ) suffit largement pour irriguer notre périmètre.

# **Chapitre IV**

## **Etude du système d'adduction- distribution**

### **IV.1 Introduction :**

L'irrigation est essentielle pour assurer un approvisionnement en eau adéquat aux cultures, notamment dans les zones arides à faibles précipitations. Diverses techniques d'irrigation ont été développées pour optimiser la croissance des cultures et la gestion de l'eau. Ce chapitre analyse le système hydraulique du périmètre d'irrigation, incluant la conception et le dimensionnement d'un nouveau réseau d'adduction. Ce réseau, composé de conduites, de dispositifs de régulation, de stations de pompage et de réservoirs, vise à distribuer l'eau du barrage de manière précise et planifiée aux parcelles agricoles

### **IV.2 Alimentation en eau du périmètre de Bir Ghalou :**

Le barrage de Lakhel, mis en service en 1987, est crucial pour l'irrigation des plaines des Arribs, situées au sud-est du périmètre étudié. Avec un volume d'eau réservé à l'irrigation de 10 hm<sup>3</sup>, il est soutenu par un système intégré comprenant une station de pompage, un réseau d'adduction et de distribution, ainsi qu'un ouvrage de stockage. Ce dispositif est essentiel pour l'extension du périmètre des Arribs, projet visant à irriguer une superficie totale de 150 hectares.

### **IV.3 Organisation et structure du périmètre :**

Un îlot d'irrigation représente une unité hydro-agricole constituée de parcelles, alimentée par une borne d'irrigation. L'organisation des périmètres en îlots est influencée par divers facteurs, tels que la topographie, les considérations technico-économiques, ainsi que la taille et le nombre de parcelles. Pour optimiser la gestion de ces îlots, les recommandations suivantes sont appliquées :

- Chaque îlot d'exploitation doit être desservi par une prise distincte.
- Il est permis d'installer un maximum de quatre prises sur une même borne d'irrigation.
- Les bornes doivent être positionnées soit aux limites des îlots, soit au centre des grands îlots.
- La borne d'irrigation est un dispositif économique spécialement conçu pour les réseaux à la demande, intégrant plusieurs fonctions clés :
- Réguler et limiter le débit en fonction des besoins spécifiques de l'îlot.
- Ajuster la pression et compenser les variations accidentelles.

- Assurer la conservation de l'eau pour un ou plusieurs utilisateurs disposant d'une prise personnelle.

#### IV.4 Calcul hydraulique des bornes :

La performance hydraulique des bornes d'irrigation dépend du débit requis pour l'approvisionnement des parcelles, déterminé par les critères spécifiques suivants :

$$Q_b = q_s \times S \dots\dots\dots V.1$$

Avec :

$q_s$  = Débit spécifique (l/s/ha).

$S$  = Superficie de l'îlot (ha).

$Q_b$  = Débit de chaque îlot (l/s).

##### IV.4.1 Choix du diamètre de la bornes :

Les diamètres des bornes d'irrigation sont déterminés principalement en fonction des débits requis pour chaque îlot, comme précisé dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit 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.4.1 Choix du type de bornes :

Le choix du type de terminal d'irrigation est basé sur la superficie de la parcelle et le nombre de parcelles, en suivant les critères suivants :

- Pour les parcelles comprenant de 4 à 10 unités et ayant une superficie inférieure à 15 hectares, un terminal à quatre sorties (type A4) est employé.
- Pour les parcelles comprenant deux unités et ayant une superficie inférieure à 15 hectares, un terminal à deux sorties (type A2) est sélectionné.

- Pour les parcelles comprenant deux unités et ayant une superficie supérieure à 15 hectares, un terminal à deux sorties (type B) est utilisé.
- Pour les grandes parcelles ayant une superficie supérieure à 50 hectares, des terminaux de type C sont prévus.

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

N°= Ilot	Superficie (ha)	Débit (l/s)	Type de la borne	D bornes (mm)
1	10,38	10,38	A2	65
2	7,70	7,70	A2	65
3	11,91	11,91	A4	65
4	11,9	11,9	A4	65
5	4,36	4,36	A2	65
6	7,93	7,93	A2	65
7	4,24	4,24	A2	65
8	14,27	14,27	A4	65
9	14,09	14,09	A4	65
10	11,75	11,75	A4	65
11	10,36	10,36	A2	65
12	13,20	13,20	A4	65
13	9,46	9,46	A2	65
14	7,52	7,52	A2	65
15	6,82	6,82	A2	65
16	4,11	4,11	A2	65

Notre périmètre, nécessite 16 bornes A4 et A2, pour la gestion des arrosages, au niveau des parcelles.

#### **IV.5 : Description de l'aménagement du périmètre de Bir ghalou**

L'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation est optimisé par la position du barrage Lakehal. Une solution hybride prévoit un pompage en aval du barrage à 671,53m d'altitude, avec transfert de l'eau vers un réservoir situé à 775,8m, suivi d'un réseau de distribution gravitaire pour irriguer efficacement les parcelles en aval. Cette configuration assure une pression adéquate et une couverture homogène des terrains.

#### **IV.6 : Etude du système de pompage**

### IV.6.1 : Généralités sur les pompes

Les pompes, dispositifs cruciaux pour le transfert de fluides, fonctionnent en augmentant la pression du liquide par un mouvement mécanique pour assurer sa circulation. Elles exploitent les différences de pression selon les principes physiques de base. Les principales catégories, telles que les pompes centrifuges, volumétriques et à engrenages, offrent des caractéristiques et avantages distincts pour diverses applications.

#### IV.6.1.1 : Les pompes volumétriques

Les pompes volumétriques, spécialisées dans le transfert de fluides, augmentent la pression du liquide à travers un cycle périodique de refoulement. Elles se distinguent par des types tels que les pompes rotatives, semi-rotatives et alternatives à piston, chacune offrant des caractéristiques spécifiques pour répondre à divers besoins en transfert de fluides.

#### IV.6.1.2 : Les turbopompes

Les turbopompes se divisent en trois catégories principales : centrifuges, axiales et semi-axiales. Les pompes centrifuges, à écoulement radial, génèrent des pressions élevées avec des débits faibles, tandis que les pompes axiales, dotées de pales hélicoïdales, offrent de hauts débits à des pressions plus faibles. Les pompes semi-axiales combinent les caractéristiques des deux autres types, permettant des débits importants à faible hauteur de refoulement avec des dimensions de pompe plus grandes..

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

La hauteur manométrique totale est donnée par la formule:

$$\mathbf{HMT = (H_a + H_{ref}) + J + Pr \dots\dots\dots V.2}$$

Avec :

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

**Ha** : Hauteur d'aspiration .

**HMT** : Hauteur Manométrique Totale en (m).

**Href** : hauteur de refoulement (m).

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

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

#### IV.6.2.1 : Calcul de la hauteur géométrique Hg

Hr : Cote du réservoir = 775,8m.

Hb : Cote bache : 671,53m.

Donc  $H_g = 771 - 672 = 104,27\text{m}$ .

#### IV.6.2.2 : Calcul des pertes de charge totale

Pour évaluer les pertes de charge linéaires dans un système hydraulique, on utilise la formule de Hazen-Williams. Cette équation, précise pour les calculs d'hydraulique des conduites, quantifie les pertes de pression dues à la friction en fonction du débit, du diamètre de la conduite et des caractéristiques du matériau.

$$\Delta HL = j = \left(\frac{3.592}{C}\right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \dots \text{V.3}$$

Avec :

- **Q** : Débit, en m<sup>3</sup>/s
- **D** : Diamètre, en m.
- **C** : Coefficient de Hazen -Williams =130 pour la fonte.
- $\Delta HL$  : perte de charge linéaire
- **L** : Longueur de conduite, en m
- Calcul des pertes de charge singulière :

$$\Delta HS = 0.1 \Delta HL \dots \text{V.4}$$

- Les pertes de charge totale :

$$\Delta HT = \Delta HL + \Delta HS \dots \text{IV.5}$$

- Calcul du débit à refouler :

$$Q = QS \times Stot = 1 \times 150 = 150 \text{ l/s} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s} \dots \text{V.6}$$

$$Q_{forcé} = QC \times 1.05 = 0.15 \times 1.05 = 0.157 \text{ m}^3/\text{s} \dots \text{IV.7}$$

- Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt[4]{Q_{ref}} = \sqrt[4]{0,157} = 0.396 = 400 \text{ mm}.$$

Les résultats du calcul des hauteurs manométriques totales, en fonction des différents diamètres des conduites en fonte, sont présentés dans le tableau ci-dessous.



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

Débit (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre (mm)	V(m/s)	Linéaire	P.charges linéaire	P.charges singulière	P.charges Totale	HMT (m)
0,157	300	2,221	1947,9	28,857	2,886	31,743	62,413
0,157	400	1,249	1947,9	7,109	0,711	7,820	38,490
0,157	500	0,800	1947,9	2,398	0,240	2,638	33,308
0,157	600	0,555	1947,9	0,987	0,099	1,085	31,755
0,157	700	0,408	1947,9	0,466	0,047	0,512	31,182

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

$$S = \text{coût d'investissement} + \text{coût de l'exploitation} \dots \text{IV.8}$$

#### IV.7 Calcul des frais d'exploitation

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

$$F_{\text{exp}} = E \times e \dots \text{V.9}$$

Avec :

**E** : Énergie totale dépensée par la pompe (**Kwh**).

**e** : Le prix unitaire d'un kilowatt imposé par Sonalgaz (**e = 4,68DA**).

**F<sub>exp</sub>** : Frais d'exploitation (**DA**).

- **Puissance absorbée par la pompe**

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

$$P = \frac{(\rho \times g \times Q \times \text{HMT})}{\eta} \dots \text{V.10}$$

**Q** : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (**m<sup>3</sup>/s**)

**g** : Accélération due à la pesanteur (**9,81 m/s<sup>2</sup>**)

**η** : Rendement de la pompe en pourcentage (**η = 75%**)

**ρ** : Masse volumique de l'eau (**kg/m<sup>3</sup>**)

- **Energie consommée par la pompe**

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

$$E = P \times t \times 365 \text{ [kW/ans]} \dots \text{V.11}$$

**P** : puissance de la pompe en (**kW**).

**t** : c'est le temps de pompage par jour en (heure); est de **22 heures** dans notre cas.

**Tableau IV.4: Calcul des frais d'exploitation.**

Diamètre (mm)	HMT	P (K Watt)	E (KWh/an)	F. exploi (DA)
300	158,614114	128,168362	1029191,943	4806326,374
400	62,1887267	79,0410208	634699,3966	2964046,182
500	41,3020473	68,3995596	549248,4635	2564990,325
600	35,0452637	65,2118188	523650,9049	2445449,726
700	32,7352535	64,034902	514200,2631	2401315,228

#### IV.7.1 Calcul des frais d'investissement.

##### L'amortissement annuel des frais :

déterminé en fonction de la durée d'amortissement de la conduite ainsi que du taux d'annuité applicable. Ce calcul est effectué selon la relation suivante :

$$\mathbf{F = Prc \times A \dots\dots\dots V.12}$$

Avec :

**Prc**: Prix de la conduite en (DA).

**A**: Amortissement annuel.

Il est donné par la formule suivante :

$$\text{Avec :} \quad \mathbf{A = \frac{i}{1+(1+i)_n} \dots\dots\dots IV.13}$$

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

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

**i** : Taux d'annuité **i = 8%**.

$$\mathbf{A = \frac{0,08}{1+(1+0,08)_30} = 0,0888 \quad \quad \quad \mathbf{A = 8,88}}$$

**Tableau IV.5: Calcul de frais d'investissement.**

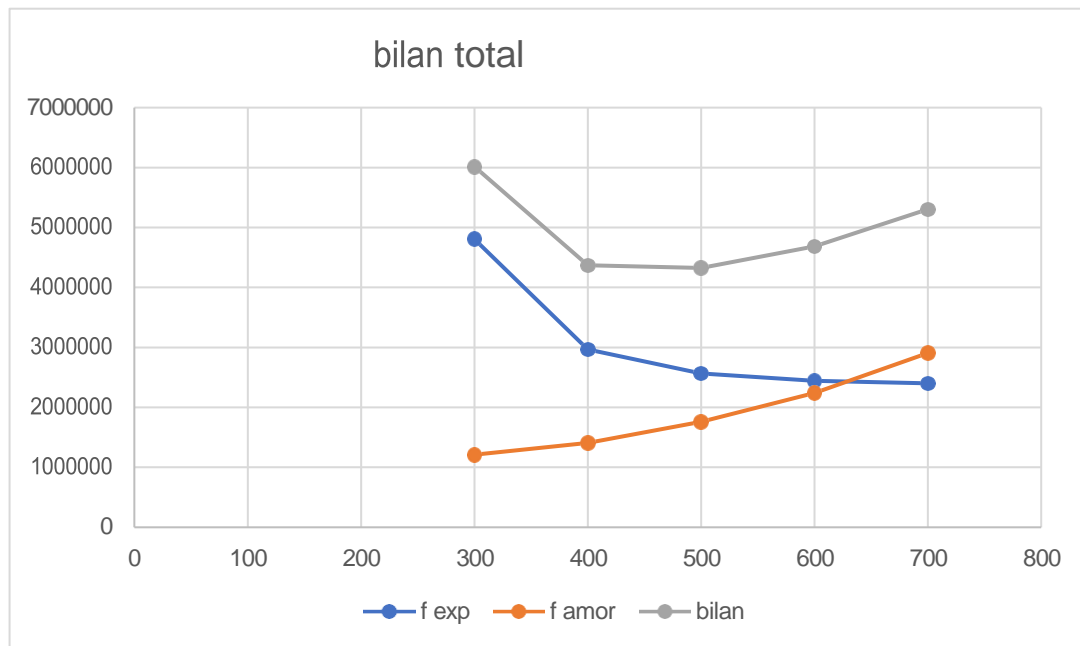
Diamètre (mm)	Prix de pose (DA)	Prix de ml (DA)	L(m)	Prix total (DA)	A	Frais d'amortissement(DA)
300	500	6500	1947,9	13635300	0,0888	1210814,64
400	650	7490	1947,9	15855906	0,0888	1408004,453
500	880	9300	1947,9	19829622	0,0888	1760870,434
600	950	12000	1947,9	25225305	0,0888	2240007,084
700	1100	15700	1947,9	32724720	0,0888	2905955,136

**IV.7.2 Bilan total des frais :**

L'analyse des frais d'exploitation et d'amortissement permet d'évaluer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

**Tableau IV.6 Bilan total des diamètres choisis.**

Diamètre(mm)	Frais inv(DA)	Frais exp (DA)	Bilan (DA)
300	1210814,64	4806326,37	6017141,01
400	1408004,45	2964046,18	4372050,63
500	1 760 870,43	2564990,32	4325860,75
600	2 240 007,08	2445449,73	4685456,81
700	2 905 955,14	2401315,23	5307270,37



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

Selon l'étude technico-économique préalable, le diamètre économique pour notre application est de 500 mm. Ce diamètre permet à la conduite de refoulement de gérer un débit de 0,157 m<sup>3</sup>/s pour une hauteur manométrique totale (HMT) de 106,9 mètres.

## IV.8 Choix de nombre et de type de pompe

### IV.8.1 Critères de choix de nombre des pompes :

Pour sélectionner la configuration optimale du nombre de pompes, il est essentiel de respecter les conditions suivantes :

- Rendement maximal.
- Puissance absorbée minimale.
- Nombre minimal de pompes.
- Hauteur nette positive à l'aspiration requise (NPSH) minimale.

### IV.8.2 Critères de choix de types des pompes :

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

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

Selon l'étude économique préalable, les paramètres suivants ont été établis :

- La hauteur manométrique totale (HMT) est de 106,9 m.
- Le débit à refouler est de 0,157 m<sup>3</sup>/s.

Pour déterminer le type et le nombre de pompes répondant aux conditions spécifiées, nous avons utilisé le logiciel Caprari. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

#### IV.8.3 Choix des pompes :

**Tableau IV.7: Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari.**

Nom- bre des pompes	Débit De- mandé (l/s)	HMT De- mandé (m)	Type de Pompe	Q pomp e (l/s)	HMT pomp e (m)	Puissance (KW)	η (%)	NPSH(m)
1	157	106,9	-	-	-	-	-	-
2	78,5	106,9	PM 150	85,5	142	110	79,1	3,38
3	52,3	106,9	PM 150	72,3	129	92,4	79,1	2,52
4	39,25	106,9	PM 125	40,7	140	54,5	76,1	4,1
5	31,4	106,9	PM 125	35	135	48	75,8	1,71

D'après les résultats fournis par le logiciel Caprari, le système de pompage pour l'extension du périmètre de Bir ghalou comprend trois pompes centrifuges PM150, un système comprenant 2 pompes et une pompe de secours..

#### IV.9 Vérification du risque de la cavitation

La cavitation dans les pompes centrifuges se produit lorsque la pression absolue à l'admission de la pompe est inférieure ou égale à la tension de vapeur du liquide, ce qui perturbe le flux de liquide entrant dans la pompe. Ce phénomène est généralement attribué à une énergie NPSH (Hauteur Nette Positive à l'Aspiration) insuffisante. Pour garantir une protection adéquate des pompes contre la cavitation, il est impératif que le NPSH disponible soit supérieur au NPSH requis.

$$\text{NPSH}_r < \text{NPSH}_d \dots\dots\dots \text{V.14}$$

Avec :

**NPSH<sub>d</sub>** : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

**NPSH<sub>r</sub>** : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.

La relation qui permet de calculer le (NPSH)<sub>d</sub> est la suivante :

$$\text{NPSH}_d = \frac{P_{at}}{\rho g} - Z_E - \Delta H_{asp} - \frac{P_v}{\rho g} - \frac{V^2_{asp}}{2g} \dots\dots \dots \text{IV.15}$$

- $\frac{P_{at}}{\rho g}$  : en mCE, La hauteur de pression atmosphérique calculée en mce, en fonction de la position de la station de pompage. Il est égal à 10.33 m.
- **PV** : La pression de vapeur (Pv) en millimètres de colonne d'eau (mce) dépend principalement de la température ambiante pour la majorité des installations. Pour une température de l'eau située entre 15°C et 20°C, il est recommandé d'adopter une valeur de Pv de 20 hPa, ce qui équivaut à un rapport Pv/ρg de 0,24.
- **ZE** : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.
- **ΔHasp** : perte de charge à l'aspiration.

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

- **V (m/s)** : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration.
- **Longueur asp** = 4m, donc ΔH apparente = 0,016m.

Le système comporte trois pompes, entraînant une répartition du débit d'aspiration en trois segments distincts. Il en ressort que le diamètre (**D**) = 200 mm.

$$V = 4 \times 0.157 / (\pi \times 0.0314) = 6,195 \text{ m/s} ; V^2/2g = 2,0188 .$$

Finalelement :

$$\text{NPSH}_d = 10.33 - 0.24 - 2 - 0.016 - \frac{6.195^2}{2 \times 9.81} = 6,118 > \text{NPSH}_r = 2.84 + 0,5 \text{ Condition vérifiée.}$$

#### IV.10 description du réseau d'adduction-distribution

Le périmètre de Bir ghalou est approvisionné par un système gravitaire qui transporte l'eau depuis le réservoir de stockage jusqu'au point le plus éloigné à travers un réseau de conduites. Le choix du matériau pour ces conduites doit être effectué en tenant compte de divers paramètres techniques et environnementaux.

#### IV.11 Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau pour les canalisations est essentiel pour maximiser la rentabilité et garantir un fonctionnement fiable des installations. Les critères déterminants incluent les exigences hydrauliques, la disponibilité, le rapport coût-efficacité, et l'adaptabilité au type de sol. Les conduites en fonte, malgré leur coût élevé et leur poids, offrent une grande résistance et une protection contre la corrosion. Les conduites en polyéthylène haute densité

(PEHD) sont adaptées aux pressions élevées et offrent flexibilité et résistance aux chocs, mais sont sensibles aux ruptures de soudure et à l'écrasement. Pour Bir Ghablou, les conduites en PEHD seront utilisées pour les diamètres  $\leq 315$  mm, tandis que celles en fonte seront privilégiées pour les diamètres supérieurs.

## IV.12 Dimensionnement du réseau de distribution

### IV.12.1 Vitesses admissibles

La détermination d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites présente plusieurs avantages techniques significatifs :

- Elle permet d'établir un diamètre maximal raisonnable, ce qui conduit à des économies sur les coûts des canalisations.
- Elle minimise les risques associés aux vitesses extrêmes : des vitesses élevées peuvent entraîner des problèmes d'érosion, tandis que des vitesses insuffisantes peuvent provoquer l'accumulation de dépôts solides.

En général, la vitesse autorisée se situe entre 1,0 m/s (minimum) et 2,0 m/s (maximum). Pour notre réseau, la vitesse maximale autorisée est fixée à 1,5 m/s.

### IV.12.2 Calcul des diamètres

Les diamètres des conduites sont déterminés en fonction des débits transportés et des vitesses de circulation. La formule de continuité de Chezy est utilisée pour calculer le diamètre théorique, lequel est ensuite normalisé afin d'obtenir le diamètre nominal des conduites.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V_{adm} \times \pi}} \times 1000 \dots\dots\dots V.16$$

Avec :

**Q** : débit exprimé en **m<sup>3</sup>/s**.

**D** : diamètre exprimé en **mm**.

**V adm** : vitesse admissible = **1.5 m/s**.

### IV.11.3 Calcul des pressions

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

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \dots\dots\dots V.17$$

$\frac{V1^2}{2g}$  et  $\frac{V2^2}{2g}$  : la hauteur représentative de la vitesse d'écoulement (m) aux points 1 et 2

$\Delta H$  : Les pertes de charges totales (m) entre les 2 point 1 et 2

$Z_1$  et  $Z_2$  : Côte terrain naturel (m) aux points 1 et 2 (en m)

$\frac{P1}{\rho g}$  et  $\frac{P2}{\rho g}$  : La hauteur de la pression (m) aux points 1 et 2

**IV.11.4 Estimation des pertes de charge**

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

$$\Delta H_L = j = \left( \frac{10.67 Q^{1.852}}{C^{1.487} D^{4.87}} \right) L \dots\dots\dots \mathbf{V.18}$$

Avec :

**Q** : Débit, en m<sup>3</sup> /s

**D** : Diamètre, en m

**C** : Coefficient de Hazen -Williams c=130

$\Delta H_L$  : perte de charge linéaire

**L** : Longueur de conduite, en m

Les pertes de charge totales incluent les pertes linéaires augmentées de 10 % pour intégrer les pertes de charge singulières. Les résultats des calculs sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IV.8 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.**



N° du trançon	longueur (m)	Superficiel (ha)	Débit (l/s)	Dnormalisé (mm)	Matériau	Vitesse (m/s)	P.d.c total(m)	cote terrain aval	cote piézo-métrique aval	Pression en bars
R-ST	12832,94	150	150	400	Fonte	1,194	47,344	645,18	695,47	5,127
ST-N1	51,54	150	150	400	Fonte	1,194	0,165	644,39	693,86	4,947
N1-B1	113,92	10,38	10,38	400	Fonte	1,092	1,400	645,07	693,34	4,827
N1-N2	130,24	139,62	139,62	110	PEHD	1,111	0,366	644,46	692,73	4,827
N2-B2	112,21	7,7	7,7	400	Fonte	1,210	2,108	644,92	693,19	4,827
N2-N3	172,2	131,92	131,92	90	PEHD	1,050	0,436	646,08	693,75	4,767
N3-B3	110,06	11,91	11,91	400	Fonte	1,253	1,745	643,22	690,14	4,692
N3-N4	92,95	120,01	120,01	110	PEHD	0,955	0,197	642,44	689,11	4,667
N4-N5	148,5	28,47	28,47	400	Fonte	1,416	1,907	641,65	688,92	4,727
N5-B4	95,29	11,9	11,9	160	PEHD	1,252	1,508	635,18	682,65	4,747
N5-N6	231,69	16,9	16,9	110	PEHD	1,377	3,769	634,31	682,48	4,817
N6-B5	60,63	4,36	4,36	125	PEHD	0,987	0,965	632,08	675,55	4,347
N6-N7	183,19	12,21	12,21	75	PEHD	1,285	3,042	628,22	669,49	4,127
N7-B6	62,83	7,93	7,93	110	PEHD	1,247	1,246	627,44	667,41	3,997
N7-N8	245,79	4,28	4,28	90	PEHD	0,969	3,789	641,92	680,49	3,857
N8-B7	64,54	4,28	4,28	75	PEHD	0,969	0,993	639,17	676,64	3,747
N4-N9	132,38	91,58	91,58	75	PEHD	1,175	0,546	641,07	680,84	3,977
N9-B8	112,21	14,27	14,27	315	PEHD	1,163	1,334	641,23	679,2	3,797
N9-N10	132,52	77,31	77,31	125	PEHD	0,992	0,458	642,85	693,02	5,017
N10-B9	103,31	14,09	14,09	315	PEHD	1,483	2,565	641,17	689,84	4,867

N10-N11	209,33	63,22	63,22	110	PEHD	1,288	1,537	642,42	690,39	4,797
N11-B10	67,62	11,75	11,75	250	PEHD	1,236	1,199	643,16	701,63	5,847
N11-N12	70,42	51,47	51,47	110	PEHD	1,049	0,308	643,25	701,72	5,847
N12-B11	71,83	10,36	10,36	250	PEHD	0,844	0,472	641,38	700,85	5,947
N12-N13	89,56	41,11	41,11	125	PEHD	1,309	0,766	639,65	706,12	6,647
N13-B12	75,37	13,2	13,2	200	PEHD	1,389	1,445	637,07	695,54	5,847
N13-N14	222,32	27,91	27,91	110	PEHD	1,388	2,752	635,28	693,55	5,827
N14-B13	131,15	9,46	9,46	160	PEHD	0,995	1,557	634,01	685,36	5,135
N14-N15	242,6	18,45	18,45	110	PEHD	0,918	1,600	633,98	686,89	5,291
N15-B14	128,05	7,52	7,52	160	PEHD	1,182	2,641	631,17	687,6	5,643
N15-N16	99,83	10,93	10,93	90	PEHD	1,150	1,549	628,26	685,65	5,739
N16-B15	77,54	6,82	6,82	110	PEHD	1,072	1,334	628,01	693,04	6,503
N16-N17	168,13	4,11	4,11	90	PEHD	1,454	7,114	627,97	693,3	6,533
N17-B16	39,79	4,11	4,11	75	PEHD	1,454	1,683	626,67	691,49	6,482

## IV.12 Conclusion

Au cours de ce chapitre, le système d'adduction et de distribution a été identifié comme l'élément essentiel d'un projet d'aménagement hydro-agricole. La variante d'aménagement retenue est constituée d'un pompage depuis le barrage lakhel vers le réservoir situé, et une desserte gravitaire vers le périmètre, la conduite de refoulement d'une longueur de 12832 m présente un diamètre de 500mm s'est avéré le plus adapté parmi les deux variantes présentées, en raison des pressions adéquates.

Après, nous avons effectué des calculs des paramètres hydrauliques pour les conduites de tous les segments du réseau de distribution pour les parcelles de 16 îlots. L'utilisation de conduites en fonte pour un diamètre de 400mm est recommandée, tandis que le PEHD est recommandé lorsque le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm. Les pressions obtenues sont généralement satisfaisantes, varient entre 2 et 5 bars.

# **Chapitre V :**

## **Techniques d'irrigation**

## V.1 Introduction

Dans l'agriculture moderne, garantir un approvisionnement en eau suffisant est crucial, particulièrement dans les zones à précipitations insuffisantes. Ce chapitre examine les méthodes d'irrigation, telles que l'irrigation gravitaire, l'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte, afin de sélectionner la technique la plus adaptée aux conditions spécifiques de notre région.

## V.2 Classification des techniques d'irrigation

Les méthodes d'irrigation sont principalement classifiées en trois catégories distinctes :

- **L'irrigation de surface** : Cette méthode utilise la gravité pour distribuer l'eau sur la surface du sol, permettant une infiltration directe dans le profil du sol.
- **L'irrigation par aspersion** : Cette technique consiste à projeter l'eau en fines gouttelettes sur les cultures à l'aide de dispositifs appelés asperseurs, simulant la pluie naturelle.
- **L'irrigation localisée** : Cette approche cible directement les racines des plantes, généralement par des systèmes de goutte-à-goutte ou de micro-asperseurs, offrant une gestion précise de l'eau et une efficacité accrue.

Chacune de ces méthodes présente des avantages spécifiques en termes d'efficacité hydrique, de coût et de gestion de l'eau.

### V.3 L'irrigation de surface (gravitaire)

La technique d'irrigation de surface utilise la gravité pour acheminer l'eau depuis un point élevé vers le champ cultivé. Elle se décline en plusieurs méthodes : l'irrigation par bassins pour une submersion progressive, l'irrigation à la raie pour une infiltration directe via des rigoles, et l'irrigation par planches pour une distribution uniforme sur des surfaces planes. Chaque méthode est adaptée aux besoins spécifiques des cultures et aux caractéristiques du terrain.

#### V.3.1 Irrigation par bassins (submersion)

Les bassins d'irrigation, constitués de cuvettes entourées de diguettes pour contenir l'eau, sont principalement utilisés pour les rizières sur terrains plats ou en pente. Cette méthode n'est pas appropriée pour les cultures sensibles à la submersion, comme les pommes de terre.



**Figure V.1 : Irrigation par bassins**

### **V.3.2 : Irrigation par ruissellement**

L'irrigation par ruissellement utilise des rigoles pour acheminer l'eau en bandes rectangulaires selon la pente du terrain, assurant une répartition uniforme par gravité. En revanche, l'irrigation par planches distribue l'eau sur de larges bandes aménagées, permettant une couverture homogène des surfaces cultivées. Les deux méthodes optimisent l'irrigation en fonction des caractéristiques topographiques et des besoins hydriques des cultures.



**Figure V. 2: Irrigation par planche.**

#### **Irrigation à la raie :**

Cette méthode d'irrigation emploie des rigoles ou des raies pour répartir l'eau à un débit relativement modéré par rapport à d'autres techniques. Les raies sont aménagées à des intervalles compris entre 0,75 et 1 mètre, facilitant ainsi le ruissellement de l'eau sur des portions limitées de la surface du sol. Cette configuration permet une application ciblée

et uniforme de l'eau, optimisant l'efficacité de l'irrigation tout en minimisant les pertes par infiltration excessive.



**Figure V.3: Irrigation à la raie.**

### **V.3.3 Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface**

Avantage et inconvénients de la technique d'irrigation de surface :

Avantages :

- Opportunité de recharger les nappes phréatiques.
- Pas d'exigences énergétiques sont minimales.
- Les coûts d'investissement sont relativement bas.

Inconvénients :

- Il est essentiel de procéder à des terrassements et des nivellements.
- Nécessite un important investissement en temps et en main- d'œuvre.
- La perte d'eau est importante.
- Une efficacité restreinte.

### **V.4 L'irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion utilise des gouttelettes pour simuler la pluie, à l'aide d'asperseurs rotatifs et de canons d'arrosage. Pour une efficacité optimale, le débit d'eau doit être inférieur à la capacité d'infiltration du sol afin de réduire les pertes par ruissellement et garantir une distribution homogène. Cette approche préserve la qualité du sol tout en améliorant l'efficacité de l'irrigation.

### V.4.1 Irrigation par Asperseurs

L'eau est pompée sous pression à travers un réseau de conduites, puis diffusée par des asperseurs rotatifs qui la projettent sous forme de pluie artificielle. Cette technique assure une distribution uniforme et contrôlée de l'eau sur les cultures, imitant les conditions naturelles de précipitation pour optimiser l'irrigation.



**Figure V.4 : Irrigation par des asperseurs**

### V.4.2 Irrigation par pivot

L'irrigation par pivot est une méthode d'irrigation sous pression où l'eau est distribuée de manière circulaire autour d'un pivot central. Ce système utilise un bras mobile équipé de buses qui pivotent autour d'un axe fixe, assurant une couverture uniforme et continue de grandes superficies agricoles. Ce type d'irrigation est particulièrement efficace pour les grandes parcelles et permet un ajustement précis du débit et de la fréquence d'arrosage en fonction des besoins des cultures.



**Figure V.5: Irrigation par pivot.**



### V.4.3 Les avantages et les inconvénients de l'aspersion

Avantages et inconvénients de l'aspersion :

Avantages :

- Offre une oxygénation élevée à l'eau.
- Il demande moins de travailleurs.
- Amélioration du taux d'occupation des terres.
- Compatible avec tous les sols.
- L'automatisation du système est possible.

Inconvénients :

- Elle contribue à l'évaporation de l'eau et à la croissance des mauvaises herbes.
- Si la vitesse du vent est élevée, l'homogénéité de l'arrosage est altérée.
- Le coût est extrêmement élevé.

### V.5 L'irrigation localisée (goutte à goutte)

Les systèmes d'irrigation pour zones arides utilisent des techniques à faible débit pour délivrer de l'eau directement aux racines des plantes. La méthode de goutte-à-goutte implique l'introduction d'eau sous pression dans un réseau de canalisations en PVC ou PEHD, avec distribution par des goutteurs le long des rangées de cultures. Cette approche assure une humidité ciblée près des racines, optimisant ainsi l'utilisation des ressources en eau et favorisant une croissance efficace des plantes.



**Figure V.6: Système d'irrigation goutte à goutte.**

### V.5.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

Avantages:

- Adapté à différents types de sols et à la majorité des cultures.
- Installation sur place, donc très peu
- Assure une efficacité d'irrigation et une économie d'eau
- Elle prévient l'humidification du feuillage et restreint la propagation des mauvaises herbes.

Inconvénients :

- Accumulation de sels dans le sol
- En cas d'obstruction des goutteurs, il est nécessaire de filtrer l'eau d'irrigation.
- Son installation initiale implique un investissement relativement élevé.

### V.6 Choix de la technique d'arrosage

Le choix de la technique d'irrigation est influencé par divers facteurs tels que le type de culture, les conditions climatiques, la disponibilité en eau et les contraintes budgétaires. Il est également essentiel de considérer l'impact environnemental, la durabilité des méthodes et leur facilité de gestion. En fonction des caractéristiques spécifiques de notre région, l'irrigation par aspersion a été sélectionnée pour les cultures céréalières et fourragères, tandis que l'irrigation goutte-à-goutte a été privilégiée pour les cultures maraîchères et les arbres fruitiers, afin d'optimiser l'efficacité et répondre aux besoins spécifiques de chaque culture.

### V.7 Conclusion

Après une analyse approfondie des contraintes telles que les conditions climatiques, la nature du sol, l'aptitude culturale et le volume d'eau disponible, le choix de la technique d'irrigation est affiné. L'irrigation par aspersion se révèle optimale pour les grandes surfaces cultivées, comme les cultures céréalières, tandis que l'irrigation goutte-à-goutte, avec sa précision ciblée, est idéale pour les cultures maraîchères et arboricoles. Ces choix permettent d'optimiser l'utilisation de l'eau tout en répondant efficacement aux besoins spécifiques de chaque type de culture.

# **Chapitre VI**

## **Dimensionnement à la parcelle**

## VI.1 Introduction

Les besoins en eau des cultures sont satisfaits par des arrosages adaptés durant leur stade végétatif, nécessitant une collecte précise de données telles que la taille de la parcelle, la pression requise, et les besoins en eau. La distribution des eaux, essentielle au processus d'irrigation, implique un acheminement optimisé de l'eau des bornes jusqu'aux plants. Ce chapitre se concentre sur le dimensionnement des systèmes d'irrigation, en aspersion et goutte-à-goutte, pour maximiser l'efficacité et l'économie d'eau tout en répondant aux besoins spécifiques des cultures.

## VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

Le système d'irrigation par aspersion alimente des rampes équipées d'asperseurs depuis un point de prélèvement via un réseau de canalisations. Sa conception requiert une évaluation des cultures et des caractéristiques de la parcelle pour optimiser la répartition uniforme de l'eau.

### VI.2.1 Choix de parcelle :

La parcelle choisie pour l'irrigation par aspersion est la 10, et elle est située dans la parcelle n°10, d'une superficie de 1,3 hectares. Elle est de forme rectangulaire, avec des dimensions de 120 m et 96 m. Nous l'arrosons par la station 10, sa pression est de 4,7 bars la durée du travail est de 22 heures par jour sur une période de 26 jours par mois.

- Surface : **1,3 ha**.
- Longueur : **120 m**.
- Largeur : **96 m**.
- Pression disponible à la borne : **4,7 bars**

### VI.2.2 Choix de la culture :

La culture retenue est l'orge en vert, choisie pour ses avantages économiques et agronomiques. Cette culture requiert un apport hydrique de novembre à mai, avec un besoin en eau net maximal de 114,31 mm par mois en mai.

### VI.2.3 Calcul de la Dose pratique RFU

Elle est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \dots\dots\dots \text{I.1}$$

-**Z**: profondeur d'enracinement mm (**50 cm**).

-**H<sub>cc</sub>**: humidité à la capacité au champ (**26%**).

-**H<sub>pf</sub>** : humidité au point de flétrissement (**14%**).

-**Y**: degré de tarissement : égal à **2/3**.

-**Da**: densité apparente : égale à **1.41**.

AN :

$$\text{RFU} = (0.26 - 0.14) \times 1.41 \times 500 \times \frac{2}{3} = 56.4 \text{ mm.}$$

### VI.2.4 Dimensionnement de l'asperseur

#### VI.2.4.1 Choix du diamètre de la buse :

Selon la fiche technique de l'arroseur Perrot, nous avons sélectionné un diamètre de 4,5 mm avec une pression de 3,5 bars, ce qui permet d'atteindre une portée théorique de 15,2 m.

#### IV.2.4.2 Calcul de la portée :

La portée des asperseurs, définissant la distance maximale de couverture de l'eau projetée, est déterminée en utilisant la formule empirique suivante :

$$L = 3 \times d^{0,5} \times h^{0,25} \dots\dots\dots \mathbf{I.2}$$

Avec :

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

$$L = 3 \times 4,5^{0,5} \times 35^{0,25} = 14,9 = \mathbf{15 \text{ m.}}$$

#### IV.2.4.3 Écartement entre les rampes et arroseurs :

Conformément aux normes américaines, l'espacement maximal entre les lignes d'arrosage, ajusté en fonction de la vitesse du vent, est déterminé comme suit : en tenant compte des conditions de vent spécifiques à notre région d'étude, les valeurs obtenues sont les suivantes :

$$-E_l = 15 \times 1,2 = \mathbf{18 \text{ mètres.}} \dots\dots\dots \mathbf{I.3}$$

$$-E_a = 15 \times 0,8 = \mathbf{12 \text{ mètres.}} \dots\dots\dots \mathbf{VI.4}$$

Avec :

- **E<sub>a</sub>** : est la distance entre les asperseurs de la même rampe.
- **E<sub>l</sub>** : est la distance entre les rampes.

L'écartement final du réseau d'irrigation par aspersion est : **12 x 18 m**.

#### VI.2.4.4 Vérification de la pluviométrie de la buse :

La pluviométrie de la buse est le rapport du débit de la buse sur l'écartement en mm/h :

- **Débit de l'asperseur**

$$Q = 0,95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots \mathbf{I.5}$$

$$Q = 0,95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 30} = 1,31 \text{ m}^3/\text{h}.$$

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

$$P = \frac{Q}{Er \times El} \dots\dots\dots \mathbf{V.6}$$

$$P = \frac{1,31 \times 1000}{18 \times 12} = 6,064 \text{ mm}$$

#### VI.2.4.5 Détermination des paramètres d'arrosage :

- **Calcul du tour d'eau**

La durée du tour d'eau représente le temps requis pour irriguer l'intégralité des parcelles :

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose Rfu} \times Nj}{Bmp} \dots\dots\dots \mathbf{V.7}$$

- Besoin de pointe = 114.31 mm
- Dose nette pratique = 72.8mm
- Nj = 26jours

Donc :

$$T_{\text{eau}} = \frac{72,8 \times 2}{114,31} \times 26 = 16,5 \text{ jour}$$

on normalise le tour d'eau à 15 jours que nous donne un nombre d'irrigation par mois égale à 2 fois/mois.

- **Calcul de la dose réelle**

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

$$D_r = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière} \dots\dots\dots \mathbf{V.7}$$

$$D_r = 15 \times \frac{114,31}{30} = \frac{114,31}{2} = 57,155 \text{ mm} .$$

- **Calcul de la dose brute**

La dose brute d'eau est définie comme la quantité totale d'eau nécessaire pour atteindre la parcelle, en tenant compte des pertes en cours de distribution. Cette valeur est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$D_b = \frac{D_r}{E_{ff}} \dots\dots\dots I.8$$

$D_b = 76,71 \text{ mm}$ .

- **Temps d'arrosage**

Le temps T requis pour appliquer une dose d'eau par un asperseur, sans excéder la capacité d'infiltration du sol, est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$T = \frac{D_b}{P} \dots\dots\dots I.9$$

$$T = \frac{76,71}{6,064} = 12,65 \text{ h/j}$$

Étant donné que la durée d'arrosage est de 12 heures par jour, chaque asperseur sera opérationnel pour un seul poste d'irrigation.

- **Calcul du débit d'équipement**

$$Q = \frac{S \times B \times 10}{N_j \times n \times T_a \times E_{ff}} \dots\dots\dots I.10$$

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

AN :

$$Q = 1,3 \times 114,31 \times 10 / 26 \times 1 \times 12 = 5,5 \text{ m}^3/\text{s} \text{ on prend } 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

## VI.2.5 Calculs hydraulique

### VI.2.5.1 Dimensionnement hydraulique des rampes

Les asperseurs sont installés à une distance de  $E_a$  des deux extrémités de la parcelle, ce qui donne :

$$L_r = \text{largeur du terrain} - E_a/2 \dots\dots\dots I.11$$

Avec :

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

**$L_r$** : longueur de la rampe en **m**.

$$L_r = 89 \text{ m}$$

- **Nombre d'asperseurs par rampe**

Il s'agit du rapport entre la longueur de la rampe et l'espacement entre les asperseurs.

$$N_{spr} = \frac{Lr}{Ea} \dots\dots\dots I.12$$

$N_{spr} = \frac{89}{12} = 7$  asperseurs par rampe

- **Nombre de rampe**

Donc on travaille avec 1 rampe.

- **Débit de la rampe :**

$$Q_r = Q_{asp} \times N_{spr} \dots\dots\dots I.13$$

AN :

$$Q_r = 1.31 \times 7 = 9.17 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0025 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Calcul du Diamètre de la rampe :**

$$D_r = \sqrt{\frac{4 Q_r}{\pi \times v}} \dots\dots\dots I.14$$

La vitesse d'écoulement à travers la rampe, notée V, doit être inférieure ou égale à la vitesse admissible V<sub>adm</sub> V est compris dans l'intervalle [0,5:2,5] m/s. En prenant V=1,25m/s, nous procédons au calcul de D<sub>r</sub>

AN :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0.0025}{3,14 \times 1,25}} = 49 \text{ mm} \text{ Le diamètre normalisé est choisi de } 50 \text{ mm.}$$

**VI.2.5.2 Dimensionnement de la porte rampe**

- **Longueur de la porte rampe :**

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - \frac{Er}{2} \dots\dots\dots I.15$$

$$L_{pr} = 120 - \frac{18}{2} = 111 \text{ m.}$$

- **Débit de porte rampe**

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times N_{spr} \times N_{rampe} \dots\dots\dots I.16$$

AN :

$$Q_{pr} = 0.0025 \text{ m}^3/\text{s.}$$

- **Calcul du Diamètre de la porte rampe :**

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0.0025}{3,14 \times 1,25}} = 49 \text{ mm}$$

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



### VI.2.5.3 Calcul des pertes de charge

$$\Delta HL = j = \left( \frac{3,592}{c} \right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \dots\dots\dots \mathbf{I.17}$$

Avec :

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

Pour les porte rampes : Jpr = 2.59 m.

Pour les rampes : Jr =5.51 m.

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

Conduites	La rampe	C. tertiaire	Porte rampe
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.0025	0.0025	0.0025
Diamètre(m)	50	63	63
Longueur(m)	89	10	111
Pertes de charge(m)	3.5	0.14	1.53

Selon les données fournies, les pertes de charge totales dans l'ensemble du réseau sont de 5,17 m, représentant ainsi 19 % de la pression de service de 30 m (équivalente à 3 bars). Cette valeur confirme que la règle de Christiansen est respectée.

## VI.3 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte

### VI.3.1 Données générales

Pour la conception du réseau d'irrigation goutte-à-goutte, nous avons pris comme référence la parcelle n°7 dans l'îlot n°06. Cette parcelle couvre une superficie de 1,3 hectare et présente les caractéristiques suivantes :

L'exploitation agricole, couvrant une superficie de 1,3 hectare et présentant une configuration rectangulaire, est dédiée à la culture des oliviers. En juillet, cette parcelle requiert un apport maximal en eau de 162,63 mm. Les spécifications de la surface cultivée sont les suivantes :

- **Alimentation en eau** : Borne B06.
- **Pression disponible à la borne** : 2 bars.
- **Perméabilité du sol** : 9mm/h.

- **Surface** : 1,3 ha.
- **Longueur** : 135 m.
- **Largeur** : 100 m.

- **Caractéristiques du goutteur**

- Débit nominal de **4 l/h**.
- Distance entre les goutteurs est de **1 à 2 mètres**.
- Le nombre de goutteurs par arbre est de **2 goutteurs /arbre**.

#### IV.3.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

Dans un système d'irrigation goutte-à-goutte, la distribution précise de l'eau sur une zone restreinte réduit de manière significative l'évaporation directe du sol. Pour intégrer cette réduction, un coefficient de réduction, dénommé  $K_r$ , est appliqué à l'Évapotranspiration Potentielle de la Culture (ETM). Ce coefficient dépend du pourcentage de couverture du sol par les plantes matures, généralement autour de 60 %. Le calcul de  $K_r$  peut être réalisé à l'aide de diverses formules ; dans notre étude, nous l'avons déterminé comme suit :

Keller et Kameli :

$$B_{jl} = B_j \times K_r \dots \dots \dots \text{I.18}$$

notre cas  $K_r$  est estimé à 0,7.

$$K_r = \frac{C_s}{0,85} \dots \dots \dots \text{I.19}$$

$$B_j = ETM_c = B_{\text{pointe}}/30 = \mathbf{5,40 \text{ mm/j}}$$

$$B_{jl} = \mathbf{3,75 \text{ mm/j}}$$

#### VI.3.3 Dose nette pratique

Dans un système d'irrigation goutte-à-goutte, la dose d'humidification (RFU) est déterminée par la hauteur d'eau  $P$ , correspondant à la quantité d'eau nécessaire pour maintenir une humidité optimale dans la zone racinaire.

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times d_a \times P\% = RFU \times P\% \dots \dots \text{VI.20}$$

Avec :

- $Y$  : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- $Z$  : profondeur d'enracinement en (1,5m)
- $D_a$  : la densité apparente = 1,42

- Hcc : humidité a la capacité au champ (26%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (14%)

$$P = \frac{n \times spd \times sh}{Sa \times Sr} \dots\dots\dots \mathbf{I.21}$$

- 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
- P : Pourcentage du sol humidifié :
- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1.5m)

AN :

$$P = \frac{2 \times 1 \times 1,5}{4 \times 4} = \mathbf{0,2}$$

P = 0.2 = 20%

$$Dc = RFU \times P = \frac{(26-14)}{100} \times 1500 \times 0,2 \times 1,42 \times \frac{2}{3} = \mathbf{34,08 \text{ m.}}$$

**VI.3.4 Fréquence et intervalle des arrosages**

$$T_{eau} = \frac{Dose \times Rfu \times Nj}{Bmp} \dots\dots\dots \mathbf{I.22}$$

AN :

$$T_{eau} = \frac{34,08}{3,79} = \mathbf{8,8} \text{ un Tour d'eau de } = \mathbf{8 \text{ j}}$$

**VI.3.5 Calcul de la dose réelle**

$$D_r = B_{jm} \times Tr \dots\dots\dots \mathbf{I.22}$$

AN :

$$D_r = 8 \times 3,79 = \mathbf{30.36 \text{ mm.}}$$

**VI.3.6 Calcul de la dose brute**

$$D_{brute} = \frac{D_r}{Eff \times Cu} \dots\dots\dots \mathbf{I.23}$$

Avec :

**Cu** : coefficient d’uniformité **Cu=90%**

**Eff** : efficience du réseau d’irrigation **Eff=90%**

AN :

$$D_{brute} = \frac{30,36}{0,9 \times 0,9} = 37,48 \text{ mm.}$$

**VI.3.7 Durée de fonctionnement par d'arrosage**

$$O = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g} \dots\dots\dots \mathbf{I.24}$$

AN :  $O = \frac{37,48 \times 4 \times 1,5}{2 \times 4} = 28 \text{ h .}$

**VI.4 Calcul hydraulique**

Selon la règle de Christiansen, la variation maximale du débit entre les goutteurs ne doit pas excéder 10 %.

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots\dots\dots \mathbf{I.25}$$

L'écart maximal de pression:

$$dq = K \times x H^{x-1} \times dH \dots\dots\dots \mathbf{I.26}$$

Avec:

$x = 0.5$  (caractéristique du goutteur) ;  $q = K \times h^x$

$$\frac{\Delta h}{q} = x \frac{h}{h(n)} \dots\dots\dots \mathbf{I.27}$$

H(n) pression nominale  $x = 0.5$

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

Selon la règle de Christiansen, une variation de 10 % de ΔH singulières équivaut à 0,2 m, tandis qu'une variation de 1,8 ΔH linéaire correspond à 1,8 m. Par conséquent, pour les rampes, la variation autorisée est de 2/3 de 1,8 m, soit 1,2 m, et pour les porte-rampe, elle est de 1/3 de 1,8 m, soit 0,6 m.

**VI.4.1 Les débits de rampes et la porte rampe**

Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g \times Q_{gr} \dots\dots\dots \mathbf{I.28}$$

Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \dots\dots\dots \mathbf{I.29}$$

- **Nombre des arbres par rampe**

$$N_{Ar} = \frac{Lr}{Ea} = \frac{100}{25} = 25 \text{ Arbres}$$

- Nombre des goutteurs par rampe :

$$N = N_{Ar} \times N_g = 25 \times 2 = 50$$

- Nombre des rampes :

$$N_r = \frac{Lt}{Ea} = \frac{135}{4} = 34$$

Donc

AN :

$$Q_r = 50 \times 4 = 200 \text{ l/s} = 5,58 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pr} = 200 \times 34 = 6800 \text{ l/s} = 0,00188 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### VI.4.2 Calcul des Diamètres des rampes et la porte rampe

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

$$\varnothing_r = \left( \frac{p \times d \times c(r) \times 2,75}{0,478 \times Q(r)} \right)^{\frac{-1}{4,75}} \dots \dots \dots \mathbf{I.30}$$

Avec :

**L(r)** : la longueur de la rampe en m = 100 m Pour les rampes ; et L = 135 m Pour les porte rampes

**Ør (cal)** : le diamètre de rampes

**Øpr (cal)** : le diamètre de porte rampe

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

**Q(r)** : le débit de la rampe en l/h

AN :

$$\varnothing_r = \left( \frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times 200^{1,75} \times 100} \right)^{\frac{-1}{4,75}} = 12,37 \text{ mm}$$

un diamètre normalisé : **Dn** = 16 mm.

- Diamètre de porte rampe :

AN:

$$\varnothing_r = \left( \frac{0,6 \times 2,75}{0,478 \times 680^{1,75} \times 100} \right)^{\frac{-1}{4,75}} = 52,45$$

Diamètre normalisé : **Dn** = 63 mm .

## VI.4.3 Vérification des pertes de charges

selon hazen- williams :

$$\Delta HL = j = \left( \frac{3,592}{c} \right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852} \dots \dots \dots \mathbf{I.30}$$

- **D** : Diamètre, en m

- **C** : Coefficient de Hazen -Williams c=140.

-  $\Delta H_L$  : perte de charge linéaire

- **L** : Longueur de conduite, en m

- **Q** : Débit, en m<sup>3</sup> /s

- **Pour les rampes :**

$$\Delta H \text{ rampe} = 0,89 \text{ m} < 1,2 \text{ m (v\u00e9rifi\u00e9e)}$$

- **Pour les porte-rampes :**

$$\Delta H = 1,19 \text{ m} > 0,6 \text{ m (ne v\u00e9rifie pas)}$$

un diam\u00e8tre sup\u00e9rieur D=75 mm

$$\Delta H = 0,49 \text{ m} < 0,6 \text{ m (v\u00e9rifi\u00e9e)}$$

**Tableau VI.2 R\u00e9capitulatif de r\u00e9seau d'irrigation goutte \u00e0 goutte**

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
D\u00e9bit (m <sup>3</sup> /s)	5,58 × 10 <sup>-5</sup>	0,00188	0,00188
Diam\u00e8tre(m)	16	75	75
Longueur(m)	100	135	10
Pertes de charge(m)	0.89	0.49	0.04

Selon le tableau IV.2, les pertes de charge totales ( $\Delta H_t = 0,89 + 0,49 + 0,014 = 1,394 \text{ m}$ , inf\u00e9rieures \u00e0 1,8 m) respectent les limites prescrites par la r\u00e8gle de Christiansen.

### **IV.5 Conclusion**

Ce chapitre a examiné la conception de deux systèmes d'irrigation distincts : le goutte-à-goutte, spécifiquement adapté aux oliviers, et l'irrigation par aspersion, optimisée pour la culture de l'orge. Ces systèmes ont été élaborés en tenant compte des exigences hydriques particulières de chaque type de culture afin d'optimiser l'efficacité de l'arrosage. En conclusion, l'adoption de ces techniques d'irrigation constitue un progrès substantiel vers une agriculture durable, favorisant une gestion plus efficiente des ressources en eau et une augmentation des rendements agricoles, ce qui se traduit par une rentabilité accrue pour les exploitants.

# **Chapitre VII**

## **Calcul technico-économique**



## VII.1 Introduction

L'analyse économique et financière d'un projet d'irrigation est cruciale pour évaluer son coût total et sa faisabilité. Elle comprend une évaluation détaillée des dépenses opérationnelles et de maintenance, permettant d'estimer précisément les besoins en financement. Ce chapitre vise à estimer le coût global d'un aménagement hydro-agricole en intégrant tous les aspects financiers, afin d'optimiser la planification des investissements.

## VII.2 Différents type de travaux à entreprendre

### VII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution

Les travaux d'installation d'un chantier d'irrigation sont cruciaux pour la réussite du projet, englobant des étapes techniques telles que la préparation du terrain et l'installation des équipements. Chaque phase doit être exécutée avec précision pour garantir l'efficacité, la pérennité et l'optimisation du système d'irrigation. Exécution des tranchées

- **Pose du lit de sable**

Pour notre projet, un lit de sable de 15 cm d'épaisseur sera posé au fond de la tranchée avant l'installation des conduites. Cette couche de sable, propre et tamisée, assure un support stable et protège les conduites des mouvements du sol, garantissant ainsi leur intégrité et leur durabilité.

- **Pose des conduits**

Il est essentiel de trier les conduites pour éliminer celles endommagées par des chocs, puis de les descendre lentement dans la tranchée en utilisant un dispositif de levage approprié. Un contrôle régulier de l'alignement des conduites est crucial pour prévenir des problèmes lors de leur connexion et garantir le fonctionnement optimal du système d'irrigation

- **Jointage et soudure de la canalisation**

Le jointage et la soudure des canalisations assurent une connexion étanche entre les sections des conduites. Avant le remblaiement, un essai de pression est effectué avec une pompe pour vérifier la résistance des conduites et des raccords sous une pression 1,8 fois supérieure à la pression de fonctionnement prévue. Ce test permet d'identifier

et de corriger les éventuelles fuites ou faiblesses, garantissant ainsi l'intégrité et l'efficacité du système d'irrigation.

- **Remblayage des tranchées**

Le remblayage des tranchées constitue une phase essentielle du terrassement, visant à recouvrir les conduites à l'aide du matériau de remblai extrait lors de l'excavation. Cette opération s'effectue en ajoutant le remblai par couches successives, chaque couche étant minutieusement compactée pour éviter les affaissements futurs. Cette approche garantit non seulement la protection des conduites, mais aussi la stabilité du sol de surface, assurant ainsi la durabilité et l'intégrité du système d'irrigation à long terme.

- **Nivellement et compactage**

Après le remblayage, la phase suivante est le nivellement, qui consiste à répartir uniformément les mottes de terre pour rétablir la surface du terrain à son état initial ou selon une configuration définie. Cette étape est suivie du compactage, dont l'objectif est d'augmenter la densité du sol afin de prévenir tout tassement ultérieur. Le compactage est crucial pour garantir la stabilité du sol et éviter les déformations à long terme, ce qui est essentiel pour protéger les conduites enterrées contre les dommages potentiels.

- **Largeur du fond de la tranchée**

La largeur de la tranchée, déterminée en fonction du diamètre de la conduite, doit fournir un espace adéquat pour l'installation. Cette largeur est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)} \dots\dots\dots \mathbf{I.1}$$

Avec :

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

- **Profondeur de la tranchée**

La profondeur de la conduite doit être précisément déterminée afin de faciliter les raccordements appropriés et d'éviter toute interférence avec d'autres conduites. Cette approche assure une installation correcte et réduit les risques de problèmes ou de dommages futurs.

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{I.2}$$

Avec :

- **H<sub>tr</sub>** : profondeur de la tranchée(m).
- **e** : hauteur du lit dépose (m)=0,1m.
- **d** : diamètre de la conduite(m).
- **h** : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite =0,8m.

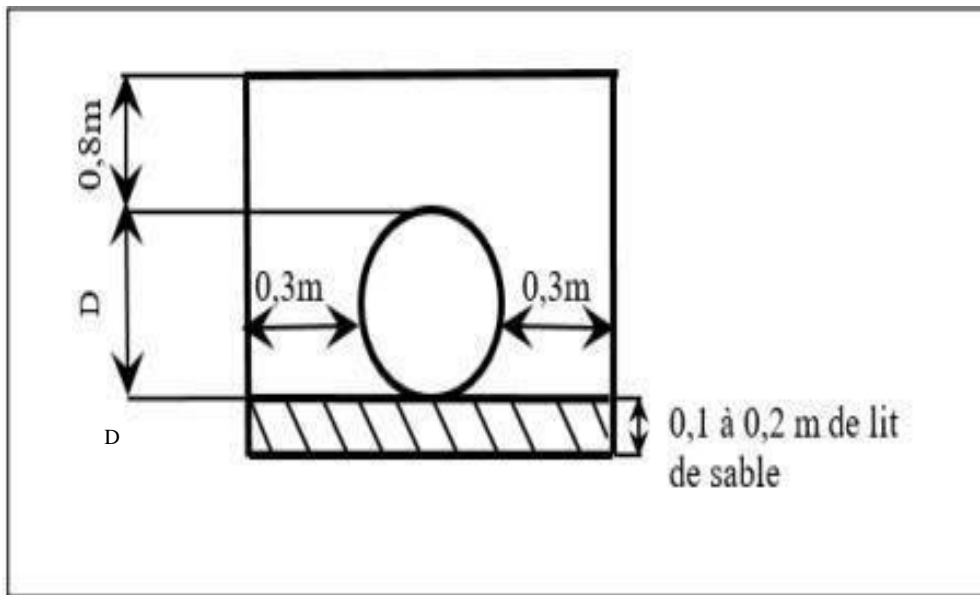


Figure VII. 1: Schéma d'une tranchée.

**VII.2.2 Les sections des tranchées**

Les sections des tranchées sont :

$$Str = B \times H_{tr} \dots\dots\dots \text{I.3}$$

Avec :

- **H<sub>tr</sub>** : Profondeur total de la tranchée (m).
- **B** : Largeur du fond de la tranchée (m).

**VII.2.3 Volume de la tranchée**

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

$$V_{tr} = Str \times L \dots\dots\dots \text{I.4}$$

Avec:

- **V<sub>tr</sub>** : Volume du déblai (m<sup>3</sup>).
- **Str** : La section de la tranchée (m<sup>2</sup>).

- **L** : Longueur de la tranchée (**m**).

#### VII.2.4 Volume occupé par les conduites

$$V_{cond} = S_c \times L \dots\dots\dots \mathbf{I.5}$$

Avec :

- **V<sub>cond</sub>** : Volume du déblai (**m<sup>3</sup>**)
- **S<sub>c</sub>** : Section de la conduite (**m**).
- **L** : Longueur de la tranchée (**m**).

#### VII.2.5 Calcul du volume du déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire :

$$V_d = (B \times H_{tr}) \times L \dots\dots\dots \mathbf{I.6}$$

Avec :

- **V<sub>d</sub>** : Volume du déblai (**m<sup>3</sup>**).
- **L** : Longueur de la tranchée (**m**).
- **B** : Largeur de la tranchée (**m**).
- **H<sub>tr</sub>** : La hauteur de la tranchée (**m**).

#### VII.2.6 Volume du lite de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm sur le fond de la tranchée, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante :

$$V_{sable} = h_{sa} \times L \times b \dots\dots\dots \mathbf{I.7}$$

Avec :

- **H<sub>sa</sub>** : la hauteur du lit de sable comprise entre **0.1** et **0.2 mètres**.
- **L** : Longueur de la tranchée (**m**).
- **B** : Largeur de la tranchée (**m**).

#### VII.2.7 Volume de remblais

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

$$V_{remb} = V_{débl} - \left( \frac{\pi \times d^2}{4} \right) \times L \dots\dots\dots \mathbf{I.8}$$

Avec :

- **V<sub>rem</sub>**: volume de remblai en (**m<sup>3</sup>**).

- **Vdéblai:** volume de déblaien ( $m^3$ ).
- **L :** Longueur de la conduite.
- **D :** Diamètre de la conduite.

Les volumes de déblais, de sable et de remblais nécessaires pour le réseau de distribution sont calculés et détaillés dans le tableau 1.

**Tableau VII.1 Calcul des différents volumes.**

D( mm)	B(m)	H(m)	S (m <sup>2</sup> )	L(m)	Vdebl	V cond	Vsable	V remb
500	1,10	1,40	1,54	14780,90	22762,59	2902,22	1625,90	18234,46
400	1,00	1,30	1,30	536,23	697,10	67,38	53,62	576,09
315	0,92	1,22	1,11	215,52	239,60	16,80	19,72	203,08
250	0,85	1,15	0,98	139,45	136,31	6,85	11,85	117,61
200	0,80	1,10	0,88	75,37	66,33	2,37	6,03	57,93
160	0,76	1,06	0,81	354,49	285,58	7,13	26,94	251,51
125	0,73	1,03	0,74	282,71	210,09	3,47	20,50	186,12
110	0,71	1,01	0,72	1339,92	960,86	12,73	95,13	852,99
90	0,69	0,99	0,68	685,95	468,57	4,36	47,33	416,88
75	0,68	0,98	0,66	419,90	276,35	1,86	28,34	246,15
<b>Total</b>				<b>18830,44</b>	<b>26103,36</b>	<b>3025,17</b>	<b>1935,37</b>	<b>21142,83</b>

### VII.2.8 Evaluation du cout des travaux de terrassement

Les coûts des différents de travaux de terrassement :

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

Type des travaux	unité	prix unitaire da	Quantité	prix des Trav
Déblai	M3	310	26103,36	8092041,6
P. sable	M3	2900	1935,37	5612573
Remblais	M3	420	21142,82	8879984,4
Total HT				22584599
TVA (19%)				4291073,81
<b>TOTAL1 TTC</b>				<b>26875672,81</b>

Le coût total des travaux de terrassement est évalué à : 26 875 672 DA en TTC.

### VII.2.9 Évaluation des prix de pose des conduites

Les coûts associés à l'installation de la conduite de refoulement et de la conduite gravitaire sont précisés dans le tableau 3.

**Tableau VII.3: Estimation du cout de pose des conduites.**

Conduite	type	Unité de mesure	prix unit en da	Quantité ml	prix da
500	Fonte	ml	8560	14780,9	126524504
400	Fonte	ml	7900	536,23	4236217
315	PEHD	ml	10100	215,52	2176752
250	PEHD	ml	4500	139,45	627525
200	PEHD	ml	3200	75,37	241184
160	PEHD	ml	1700	354,49	602633
125	PEHD	ml	1100	282,71	310981
110	PEHD	ml	778,6	1339,92	1043261,7
90	PEHD	ml	490,8	685,95	336664,26
75	PEHD	ml	300	419,9	125970
Total HT					136 225 692,00
TVA 19%					25 882 881,00
TOTAL TTC					162 108 573,00

#### VII.2.10 Estimation du cout des bornes d'irrigation et pièces spéciales.

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

Les bornes	prix unitaire da	Quantité	prix des Trav
A4	20000	4	80000
B	15200	5	76000
A2	13400	7	93800
coude 45°	1190	4	4760
Coudes 90	1280	9	11520
Vannes	12790	6	76740
Vanne sectionnement	21700	4	86800
Bouchons	850	5	4250
Te	1190	6	7140
Total HT			441 010,00
TVA 19%			83 792,00
TOTAL3 TTC			524 802,00

### VII.2.11 La station de pompage

- Les équipements hydromécaniques.
- La bêche d'aspiration.
- Les travaux de génie civil.

**Tableau VII.5 Estimation du cout de la station de pompage.**

Designation des travaux	Quantité	Unite	Prix Unitaire	Montant
<b>1)Terrassement</b>				
Remblais	40	M <sub>3</sub>	650	26 000
Déblai	100	M <sub>3</sub>	620	62 000
<b>2)Maçonneries</b>				
Revêtement	40	M <sub>2</sub>	900	36 000
Béton arme	78	M <sub>3</sub>	12600	982 800
<b>3)travaux divers</b>				
Armoire électrique	1	U	150 000	150 000
<b>4)Aménagement extérieur</b>				
Mur de cloture Loge de gardien	1	Forfait	200 000	200 000
<b>5)Equipements hydromécaniques</b>				
Pompes	2	U	700 000	1 400 000
Clapet anti retour	1	U	120000	120 000
Total HT				2 976 800.00
TVA 19%				565 592.00
Total TTC				3 542 392.00

Le coût total de la station de pompage s'élève à : **3 542 392.00 DA** en TTC

#### VII.2.11 Devis estimatif du projet :

Le devis global des travaux est présenté de manière détaillée dans le tableau VII.6.

**Tableau VII.6: Estimation de coût totale de projet.**

Désignation de travaux	Montant TTC (DA)
Pose des conduites	162 108 573.00
Terrassement	26 875 673.00
Station de pompage	3 542 392.00
Bornes d'irrigation et pièces spéciales	524 802,00
<b>Prix totale</b>	<b>193 051 440.00</b>

### VII.3 Conclusion:

Dans ce chapitre, l'organisation d'un chantier est examinée comme un élément crucial pour la construction d'un réseau d'irrigation, avec pour objectifs principaux la réduction des coûts, la minimisation de la consommation d'énergie, l'optimisation du temps d'exécution des tâches, et l'amélioration de l'efficacité globale des opérations. Une évaluation des différents coûts associés à notre projet d'irrigation a également été réalisée, étant essentielle pour déterminer le coût total du projet d'aménagement de notre périmètre.

Le coût total du projet d'aménagement du périmètre de Bir ghalou a été établi à la somme de : cent quatre-vingt-treize millions cinquante et un mille quatre cent quarante.193 051 440 et un dinars Algériens TTC.



# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Pour optimiser l'efficacité de l'irrigation dans la région des Arribs, une approche intégrée a été développée, prenant en compte les données climatiques, pédologiques et hydrologiques locales, ainsi que les besoins en eau des cultures. L'étude climatique de la région d'Bir ghalou, caractérisée par un climat semi-aride, révèle un déficit pluviométrique, rendant l'irrigation essentielle pour maintenir des rendements agricoles stables.

L'aménagement hydro-agricole de l'extension des Arribs repose sur une évaluation des besoins en eau, en fonction des spécificités agricoles de la région. Après avoir déterminé les volumes d'eau nécessaires, fournis par le barrage de Lakhel, un système d'irrigation moderne a été choisi, comprenant des canalisations souterraines en fonte et en PEHD, ainsi que des bornes d'irrigation adaptées.

Une attention particulière a été portée à l'introduction de techniques modernes telles que l'aspersion pour les cultures céréalières et le goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage, permettant une gestion précise de l'eau pour améliorer la productivité tout en préservant les ressources hydriques.

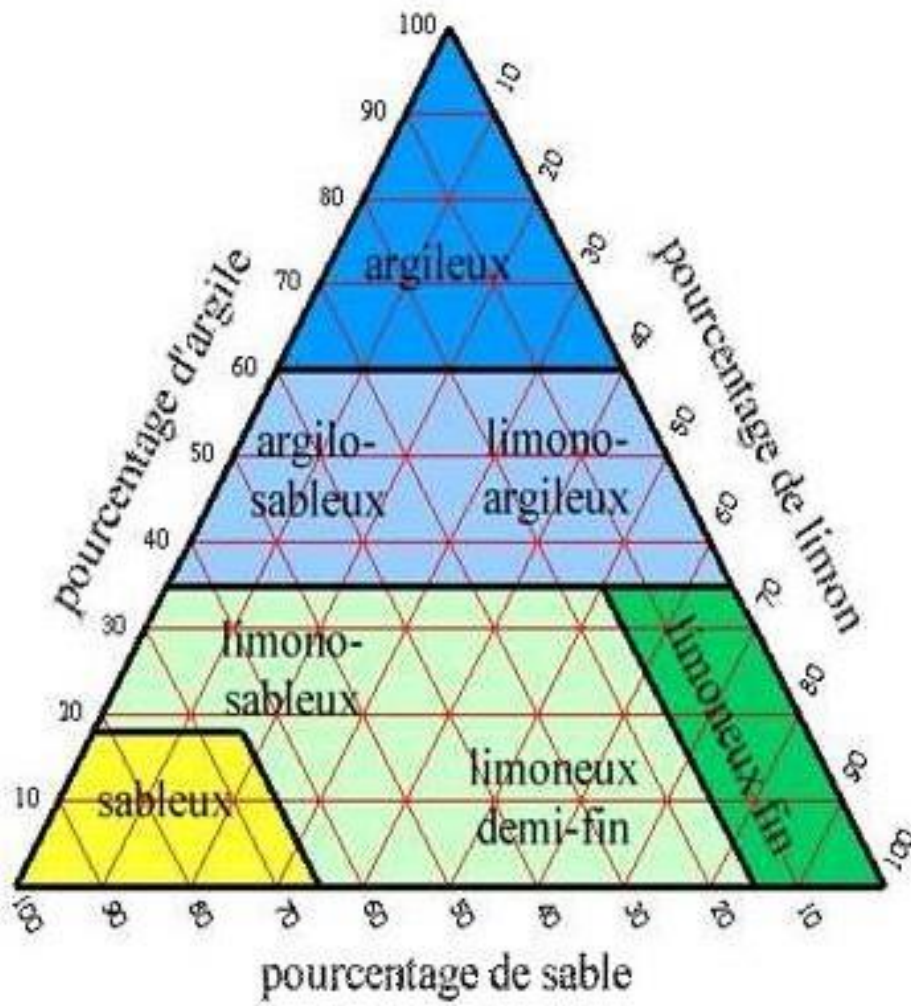
Une étude de faisabilité a montré que la mise en œuvre du projet durerait 270 jours, avec un coût estimé à 193 051 440 DA. Ce projet représente une avancée significative pour le développement agricole de la région et un modèle d'irrigation durable dans des zones à ressources en eau limitées.

## Références Bibliographiques

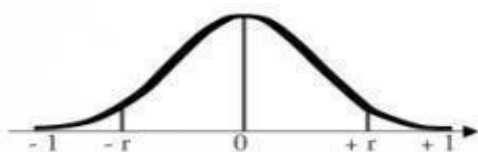
- Touaibia 2004 : Manuel d'hydrologie.
- HATTAK.Nesrine. Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Achaacha à partir du barrage Kramis(W.Mostagenem).Blida:ENSH,2020.
- TALBI Karima : Etude d'extension du périmètre des ARRIBS (200ha) à partir du barrage de LAKEHAL (W. BOUIRA). Blida: ENSH,2023.
- Monographie de la wilaya de Bouira , 2018.
- Étude d'aménagement du périmètre de Raouraoua (200 ha) à partir du barrage de LAKEHAL (W. Bouira).
- GUETARI Ahmed : Étude d'aménagement du périmètre de Raouraoua (200 ha) à partir du barrage de LAKEHAL (W. Bouira). Blida : ENSH,2024

# ANNEXE

## ANNEXE I : Triangle des textures des sols



**ANNEXE II : Tableau de calcul de KHI erré théorique**



d.d.l.	$\alpha$				
		0,10	0,05	0,02	0,01
1		0,9877	0,9969	0,9995	0,9999
2		0,9000	0,9500	0,9800	0,9900
3		0,8054	0,8783	0,9343	0,9587
4		0,7293	0,8114	0,8822	0,9172
5		0,6694	0,7545	0,8329	0,8745
6		0,6215	0,7067	0,7887	0,8343
7		0,5822	0,6664	0,7498	0,7977
8		0,5494	0,6319	0,7155	0,7646
9		0,5214	0,6021	0,6851	0,7348
10		0,4973	0,5760	0,6581	0,7079
11		0,4762	0,5529	0,6339	0,6835
12		0,4575	0,5324	0,6120	0,6614
13		0,4409	0,5139	0,5923	0,6411
14		0,4259	0,4973	0,5742	0,6226
15		0,4124	0,4821	0,5577	0,6055
16		0,4000	0,4683	0,5425	0,5897
17		0,3887	0,4555	0,5285	0,5751
18		0,3783	0,4438	0,5155	0,5614
19		0,3687	0,4329	0,5034	0,5487
20		0,3598	0,4227	0,4921	0,5368
25		0,3233	0,3809	0,4451	0,4869
30		0,2960	0,3494	0,4093	0,4487
35		0,2746	0,3246	0,3810	0,4182
40		0,2573	0,3044	0,3578	0,3932
45		0,2428	0,2875	0,3384	0,3721
50		0,2306	0,2732	0,3218	0,3541
60		0,2108	0,2500	0,2948	0,3248
70		0,1954	0,2319	0,2737	0,3017
80		0,1829	0,2172	0,2565	0,2830
90		0,1726	0,2050	0,2422	0,2673
100		0,1638	0,1946	0,2301	0,2540

ANNEXE III : diagramme de classification des eaux d'irrigation.

