



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'extension de périmètre du Mitidja ouest secteur(E)
(180 ha) à partir d'un pikage (w.tipaza)**

Présenté par :

BOUAM Mohammed Anis

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Membre
SAIL Nadhira	M.C.A	Membre
KERID Rachid	M.C.A	Membre
SADOUNE Samra	M.C.A	Promotrice

Session septembre 2024

Dédicace

Je dédie ce travail

Je dédie ce travail à mes chers parents, qui ont façonné la personne que je suis aujourd'hui avec une tendresse inégalée. Votre dévouement est exceptionnel, et je souhaite vous exprimer toute ma reconnaissance et mon amour éternel pour tout ce que vous avez fait pour mon éducation et mon bonheur depuis mon enfance.

Je suis profondément reconnaissante pour le soutien et l'amour constants que vous m'avez offerts. J'espère que ce travail modeste contribuera à réaliser vos rêves et à récompenser tous les sacrifices que vous avez consentis. Que Dieu vous accorde santé, bonheur, et une vie longue et épanouissante.

À mes chers frères, Aymen et Ayoub, je souhaite exprimer toute ma fraternité, ma sincère compassion et ma gratitude profonde. Puissiez-vous connaître une vie pleine de bonheur, et que Dieu Tout-Puissant vous accorde

Ses bénédictions.

À tous mes amis en particulier Asmaa et Yacine et à ceux qui M'ont soutenue, je vous adresse ma plus profonde reconnaissance et vous souhaite une vie remplie de joie. Que Dieu veille sur vous pour moi.

Anis

Remerciements

Pour commencer, je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers Dieu Tout-Puissant pour m'avoir doté d'une ambition, d'une force, d'une volonté et d'un courage essentiels à l'achèvement de cette modeste œuvre. Elle a été réalisée avec un amour sincère, un enthousiasme débordant et une sincérité totale.

Je remercie chaleureusement mes parents pour leur soutien inestimable, tant sur le plan moral que financier. Leur encouragement constant m'a toujours poussé à donner le meilleur de moi-même. Je suis également reconnaissant envers mes frères, qui ont toujours été à mes côtés.

*Je ressens une immense gratitude envers mon encadrant, le Professeur *Madame saadoune samra*, pour son assistance précieuse, ses conseils avisés et ses suggestions tout au long de la rédaction de mon mémoire.*

Je tiens également à remercier tous les enseignants de l'ENSH pour leur Inspiration, leurs conseils et leur assistance tout au long du processus de Formation.

*Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance envers *M. cherfet M.Mamou* Chefs du département d'ingénierie à l'ONID, pour son aide et ses recommandations.*

Je souhaite également remercier les membres du jury pour le temps qu'ils consacreront à évaluer et apprécier la qualité de mon travail.

Enfin, je suis reconnaissante envers tous les enseignants de l'ENSH pour leur inspiration, leurs conseils et leur soutien tout au long de mon parcours de formation.

ملخص:

في إطار هذا العمل، أجرينا دراسة لمنطقة القطاع الفرعي ميزاني بن عيشة، حيث أنجزنا مشروعنا. تندرج هذه الدراسة ضمن متابعة استغلال المساحات المروية باستخدام تقنية التقطير، وذلك نظراً لخصائص التربة والمناخ في هذه المنطقة، وللحد من فقدان المياه بسبب التبخر أو التسرب. وفي الختام، اقترحنا تطبيق هذه التقنية الحديثة في الري لتعظيم استغلال الأراضي بنفس كمية.

الكلمات المفتاحية:

Résumé:

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons mené une étude sur le périmètre d'irrigation Mitidja ouest EAC 63 Meziane ben aicha. Notre objectif est de concevoir un réseau d'irrigation en intégrant des techniques modernes, telles que le système de goutte à goutte, afin de contrôler précisément la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation et de limiter les pertes dues à l'évaporation et à la percolation. En conclusion, nous recommandons aux agriculteurs d'adopter cette technologie innovante pour optimiser l'utilisation des parcelles et accroître les rendements des cultures dans les régions arides.

Abstract:

Through this work, we conducted a study of the Mitidja ouest EAC 63 Meziani ben aicha irrigation scheme, where we carried out our project. The primary goal is to design an irrigation network for this area, characterized by insufficient and irregular precipitation. This involves introducing modern techniques such as drip irrigation to precisely control water usage and minimize losses due to evaporation and percolation. In conclusion, we recommend that farmers adopt this innovative irrigation method to maximize the use of agricultural land and enhance crop yields, particularly in arid regions like the city of Blida.

Table des matières

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction.....	2
I.1 Situation géographique.....	2
I.1.1 Situation géographique de la wilaya de Tipaza.....	2
I.1.2 Situation géographique de la zone d'étude.....	2
I.1.3 Présentation du périmètre de la plaine Mitidja.....	4
I.2 hydrogéologie.....	4
I.3 géologie.....	5
I.4 La climatologie.....	5
I.4.1 Pluviométrie.....	5
I.4.2 Température de l'aire.....	6
I.4.3 Humidité relative.....	7
I.4.4 Le vent.....	8
I.4.5 L'insolation.....	9
I.5 Classification du climat.....	9
I.5.1 Indice de martonne.....	9
I.5.2 Classification du climat selon le diagramme d'emberger.....	10
I.5.3 Classification de climat selon l'indice de bagnouls et gausson.....	11
Conclusion.....	11

Chapitre II : Etude agro-pédologique

Introduction.....	13
II.1 étude pédologique.....	13
II.1.1 but de l'étude pédologique	13
II.2 les caractéristique morphologique et analytique du sol.....	13
II.3 Les caractéristique hydrodynamique des sols du périmètre.....	15
II.3.1 permeabilite.....	15
II.3.2 densite apparente, densitereelle et porosite des sols.....	15
II.3.3 proprietes hydrodynamique des sols.....	15
II.4 etude des aptitudes culturales.....	15

II.4.1 les aptitudes définies.....	16
Conclusion.....	17

Chapitre III: Etude hydrologique et ressource en eau

Introduction.....	19
III.1 ressource en eau superficielle.....	19
III.1.1 caractéristique hydraulique du barrage bouroumi.....	19
III.1.2 analyse de la qualité de l'eau d'irrigation.....	20
III.1.3 le SAR.....	20
III.1.4 la conductivité électrique.....	21
III.2 étude hydrologique.....	22
III.2.1 étude des pluies annuelles.....	23
III.3 Choix de type de loi.....	28
III.4 Détermination de l'années de calcul.....	34
Conclusion	34

Chapitre IV: calcul des besoins en eau des cultures

Introduction	35
IV.1 choix des cultures a mettre en place de la région d'études	35
IV.2 d'un régime d'irrigation	35
IV.3 besoin en eau des cultures	35
IV.3.1 définition	35
IV.3.2 Evapotranspiration.....	35
IV.3.2.1 méthode d'évaluation de l'évapotranspiration.....	36
IV.4 évapotranspiration maximale de culture.....	39
IV.5 assolement et rotation des cultures.....	40
IV.6 La reserve facilement utilisable.....	41
IV.7 Calcul de la pluie efficace.....	42
IV.8 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	43
IV.9 Calcul des débits spécifique.....	49
IV.10 Le débit caractéristique.....	51
Conclusion.....	51

Chapitre V: dimensionnement du reseau de distribution

Introduction.....	53
V.1 découpage des ilots.....	53
V.1.1 la taille des ilots.....	54
V.1.2 débits fictif continu.....	54
V.1.3 débit d`équipement.....	54
V.2 modalité de distribution.....	54
V.2.1 l`irrigation à la demande.....	54
V.2.2 l`irrigation au tour d`eau.....	55
V.2.3 tour d`arrosage a l`antenne.....	55
V.2.4 tour d`arrosage a la borne.....	55
V.3 la méthodologie de dimensionnement.....	55
V.4 Calcul des débits des ilots.....	56
V.4.1 les données de base de dimensionnement.....	56
V.4.2 choix de type de bornes.....	56
V.4.3 Choix de diamètre de la borne.....	56
V.5 choix de trace.....	57
V.6 matériaux de construction des canalisations.....	57
V.6.1 choix de matériau des conduites.....	57
V.6.2 les matériaux.....	57
V.7 optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif.....	58
V.8 dimensionnement des canalisations.....	59
V.8.1 vitesse admissible.....	59
V.8.2 calcul des diamètres.....	59
V.8.3 calcul des pertes de charge.....	59
Conclusion.....	62

Chapitre VI: les techniques d`irrigation

Introduction.....	64
VI.1 les techniques d`irrigation.....	64
VI.1.1 irrigation par aspersion.....	64
VI.1.2 Irrigation localisée (goutte a goutte).....	64
VI.1.3 Irrigation gravitaire.....	68
VI.1.4 Irrigation par pivot.....	64
VI.2 choix de la technique d`irrigation.....	70
Conclusion.....	71

Chapitre VII: dimensionnement dun reseau goutte a goutte

Introduction	73
VII.1 définition	73
VII.2 composition d'une installation goutte à goutte.....	73
VII.2.1 point de fourniture d'eau	73
VII.2.2 composition l` unite de tete.....	73
VII.2.3 La conduit principale.....	76
VII.2.4 Le porte-rampes.....	76
VII.2.5 Le rampe.....	76
VII.2.6 Les distributeurs.....	76
VII.3 dimensionnement d'un réseau goutte a goutte.....	77
VII.3.1 données générales.....	77
VII.4 besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisé.....	78
VII.4.1 les besoins journaliers.....	78
VII.4.2 besoins journalier en tenant compte de la réduction Kr.....	78
VII.4.3 la dose d'irrigation nette pratique.....	78
VII.4.4 la fréquence des arrosages.....	79
VII.4.5 la durée d'arrosage par mois.....	80
VII.4.6 la durée d'arrosage journalier.....	80
VII.4.7 nombre de poste.....	80
VII.4.8 surface de parcelle.....	80
VII.5 le calcul hydraulique.....	80
VII.5.1 condition hydraulique.....	80
VII.5.2 débit de la rampe.....	81
VII.5.3 débit de la porte rampe.....	81
VII.5.4 débit de la conduite secondaire.....	82
VII.5.5 dimensionnement des différentes parties du réseau.....	82
VII.5.6 calcul hydraulique de la rampe.....	83
VII.5.7 calcul hydraulique de la porte rampe.....	84
VII.5.8 calcul des diametres de la conduite secondaire.....	84
VII.5.9 calcul de caracteristique de conduites secondaires.....	84
Conclusion.....	85

Chapitre VIII: organisation de chantier et étude techno-économique

Introduction	88
VIII.1 différents travaux à entreprendre.....	88
VIII.1.1 travaux concernant le réseau de distribution.....	88
VIII.1.2 épreuve de joint et de la canalisation	88
VIII.1.3 Remblayage des tranchées.....	88
VIII.1.4 Nivellement et compactage.....	88
VIII.1.5 Poste de canalisation.....	88
VII.2 Calcul du volume de terrassement.....	89
VIII.3 dépense des travaux.....	89
VIII.4 devis de réseau d'irrigation localisée.....	91
Conclusion.....	91

Conclusion générale.....	93
---------------------------------	-----------

Références

Bibliographiques.....	96
------------------------------	-----------

Liste des figures

Chapitre I:Présentation de la zone d'étude

FigureI-1: localisation exact de périmètre d'étude	3
Figure I-2 : carte de la wilaya de tipaza (daira d'Ahmer El Ain).....	3
Figure I-3 : carte de réseau hydrographe de Mitidja ouest.....	4
Figure I-4 : Histogramme de la pluviométrie moyenne mensuelle en (mm)...	6
Figure I-5 : Répartition des températures moyennes interannuelles.....	7
Figure I-6: graphe de humidite relative.....	8
Figure I-7 : graphe des vitesses de vent.....	8
Figure 1.8 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	10
Figure I-9: Diagramme ombrothemique.....	11

Chapitre III :Etude hydrologique et ressource en eau

FigureIII-1: schéma hydraulique : transfert bouroumi-tranche 2.....	20
FigureIII-2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation	22
FigureIII-3: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss	30
FigureIII-4: Ajustement des pluies annuelles à la loi log normal	32
FigureIII-5: Résultat de comparaison entre les deux lois d'ajustement.....	33

Chapitre IV : calcul des besoins en eau des cultures

FigureIV-1: ET0 méthode de penman	39
--	----

Chapitre V: dimensionnement d'un réseau de distribution

FigureV-1: schéma de conduite de distribution a partir du pikage.....	62
--	----

Chapitre VI : les techniques d'irrigation

FigureVI-1: irrigation par aspersion	64
FigureVI-2: asperseur d'arrosage	65
FigureVI-3 : irrigation localisée (goutte a goutte).....	66
FigureVI-4: schéma explicatif d'un réseau goutte à goutte.....	67
FigureVI-5 : l'irrigation sur pivot dans une zone désertique.....	69

Chapitre VII : dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

FigureVII-1 : dilueur dengrais.....	74
Figure VII-2 : filtre à tamis.....	74
Figure VII-3 : filtre à sable.....	75
Figure VII-4 : filtre à gravier.....	75
Figure VII-5 : schéma type d'un réseau d'irrigation goutte à goutte.....	77
Figure VII-6 : schéma explicative de la desserte borne goutte à goutte.....	85

Chapitre VIII : organisation de chantier et étude techno-économique

Figure VIII-1 : la pose de la canalisation.....	88
Figure VIII-2 : schéma d'une tranchée.....	90

Liste des tableaux

Chapitre I:Présentationdelazoned'étude

TableauI-1: les caractéristiques de la station météorologique.....	5
Tableau I.2 : Les pluies moyennes mensuelles à la station de SOUMAA.....	5
Tableau I.3 : Les Températures moyennes interannuelles	6
Tableau I.4 : Humidité relative à la station de SOUMAA.....	7
Tableau I.5 : Vitesse du vent moyenne.....	8
Tableau I.6 : Moyenne mensuelle de l'insolation.....	9
Tableau I.7 : Classification du climat selon de Martonne.....	9

Chapitre II :Etude agro-pedologique

TableauII-1: Tableau II.1 : la description des horizons.....	14
TableauII-2: Résultats des analyses physico-chimiques	14
TableauII-3: Propriétés hydrodynamiques du profil pédologique	15
TableauII-4: Propriétés hydrodynamiques des sols.....	15
TableauII-5: Numérotation des cultures céréalières et fourragères	16
TableauII-6: Numérotation des cultures maraîchères.....	16
TableauII-7: Cultures industrielles	17
Tableau II-8 : Aptitudes culturales pour espèces arboricoles	17

Chapitre III : Etude hydrologique et ressources en eau

TableauIII-1: les caractéristiques de l'eau d'irrigation.....	20
Tableau III-2 : Classification des eaux en fonction du S.A.R	21
TableauIII-3: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	21
TableauIII-4: station pluviométrique.....	23
TableauIII-5: Pluies moyennes mensuelles observées (1983-2015)	24
TableauIII-6 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique.....	26
TableauIII-7: Caractéristiques de la série des Pjmax	28
Tableau III-8 : Ajustement à la loi normale.....	29
TableauIII-9: Ajustement à la loi log normale.....	31
TableauIII-10 : les résultats du test d'adéquation.....	33
TableauIII-11: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (fre80%).....	34

Chapitre IV: calcul des besoins en eau des cultures

TableauIV-1: Coefficients culturaux (Kc) des cultures	40
TableauIV-2: Surfaces occupées par les différentes cultures	40
Tableau IV-3 : Humidité à la capacité au champ et de flétrissement.	41
TableauIV-4: Lesprofondeursd'enracinement.....	42
TableauIV-5: la pluie efficace.....	42
TableauIV-6: Besoins en eau d'irrigation d'olivier	44
TableauIV-7: Besoins en eau d'irrigation de tomate	45
TableauIV-8: Besoins en eau d'irrigation de bitrave.....	46
TableauIV-9: Besoins en eau d'irrigation de sorgho	47
TableauIV-10: Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre	48
TableauIV-11: Besoins en eau d'irrigation d'orge	49
TableauIV-12: donnée les résultats de besoins nets (mm) de la culture.....	50

Chapitre V : dimensionnement d'un réseau de distribution

TableauVI-1: Les différents îlots du périmètre.....	53
Tableau VI-2 : Choix du diamètre de la borne.....	56
TableauVI-3: Caractéristiquesdesilotsaveclesdébitsdechaqueborne.....	57
TableauVI-4: Les paramètres de perte de charge.....	60
TableauVI-5: Calculs hydrauliques du réseau de distribution	60

Chapitre VI : les techniques d'irrigation

TableauVI-1: Évaluation multicritères pour la sélection de la méthode d'irrigation.....	70
--	----

Chapitre VII : dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

TableauVII-1 : Caractéristique de la conduite de la rampe 01	83
TableauVII-2: Caractéristique de la conduite de la rampe 02.....	83
TableauVII-3 : Caractéristiques de la conduite de la porte rampe 01	84
TableauVII-4 : Caractéristiques de la conduite de la porte rampe 02	84
TableauVII-5 : Caractéristiques de la conduite secondaire.....	84
Tableau VII.6 : résumer des caractéristique de la conduite secondaire (Q, D, l, ΔH).....	85

Chapitre VIII : organisation de chantier et étude techno-économique

TableauVIII-1 : Calcul de terrassement.....	90
TableauVIII-2 : Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation	91

Liste des planches

Planche N°1 : Plan de situation géographique

Planche N°2: Carte d'assolément

Planche N°3 : Plan du réseau de distribution

Planche N°4 : Profile en long de la conduite principale

Planche N°5 : plan du réseau goutte à goutte

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource essentielle pour la vie et la prospérité. La protéger et la rendre accessible à l'humanité à la demande est un confort et une richesse inégalée. Cependant, la plus grande perte réside dans son gaspillage. Comme toute richesse, elle doit être gérée de manière raisonnable et s'engager à tout mettre en place pour la préserver. De plus, l'augmentation de la demande en cette ressource nous oblige aujourd'hui à la gérer de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, afin de trouver des solutions novatrices pour répondre à cette demande.

Notre pays a été confronté à des périodes de sécheresse prolongées, notamment dans les régions à climat semi-aride où la pluviométrie est déjà insuffisante et mal répartie.

Dans cette situation, notre recherche se focalise sur le dimensionnement d'un périmètre d'irrigation du Mitidja Ouest secteur, qui couvre une superficie de 180 hectares. Cette zone est principalement irriguée par le barrage de Bouroumi. Ce mémoire vise principalement à augmenter les rendements agricoles de la région en instaurant un réseau d'irrigation sous pression et en utilisant des méthodes modernes comme le système goutte-à-goutte.

Ce Système d'irrigation goutte-à-goutte se distingue par son efficacité en termes d'économie d'eau, offrant des quantités d'eau limitées pendant plusieurs jours, qui consiste en un système de conduites denses de faible diamètre sur lesquelles sont installés des dispositifs calibrés qui permettent de diminuer la pression.

Pour structurer notre étude, nous avons défini les chapitres suivants :

- Chapitre I : Présentation de la zone d'étude
- Chapitre II : Etude agro pédologique
- Chapitre III : étude hydrologique et ressources en eau
- Chapitre IV : calcul des besoins en eau des cultures
- Chapitre V : dimensionnement du réseau de distribution
- Chapitre VI : les techniques de l'irrigation
- Chapitre VII : dimensionnement d'un réseau goutte a goutte
- Chapitre VIII : organisation de chantier et études techno économique

Et enfin, une conclusion générale pour résumer notre travail.

Chapitre I :

**Présentation de la zone
d`étude**

Introduction

Avant d'entreprendre un projet d'irrigation, il est essentiel de réaliser une étude approfondie du site pour en connaître toutes les caractéristiques, notamment le périmètre irrigué et les facteurs influençant la conception du projet. Parmi ces facteurs, on peut citer les données climatiques ainsi que les paramètres agronomiques de la zone étudiée, qui nous permettront de prendre les mesures appropriées lors de la mise en place du réseau d'irrigation. Le site en question est situé dans la commune d'Ahmer El Ain, dans la wilaya de Tipaza, une région à vocation agricole.

I.1 Situation géographique

I.1.1 Situation géographique de la wilaya de TIPAZA

La wilaya de Tipaza est une wilaya située au Nord-Ouest du pays, à 70 Km à l'ouest d'Alger. La wilaya de Tipaza est limitée par :

- Au nord, par la méditerranée.
- A l'ouest, par la wilaya de Chlef.
- A l'est, par la wilaya d'Alger.
- Au sud, par les wilayas d'Ain Defla et Blida.

I.1.2 Situation géographique de la zone d'étude

La région d'étude est située dans la partie ouest de la plaine Mitidja EAC 63 MEZIANE BEN AICHA qui couvre une superficie de 180 ha et se situe à la wilaya de Tipaza commune de AHMER EL AIN

Ce périmètre est limité par :

- Au nord, par domaine el ahoul
- A l'ouest, par domaine houari
- A l'est par domaine yafoufi kouider
- Au sud, par domaine cinq martyrs

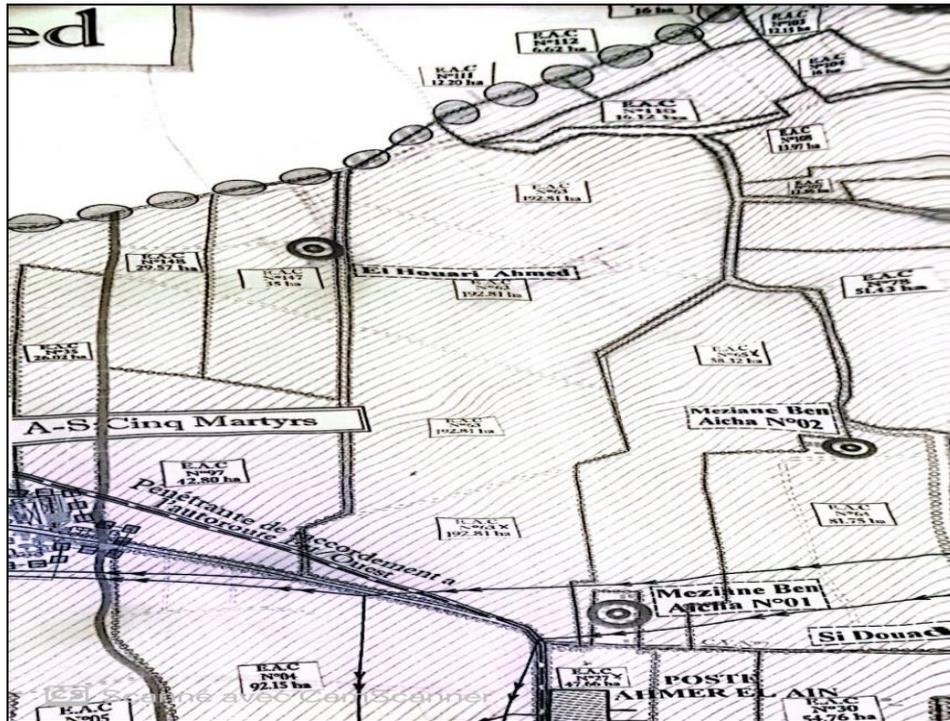


Figure I.1 : localisation exact de périmètre d'étude (ONID. 2010).

I.1.3 Présentation du périmètre de la plaine Mitidja

La Mitidja est une vaste plaine d'Algérie située dans le nord, elle couvre une superficie de 1450 km² avec une longueur moyenne de 100 Km une largeur variant de 10 à 18 Km et une altitude moyenne de 100 m. Elle est située entre les longitudes 2°32'00'' à 3°19'00'' et les latitudes 36°25'17'' à 36° 47'40 ''.

La plaine de la Mitidja est répartie sur quatre wilayat Alger, Blida, Tipaza et Boumerdes.

I.2 Hydrogéologie

Dans la région de la Mitidja, notamment autour d'Ahmer El Ain, on observe la présence de deux aquifères distincts : une nappe superficielle appelée nappe quaternaire, et une nappe plus profonde, connue sous le nom de nappe des grès astiens. Ces deux nappes sont séparées par une couche argileuse, communément appelée marnes jaunes ou marnes de Maisons Carrées.

Pour surveiller les fluctuations des eaux souterraines de la nappe de la Mitidja, un réseau de surveillance composé de puits, de forages et de piézomètres permet de suivre ces variations dans les différentes localités. Deux campagnes de mesure du niveau de la nappe sont menées régulièrement : l'une durant la période des "hautes eaux" et l'autre pendant la période des "basses eaux". La comparaison entre ces campagnes a révélé un abaissement du niveau de la nappe de la Mitidja, principalement dû au pompage continu.

Cette baisse de la surface piézométrique s'explique également par plusieurs facteurs, notamment :

- Une longue période de sécheresse combinée à une prolifération importante des forages,

- Un démarrage précoce de l'irrigation en raison de cette sécheresse,
- L'importance des surfaces irrigables,
- La perte d'eau due au ruissellement.

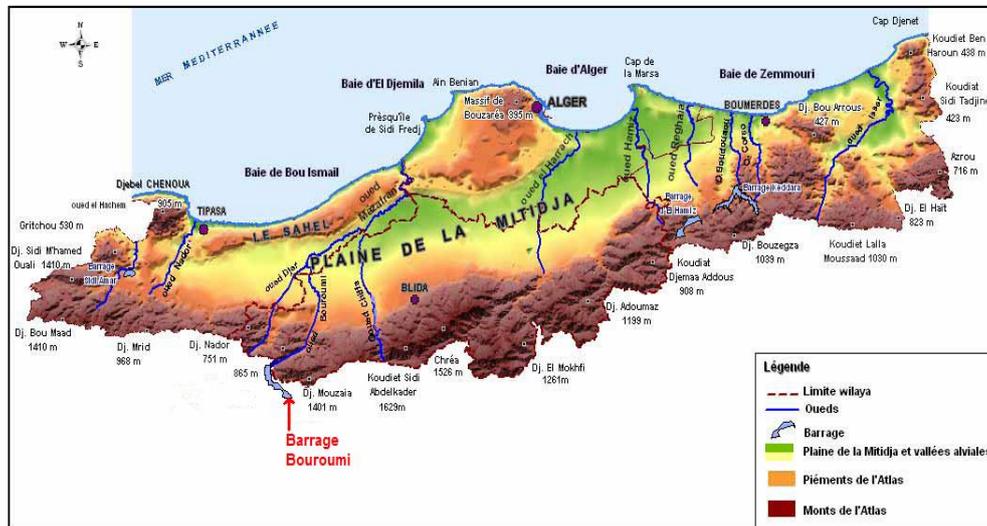


Figure I.3 : carte de réseau hydrographique de Mitidja ouest «ONID 2013 »

1.3 La géologie

En général, la structure morphologique de la région ne remonte pas au quaternaire, mais a été façonnée durant le Miocène, avec une sédimentation principalement continentale.

Le terrain est constitué d'un faciès limoneux à argileux, formé d'alluvions récentes qui couvrent de vastes zones le long des principaux oueds, de leurs affluents, ainsi que sur les flancs des collines.

Ces alluvions sont principalement composées de limons très fins, dont les caractéristiques pétrographiques et pétro-physiques se rapprochent de celles des argiles.

Par conséquent, on peut affirmer que notre région est bien adaptée à toutes les cultures, en particulier aux cultures pérennes, telles que l'arboriculture.

Le périmètre d'étude fait partie du Tell Atlas, une chaîne de montagnes qui est la partie nord de l'Atlas algérien. Cette région se compose principalement de formations sédimentaires, surtout des calcaires, des marnes et des dolomites, qui datent en grande partie du Jurassique et du Crétacé.

1.4 La climatologie

L'étude du climat constitue une étape essentielle dans les projets hydro-agricoles, car elle permet de quantifier les paramètres influençant le choix des cultures et la conception des réseaux d'irrigation. Les principaux éléments caractérisant le climat sont : les précipitations, la température, le vent, l'humidité relative de l'air, et l'ensoleillement.

- **Choix de la Station météorologique :**

Dans ce qui suit nous présentons les paramètres météorologiques sur la base des données obtenues au niveau de la station de SOUMAA qui de par sa situation géographique, qui représente le mieux la région d'étude.

Les caractéristiques de la station de SOUMAA sont détaillées si dessous :

Tableau I.1 : les caractéristiques de la station météorologique «ANRH BLIDA»

Code station	Nom station	Coordonnées	Altitude
021234	SOUMAA	X : 517,45 Y : 355,9	Z : 177

Source : ANRH de Blida.

I.4.1 Pluviométrie

Le tableau ci-après présente la pluviométrie mensuelle moyenne ainsi que le nombre de jours pluvieux par mois et la pluie max enregistrée en 24 heures .les valeurs moyennes mensuelles de pluviométrie correspondante à la période 1983 à 2015, de la station pluviométrique de SOUMAA .

Tableau I.2 : Les pluies moyennes mensuelles.

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	Fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	tot
Pluie(mm)	24.98	52.01	81.54	87.26	96.48	76.76	66.44	73.93	52.25	8.08	2.40	7.04	629.17

Source : ANRH de Blida 2015.

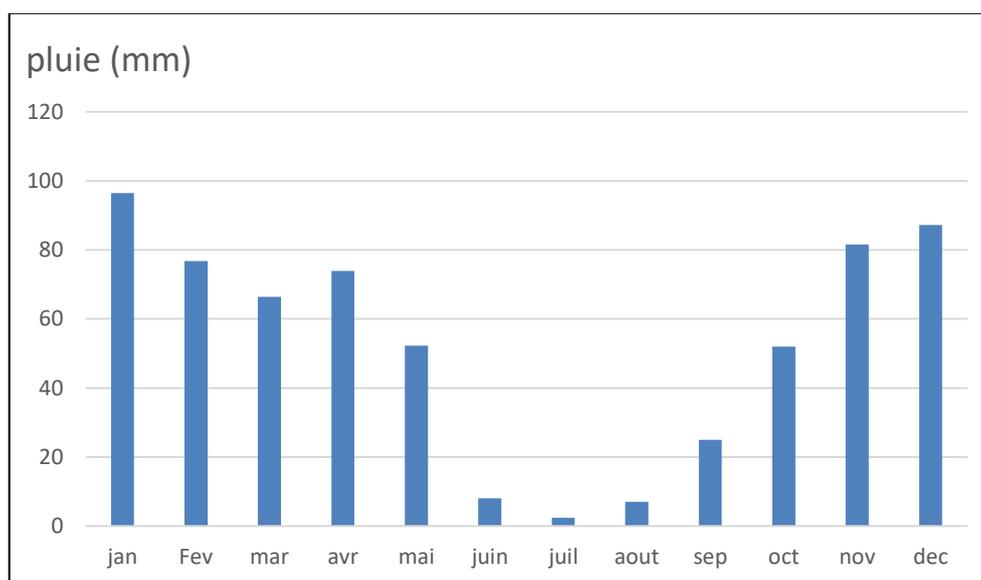


Figure I.4 : Histogramme de la pluviométrie moyenne mensuelle en (mm) station de soumaa.

I.4.2 Températures de l'air

La température est un facteur climatique très important qui joue un rôle dans les projets d'irrigation, car elle conditionne l'évapotranspiration des cultures, et donc le développement des plantes.

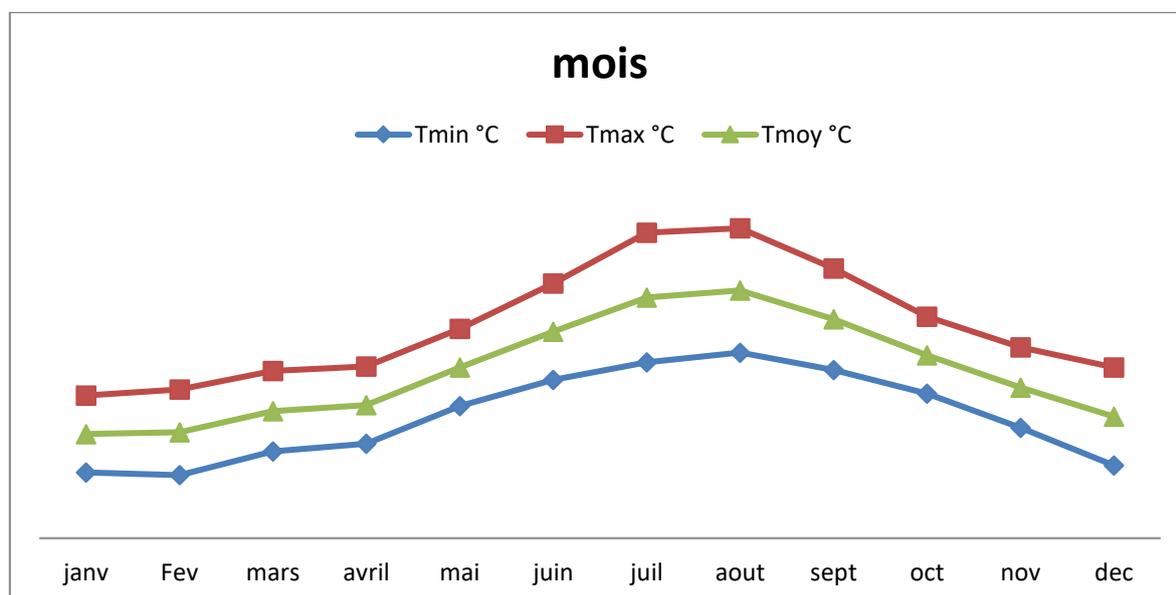
Les températures de l'air moyennes et extrémales sur le territoire envisagé sont données par le tableau ci-dessous :

Tableau I.3 : Les Températures moyennes interannuelles.

Mois	jan	Fe v	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	Dec
Tmin (°C)	3,0	2,5	6,0	9,0	13,5	19,5	23,0	22,5	17,0	13,0	8,0	3,0
Tmax (°C)	19,0	19,5	25,0	26,0	38,5	41,5	39,5	35,0	35,5	32,0	22,0	17,0
Tmoy (°C)	11,0	11,0	15,5	17,2	26,0	30,5	31,3	26,3	25,0	22,5	15,0	10,0

Source : ANRH Blida 2015

Avec :

Tmax (°C) : Moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois.**Tmin** (°C) : Moyenne de tous les minima observés pour chaque mois.**Tmoy** (°C) : Moyenne mensuelle**Figure I.5** : Répartition des températures moyennes interannuelles station de soumaa**Interprétation :**

On observe que :

- La température moyenne annuelle est de 20,1 °C.
- Les températures varient, avec un minimum de 2,5 °C en février et un maximum de 41,5 °C en juin.
- L'été est chaud, avec des températures moyennes oscillant entre 25 et 31,3 °C. Certaines années, des pics de chaleur peuvent dépasser les 38 °C.
- L'hiver est relativement doux, bien que certaines années, la température de l'air puisse descendre jusqu'à 2 °C.

I.4.3 Humidité relative

Il faut noter que l'humidité relative est un élément climatique très important dans le cycle hydrologique contrôlant entre autre l'évaporation du sol et le couvert végétal. L'humidité relative mensuelle moyenne est présentée au tableau suivant :

Tableau I.4 : Humidité relative

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
Humidité (%)	82	80	77	76	75	65	49	51	66	74	75	80

Source : ANRH Blida

On constate que l'humidité relative dans la région atteint 82% au mois de janvier, elle décroît au juillet jusqu'à 49%.

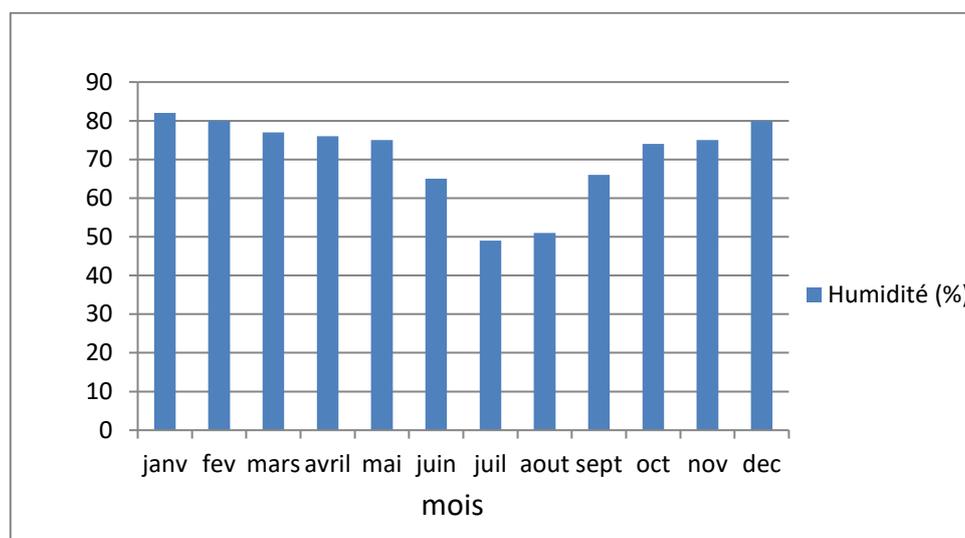


Figure I.6 : graphe de l'humidité relative de la station soumaa.

I.4.4 Le vent

Les directions dominantes des vents sont celles de l'Ouest au Nord-Est. Les vents de l'Ouest sont dominants pendant l'automne, l'hiver et le début du printemps. La vitesse des vents est donnée par le tableau :

Tableau I.5 : Vitesse du vent moyenne «ANRH blida

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
V(m/s)	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3,2	3,1	2,5	2,3	2,5	3,7

Source : ANRH Blida.

L'Analyse du tableau montre des vitesses relativement homogènes tout le long de l'année avec une moyenne annuelle oscillant autour de 2,93 m/s, cette valeur est relativement faible.

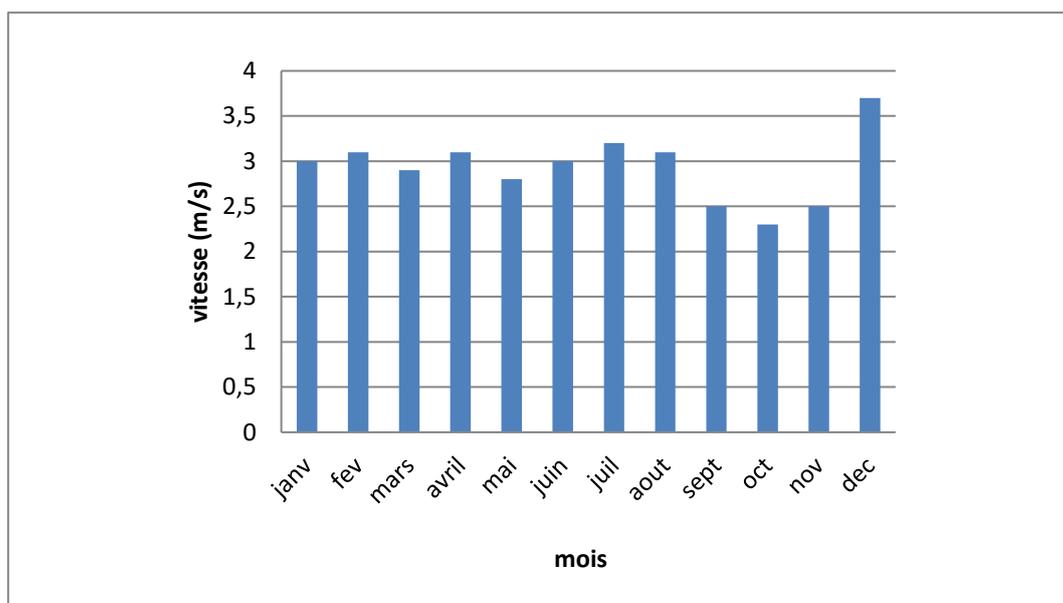


Figure I.7 : graphe des vitesses de vent de la station soumaa

I.4.5 Insolation

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle. La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de la station météorologique de SOUMAA présenté dans le tableau suivant :

Tableau I.6 : Moyenne mensuelle de l'insolation.

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
Moy(h)	4,5	6,0	8,1	7,6	9,6	10,1	11,4	10,8	9,8	7,4	5,7	4,3

Source : ANRH Blida

1.5 Classification du climat

Pour la classification du climat, on utilise généralement les paramètres agro-météorologiques, qui se basent essentiellement sur la température et la pluviométrie de la zone.

I.5.1 Indice de Martonne

L'indice d'aridité de Martonne est un paramètre qui permet la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, cet indice nous renseigne sur la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat :

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

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C)

Tableau I.7 : Classification du climat selon de Martonne.

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

Dans notre cas, nous avons :

$$I_A = 20.9$$

D'après la valeur de l'indice d'aridité obtenue, à partir de la formule « De Martone »
Le périmètre dont fait objet cette étude, se trouve dans l'étage bioclimatique relativement humide.

I.5.2 classification du climat selon le diagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} = \frac{2 \cdot 1000.p}{M^2 - m^2} \quad (I.2)$$

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : maximum des températures maximales (Kelvin).

m : minimum des températures minimales (Kelvin).

Pour : P=533,2mm ; M= 41,5°C et m=2,5°C

$$Q = \frac{2 * 1000 * 629.17}{(41,5 + 273)^2 - (2,5 + 273)^2} = 54.80$$

On trouve : Q=54.7

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (voir Figure I.4), on peut dire que le climat de notre région est **un climat semi-aride**.

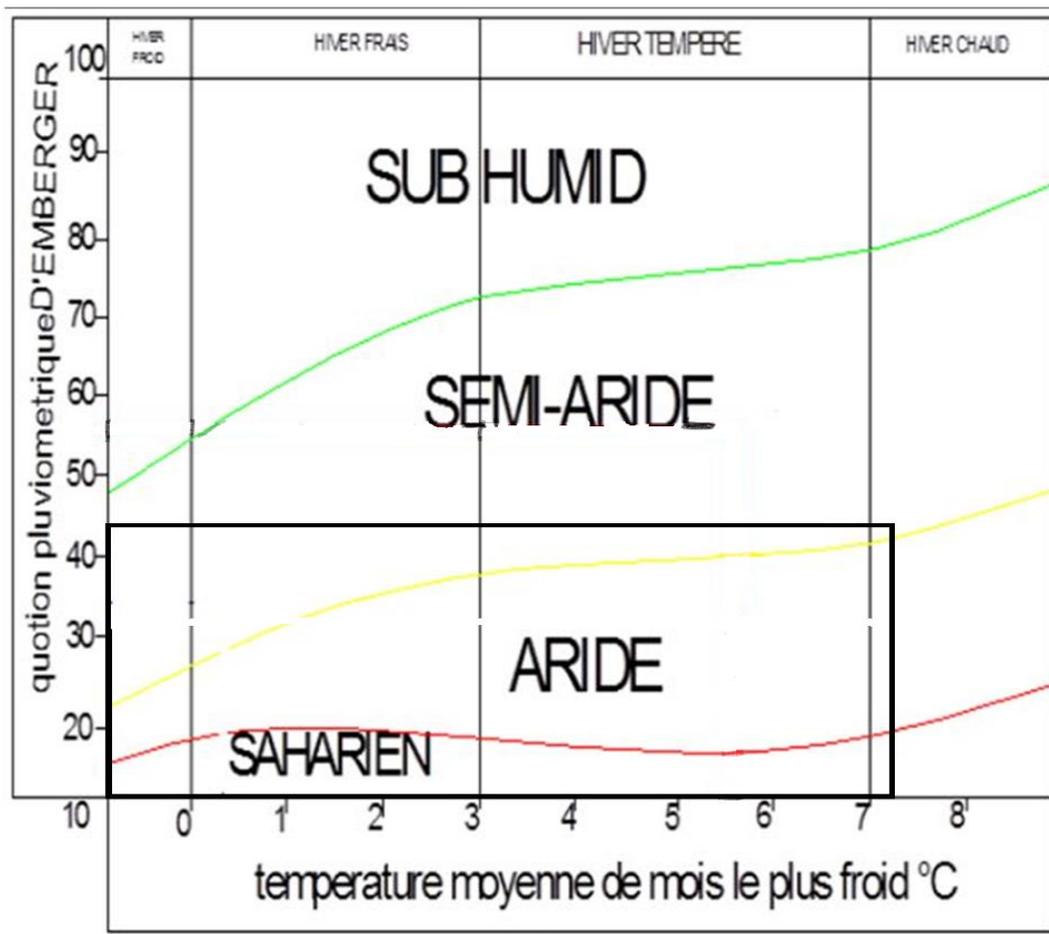


Figure 1.8 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

I.5.3 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Dans cet indice, on considère qu'un mois est sec quand le cumul des précipitations exprimées en millimètre est inférieur au double de la température, c'est-à-dire quand le rapport $P/T > 2$, ce diagramme ombrothermique permet la détermination de la période sèche. Lorsque la courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures, la période qui s'étale entre les points d'interactions des deux courbes correspond à la durée de la période sèche.

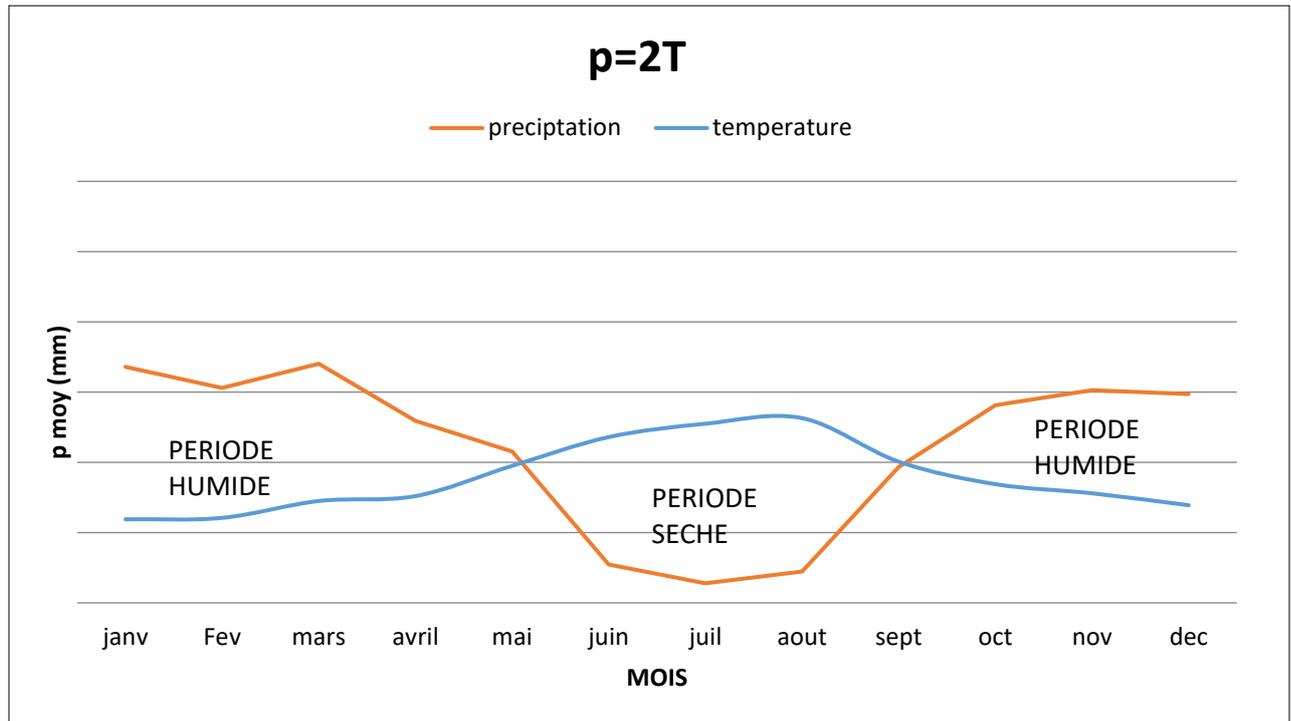


Figure I.9 : Diagramme ombrothermique.

D'après la courbe on distingue deux zones : une zone humide et une zone sèche.

La zone humide s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai, alors que la zone sèche s'étale du mois de Mai jusqu'au mois de septembre. Enfin on peut dire que le climat de notre région est situé dans un étage semi-aride.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles de la zone d'étude qui nous ont amenés aux conclusions suivantes :

- Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 33ans (1983 – 2015), sont estimées à 629.17 mm
- Les paramètres climatiques et agro-météorologiques indiquent que la zone d'étude est relativement semi-aride.
- La période sèche qui peut durer jusqu'à mai à septembre
- La température moyenne annuelle qui y règne est de 20.1°C.

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

Chapitre II :

Etude

Agro-pédologique

Introduction :

Dans ce chapitre, nous analysons les caractéristiques physiques du sol dans la zone d'étude, ainsi que les ressources en eau et la qualité de ces eaux. Ces éléments sont essentiels pour évaluer les besoins en eau et dimensionner le réseau de distribution. Les principales contraintes et critères considérés pour la classification des sols incluent : la texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité, et le calcaire actif, bien que ces derniers soient présents dans des zones spécifiques.

II.1 Etude pédologique:

La pédologie, en tant que science qui étudie les caractéristiques du sol, est une étape essentielle dans tout projet d'aménagement agricole. L'étude pédologique joue un rôle crucial en prenant en compte la nature, la répartition des caractéristiques, et les contraintes liées aux sols.

Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considération, notamment :

- La profondeur du sol, qui détermine l'épaisseur des couches accessibles aux racines et, par conséquent, la réserve d'eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine ainsi que la charge en cailloux, qui influencent la capacité de rétention d'eau.
- La structure et la porosité des horizons, qui affectent la perméabilité du sol et, en général, la facilité de gestion des arrosages.

Une bonne connaissance des sols permet de sélectionner les cultures les plus adaptées aux conditions locales, optimisant ainsi les rendements agricoles.

II.1.1 But de l'étude pédologique :

Évaluer la capacité des sols de la zone étudiée à soutenir un bon développement des cultures prévues et à maximiser la rentabilité économique de l'investissement. Les aptitudes culturales sont évaluées en comparant les exigences des cultures envisageables.

- Estimer la contribution des sols du périmètre à l'approvisionnement en eau des plantes à irriguer.
- Sélectionner les techniques d'irrigation les mieux adaptées aux conditions du sol et aux cultures (aspersion, goutte-à-goutte, submersion).
- Définir les règles à suivre pour une gestion optimale de l'irrigation dans le système.

II.2 Les Caractéristiques morphologiques et analytiques des sols :**Profil**

-Coordonnées Lambert : X = 517,45 ; Y = 355

-Topographie : plane

- Utilisation du sol : agrumes 15 ans

- Drainage externe : nul

- Erosion : nulle

-Microrelief : Uni plat

- Aptitude : bonne
- Roche mère : alluvions rabiennes calcaires
- Classification : sols peu évolués d'apport alluvial modal

Description des horizons :

La description des horizons est résumée dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : la description des horizons.

Hauteur	Texture	Structure	porosité	Couleur
0-30cm	argilo-limoneuse	Polyédrique très grossière	Moyenne à bonne	10 YR 4/3
30-90 cm	argilo-limoneuse	polyédriques très grossière a tendance Massive	Faible à moyenne	10 YR 4/3
90-140 cm	argilo-limoneuse	polyédriques grossière	Moyenne	10 YR 4/3
140 cm ou plus	argilo-limoneuse	fondue	Moyenne	10 YR 5/6

«Source : ONID 2010 »

Les caractéristiques physico-chimiques du profil sont résumées comme suit :

Tableau II.2 : Résultats des analyses physico-chimiques .

Profondeur (cm)	0 -30	30-90	90-140	>140
Argile %	43	45	49	41
Limons fin %	35	37	34	37
Limons grossier %	8	8	8	9
Sables fins	5	5	5	7
Sables grossiers %	4	1	1	2
C%	9	7,4	5,4	4,3
MO%	1,5	1,3	0,9	0,7
N%	1,2	1	0,9	0,6
C/N	7,5	7,2	6,3	7,1
CoC03 %	18	18	13	22
Calcaire actif %	11	11	13	14
Ph	7,9	7,9	8	7,9
CEdS/m	0,5	0,8	0,9	1
Ca	23,7	23,7	23,7	19,5
Mg	3,1	2,3	2,1	1,6
K	0,32	0,26	0,26	0,26
Na	0,43	0,53	0,65	1,1
S	-	-	-	-
T	26	22	26	14
s/t	-	-	-	-
P2o5 assimilable (ppm)	16	-	-	-
K assimilablecmol/kg	3,9	4,7	1,8	1,2

Interprétation du Tableau II.2 :

D'après les profils, le sol présente une texture argilo-limoneuse à limono-argileuse, avec une faible teneur en matière organique et une salinité modérée. Le taux de calcaire est également moyen. Les sols ont une bonne capacité de rétention d'eau, située entre 25 et 30 %. À partir des résultats de l'analyse granulométrique du sol de la parcelle étudiée, les propriétés hydrodynamiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Propriétés hydrodynamiques du profil pédologique

Caractéristiques de l'horizon (cm)	Hcc (%)	HPF (%)	Porosité(%)	Hcc- HPF(%)	RU mm/m
0-30	22	10	44	10	140
30-60	18	10	42	8	120
60-90	22	10	44	10	14

Source : ANRH BLIDA 2013

II.3 Caractéristiques hydrodynamiques des sols du périmètre**II.3.1 Perméabilité :**

La perméabilité des sols est principalement déterminée par leurs propriétés physiques, telles que la texture, la porosité, la structure et la compacité. Dans notre périmètre, les valeurs mesurées indiquent que la majorité des sols ont une perméabilité comprise entre 6 et 10 mm/h, ce qui les classe dans la catégorie de perméabilité moyenne.

II.3.2 Densité apparente, densité réelle et porosité des sols :

La porosité, qui représente le volume des vides par rapport au volume total du sol, a été évaluée à l'aide de divers essais. Les résultats montrent que la densité apparente des profils se situe entre 1,7 et 1,9, tandis que la densité réelle varie entre 2,9 et 3,9, ce qui correspond à une porosité comprise entre 40 % et 52 %.

II.3.3 Propriétés hydrodynamiques des sols

Les propriétés hydrodynamiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II.4 : Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Argilo-limoneux
Capacité au champ (%)	23-31%
Point de flétrissement (%)	12,9-20,2%
Vitesse de perméabilité (mm/h)	6,7-9,9
Densité apparente	1,7-1,9

II.4 Etude des aptitudes culturales :

Les aptitudes culturales des différentes unités pédologiques définies ont été déterminées en tenant compte des paramètres édaphiques suivants :

- La profondeur du sol,
- La texture du sol (en fonction de la profondeur des racines des cultures),
- La structure des horizons selon l'enracinement des cultures,
- La présence d'éléments grossiers dans le profil,
- L'hydromorphie,
- La salinité du sol,
- Le calcaire,
- La réaction du sol (pH).

II.4.1 Les aptitudes définies :

Étant donné la nature des sols, caractérisés par des sols peu évolués issus d'apports alluviaux argileux et calcaires, les aptitudes culturales ont été analysées de la manière suivante :

- **Cultures céréalière et fourragères :**

Le sol convient bien pour certaines céréales (blé dur, blé tendre, orge...), de même pour les fourrages (avoine, ray-grass, fétuque...), mais deviennent moyennement pour la luzerne, bersim, sorgho, maïs.

Tableau II.5 : Numérotation des cultures céréalières et fourragères

N°	Cultures	N°	Cultures
1	Luzerne	6	Vesce-Avoine
2	Bersim	7	Ray- Grass
3	Sorgho	8	Blé dur
4	Mais	9	Blé tendre
5	Fétuque	10	Orge

- **Culture maraichères**

Les sols sont modérément adaptés aux cultures d'artichaut, tandis que le chou et le chou-fleur semblent être les plus appropriés. Dans une moindre mesure, ils conviennent également à l'ail, l'oignon, la tomate, le piment, le poivron et les cucurbitacées. Cependant, la texture fine et le mauvais drainage de ces sols favorisent la prolifération des maladies fongiques au niveau des racines.

Tableau II.5 : Numérotation des cultures maraichères

N°	Cultures	N°	Cultures
1	Artichaut	6	Laitue
2	Tomate	7	Ail
3	Oignon	8	Aubergine
4	Pomme de terre	9	Pastèque
5	Carotte	10	Melon

- **Cultures industrielles**

Ces des sols qui convient moyennement aux cultures industrielles (tomate, tabac,...) pouvant rencontrées les mêmes contraintes édaphiques notés pour les cultures maraîchères, les travaux du sol : de labours profonds et d'amendements organiques s'imposent.

Tableau II.6 : Cultures industrielles

N°	Cultures
1	Betterave à sucre
2	Coton
3	Tournesol
4	Tabac

- **Cultures arboricoles**

L'aptitude culturale arboricole est indiquée en quatrième position pour ces sols, la texture lourde et le taux de calcaire actif élevé associé au mauvais drainage limitent fortement les possibilités d'installation de vergers. L'olivier peut être cultivé avec des aptitudes moyennes.

Tableau II.7 : Aptitudes culturales pour espèces arboricoles

N°	Cultures	N°	Cultures
1	Agrumes	6	Pommier sur douçain
2	Pêcher - Abricotier sur Pêcher	7	Poirier sur franc
3	Amandier - pêcher - Abricotier sur amandier	8	Figuier
4	Oliviers	9	Prunier
5	Pommier sur franc	10	Cerisier sur merisier

Conclusion

Ce chapitre est dédié à l'analyse agro-pédologique de la zone d'étude. Cette prospection, qui a couvert une superficie d'environ 180 hectares, a révélé différentes classes de sols présentant de bonnes aptitudes culturales. Les analyses physico-chimiques ont montré que les sols possèdent des propriétés favorables à la mise en valeur de ce périmètre.

En général, les sols de la région se caractérisent par de bonnes aptitudes culturales pour diverses cultures couramment pratiquées, ce qui constitue un avantage agronomique. Ces sols présentent généralement une texture limono-argileuse, avec une perméabilité entre 0.1 et 10mm/h.

Chapitre III :

Etude Hydrologique Et Ressources en eau

Introduction

Avant de commencer une étude sur l'irrigation, il est essentiel de localiser et de quantifier les besoins en eau pour les différentes cultures. Dans ce chapitre, nous allons présenter les ressources en eau disponibles pour la ferme pilote et détailler l'étude hydrologique nécessaire pour déterminer les caractéristiques des pluies selon différentes fréquences.

III.1. Ressource en eau superficielle (Barrage Bouroumi)

L'objectif principal de la construction du barrage de Bouroumi est de fournir de l'eau pour l'irrigation d'une partie des terres dans la région Mitidja Ouest, ce qui permettra de renforcer le développement agricole de cette zone.

III.1.1. Caractéristiques hydraulique du Barrage Bouroumi (Wikipédia 2015)

- Situation : wilaya de Blida
- Cordonnées : 36°42'01'' nord ,2°43'52'' est
- Apports de barrage : oued Harbin, oued Chiffa et oued djer.
- Hauteur du Barrage : 15 m ;
- Longueur en crête : 68 m ;
- Apport annuels : 98 Hm³/an ;
- Capacité totale : 182 Hm³ ;
- Volume prévu pour l'irrigation : 107 Hm³.

L'ouvrage est de type barrage en enrochement, avec une longueur en crête de 68 m, une hauteur d'ordre de 15 m au-dessus de fondation. La retenue permet d'emmagasiner 182 Hm³ d'eau, soit un volume utile de 107Hm³, elle permet de régulariser un apport annuel de 98 Hm³.

Le transfert /pickage hydraulique raccordant le barrage bouroumi à l'ouvrage add2 chambre de vanne.

Ce transfert a été réalisé dans le cadre de au moyen d'un canel d'une longueur de 3.9 km et d'un diamètre de 2000 mm, pour un débit de l'ordre de 7.49 m³/s.

Le réseau d'irrigation du périmètre Meziane Ben Aicha EAC 63 est de type ramifié. Le périmètre est divisé en îlots d'irrigation, chacun étant desservi par une borne d'irrigation. Ces bornes sont alimentées par des conduites secondaires, elles-mêmes reliées à un réseau principal qui alimente l'ensemble depuis le point de captage.

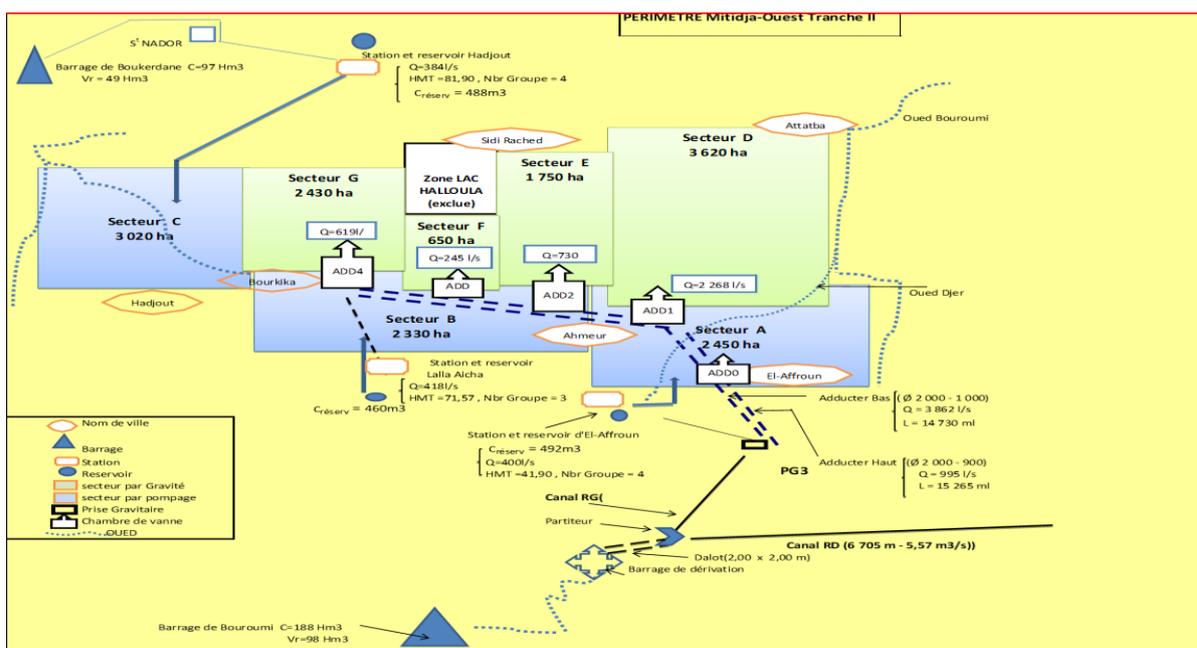


Figure III.1: Schéma hydraulique : transfert BOUROUMI-TRANCHE 2

III.1.2. Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation

L'analyse de la qualité de l'eau d'irrigation est cruciale. En effet, il est essentiel de respecter les normes de qualité des eaux d'irrigation pour :

- assure la préservation de la santé du consommateur.
- contribue à la préservation des ressources en eau souterraines et superficielles.
- protège l'environnement en réduisant les risques, notamment la salinisation des sols.

D'après l'analyse physico-chimique des échantillons prélevés à la station hydrométrique du barrage Bouroumi, les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : les caractéristiques de l'eau d'irrigation.

L'eau de barrage Bouroumi	Teneur (mg/l)									CE (ds/m) 25°C
	Ca	Mg	Na	K	Cl	So ₄	CO ₃ H	NO ₃	PH	
	105	65	85	6	153	235	315	4	7.0	

Source : ONID 2021

III.1.3. Le SAR [Sodium Absorption Ration

Si l'eau est riche en sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et entraîner une action défavorable. Pour évaluer le risque alcalin, il est nécessaire de comparer la concentration en ions Na⁺ avec celle des ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺. Ce risque est défini comme suit :

$$S.A.R = \frac{Na^{++}}{\sqrt{(Ca^{++}+Mg^{++})/2}} \quad (III-1)$$

D'où :

$$S.A.R = \frac{85}{\sqrt{(105+65)/2}} S.A.R = 9.21$$

Tableau III.2 : Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S ₁	SAR ≤ 10	Risque faible
S ₂	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S ₃	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S ₄	SAR > 26	Risque très élevé

D'après les valeurs du tableau III.2, il apparaît que les eaux du barrage Bouroumi ne présentent pas de risque alcalin pour le sol.

III.1.4. La conductivité électrique

La conductivité électrique, qui mesure la mobilité des ions et est exprimée en mmhos/cm à 25 °C, permet de quantifier le degré de salinité de l'eau.

Selon la classification américaine de l'eau d'irrigation, on distingue quatre niveaux de danger de salinité en fonction de la conductivité électrique.

Tableau III.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique (CE) (m.mhos/cm) à 25 °C	Qualité des eaux
C ₁	CE ≤	Eau de risque faible
C ₂	0,25 < CE ≤ 0,75	Eau de risque moyen
C ₃	0,75 < CE ≤ 2,25	Eau de risque élevée
C ₄	CE > 2,25	Eau de risque très élevée

La qualité de l'eau d'irrigation est associée aux classes suivantes :

- C₁ : convient pour toutes les cultures.
- C₂ : convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- C₃ : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
- C₄ : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

La conductivité électrique de l'eau présente des variations irrégulières : elle peut être faible à certains moments et augmenter à d'autres au cours des différentes saisons. La moyenne annuelle est d'environ 1021 μS/cm. La valeur moyenne la plus élevée, de 1101,7

$\mu\text{S}/\text{cm}$, a été enregistrée en décembre, tandis que la valeur minimale moyenne de $924,9 \mu\text{S}/\text{cm}$ a été observée en avril. Ces variations sont liées aux sels dissous présents dans l'eau, qui entrent en contact avec les roches et les sols. Ainsi, le barrage de Bouroumi, étant un écosystème lotique avec un courant rapide, entraîne des fluctuations dans la concentration des sels et, par conséquent

Selon cette classification, l'eau du barrage Bouroumi présente des risques alcalins faibles (S1) et un risque très élevé de salinité (C3). Pour établir la classe des eaux d'irrigation de notre barrage, nous nous appuyons sur le diagramme de Riverside, selon les recommandations de l'US Salinity Laboratory Staff (1954)., dans la conductivité électrique.

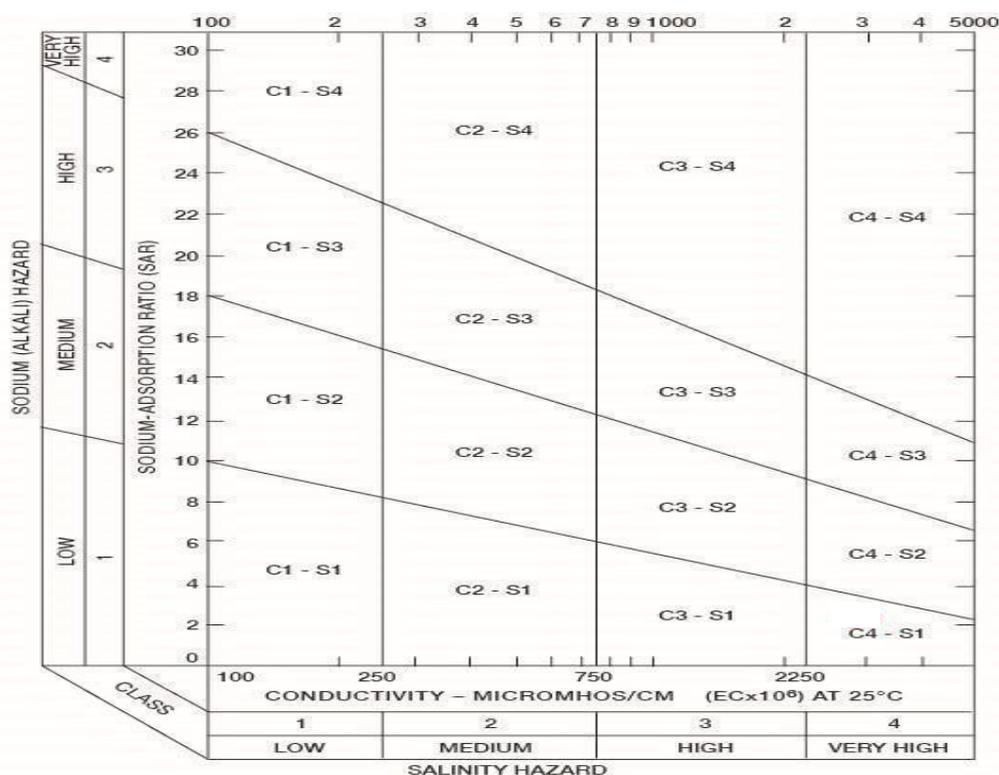


Figure III.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

D'après les valeurs moyennes de la conductivité électrique (CE) et du rapport d'adsorption du sodium (SAR), les eaux du barrage Bouroumi sont classées (C3.S2). Cela indique un risque élevé de salinité, mais ces eaux peuvent encore être utilisées pour l'irrigation, à condition de respecter certaines restrictions pour certaines cultures.

2. Etude hydrologique

L'étude hydrologique vise à déterminer les caractéristiques des pluies annuelles à différentes fréquences, essentielles pour notre projet d'aménagement hydro-agricole. Cela inclut le calcul des besoins en eau des cultures prévues et le dimensionnement du réseau d'irrigation. Une bonne compréhension de ces pluies est cruciale pour adapter le réseau d'irrigation de manière adéquate.

III.2.1 Etude des pluies annuelles

Pour analyser les pluies, nous avons examiné un échantillon de données pluviométriques provenant de la station de Soumaa, avec des observations recueillies sur une période de 33 ans.

L'étude vise à ajuster la série de données des précipitations maximales quotidiennes en se basant sur une loi théorique. L'objectif de cette méthode est d'évaluer l'intensité de la pluie pour une période de retour spécifique. Les étapes de cette étude seront les suivantes :

- Analyser l'homogénéité de la série ;
 - Déterminer les paramètres statistiques de la série ;
 - ajustement statistique ;
 - Sélection de la loi appropriée.
- **Présentation de la station météorologique**

La station pluviométrique sélectionnée est celle de Soumaa, située à proximité du périmètre d'étude et gérée par l'ANRH. Elle présente les caractéristiques suivantes:

Tableau III.4: caractéristique de la station pluviométrique 1985-2015.

Station	Code	Coordonnée			Année de service	N(ans)
		X(km)	Y(km)	Z(m)		
SOUMAA	02-12-34	517.45	355.9	117	1983-2015	33 ans

Source : ANRH BLIDA, année 2024

Les résultats des pluies sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.5 : Pluies moyennes annuelle observées (1983-2015)

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuelle
1983-1984	0.7	19.2	86.3	241.4	28.3	64.3	62.8	71.5	25.8	2.8	0	19.4	622.5
1984-1985	6.2	49.7	8.3	81.5	188.9	169.7	48.5	25.2	93.2	1.2	0.3	0.1	672.8
1985-1986	45.7	93.2	157	83.4	0.3	55.9	61	1.2	5.7	0	5	4	512.8
1986-1987	0	18.8	37.7	69.5	113.5	109.5	35.6	73.1	99.5	10	0	0	567.2
1987-1988	16.2	194.8	26.4	126.7	88.3	52.7	185.3	38.4	153	1.4	0.3	0	883.6
1988-1989	37.3	38.6	88.6	57.3	77	61.1	199.8	24.5	2.1	19.8	36.8	0	642.9
1989-1990	70.2	21.3	82.8	202.2	108.1	173.7	49.3	0	14.8	18.2	0	1.1	741.7
1990-1991	33	47	130	34.7	37.5	59.4	74	40.5	45.4	11.9	0	0	513.7
1991-1992	71.5	10.9	36	277.2	12.4	20.8	48.5	130	18	18.9	2.2	0	646.6
1992-1993	6.2	18.2	47.9	7.4	51.1	0	66.1	53.9	135	2.1	30.1	0	418.4
1993-1994	0.8	44.6	30.5	106.3	96.2	127.4	95.4	23.8	33	0.6	0	0	558.6
1994-1995	4.9	179.1	9.7	4.6	213.7	27.2	117.3	142	105	20.5	3.7	0	827.9
1995-1996	9.5	72.4	111	113.8	36.6	50	24.4	82.4	89.5	0	0.2	0	590.1
1996-1997	19.9	28.6	107	78.5	152.7	73.5	0.3	96.6	0.4	0	0.1	0	557.6
1997-1998	9.5	102.2	39.4	61.9	230.5	61.8	133.5	16.8	1.3	16.4	0	14	687.3
1998-1999	16.3	30.3	39.1	22.5	99.5	182.7	31.3	231	40.3	13.1	2.4	0.1	708.8
1999-2000	52.2	38.5	4	9.7	14.8	23.1	6.7	86.6	19.5	2	1.6	16.1	274.8
2000-2001	31.6	68.3	120	94.1	36.7	50.8	53.8	90.1	173	0	0	13.8	732
2001-2002	18.5	30.2	126	62	156	108	76.7	13.3	2.4	5.6	0	1.7	600
2002-2003	21.2	21.1	89.7	188	10.8	1.5	22.6	34.7	34.1	0.3	2.4	0	426.4
2003-2004	3.7 0	36.8	72.7	38.9	154.5	59.4	1.3	42.3	17.8	0	0	1	428.4

2004-2005	14.6	9.7	48.8	53.4	37.4	16.4	50.1	37.6	23.3	0.5	6.4	46.4	344.6
2005-2006	30.9	42.9	159	169.1	199.9	147.1	22.4	122	41.7	15.8	1.2	2.5	954.3
2006-2007	54.3	32.5	59.5	129.1	90.9	48	65.3	70.6	117	3.4	8.4	0	678.8
2007-2008	11.5	40.1	85.5	119.4	94.5	134.3	46.8	34.1	6.9	0	0	0.9	574
2008-2009	50.2	131.9	111.1	150.3	167.2	20.4	65.5	83.1	28.7	0.3	1.7	1.3	811.7
2009-2010	86.2	8.9	100	130.8	67.2	92.1	122.8	53.3	30.8	20.9	0	35.8	748.8
2010-2011	5.5	80.2	122.8	74.1	92.4	140.6	35.3	99.2	122.9	15.8	0	2	790.8
2011-2012	11.9	85.1	85.3	68.8	52	220.6	132.4	152.8	34.4	0	0	24	867.3
2012-2013	8.5	44.6	111.3	22.4	133.3	107.7	66.4	103.5	170.4	1.5	0.4	23.5	793.5
2013-2014	12.2	16.2	148.3	95.7	74.7	63.4	109.9	2	14.4	51.5	0	0	588.3
2014-2015	34.8	33.3	54.2	156	118.7	86.3	96.7	0	21.1	9	0	0	610.1
2015-2016	30.2	98.7	71.3	0	77.3	73.4	162	80	32.1	0	1.5	0	626.5
moy	25.03	54.18	79	94.87	94.33	81.3	71.81	65.34	53.11	7.98	3.17	3.17	

A. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique, nous utilisons le Test de Wilcoxon, qui se déroule comme suit :

- **Division de la Série** : Séparez la série complète en deux sous-séries, X et Y, où N_1 et N_2 représentent respectivement les tailles de ces sous-séries, avec généralement $N_2 > N_1$.
- **Classement et Attribution des Rangs** : Regroupez les données des sous-séries X et Y après avoir classé la série d'origine par ordre décroissant. Attribuez un rang à chaque valeur dans cette série classée, en indiquant à quelle sous-série chaque valeur appartient.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

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

Avec :

W_x : Somme des rangs de sous-séries.

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \quad (\text{III-2})$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1).N_1 - W_{\min}] \quad (\text{III-3})$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III.6: Test d'homogénéité de la série pluviométrique.

Rang	Série d'origine	Série X (mm)	Séries-Y (mm)	TRI (mm)	X union Y
1	622.5	622.5	708.8	954.3	Y
2	672.8	672.8	274.8	883.6	X
3	512.8	512.8	732	867.3	Y
4	567.2	567.2	600	827.9	X
5	883.6	883.6	426.4	811.7	Y
6	642.9	642.9	428.4	793.5	Y
7	741.7	741.7	344.6	790.8	Y
8	513.7	513.7	954.3	748.8	X
9	646.6	646.6	678.8	741.7	Y
10	418.4	418.4	574	732	Y
11	558.6	558.6	811.7	708.8	Y
12	827.9	827.9	748.8	687.8	X
13	590.1	590.1	790.8	678.8	Y
14	557.6	557.6	867.3	672.8	X
15	687.3	687.3	793.5	646.6	X
16	708.8		588.3	642.9	X
17	274.8		610.1	626.5	Y
18	732		626.5	622.5	X
19	600			610.1	Y
20	426.4			600	Y
21	428.4			590.1	X
22	344.6			588.3	Y
23	954.3			574	Y
24	678.8			567.2	X
25	574			558.6	X
26	811.7			557.6	X

27	748.8			513.7	X
28	790.8			512.8	X
29	867.3			428.4	Y
30	793.5			426.4	Y
31	588.3			418.4	X
32	610.1			344.6	Y
33	626.5			274.8	Y

En se basant sur le test de Wilcoxon, on obtient :

$$W_x = 271 ; \quad W_{\min} = 200.29 ; \quad W_{\max} = 309.71.$$

$$\text{Donc :} \quad 200.29 < W_x < 309.71$$

La condition de **M^r Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station **SOUMAA** est homogène.

B. Caractéristiques empiriques de la série de soumaa :

Les caractéristiques de la série des précipitations maximales quotidiennes de la station de Soumaa sont les suivantes :

Tableau III-7 : Caractéristiques de la série .:

Caractéristique	Valeur	Caractéristique	Valeur
Nombre de données	33	Médiane	156
Minimum	53.4	Coeff de variation Cv	0.290
Maximum	277	Coeff d'asymétrie Cs	0.163
Moyenne	164	Coeff d'aplatissement Ck	2.78
Ecart-type	47.6		

C. L'ajustement statistique des pluies :

Il est fréquent que les données de pluie annuelles puissent être ajustées à différentes lois statistiques, en raison de la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre situation, nous utilisons celle qui assure la meilleure adaptation possible. Les lois les plus couramment utilisées pour l'ajustement des pluies annuelles sont les suivantes :

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

Choix de type de loi :

Ces critères de sélection sont associés à une modification graphique initiale, puis à un test d'adéquation. Le papier à probabilité nous donne la possibilité d'accepter ou de rejeter la loi en fonction de l'aspect des points (toute sinusité, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement). Une loi normale est toujours tentée d'être adaptée à un échantillon ou de se ramener à une loi normale par modification de variable.

La loi de probabilité ajustée à l'échantillon est généralement plus proche de la normalité lorsque la variable concerne une échelle de temps longue et que le coefficient de variation est de 0,5.

- **Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale**

On dit qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \quad (\text{Fréquence au non dépassement}) \quad (\text{III-4})$$

u Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale
- Variable réduite de gauss u
- Calcul des caractéristiques empiriques de loi $\bar{x}, \sigma ; Cv ; Cs$
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

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

(III-6)

- \bar{x} : Moyenne arithmétique ;
- $x_{p\%}$: Précipitation de probabilité P% ;
- σ : Écart type ;
- Cv : Coefficient de variation ;
- Cs : Coefficient d'asymétrie ;

Tableau III.8 : Ajustement à la loi normale.

T	F	P%	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	1000	53.1	897 – 1100
50.0	0.9800	958	48.6	863 – 1050
20.0	0.9500	894	42.2	811 – 977
10.0	0.9000	837	37	764 – 910
5.0	0.8000	768	31.8	706 – 831
2.0	0.5000	636	27.3	583 – 690

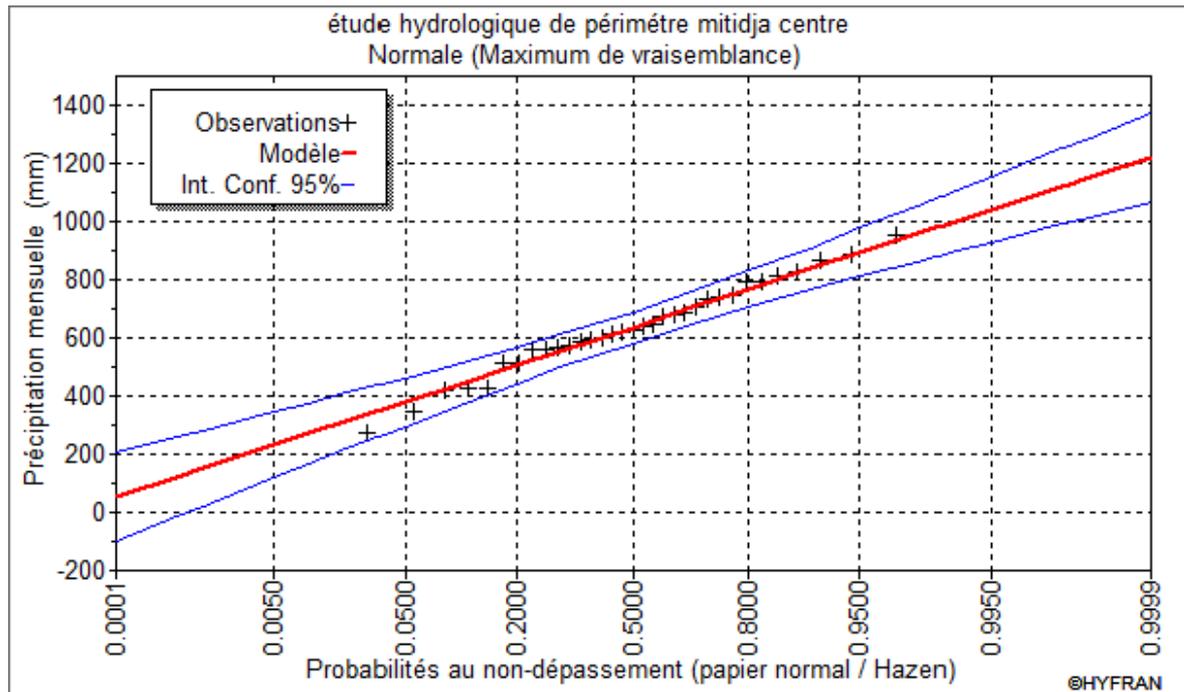


Figure III.3 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss

❖ **Résultat de la statistique :**

$X^2 = 5.55$

p-value = 0.3530

Degrés de liberté : 5

Nombre de classes : 8

• **Ajustement à la loi log-normale (Galton)**

On dit qu'une Variable aléatoire X a une distribution log normal lorsque : $Y = \ln X$ est normal. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par :

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

Avec la valeur réduite u est donnée par : $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$ (III-7)

L'équation de la variable réduite présente sous forme de : $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$ est l'équation d'une droite sur un papier Gausso-logarithmique en abscisse l'échelle gaussienne et en ordonnée l'échelle logarithmique.

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale

- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale : \bar{x} et σ ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique $\overline{\ln x}$ et $\sigma_{\ln x}$;
- Report des valeurs sur papier Gausso-logarithmique ;
- Détermination de la droite de Galton $\ln xp\% = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$. (III-8)

Avec $xp\%$: précipitation probable à P%.

$\overline{\ln x}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\sigma_{\ln x}$: La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30. \quad (\text{III-9})$$

9)

$$\delta_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30. \quad (\text{III-10})$$

10)

Tableau III.9 : Ajustement à la loi log normale.

T	q	Xt	écart type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	1160	108	952 - 1370
50.0	0.9800	1080	91.6	900 - 1260
20.0	0.9500	965	71.1	826 - 1100
10.0	0.9000	874	56.5	763 - 985
5.0	0.8000	775	43.1	690 - 859
2.0	0.5000	616	29.3	558 - 673

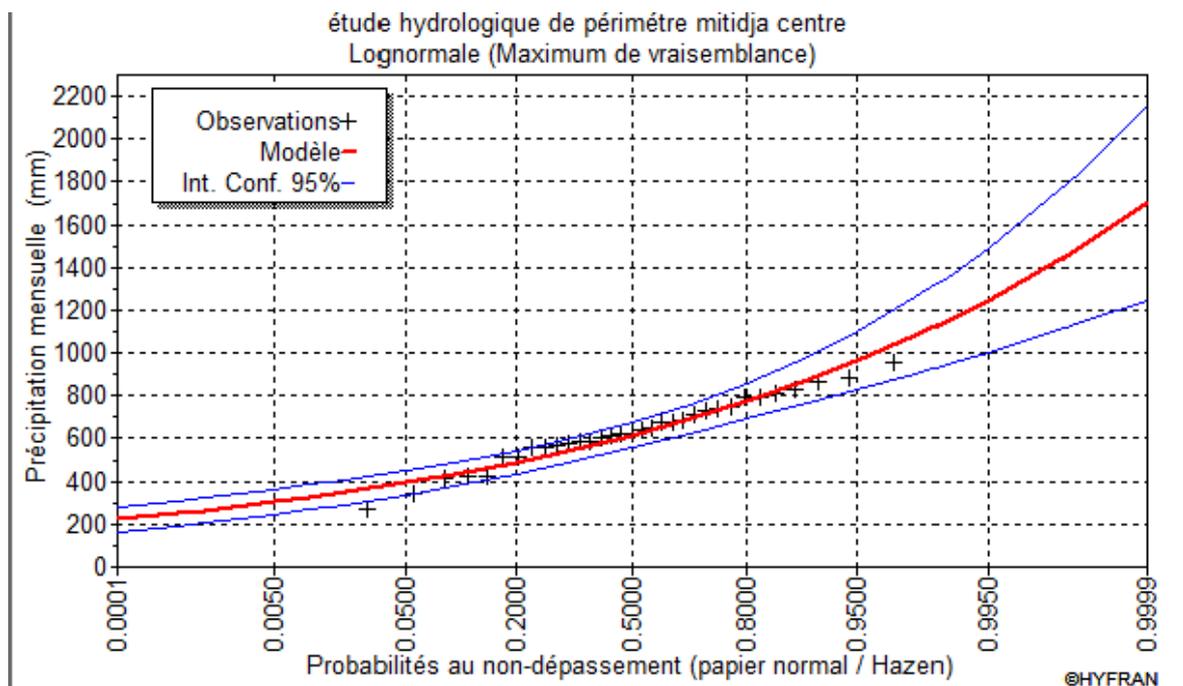


Figure III.4 Ajustement des pluies annuelles à la loi log-normale.

❖ **Résultat de la statistique :**

$$X^2 = 5.06$$

$$p\text{-value} = 0.4016$$

Degrés de liberté : 5

Nombre de classes : 8

D. Choix de la loi d'ajustement :

Quand on effectue une loi de probabilité théorique, la question essentielle est de savoir si cette loi est appropriée ou non. Le choix d'une loi repose sur le test de dispersion.

❖ **Test d'adéquation de Khi-deux « χ^2 » :**

Ce test, également connu sous le nom de test du chi-carré ou de Pearson, implique de définir une règle de décision pour évaluer l'ajustement en comparant les valeurs calculées et théoriques de χ^2 .

Il est généralement effectué à un seuil de signification (niveau de risque) de $\alpha=5\%$ et dépend du nombre de degrés de liberté de la distribution statistique.

Tableau III-10 : les résultats du test d'adéquation.

Lois statistique	Degré de liberté	X ² calcule	X ² théorique
Loi normale	5	5.55	11.070
Loi de log normale	5	5.06	11.070

❖ **Interprétation des résultats du test :**

D'après le tableau précédent, il est évident que la condition du test est remplie pour les deux distributions. Ainsi, l'analyse du chi-deux révèle que ces distributions sont adéquates.

❖ **Sélection de la loi :**

En se référant aux résultats du test d'adéquation du khi-deux, la loi de la log-normale est choisie en raison de son meilleur ajustement aux données.

III.4 Détermination de l'année de calcul

L'estimation de l'année sèche de fréquence 80%; on utilise la formule suivante :

$$P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} \quad (III-13)$$

Avec :

$P_{80\%}^{sec}$:Précipitation mensuelle de l'année de calcul ;

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

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

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

On déduire les valeurs de $P_{80\%}$ et $P_{50\%}$ selon la loi log normale :

$$P_{80\%} = 616 \text{ mm} ; P_{50\%} = 775 \text{ mm}$$

On déduir :

$$P_{moy80\%} = 0.79 * P_{moy-mensuelle}$$

Les résultats se trouvent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{moy}(mm)$	24.98	52.01	81.54	87.26	96.48	76.76	66.44	73.93	52.25	8.08	2.40	7.04
$P_{moy80\%}$ (mm/mois)	19.73	41.08	64.41	68.93	76.21	60.64	52.48	58.40	41.27	6.38	1.89	5.56

Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur la problématique des ressources en eau, étant donné que c'est un élément crucial pour tout projet d'irrigation. Les analyses chimiques des eaux du barrage de Bouroumi, réalisées au niveau de la station de traitement, ont révélé que la qualité de l'eau est moyenne, avec un taux de salinité modéré, mais sans présenter de risques majeurs pour les cultures. Par ailleurs, en ce qui concerne l'ajustement des séries de précipitations moyennes annuelles, le test du chi carré a montré que la distribution normale offrait le meilleur ajustement. Cette observation nous a conduits à utiliser cette distribution pour estimer les précipitations nécessaires au dimensionnement du réseau d'irrigation dans la zone d'étude.

Chapitre IV :

Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction

Les cultures nécessitent une quantité importante d'eau pour leur croissance ou leur épanouissement végétal. Si les précipitations sont faibles, il faudrait irriguer pour répondre aux besoins en eau des cultures. L'objectif de ce chapitre consiste à évaluer les besoins en eau et à établir le débit fictif continu, qui correspond au débit de dimensionnement du réseau d'irrigation adapté aux cultures sélectionnées.

IV.1 Choix des cultures à mettre en place de la région d'études :

Il est important de trouver un équilibre entre les critères suivants lors de la sélection des cultures à développer :

- Les conditions climatiques de la région étudiée
- La qualité et la disponibilité de l'eau d'irrigation.
- La capacité à cultiver les sols, fondée sur l'analyse pédologique.

IV.2 Définition d'un régime d'irrigation

On définit le régime d'irrigation comme étant le nombre total de doses d'arrosage à appliquer aux cultures tout au long de leur période de végétation afin de compenser le manque d'eau dans la couche active du sol.

IV.3 Besoins en eau des cultures :

IV.3.1 définition :

Le besoin en eau d'irrigation, B , correspond à la quantité d'eau nécessaire pour assurer que la culture reçoive pleinement ou une partie spécifique de son besoin en eau. Si la seule source d'eau est l'irrigation, le besoin en eau d'irrigation sera au moins équivalent à celui de la culture et il est souvent plus élevé en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage), de la percolation profonde, de l'inégalité de répartition... etc.

IV.3.2 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration correspond à la perte d'eau sous forme de vapeur à partir d'une surface plantée. En général, on évalue cette quantité en fonction de la surface et du temps, en $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$ ou en $m^3/ha/an$.

Évidemment, on peut également mesurer l'évapotranspiration en $mm/jours$ par mois ou par an.

Il existe trois types d'évapotranspiration : l'évapotranspiration de référence (ET_0), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

➤ l'évapotranspiration de référence :

On l'appelle « le niveau d'évapotranspiration d'une grande surface d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, qui recouvre entièrement le sol et est alimenté en eau de manière non limitée ».

➤ **L'évapotranspiration potentielle :**

On la définit comme l'ensemble des pertes d'eau d'un couvert végétal abondant, bien Arrosé, lorsque l'évaporation de l'atmosphère est le seul facteur qui restreint cette évaporation. L'ETP peut être défini comme l'évaporation d'un couvert végétal qui a atteint un maximum de croissance foliaire (au stade de pleine croissance) et qui couvre parfaitement le sol, ce dernier étant à sa capacité au champ.

L'ETP désigne la "demande d'évaporation" en eau qui peut évaporer de l'air.

➤ **L'évapotranspiration réelle :**

Durant une période spécifique (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre une quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle (ETR) : cette quantité peut bien sûr être inférieure ou égale à l'ETP en fonction des conditions de celle-ci.

IV.3.2.1 Méthode d'évaluation de l'évapotranspiration :

Il ne s'agit pas ici de donner une description complète de toutes les techniques employées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

En général, on distingue deux catégories :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

IV.3.2.1.1 Les méthodes directe :

• **L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique :**

Comme son nom l'indique, l'instrument est utilisé pour évaluer l'évapotranspiration dans un espace spécifique du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal.

• **Le bac évaporant :**

Cet outil extrêmement facile permet de mesurer directement l'évaporation d'une nappe d'eau libre. Avec une installation adéquate, il permet d'obtenir une estimation précise de l'ETP.

• **L'évaporomètrepiche :**

C'est un tube en verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. Cette tranche d'eau évaporée se fixe directement sur les graduations du tube.

IV.3.2.1.2 les méthodes indirectes :

Grâce à ces techniques, il est possible de déterminer l'ETP en utilisant des formules qui ne contiennent que des informations climatiques.

1. Formule de Blaney et Criddle :

Après avoir effectué de nombreuses expériences, Blaney et Criddle ont conclu que la température et la durée du jour étaient les éléments clés qui influencent la possibilité d'évapotranspiration. Ils ont suggéré la formule ci-dessous :

$$ETP = K (0,46t + 8,13) P. \quad (IV.1)$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois).

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la Durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

2. Formule de turc :

Lorsque l'humidité relative dépasse 50%, l'évapotranspiration potentielle est calculée en utilisant :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times T / T+15 \quad \text{en (mm/mois)} \quad (IV.2)$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

Remarque :

Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.

En cas d'humidité relative inférieure à 50% de l'aire. La possibilité d'évapotranspiration est indiquée par :

$$ETP = 0.40(I_g + 50) \left(\frac{T}{T+15} \right) \left(1 + \frac{50-Hr}{70} \right) \quad (IV.3)$$

Avec :

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale en (cal/cm²/jour).

Hr : L ;'humidité de l'air en %.

Et :

$$I_g = I_{ga} (0.18 * 0.62) * \frac{h}{H} \quad (IV.4)$$

Avec :

I_{ga} : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois.

3. Formule de Thornthwaite :

Il s'agit d'une formule qui se base uniquement sur la température :

$$ETP = 16 \left(\frac{10 \times t^a}{I} \right) \times K \quad (IV.6)$$

Avec :

t : est la température moyenne mensuelle (°C) ;

a : est fonction de l'indice thermique mensuel ;

K : coefficient d'ajustement mensuel.

4. Formule de Penman :

La formule fournit les estimations les plus fiables de l'ETP, et cela en fonction de tous les climats. Elle présente un seul désavantage : elle requiert un nombre assez élevé d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule modifiée de Penman&Montheit se présente comme suit :

$$ET0 = C \times [W \times Rn + (1 - W) \times F(u) \times (ea - ed)] \quad (IV.7)$$

Où :

ET0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitude.

Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

F (u) : Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

Le facteur de correction est la différence (ea - ed), pour compenser les conditions météorologiques du jour et de la nuit.

IV.3.2.2 Calcul de l'évapotranspiration :

La formule de Penman est utilisée pour évaluer l'évapotranspiration, car elle est précise pour estimer l'ETP (le calcul est effectué avec le logiciel Cropwat).

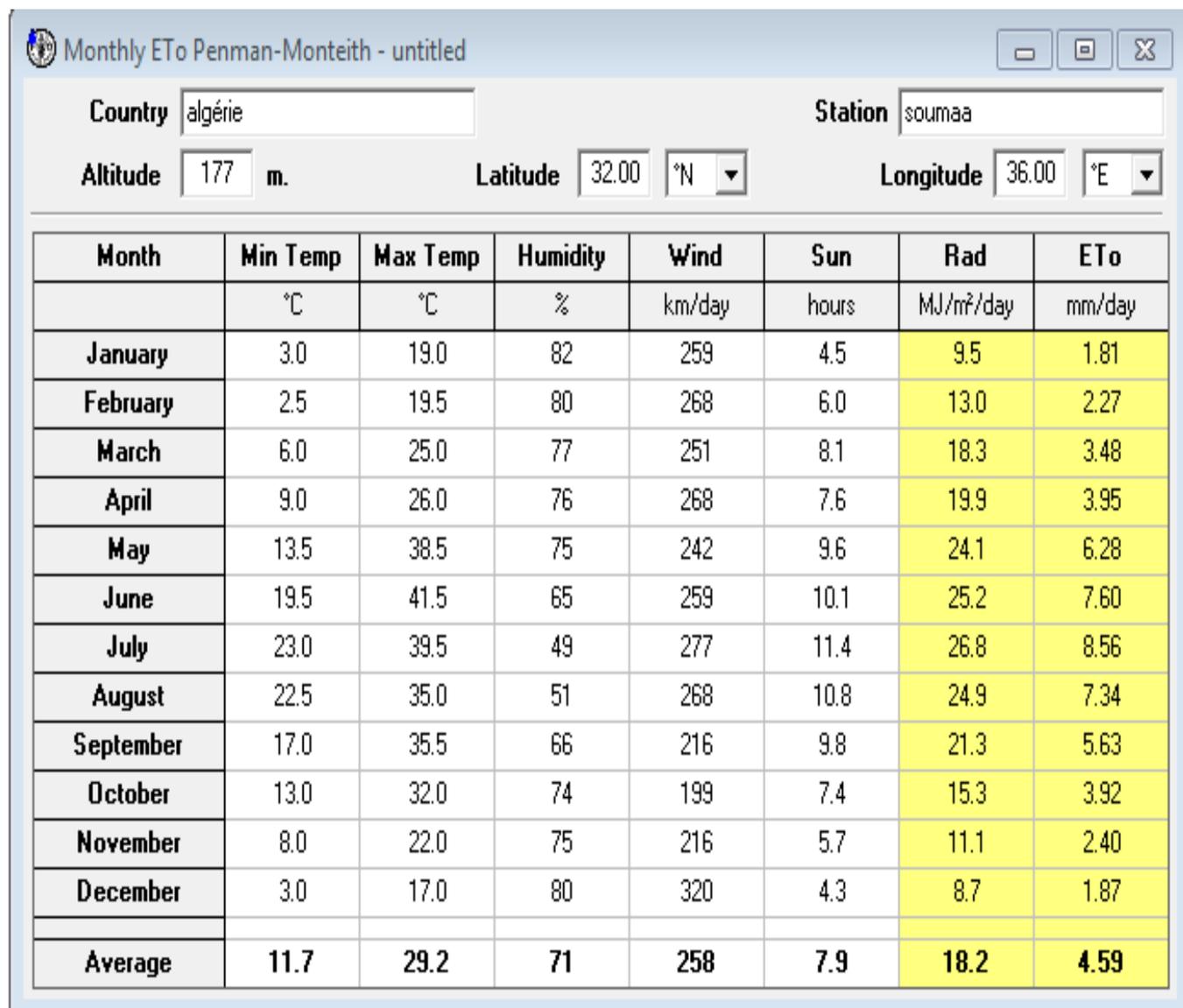


Figure IV.1 : ET0 méthode de penman.

IV.4 Evapotranspiration maximale de culture :

Il s'agit de l'évapotranspiration maximale d'une culture sans maladies, qui pousse dans un champ où les conditions agronomiques, pédologiques et climatiques sont optimales, en fonction d'un stade végétatif spécifique.

L'expression suivante donne la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture :

$$ETM = Kc \times ET0 \quad (IV.8)$$

Avec :

KC : le coefficient cultural.

Selon le bulletin FAO « irrigation et drainage » N°24, nous avons identifié les valeurs du coefficient cultural (KC) de chaque culture en fonction du stade végétatif de la plante, de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité minimale de l'air dans notre périmètre d'étude.

Dans le tableau IV.2 ci-dessous, nous exposerons les coefficients de culture (Kc) des plantes à considérer dans le périmètre :

Tableau IV.1 : Coefficients culturaux (Kc) des cultures

culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Olivier	0.9	0.9	0.9	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75	0.9
Tomate								0.75	1.1	1.2	0.7	
Bettrave			0.4	0.5	0.7	0.8	0.95	0.6				
sorgho									0.8	1	1.15	0.75
Pomme de Terre	0	0	0	0	0	0	0.5	0.7	1.15	0.9	0.75	0
Orge			0.3	0.4	0.53	0.9	1.05	1.1	0.6			

IV.5 Assollement et rotation des cultures :

Selon la terminologie agronomique, l'assolement correspond à la distribution des cultures pendant une période de culture spécifique sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole.

Ainsi, la rotation sera définie comme la succession des cultures sur une même surface pendant un nombre d'années correspondant au type d'assolement choisi.

Les cultures dans le périmètre sont réparties de la manière suivante :

Tableau IV.2 : Surfaces occupées par les différentes cultures

Type des Cultures	Surface occupée(ha)	Surface (en %)
Olivier	54	30
Tomate	26	14.44
bettrave	25	13.88
sorgho	27	15
Pomme de terre	34	18.88
orge	14	7.7
surfacetotale	180	100

IV.6 La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la réserve utile :

$$RFU = Y(H_{CC} - H_{PF}) \times D_a \times Z \quad (IV.9)$$

Avec :

Y : degré de tarissement égal à 2/3

Da : densité apparente. On prend 1.4

Z : profondeur d'enracinement mm

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend (27).

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, prend (13).

Tableau IV.3 : Humidité à la capacité au champ et de flétrissement.

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

(Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage)

Tableau IV.4 : Les profondeurs d'enracinement.

culture	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
olivier	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tomat			0,4	0,9	1,2	1,2						
betterave	0.9	0.95	0.9	0.7							0.5	0.9
Sorgho			0.5	0.75	0.95	1	1					
Pomme de terre				0.1	0.2	0.3	0.35					
Orge	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7						0.3	0.3

IV.7 Calcul de la pluie efficace :

Il s'agit de la part des pluies totales réellement utilisée par la culture, qui varie en fonction des caractéristiques du sol et de l'intensité des pluies. Il existe différentes méthodes pour calculer les pluies efficaces, mais nous avons utilisé la méthode du pourcentage, qui est décrite comme suit :

$$\text{Pluies efficaces(en mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales(mm/mois)} \quad (\text{IV.10})$$

Avec :

A : coefficient estimé à 0,8.

Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : la pluie efficace.

Mois	Psec80%mm/mois	Pluieeff mm
Janvier	76.21	58.65
Février	60.64	46.66
Mars	52.48	40.39
Avril	58.40	44.94
Mai	41.27	31.76
Juin	6.38	4.91
Juillet	1.89	1.456
Août	5.56	4.28
Septembre	19.73	15.18
Octobre	41.08	31.61
Novembre	64.41	49.57
Décembre	68.93	53.05
Total(mm)	478.12	382.496

IV.8 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :

Le bilan hydrique permet de calculer les besoins en eau des cultures :

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU) \quad (IV.11)$$

Avec :

B : Besoins en eau d'irrigation (mm).

ETM : Evapotranspiration (mm/mois).

RFU : La réserve facilement utilisable (RFU).

Peff : pluie efficace.

Tableau IV.6 : Besoins en eau d'irrigation d'olivier

mois	p eff	ET0 (mm/j)	ET0 (mm/mois)	KC	ETM	bnet
Janvier	58.65	1.81	54.3	0.65	35.295	0
Février	46.66	2.27	68.1	0.65	44.265	0
Mars	40.39	3.48	104.4	0.65	67.86	27.47
Avril	44.94	3.95	118.5	0.65	77.025	32.085
Mai	31.76	6.28	188.4	0.65	122.46	90.7
Juin	4.91	7.6	228	0.75	171	166.09
Juillet	1.456	8.56	256.8	0.75	192.6	191.144
Août	4.28	7.34	220.2	0.9	198.18	193.9
Septembre	15.18	5.63	168.9	0.9	152.01	136.83
Octobre	31.61	3.92	117.6	0.9	105.84	74.23
Novembre	49.57	2.4	72	0.9	64.8	15.23
Décembre	53.05	1.87	56.1	0.7	39.27	0

Tableau IV.7 : Besoins en eau d'irrigation de tomate

mois	p eff	ET0 (mm/j)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM	Bnet
Janvier	58.65	1.81	54.3	0	0	0
Février	46.66	2.27	68.1	0	0	0
Mars	40.39	3.48	104.4	0	0	0
Avril	44.94	3.95	118.5	0.75	88.875	43.935
Mai	31.76	6.28	188.4	1.1	207.24	175.48
Juin	4.91	7.6	228	1.2	273.6	268.69
Juillet	1.456	8.56	256.8	0.7	179.76	178.304
Août	4.28	7.34	220.2	0	0	0
Septembre	15.18	5.63	168.9	0	0	0
Octobre	31.61	3.92	117.6	0	0	0
Novembre	49.57	2.4	72	0	0	0
Décembre	53.05	1.87	56.1	0	0	0

Tableau IV.8 : Besoins en eau d'irrigation de betterave.

mois	p eff	ET0 (mm/j)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM	BNET
Janvier	58.65	1.81	54.3	0.7	38.01	0
Février	46.66	2.27	68.1	0.8	54.48	7.82
Mars	40.39	3.48	104.4	0.95	99.18	58.79
Avril	44.94	3.95	118.5	0.6	71.1	26.16
Mai	31.76	6.28	188.4	0	0	0
Juin	4.91	7.6	228	0	0	0
Juillet	1.456	8.56	256.8	0	0	0
Août	4.28	7.34	220.2	0	0	0
Septembre	15.18	5.63	168.9	0	0	0
Octobre	31.61	3.92	117.6	0	0	0
Novembre	49.57	2.4	72	0.4	28.8	0
Décembre	53.05	1.87	56.1	0.5	28.05	0

tableauIV.9 : Besoins en eau d'irrigation de sorgho

mois	p eff	ET0 (mm/j)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM	BNET
Janvier	58.65	1.81	54.3	0	0	0
Février	46.66	2.27	68.1	0	0	0
Mars	40.39	3.48	104.4	0	0	0
Avril	44.94	3.95	118.5	0	0	0
Mai	31.76	6.28	188.4	0.8	150.72	118.96
Juin	4.91	7.6	228	1	228	223.09
Juillet	1.456	8.56	256.8	1.15	295.32	293.864
Août	4.28	7.34	220.2	0.75	165.15	160.87
Septembre	15.18	5.63	168.9	0	0	0
Octobre	31.61	3.92	117.6	0	0	0
Novembre	49.57	2.4	72	0	0	0
Décembre	53.05	1.87	56.1	0	0	0

Tableau IV.10 : Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre

mois	p eff	ET0 (mm/j)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM	BNET
Janvier	58.65	1.81	54.3	0	0	0
Février	46.66	2.27	68.1	0	0	0
Mars	40.39	3.48	104.4	0.5	52.2	11.81
Avril	44.94	3.95	118.5	0.7	82.95	38.01
Mai	31.76	6.28	188.4	1.15	216.66	184.9
Juin	4.91	7.6	228	0.9	205.2	200.29
Juillet	1.456	8.56	256.8	0.75	192.6	191.144
Août	4.28	7.34	220.2	0	0	0
Septembre	15.18	5.63	168.9	0	0	0
Octobre	31.61	3.92	117.6	0	0	0
Novembre	49.57	2.4	72	0	0	0
Décembre	53.05	1.87	56.1	0	0	0

Tableau IV.11 : Besoins en eau d'irrigation d'orge

mois	p eff	ET0 (mm/j)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM	BNET
Janvier	58.65	1.81	54.3	0.53	28.779	0
Février	46.66	2.27	68.1	0.9	61.29	14.63
Mars	40.39	3.48	104.4	1.05	109.62	69.23
Avril	44.94	3.95	118.5	1.1	130.35	85.41
Mai	31.76	6.28	188.4	0.6	113.04	81.28
Juin	4.91	7.6	228	0	0	0
Juillet	1.456	8.56	256.8	0	0	0
Août	4.28	7.34	220.2	0	0	0
Septembre	15.18	5.63	168.9	0	0	0
Octobre	31.61	3.92	117.6	0	0	0
Novembre	49.57	2.4	72	0.3	21.6	0
Décembre	53.05	1.87	56.1	0.4	22.44	0

IV.9 Calcul des débits spécifique :

Les débits particuliers sont déterminés en fonction des besoins en eau de chaque culture, qui ont été évalués auparavant en se basant sur la répartition culturale. La quantité d'eau utilisée pour l'arrosage de la consommation de pointe est fournie en continu 20 heures

sur 24 pour répondre aux besoins de la consommation mensuelle. La formule suivante définit les débits spécifiques :

$$q = \frac{B_m \times 10000}{T \times t \times 3600 \times K} \dots\dots\dots (IV.12)$$

Avec :

B_m : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m^3/ha ;

T : Temps d'irrigation par jour ;

t : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ; égale à 30 J

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0.75

Tableau IV.12 : donnée les résultats de besoins net (mm) de la culture

culture	Sept	oct	nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Olivier	136.83	74.23	15.23	-	-	-	27.47	32.08	90.7	166.09	191.14	193.9
tomate	-	-	-	-	-	-	-	43.93	175.48	268.69	178.30	-
bettrave	-	-	-	-	-	7.82	58.79	26.16	-	-	-	-
sorgho	-	-	-	-	-	-	-	-	118.96	223.09	293.86	160.87
Pomme de terre	-	-	-	-	-	-	11.81	38.01	184.9	200.29	191.44	-
orge	-	-	-	-	-	14.63	69.23	85.41	81.28	-	-	-
Somme	136.83	74.23	15.23	0	0	22.45	167.3	225.59	651.32	858.16	854.74	354.77

On a :

Le Besoinmax mensuel =858.16mm

Donc :

$Q = 4.81 \text{ l/s/ha}$

Ce débit est considérable, ce qui pourrait entraîner une surdimension du réseau.

Afin de résoudre ce problème, on sélectionne le débit spécifique de la culture la plus exigeante, à savoir le sorgho, au mois de juillet, qui va de :

$Q = 1.64 \text{ l/s/ha}$

IV.10 Le débit caractéristique :

On estime le débit spécifique à 1.64 l/s/ha.

Le périmètre a une superficie de 180 hectares, donc on estime un débit caractéristique de 295.2 l/s pour l'ensemble du périmètre.

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné la phase la plus cruciale d'un projet d'irrigation, qui consiste à évaluer les besoins en eau des cultures. Après avoir effectué les calculs théoriques, nous avons évalué les exigences de chaque culture et calculé le débit spécifique requis pour évaluer la taille du réseau dans notre zone géographique. Il est évident que le mois de juillet est le mois de pointe pour la culture du sorgho.

Chapitre V :

Dimensionnement d'un réseau de distribution

Introduction

Le réseau collectif de distribution d'eau est principalement composé de canalisations enterrées, qui acheminent l'eau sous pression vers les différentes exploitations agricoles via des bornes d'arrosage. Le développement de ces réseaux de conduites sous pression est étroitement lié à la gestion rationnelle des ressources en eau, notamment avec la généralisation des méthodes d'irrigation modernes (économie d'eau et disponibilité). C'est dans ce cadre que ce chapitre met l'accent sur l'optimisation du réseau de distribution d'irrigation sous pression.

V.1 découpage des îlots d'irrigation :

Le terme « îlot d'irrigation » fait référence à une unité hydro-agricole desservie par une borne d'irrigation. Cette borne peut être équipée d'une ou plusieurs sorties, appelées « prises », en fonction du nombre d'arrosages qu'elle doit gérer simultanément, surtout lorsqu'elle se situe à la frontière de plusieurs exploitations. Chaque borne, ainsi que chaque sortie, doit remplir les fonctions suivantes :

- Réguler le débit, ou plus précisément, le limiter au module
- Réguler la pression.
- Mesurer la quantité d'eau distribuée
- Résister aux interruptions accidentelles.

Le nombre de sorties sur une borne dépend de la quantité d'arrosages qu'elle doit gérer simultanément, notamment si elle se trouve à la limite de plusieurs exploitations. Par conséquent, le découpage des îlots sera basé sur le parcellaire existant, tel qu'il a été défini par l'étude foncière, qui se présente ainsi :

- Le secteur privé représente la structure foncière du périmètre, avec plusieurs propriétaires identifiés.

Tableau V.1 : Les différents îlots du périmètre.

N°îlot	Surface(ha)
01	16
02	20
03	21.5
04	24.6
05	21.15
06	22.7
07	10.4
08	14
09	22.75

10	6.9
Totale	180

Tout d'abord, nous prenons en compte les divers éléments liés à : la dimension et le découpage des îlots, puis nous analysons la situation foncière de la zone d'étude, en divisant provisoirement les îlots selon les principes mentionnés précédemment.

V.1.1 La taille des îlots d'irrigation :

La taille de l'îlot est déterminée en fonction du débit d'équipement de la prise, en relation avec le débit fictif continu maximal au niveau de l'îlot. De plus, le débit délivré par la prise d'irrigation doit être adapté à la méthode d'irrigation utilisée dans l'exploitation. La dimension de l'îlot doit prendre en compte les facteurs suivants :

- Le débit fictif continu en lien avec le débit de la prise d'équipement.
- Le nombre d'exploitations utilisant la même prise.

V.1.2 Débit fictif continu :

Le débit fictif continu au niveau de la parcelle est généralement déterminé en fonction des besoins en eau de la culture la plus exigeante.

V.1.3 Débit d'équipement :

Le débit fourni par la prise doit être adapté au système d'irrigation utilisé sur l'exploitation. Plusieurs facteurs influencent la valeur du module à choisir. Le principal est la méthode d'arrosage plus celle-ci est avancée, plus le module peut être réduit. Pour les petites surfaces à irriguer, il est recommandé de fournir des quantités d'eau réduites.

Le module doit également être déterminé en fonction de l'état du sol et de sa pente. Un module plus petit peut être choisi lorsque le sol est bien nivelé et la pente adéquate. La perméabilité du sol est un facteur clé : des débits plus élevés ne sont généralement nécessaires que pour les grands bassins avec des sols relativement perméables.

En résumé, la valeur du module doit être choisie en fonction des conditions mentionnées ci-dessus. Ces dernières ont déjà été décrites dans les paragraphes précédents. Pour rester pratique, efficace et économique, un débit d'eau compris entre 10 et 20 l/s a été retenu.

Les classes de taille des îlots et les débits d'équipement sont présentés dans le tableau suivant :

Taille de l'îlot S (ha)	Débit d'équipement de la prise (l/s)
$S \leq 15$	15
$15 < S \leq 20$	20
$20 < S \leq 25$	25
$25 < S \leq 30$	30

V.2 Modalité de distribution :

V.2.1 L'irrigation à la demande :

Dans ce mode de fonctionnement, chaque irrigant peut utiliser le débit souscrit à tout moment, de jour comme de nuit. L'organisme de gestion du réseau distribue l'eau selon les

débites souscrits et les volumes effectivement prélevés. Toutefois, le débit attribué à une prise sera supérieur au débit fictif continu.

Par conséquent, il est essentiel d'installer un limiteur de débit sur chaque prise d'irrigation pour éviter tout dépassement du débit souscrit. La pression à maintenir en amont du réseau collectif se situe généralement entre 3,5 et 4,5 bars, correspondant à une irrigation par aspersion à moyenne pression.

V.2.2 L'irrigation au tour d'eau :

Ce mode de desserte est spécifique et très rigide, avec deux variantes :

- Tour d'arrosage à module fixe et uniforme : chaque irrigant peut irriguer pendant un tour d'eau, pour une durée proportionnelle à la surface irriguée.
- Tour d'arrosage à module variable : les conduites de desserte sont dimensionnées pour permettre un fonctionnement continu pendant le tour d'eau, en fonction de la surface irriguée.

L'inconvénient de ce mode est la stricte obligation de respecter le tour d'arrosage, nécessitant la mise en place d'un organisme de contrôle. Pour remédier à ce problème, deux modalités doivent être envisagées.

V.2.3 Tour d'arrosage à l'antenne :

Dans le cas des petites exploitations, les modules disponibles avec les modalités précédentes peuvent être insuffisants. C'est pourquoi il est prévu de regrouper plusieurs bornes sur une même antenne. Le débit fictif continu, correspondant aux surfaces irriguées par cette antenne, constituera le module d'irrigation, qui sera successivement distribué aux différentes prises de l'antenne.

Pour notre projet, nous avons choisi une distribution d'eau d'irrigation à la demande, offrant une grande flexibilité et permettant à chaque irrigant d'utiliser sa prise selon ses besoins.

V.2.4 Tour d'arrosage à la borne:

Chaque borne, qui représente le niveau tertiaire dans le réseau de surface, reçoit un débit

Correspondant au débit fictif continu. Ce débit forme le module d'irrigation, qui est ensuite distribué successivement aux différentes prises de la borne.

V.3 La méthodologie de dimensionnement :

L'objectif est de déterminer les diamètres des conduites de desserte en se basant sur les Éléments et hypothèses suivants :

- Le tracé du réseau (longueur de chaque tronçon).
- Le débit à acheminer dans chaque tronçon.
- La surface des îlots desservis par chaque tronçon.
- Les pertes de charge totales dans le tronçon.
- Les conditions limitent en aval, c'est-à-dire la pression minimale à garantir aux

bornes

- Les conditions limites en amont, soit la charge disponible à l'entrée du réseau.
- L'altitude naturelle des bornes.

V.4 Calcul des débits des ilots :

Le but L'objectif est de définir les débits que le système d'irrigation doit transporter pour répondre aux besoins en eau des cultures. Le débit spécifique est déterminé en fonction des besoins en eau de chaque culture, calculés précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit a été estimé à : $q_s = 1,64 \text{ l/s/ha}$.

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

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots\dots (V.1)$$

Avec :

Q_b : Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)

q_s = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

S =Superficie de l'ilot (ha)

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le (Tableau V-3)

V.4.1 les données de base de dimensionnement :

- Débit spécifique est évalué 1.64 l/s/ha.
- La surface du périmètre est égale à 180 ha.

V.4.2 Choix de type de bornes :

Le choix de la borne dépend de la surface :

- Pour les surfaces $S \leq 10\text{ha}$ on prend la Borne à deux prises
- Pour les surfaces $S \geq 15\text{ha}$ on prend la Borne à quatre prises

V.4.3 Choix de diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit :

Tableau V.2: Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8 \text{ l/s}$	$D = 65 \text{ mm}$
$8 < Q < 20 \text{ l/s}$	$D = 100 \text{ mm}$
$20 < Q < 25 \text{ l/s}$	$D = 150 \text{ mm}$
$Q > 25 \text{ l/s}$	$D = 200 \text{ mm}$

Tableau V.3: Caractéristiques des ilots avec les débits de chaque borne

N° de la borne D'irrigation	N° des ilots	Superficie d'ilots (ha)	Débit brut de la borne (l/s)
B1	01	16	26.24
B2	02	20	32.8
B3	03	21.5	35.26
B4	04	24.6	40.34
B5	05	21.15	34.69
B6	06	22.7	37.23
B7	07	10.4	17.06
B8	08	14	22.96
B9	09	22.75	37.31
B10	10	6.9	11.32

V.5 choix de trace :

Pour le choix du tracé de la conduite de distribution (Res-N1), il est essentiel de respecter certains impératifs autant que possible :

- Rechercher un profil en long aussi régulier que possible pour éviter les contre-pentes.
- Optimiser le tracé pour qu'il soit le plus court possible, dans un souci de réduction des coûts du projet.
- Prévenir le phénomène de cavitation, qui peut provoquer des éclatements et des vibrations des canalisations en cas de surpression.
- Éviter les zones forestières, boisées et marécageuses.
- Éviter autant que possible la traversée d'obstacles tels que routes, voies ferrées, canaux.

V.6 Matériaux de construction des canalisations :

V.6.1 Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau pour les conduites est déterminé en fonction de plusieurs critères : la pression à supporter, l'agressivité du sol, les aspects économiques (coût et disponibilité sur le marché local, ainsi que leur production en Algérie), et la compatibilité avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes, etc.).

V.6.2 Les matériaux :

Parmi les matériaux utilisés, on trouve l'acier, la fonte, le PVC, le PEHD et le béton précontraint. Nous opterons pour des conduites en PEHD (polyéthylène haute densité) pour les canalisations ayant un diamètre inférieur ou égal à 500 mm et supportant une pression inférieure à 10 bars

V.6.2.1 les conduites en fonte :

Les tuyaux en fonte présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes.
- Excellente résistance à la corrosion.
- Très rigides et solides.

Cependant, ils ont aussi des inconvénients : ils sont très lourds, coûteux et ne sont pas disponibles sur le marché.

V.6.2.2 Conduites en acier :

- Les tuyaux en acier sont plus légers que ceux en fonte, ce qui permet de réaliser des économies sur le transport et l'installation.
- Ils offrent une bonne résistance aux chocs et à l'écrasement.
- Leur principal inconvénient est leur susceptibilité à la corrosion.

V.6.2.3 Conduites en PVC (Polyvinyle de chlorure) :

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponibles sur le marché
- Installation facile des canalisations
- Leur inconvénient est le risque de rupture résistance à la corrosion.

V.6.2.4 Avantages des canalisations en PEHD :

- Capables de supporter des pressions élevées.
- Résistants aux contraintes telles que les chocs, l'écrasement et les mouvements du terrain.
- Adaptés à diverses conditions de service.
- Offrent une grande flexibilité.
- Facilement disponibles sur le marché.

V.7 Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :

Une fois les débits de pointe à transiter déterminés, il est nécessaire de calculer les diamètres des canalisations qui répondent aux exigences techniques tout en minimisant les coûts. Pour cela, les données suivantes doivent être disponibles :

- Le tracé du réseau, incluant la longueur de chaque tronçon.
- Le débit à transiter dans chaque tronçon.
- Les conditions limites en aval, c'est-à-dire les cotes piézométriques minimales à respecter.
- Les conditions limites en amont, soit les cotes piézométriques disponibles à l'entrée du réseau.
- Les vitesses minimales et maximales admises dans les canalisations.

V.8 Dimensionnement des canalisations

Le dimensionnement optimal des conduites est l'une des problématiques que l'ingénieur doit résoudre. Dans une approche technico-économique, les dimensions des canalisations doivent respecter les normes hydrauliques.

V.8.1 Vitesse admissible :

La vitesse admissible se situe entre 0,5 m/s, comme vitesse minimale, et 2,5 m/s, comme vitesse maximale. Dans notre étude, nous avons retenu une vitesse de 1,25 m/s pour les conduites.

V.8.2 Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est effectué en fonction des débits transitant par le tronçon de conduite et des vitesses. La formule de "LABYE" fournit une estimation du diamètre économique, qui est ensuite normalisée.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots \dots \dots (V.2)$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s.

D: diamètre exprimé en mm

V : vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s

V.8.3 Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, elle est donnée par l'expression suivante :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \dots \dots \dots (V.3)$$

Avec :

H_{pu} : perte de charge unitaire en mm/ml

Q: débit en m³/s

D: diamètre de la conduite considérée

L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière

J=L ×QM/DN..... (V.4)

Tableau V.4: Les paramètres de perte de charge

(mm)	L	M	N
0,1	1,2	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

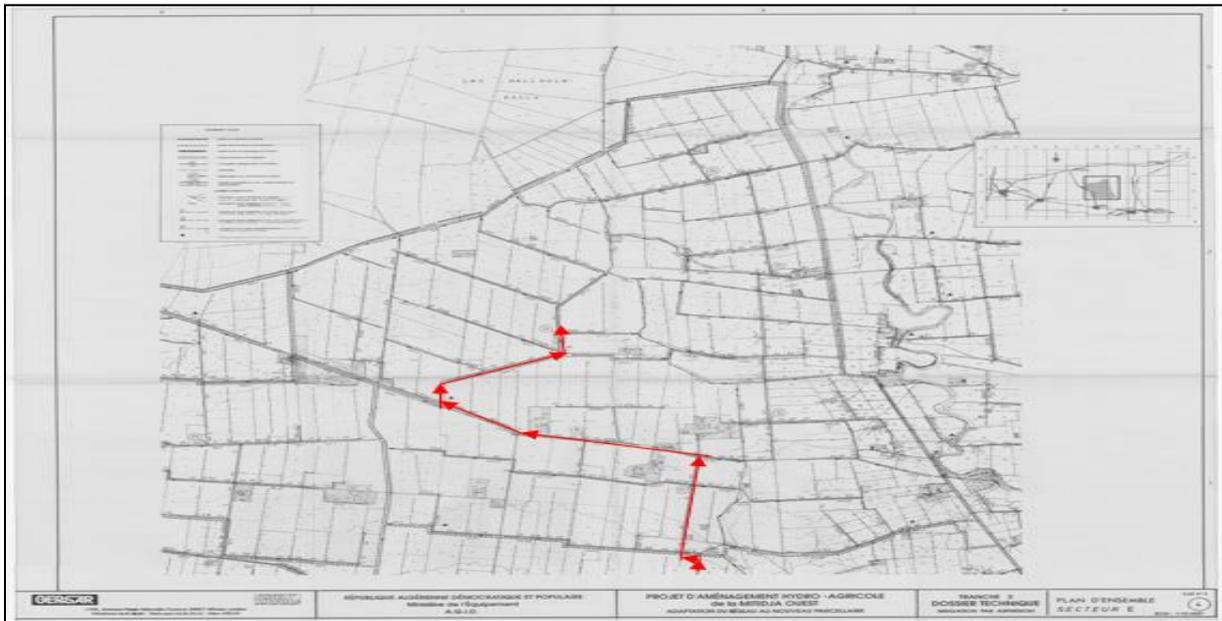
Pour une conduite en fonte ou en PEHD, nous avons la rugosité $K=0,1\text{mm}$, avec les paramètres suivants : $L=1.2$, $M=1.89$, $N= 5.01$.

Les résultats de calculs sont donnés dans le **Tableau V.5** :

Tableau V.5: Calculs hydrauliques du réseau de distribution

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	débit Q(l/s)	Debit Q(M3/S)	Diamètre Normalise	Vitesse réelle(m/s)	Perte De Charge Total $\Delta H_t(m)$	Pression au point P(m)
P-N1	150	0.15	295.2	0.29520	500	1.336	0.576	99.852
N1-B1	250	0.25	26.24	0.02624	160	1.214	3.634	97.869
N1-N2	225	0.225	273.02	0.27302	500	1.224	0.668	105.862
N2-B2	250	0.25	32.8	0.03280	200	0.960	1.578	102.247
N2-N3	275	0.275	246.94	0.24694	500	0.123	0.631	103.154
N3-B3	225	0.225	35.26	0.03526	200	0.952	1.563	103.904
N3-N4	225	0.225	210.33	0.21033	500	0.932	0.628	104.102
N4-N5	125	0.125	80.42	0.08042	250	1.342	1.452	102.856
N5-B4	150	0.15	40.34	0.04034	200	1.095	1.487	101.653

N5-N6	125	0.125	34.69	0.03469	200	0.999	1.023	102.351
N6-B5	200	0.2	34.69	0.03469	200	0.999	1.324	101.547
N4-N7	225	0.225	133	0.133	400	0.930	0.546	103.865
N7-B6	250	0.25	37.23	0.03723	200	0.980	1.901	101.214
N7-N8	575	0.575	93.14	0.09314	400	0.693	0.698	103.865
N8-B7	150	0.15	17.06	0.01706	160	0.863	0.984	102.896
N8-N9	175	0.175	88.78	0.08878	250	1.256	1.578	102.102
N9-B8	575	0.575	22.96	0.02296	200	0.632	1.963	100.893
N9-N10	675	0.675	50.13	0.05013	250	0.864	2.845	100.214
N10-B9	200	0.2	37.31	0.03731	200	0.988	1.688	102.402
N10-N11	275	0.275	11.32	0.01132	160	0.589	0.906	104.541
N11-B10	200	0.2	9.95	0.01132	160	0.589	0.754	104.856



FigureV-1 : Schéma de conduite de distribution d'eau à partir de pikage

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré le réseau de distribution en détaillant les structures et les facteurs influençant la conception et la gestion du réseau, ainsi que les calculs associés aux bornes d'irrigation. Pour le projet, le périmètre est divisé en 10 îlots d'irrigation couvrant une superficie totale de 180 ha. Nous prévoyons d'utiliser des conduites en PEHD pour les diamètres allant jusqu'à 500 mm.

Chapitre VI :

les techniques d'irrigation

Introduction

La concentration d'humidité naturelle du sol est souvent insuffisante. Pour garantir une production agricole optimale, on utilise l'irrigation. Différentes techniques d'irrigation sont disponibles. Dans cette partie, nous étudierons ces différentes méthodes et choisirons celle qui correspond le mieux aux particularités de notre zone de culture.

IV.1 les techniques d'irrigation :

IV.1.1 irrigation par aspersion :

La technique d'irrigation par aspersion consiste à fournir de l'eau aux plantes en simulant une pluie artificielle, à l'aide de dispositifs d'aspersion alimentés en eau pressée.



Figure IV-1 : irrigation par aspersion. (ONID 2022)

IV.1.1.1 les avantages d'irrigation par aspersion :

- ✓ Il n'est pas nécessaire de pré-aménager la zone d'irrigation.
- ✓ Elle provoque une importante oxygénation de l'eau lorsqu'elle est répandue sous forme de pluie. ✓
- ✓ Elle permet de mesurer de manière précise et de répartir de manière homogène la quantité d'eau fournie
- ✓ Elle offre aux exploitations des possibilités d'arrosage très souples.

IV.1.1.2 Les inconvénients d'irrigation par aspersion :

- ✓ À l'origine, chaque irrigant est confronté à des dépenses importantes pour la mise en place, en plus de la nécessité fréquente d'une main-d'œuvre importante pour l'installation.

- ✓ Elle favorise l'évaporation, d'autant plus importante que les gouttelettes sont plus fines et que la zone est plus sèche
- ✓ Elle favorise la croissance des mauvaises herbes.
- ✓ Dans le cas de sols argileux, la distribution d'eau peut provoquer la création d'une croûte superficielle.

IV.1.1.3 le fonctionnement :

La technique de l'irrigation par aspersion reproduit l'effet de la pluie en permettant de réguler l'intensité et la hauteur des pluies. La pression nécessaire pour cette méthode varie de 3 à 6 bars à la buse. L'asperseur est l'élément essentiel de ce système, où une buse produit un jet dirigé vers la cuillère. Le bras mobile actionné par le jet entraîne le mouvement rotatif de l'asperseur, tandis qu'un ressort de rappel permet le retour du bras mobile, ce qui permet la rotation de l'asperseur.



Figure IV-2 : Asperseur d'arrosage.(ONID 2022)

Afin de choisir la meilleure option, nous effectuons une étude comparative économique des variantes précédemment proposées pour le site envisagé. Les digues proposées sont dimensionnées de manière approximative pour cette étude comparative, en ne tenant pas compte des coûts des ouvrages annexes, car nous supposons que ces coûts sont identiques pour toutes les variantes.

IV.1.2 Irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'utilisation de l'irrigation goutte-à-goutte connaît une croissance de popularité dans les secteurs de la culture maraîchère et fruitière. Cette approche encourage une utilisation optimale de l'eau en réduisant les pertes d'évaporation par rapport à l'irrigation par aspersion, car l'eau est directement appliquée à la zone racinaire.



Figure IV-3 : irrigation localisée (goutte à goutte) (ONID 2022)

IV.1.2.1 les avantages d'irrigation localisée :

- **Efficiences de l'eau :**

L'évaporation est faible, car les gouttes d'eau n'ont pas de trajectoire aérienne, le feuillage n'est pas trop mouillé, une partie du sol reste sèche, la croissance des mauvaises herbes est très limitée (Rieul, 1992). Ainsi, aucune fuite ni débordement n'est observé sur les parcelles environnantes.

- **Avantages agronomiques :**

- Les racines assurent un niveau d'humidité élevé du sol tout en favorisant une aération régulière.
- Il est simple d'appliquer des engrais en mélange avec l'eau d'arrosage.
- Contrairement à l'aspersion, l'humidité n'est pas excessive dans l'air près des plantes.
- Le développement des mauvaises herbes est restreint.
- Les techniques d'arrosage n'affectent pas les activités de culture.

- **Avantage économique :**

Le coût de production est fortement réduit par l'espacement entre les lignes, qui est nettement inférieur à celui d'autres systèmes fixes comme l'aspersion. Quant aux dépenses opérationnelles, elles restent faibles, en partie en raison de la faible pression nécessaire.

IV.1.2.2 Inconvénients de l'irrigation localisée :

- obstruction des goutteurs
- accumulations de sels

IV.1.2.3 Fonctionnement :

En utilisant une irrigation goutte à goutte à basse pression (0,5 à 2 bars), les goutteurs sont utilisés pour fournir régulièrement et de manière précise la quantité d'eau nécessaire aux racines des plantes. Parmi ces goutteurs, les goutteurs intégrés, les boutons et, dans une moindre mesure, les goutteurs en ligne sont les plus utilisés. Toutes ces variétés de goutteurs sont élaborées dans le but de répartir l'eau à un débit faible, en mode turbulent. Les versions autorégulées sont également proposées, ce qui assure un débit constant même en cas de variation de pression dans une certaine plage.

Dans le cas de la culture de la canne à sucre, les lignes de goutteurs doivent être entièrement enfouies dans le sol. Puisque les goutteurs nécessitent une densité élevée, seul le modèle intégré est employé.

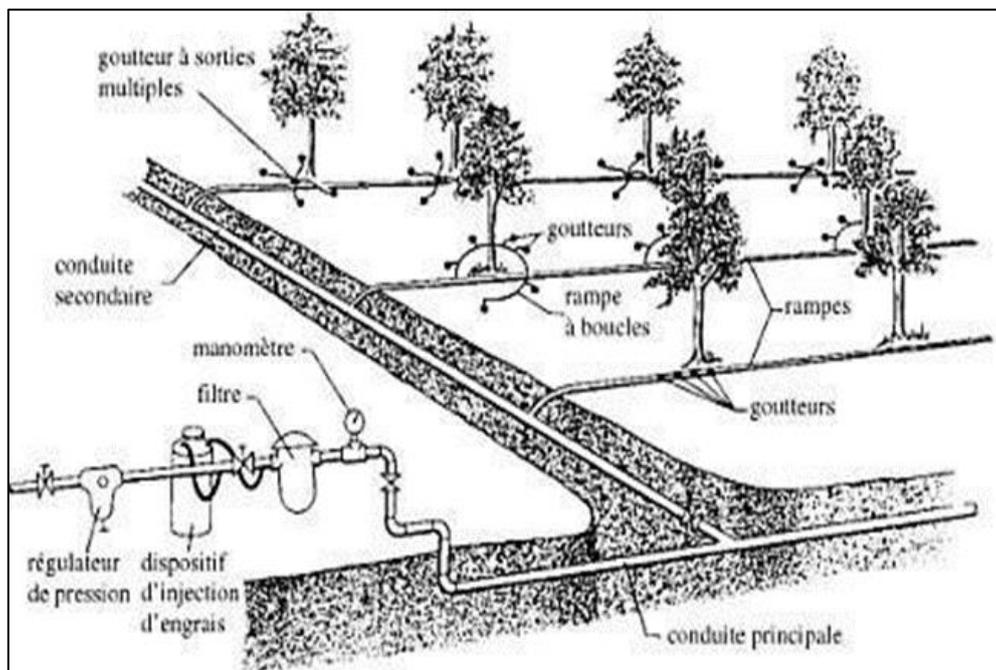


Figure IV-4 : schéma explicatif d'un réseau goutte à goutte (ONID 2022)

L'irrigation goutte-à-goutte consiste à appliquer de manière personnalisée des quantités d'eau modestes, précises et fréquentes à chaque plante à l'aide d'un dispositif appelé goutteur. Il s'agit de la méthode d'irrigation la plus sophistiquée, garantissant un niveau d'efficacité d'application maximal. Les gouttelettes d'eau sont appliquées de manière continue à un même point, en pénétrant le sol pour humidifier la zone racinaire à la fois par gravité en profondeur et par capillarité latéralement. Cela entraîne une légère humidification de la zone plantée.

IV.1.3 L'irrigation gravitaire :

Cette technique nécessite une quantité importante d'eau par unité de surface et s'appuie sur la répartition de l'eau en fonction de la configuration naturelle du terrain en pente. On peut la subdiviser en :

IV.1.3.1 Irrigation par submersion:

Elle consiste en la mise en place d'une couche d'eau épaisse sur le sol, qui est conservée pendant une période adéquate pour qu'elle puisse pénétrer à la profondeur nécessaire. La profondeur de l'infiltration varie en fonction des besoins de croissance des végétaux. Cette méthode demeure adaptée aux terrains perméables dont la pente est inférieure à 2 %.

IV.1.3.2 L'irrigation par ruissèlement :

Cette technique consiste à laisser l'eau couler sur la surface du sol, où elle entre verticalement. Pendant la durée nécessaire pour que le sol puisse s'humidifier en profondeur jusqu'à la couche active, l'eau est laissée flotter.

IV.1.3.3 L'irrigation par infiltration :

L'eau s'écoule à travers les fossés, les rigoles ou les raies, puis elle pénètre en profondeur dans le sol jusqu'à atteindre les racines des végétaux.

IV.1.4 L'irrigation par pivot :

L'irrigation pivot est un dispositif automatisé qui arrose un cercle à l'aide d'une source d'énergie électrique pour stimuler le processus. La distribution de l'eau se fait le long de rangées alignées en série, qui tournent de façon coordonnée autour d'un centre.



Figure IV.5 : l'irrigation sur pivot dans une zone désertique (ONID 2022)

IV.1.4.1 Les éléments principaux d'un pivot

- La tour centrale
- Centrale de commande
- La travée charpente
- Accouplement
- Porte à faux Tour mobile.

IV.1.4.2 Les avantages :

- Économie d'eau : en ajustant la pluviométrie en temps réel selon les exigences de la culture.
- Résilience accrue.
- Rentabilité optimisée.
- Précision accrue.
- Polyvalence fonctionnelle.

IV.1.4.3 Les inconvénients :

- Coût initial élevé
- Dépendance à l'électricité
- Consommation d'eau importante
- Pertes d'eau par évaporation et ruissellement
- Utilisation d'énergie non renouvelable
- Contribution aux émissions de gaz à effet de serre et au changement climatique.

IV.2 Choix de la technique d'irrigation

Pour choisir la méthode d'irrigation adéquate, il est essentiel de bien comprendre les contraintes liées à chaque méthode d'arrosage. Il est nécessaire d'effectuer une évaluation multicritères des différentes techniques d'irrigation, en prenant en considération plusieurs contraintes, afin de déterminer la technique d'irrigation la plus appropriée à la zone concernée. Notre étude sera présentée en détail de la manière suivante :

Tableau IV.1 : Évaluation multicritères pour la sélection de la méthode d'irrigation.

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisé
	Par Rigole	Par Planche		
<ul style="list-style-type: none"> • Contraintes naturelle <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaporation ▪ Vent (1.9m/s) ▪ Texture (limoneuse) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perméabilité (moy) ▪ Pente(2%) ▪ Qualité d'eau d'irrigation (bonne) • Contraintes agronomique <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maraîchage ▪ Fourragère et céréales ▪ arbres • Contraintes technique <ul style="list-style-type: none"> ▪ Personnels qualifié • Contraintes économique <ul style="list-style-type: none"> ▪ économie d'eau • Divers <ul style="list-style-type: none"> ▪ adaptation à L'irrigation de nuit ▪ possibilité d'automatisation 	 + +++ ++ ++ +++ +++ +++ +++ * +++ +++ * * * * *	 + +++ ++ ++ +++ +++ +++ ++ + * * * * * *	 ++ ++ ++ +++ +++ +++ ++ +++ * * * ++ ++ ++	 ++ +++ +++ ++ +++ +++ +++ * +++ +++ ++ ++ ++

Avec :

*: Déconseillé ;

+ : Adapté avec réserve ;

++ : Adapté ;

+++ : Très Adapté.

Conclusion :

Dans ce chapitre, les modalités d'irrigation existantes sont présentées, avec leurs mérites et leurs limites intrinsèques, afin de choisir avec raison la méthode la plus adaptée aux conditions climatiques de notre région d'étude. Après une analyse approfondie des alternatives disponibles, nous avons opté pour deux systèmes d'irrigation particuliers : l'irrigation au goutte-à-goutte.

Chapitre VII :

Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

Introduction

La mise en place de l'irrigation à la parcelle consiste à utiliser l'eau d'irrigation qui est fournie aux prises du conduit principal.

La technique d'irrigation utilisée par les irrigants dépend des équipements utilisés ou des aménagements de terrain : irrigation de surface, irrigation par aspersion, irrigation localisée.

L'objectif de ce chapitre est de dimensionner un réseau goutte à goutte.

VII.1 définition

Le système d'irrigation goutte à goutte est un système équipement urètres grande efficacité de l'irrigation. Des perforations dans des tuyaux longeant les lignes de culture distribuent l'eau aux plantes de manière localisée âtres faible débit, évitant ainsi un maximum de déperdition. Très économe en eau et en main d'oeuvre, il demande par contre un être grand technicité de ces utilisateurs. Les rendements peuvent être très élevés, mais l'investissement est très important.

VII.2 Composition d'une installation goutte à goutte

VII.2.1 Point de fourniture d'eau :

Selon Veschambre&Vaysse (1980), il est possible qu'une crépine filtrante soit nécessaire si la ressource en eau, telle qu'un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, renferme de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est plus propre.

VII.2.2 Composition L'unité de tête :

Le point de fourniture d'eau est connecté à cette unité, ce qui lui permet de contrôler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y ajouter des éléments fertilisants. Il arrive parfois que les porte-rampes ou même les rampes soient équipées de régulateurs de pression et de filtres secondaires.

Pour l'introduction d'engrais solubles, notamment de l'azote, on utilise généralement un réservoir rempli d'engrais solubles : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie.



Figure VII.1 : Dilueur d'engrais. (google)

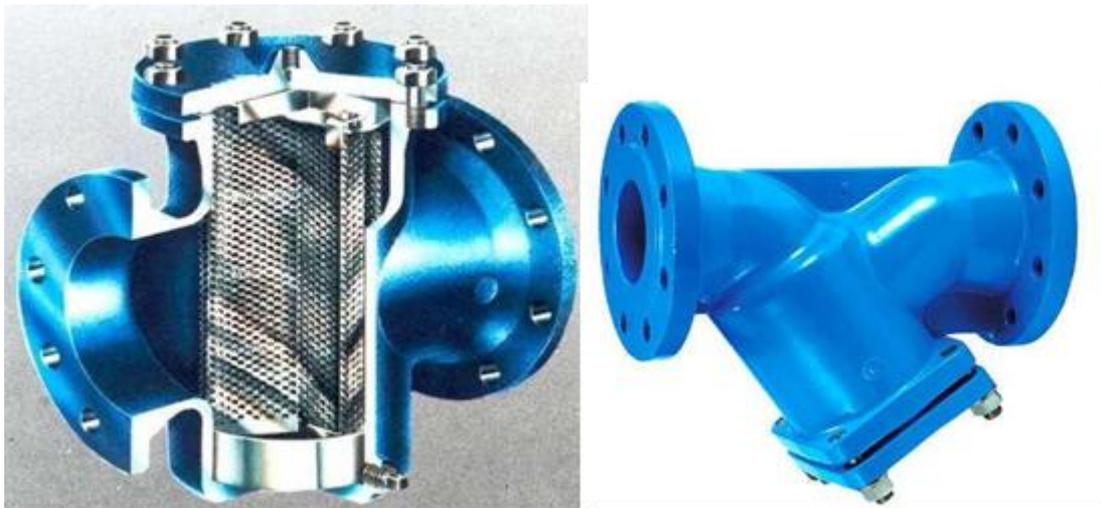
La fertilisation des éléments. La mise en place inclut :

VII.2.2.1 Unité de filtration :

Elle joue un rôle crucial dans toute installation de goutte à goutte. Il existe différentes catégories de filtres.

VII.2.2.2 Filtre à tamis :

Il est composé d'une fine toile ou de lamelles légèrement désalignées.



FigureVII.2 :Filtre a tamis.(google)

VII.2.2.3 Filtre à sable:



FigureVII.3 : Filtre à sable (google)

VII.2.2.4 Filtre à gravier :



FigureVII.4 : Filtre à gravier (google)

VII. 2.3 La conduite principale

La conduite relie les différents porte-rampes au point de fourniture d'eau. Elle peut être fabriquée à partir d'amiante ciment, de PVC rigide ou d'acier galvanisé, tels que pour l'irrigation par aspersion. Il est également possible d'utiliser du polyéthylène haute densité pour les petites installations.

VII.2.4 Le porte-rampes

La conduite est responsable de l'alimentation des rampes d'un côté ou des deux côtés. Il est possible qu'ils soient fabriqués en polyéthylène moyenne densité (PE) ou en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

VII.2.5 Les rampes :

Les conduites sont souvent fabriquées en PEBD (polyéthylène basse densité) et sont munies de distributeurs. Les distributeurs sont installés avec une distance préétablie.

VII.2.6 Les distributeurs :

Les distributeurs jouent un rôle crucial dans l'installation. C'est de là que l'eau échappe, à la pression atmosphérique, à des débits faibles et constants (quelques litres par heure). Différents types existent, tels que des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est légèrement plus élevé (quelques dizaines de litres par heure).

La classification des goutteurs peut se faire selon :

- Des critères hydrauliques.
- La façon dont le goutteur est fixé sur la rampe.
- Le nombre de sorties dont est muni le goutteur.

VII.2.6.1 les différents types de distributeurs :

- **Coutteures** : Les débits les plus couramment employés sont de 2 litres par heure pour les cultures maraîchères et de 4 litres par heure pour les cultures pérennes. Ils sont disposés de manière dérivative, en ligne ou intégrés dans les rampes.
- **Grains** : Elle est conçue pour les cultures maraîchères, mais elle peut également être utilisée dans les vergers ; elle joue à la fois le rôle de transport et de distributeur.
- **Tubes poreux** : La paroi poreuse permet l'écoulement de l'eau, ils sont souvent enfouis.
- **Mini diffuseurs** : Ils sont toujours disposés en dérivation, fixés directement sur la rampe, agissant comme de petits asperseurs statiques qui ne couvrent qu'une partie de la surface du sol à proximité de la culture

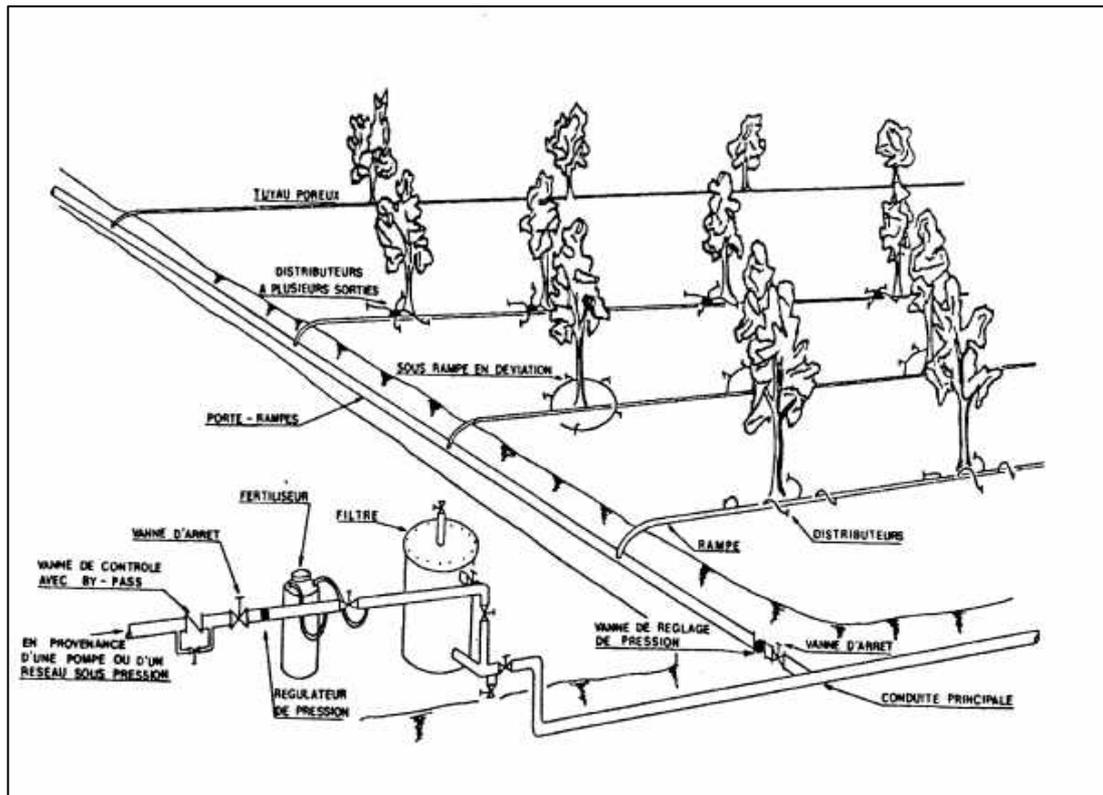


Figure VII.5: Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte.

VII.3 dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

VII.3.1 Données générales :

Il est essentiel de connaître les données de base telles que la superficie de la parcelle, les besoins quotidiens et le temps maximum de travail pour dimensionner le réseau d'irrigation localisée.

On installera le réseau d'irrigation sur l'ilot 9 alimenté par la borne B10, L'exploitation a une superficie de 22.75 hectares.

Culture: Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoins de pointe 193.9 mm

Caractéristique du goutteur:

- Débit nominal : 04l/h
- Pression nominale : 10 m.c.e

- Espacement des goutteurs : 01
- Le nombre de goutters par arbre : 02.

VII.4 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

Pour l'Olivier : Selon la mesure des besoins, le mois d'août est considéré comme le mois de pointe pour la culture de l'olivier, avec une épaisseur de 193.9 mm

VII.4.1 Les besoins journaliers :

La formule suivante est utilisée pour calculer l'eau d'irrigation localisée :

$$B_j = \frac{\text{besoin du mois de pointe}}{\text{nombre de jours}} \quad (\text{VII.1})$$

Donc :

$$B_j = 6.25 \text{ mm/j}$$

VII.4.2 Besoin journalier en tenant compte de la réduction K_r :

Lors de la micro-irrigation, les apports d'eau sont concentrés sur une fraction très limitée de la surface du sol, située à proximité des plantes, donc à l'ombre du feuillage, ce qui réduit la part d'évaporation directe à partir du sol :

On applique donc un coefficient de réduction à L'ETM : K_r

Le taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) par les plantes adultes influence le calcul de K_r , qui peut être effectué à l'aide de différentes formules proposées ci-dessous :

- La formule de Freemanet Garzoli:

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \quad (\text{VII.2})$$

On considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes);

Avec :

C_s : Couverture du sol ; pour les arbres adultes : $C_s = 60\%$

$$K_r = 0,6 + 0,5(1 - 0,6) = 0,8$$

D'où :

$$B_j = B_j * K_r = 6.25 * 0,8 = 5 \text{ mm/j}$$

VII.4.3 La dose d'irrigation nette pratique :

Le besoin en eau d'irrigation, ou B_{net} , correspond au volume théorique d'eau nécessaire pour obtenir une production normale sur toute la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = R_{FU} * P\% \quad (\text{VII.3})$$

Avec :

Hcc : humidité a la capacité au champ (Hcc=27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (Hpf=13%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (Z= 1200 mm)

Da : est la densité apparente du sol (Da=1.4)

RFU= 156.8 mm

P : Pourcentage du sol humidifié

Ou :

$$P\% = \frac{n \times Spd \times Sh}{Sa \times Sr} \quad (\text{VII.4})$$

Avec :

P : Volume du sol humidifié

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

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

Sh : Largeur de la bande humidifiée (1m)

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

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

On Obtient :

P%= 25%

Donc :

Dp=156.8*0.25=39.2 mm

VII.4.4 La fréquence des arrosages :

La fréquence des arrosages varie en fonction du besoin quotidien à combler et de la quantité réelle nette dont bénéficient les plantes.

La formule qui la donne est la suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{Bjl} = \frac{39.2}{5} = \mathbf{8 j} \quad (\text{VII.5})$$

Donc on prend :

Fr =8j

Après avoir établi la fréquence d'arrosage, on procède à une recalcul :

- La dose réelle :

$$Dr = Fr \times Bjl = 8 \times 5 = \mathbf{40 \text{ mm}}$$

- La dose brute :

$$D_{brute} = \frac{Dr}{Cu \times eff} \quad (\text{VII.6})$$

Avec :

Dr : la dose réelle

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

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

Donc :

D_{brute} = 49.38 mm

VII.4.5 La durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_b \times S_a \times S_r}{n \times Q_g} = \frac{49.38 \times 4 \times 4}{2 \times 4} = \mathbf{98.76 \text{ heures/mois}}$$

VII.4.6 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{98.76}{8} = \mathbf{12 \text{ heures/jours}}$$

VII.4.7 Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22h}{12h} = \mathbf{11 \text{ postes}}$$

VII.4.8 Surface de parcelle :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{nombre de poste}} = \frac{22.75}{2} = \mathbf{3.45}$$

VII.5 Le calcul hydraulique :

VII.5.1 Condition hydraulique :

Selon la règle de Christiansen, le débit maximal entre les goutteurs ne doit pas dépasser 10%.

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad (\text{VII.7})$$

$$q = K.H^x$$

Avec :

$$x=0.5 \text{ (caractéristique du goutteur)}$$

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (\text{VII.8})$$

Avec :

q(g) : débit nominal du goutteur

H(n) pression nominal.

$$0.1 = 0.5 \times \frac{\Delta H}{10}$$

Donc :

$$\Delta H = 2 \text{ mce}$$

Le débit :

$$Q_r = Q_g * N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

Avec :

Q_r : Débit de rampe

Q_g : Débit des goutteur

N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte ramp

Avec :

La longueur de la rampe (L_r) : 100. m

La longueur de la porte rampe (L_{pr}):200 m

La longueur de la conduite secondaire (L_s) :75 m

VII.5.1.1.Le nombre d'arbres par rampe :

$$N \text{ arbres} = L_r / E_r = 100 / 4 = 25 \text{ arbres}$$

VII.5.1.2.Nombre de goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 25 * 2 = 50 \text{ goutteurs}$$

VII.5.1.3.Le nombre de rampes :

$$N_r = L_{pr} / E_r = 200 / 4 = 50 \text{ rampes}$$

VII.5.2.Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 50 * 4 = 200 \text{ l/h}$$

VII.5.3.Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 200 * 50 = 10000 \text{ l/h}$$

Par la même méthode de calcul pour la porte rampe 02 on trouve que :

$$N \text{ arbres} = L_r / E_r = 150 / 4 = 37 \text{ arbres}$$

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 37 * 2 = 74 \text{ goutteurs}$$

$$N_r = L_{pr} / E_r = 125 / 4 = 31 \text{ rampes}$$

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 31 * 4 = 124 \text{ l/h}$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 124 * 31 = 3844$$

VII.5.4. Débit de la conduite secondaire :

Etant donné que nous avons 2 portes rampe :

$$Q_{cs} = Q_{pr} + Q_{pr} = 10000 + 3844 = 13844 \text{ l/h}$$

VII.5.5. Dimensionnement des différentes parties du réseau :

On suggère que les rampes soient fabriquées en PEBD ou PEHD pour calculer les dimensions des canalisations (rampe et porte rampe).

Étant donné que l'estimation de la perte de charge singulière est de 10% de la variation maximale de pression, alors :

$$P_{dc}(\text{sing}) = 2 \times 0,1 = 0,2 \text{ mce} \quad p_{dc}(\text{sing}) = 0,2$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 2 - 0,2 = 1,8 \text{ mce} \quad p_{dc}(\text{linéaire}) = 1,8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est:

- 1/3 sur les porte-rampes $P.d.c(pr) = 1,8 \times 1/3 = 0,6 \text{ mce}$;
- 2/3 sur les rampes $P.d.c(r) = 1,8 \times 2/3 = 1,2 \text{ mce}$;

On calcule le diamètre des rampes et des porte-rampes en utilisant les formules suivantes :

$$\varnothing_r (\text{cal}) = \left[\frac{P \times d \times C(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII.9})$$

$$\varnothing_{Pr} (\text{cal}) = \left[\frac{P d C(Pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII.10})$$

Avec :

$P_{dc}(r)$: la perte de charge dans la rampe

$Q(r)$: le débit de la rampe en l/h

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

$\varnothing_r (\text{cal})$: le diamètre de rampes

$\varnothing_{pr} (\text{cal})$: le diamètre de porte rampe

VII.5.5.1 Vérification des pertes de charges:

Après avoir sélectionné le diamètre, la formule de « Tison » est utilisée pour calculer les pertes de charges des différents segments de la canalisation.

La perte de charge unitaire

$$i = \frac{0.478}{2.75} \times D^{-4.75} \times Q^{1.75} \quad (\text{VII.1})$$

La perte de charge le long de la conduite en(m)

$$h_{cal} = \frac{L}{2.75} \times i \quad (\text{VII.12})$$

Avec :

L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation.

VII.5.6 Calcul hydraulique de la rampe :

$$\varnothing r (cal) = \left[\frac{PdC(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{\frac{1}{4.75}} = \left[\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 200^{1.75} \times 100} \right]^{\frac{1}{4.75}} = 12.37mm$$

Donc :

DN = 20mm

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 200 \times 10^{-3} / 3600}{\pi \times (20 \times 10^{-3})^2}$$

Donc V= 1.77 m/s

Et :

$$i = \frac{0.478}{2.75} \times D^{-4.75} \times Q^{1.75} = \frac{0.478}{2.75} \times 20^{-4.75} \times 200^{1.75} = 1.2$$

$$h_{cal} = \frac{L}{2.75} \times i = \frac{100}{2.75} \times 1.2 = 0.043m$$

Tableau VII.1 : Caractéristique de la conduite de la rampe 01.

culture	Lr(m)	Ng	Qr(l/h)	Dcal (mm)	Dn(mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
Olivier	100	50	200	12.37	20	0.177	0.043

Tableau VII.2 : Caractéristique de la conduite de la rampe 02 :

culture	Lr(m)	Ng	Qr(l/h)	Dcal (mm)	Dn(mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
Olivier	150	31	124	13.50	20	0.145	0.033

VII.5.7 Calculs hydrauliques de la porte rampe :**Tableau VII.3** Caractéristiques de la conduite de la porte rampe (01)

Culture	Lpr(m)	Nr	Qpr(l/h)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Olivier	200	50	10000	52.5	90	0.67	0.09

Tableau VII.4 : Caractéristiques de la conduite de la porte rampe (02)

Culture	Lpr(m)	Nr	Qpr(l/h)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Olivier	125	31	3844	32.60	50	0.53	0.015

La perte de charges estimée est en dessous de 0,6 mce (hpr max).

Selon les graphiques précédents, il est évident que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite fixée par la règle de Christiansen.

VII.5.8 Calcul des diamètres de la conduite secondaire :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la Vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.25m/s tel que:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (\text{VII.13})$$

Avec :

Q : débit de la conduite considérée (m³/s) ;

V: Vitesse d'écoulement (m/s).

VII.5.9 Calcul de caractéristique de conduites secondaires :**Tableau VII.5** Caractéristique de la conduite secondaire.

culture	L(m)	Q(l/h)	Vsupposée(m/s)	Dcal (mm)	Dn(mm)	Vcal (m/s)	hcal(m)
Olivier	75	13844	1.25	65	90	0.9	0.4

VII.5.10 La pression d'eau à la borne de distribution:

Il est nécessaire que la borne de distribution fournisse une pression d'eau équivalente à la somme de la pression nominale (10 mce) et des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

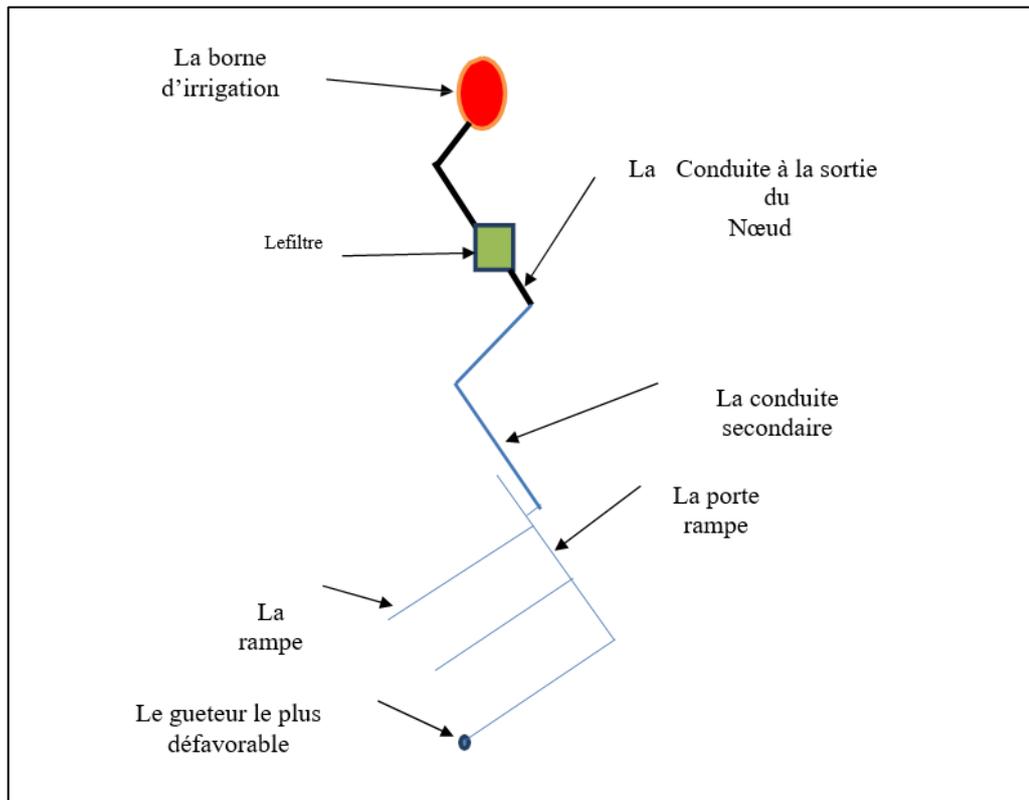


Figure VII.6 : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur.

VII.5.11 Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable :

Tableau VII.6 : résumer des caractéristique de la conduite secondaire (Q, D, l, ΔH).

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	100	200	75
Diamètre(m)	20	90	90
Débit(m ³ /s)	0.00005	0.0027	0.00275
Pertes de charge(m)	0.043	0.09	0.4

La perte de charge totale entre la borne d'irrigation et le goutteur le plus défavorable peut être calculée en utilisant le tableau. Ainsi, la pression requise à la borne est égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10 + 0.043 + 0.09 + 0.4 = 10.53 \text{ m}$$

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné la mesure des dimensions d'un réseau goutte à goutte. Après avoir calculé les dimensions de tous les éléments du réseau localisé projeté sur la parcelle sélectionnée, nous avons procédé à une vérification de la pression à la sortie de la borne, afin de garantir une pression nominale de 10 mce dans le goutteur le plus éloigné, afin de garantir le bon fonctionnement des goutteurs.

Chapitre VIII :

Organisation de chantier et étude techno-économique

Introduction

Une fois que les options utilisées ont été analysées techniquement, il est nécessaire de réaliser une évaluation économique du projet. Ce chapitre comprend sa première étape, qui consiste à déterminer les aménagements appropriés nécessaires dans la zone d'intervention du projet, et sa seconde étape, qui concerne l'évaluation des coûts d'implantation. Elle englobe généralement tous les prix liés aux équipements hydrauliques et à leur mise en place.

Seuls les travaux que nous avons à réaliser sont l'installation du réseau de distribution et les réseaux localisés. Puisque les forages ont déjà été effectués et qu'ils se trouvent dans notre zone géographique, il n'est pas nécessaire d'avoir un réseau d'adduction.

VIII.1 Différents travaux à entreprendre :

VIII.1.1 Travaux concernant le réseau distribution :

Les activités incluses dans les activités requises pour la mise en place du réseau de distribution comprennent :

VIII.1.1.1 Exécution des tranchées:

C'est une opération de dénivellation du sol qui nécessite des fouilles. Les fouilles seront réalisées à l'aide d'une pelle hydraulique et les matériaux souterrains seront placés à proximité de la tranchée. L'autre partie de la tranchée sera utilisée pour l'installation des conduites.

VIII.1.1.2 pose du lit de sable :

Dans notre cas, cette étape consiste à poser une couche de sable au fond de la tranchée, d'une épaisseur de 12 centimètres.

VIII.1.1.3 La pose de canalisations :

La descente du pipeline dans la tranchée est précédée d'un tri afin de retirer les éléments qui ont été touchés. Par la suite, un système de levage est utilisé pour les descendre progressivement dans la tranchée. Au cours de cette opération d'installation, il est nécessaire de surveiller régulièrement l'alignement du pipeline afin d'assurer une connexion fluide des tuyaux.

VIII.1.2 Epreuve de joint et de la canalisation :

Avant le remblai, l'essai de pression des canalisations et des raccords est effectué pour renforcer la sécurité. L'essai est réalisé à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste à remplir la conduite avec de l'eau à une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle la conduite sera soumise lors de son utilité.

VIII.1.3 Remblayage des tranchées :

C'est un type de terrassement qui implique à la fois l'enfouissement des tuyaux et l'emploi de matériaux de remblai provenant des fouilles.

VIII.1.4 Nivellement et compactage :

Une fois le remblayage terminé, nous effectuerons l'opération de nivellement qui consiste à aplanir la surface, puis à effectuer une phase de compactage pour augmenter la densité du sol et prévenir tout tassement ultérieurement.

VIII.1.5 Pose de canalisation :

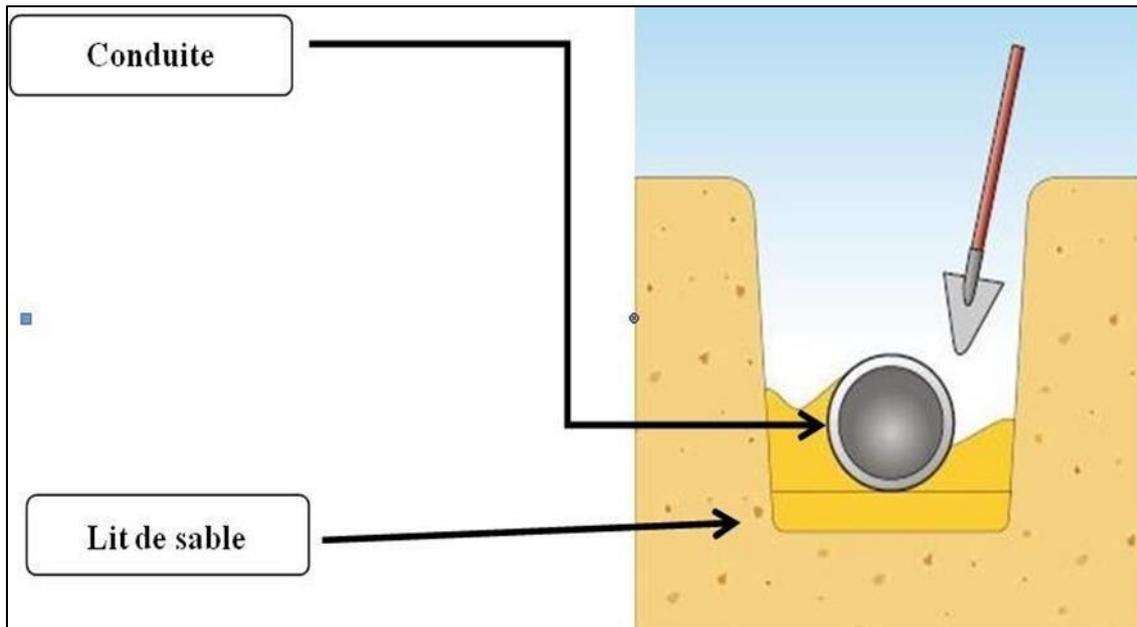


Figure VIII.1 : la pose de la canalisation

VIII.2 Calcul du volume de terrassement :

La formule suivante permet de calculer la largeur du fond de la tranchée pour la pose en terre des conduites :

$$B = D + 2 \times 0.3 \quad (\text{VIII.1})$$

Où :

B : largeur de la tranchée (mètres)

D : diamètre de la conduite (mètres)

Le diamètre de la conduite, la température du lieu (maximum, minimum) et les charges mobiles influencent la profondeur de fouille.

$$H \geq D + 0,8$$

$$\text{Déblai} = L.H.B$$

$$\text{remblai} = \text{deblai} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \quad (\text{VIII.2})$$

VIII.3 Dépenses des travaux :

Le prix de terrassement est égal à:

✓ Pour les déblais

$$F_{\text{deb}} = V_{\text{deb}} \cdot K_{\text{deb}} \quad (\text{VIII.3})$$

✓ Pour les remblais

$$F_{\text{rem}} = V_{\text{rem}} \cdot K_{\text{rem}} \quad (\text{VIII.4})$$

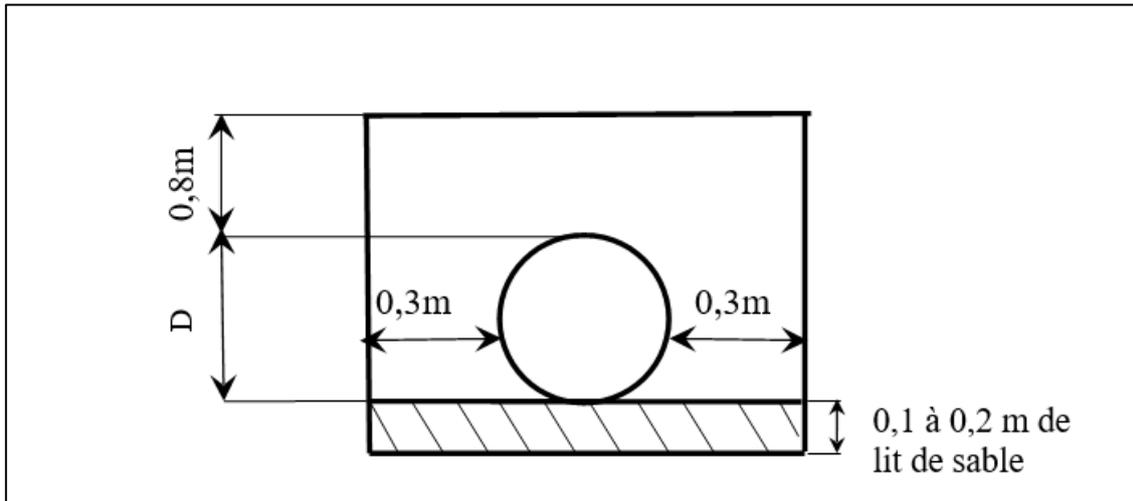


Figure VIII.2 : schéma d'une tranchée.

Tableau VIII.1 : Calcul de terrassement.

$\emptyset(\text{mm})$	B(m)	H(m)	L(m)	Déblai(m^3)	Remblai(m^3)
500	1.1	1.4	875	1347	1175.781
400	1	1.4	800	1120	1019.5
250	0.85	1.4	975	1160.2	1112.41
200	0.8	1.4	1975	2212	2149.95
160	0.76	1.4	875	930	913.41

✓ **Donc pour le déblai**

$$F_{\text{deb}} = 6769.2 \times 300 = 2030760 \text{ DA}$$

✓ **Pour le remblai**

$$F_{\text{rem}} = 6371 \times 100 = 637105.1 \text{ DA}$$

VIII.4 Devis de réseau d'irrigation localisée:

Le tableau ci-dessous présente les globaux des pièces.

Tableau VIII.2 : Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire	montant
TubeØ500 PEHD	ml	877	11724.79	10282640.8
TubeØ400 PEHD	ml	810	7516.57	6088421.7
TubeØ250 PEHD	ml	980	2937.81	2879053.8
TubeØ200PEHD	ml	1980	1892.38	3746912.4
TubeØ160 PEHD	ml	860	1209.53	1040195.8
TubeØ20 PEBD	ml	9640	34.06	328338.4
TubeØ50 PEBD	ml	150	148	22200
TubeØ90 PE	ml	150	720.5	108075
Vanne Ø100	U	5	4500	22500
Vanne Ø150	U	1	12000	12000
Vanne Ø200	U	7	16000	112000
Goutteurs	U	4790	31	148490
Filtre à tamismétallique	U	2	13500	27000
Manomètréglycérine 10bars	U	2	832.92	1665.84
totale				24819493.8

Donc:

Le cout total des dépenses des travaux égaux: **2667865da**

Le cout totale du projet est égale **27487358.9 DA**

En ajoute 30% pour les travailleurs donc cout total du projet à égale **356295330.8 DA**

Conclusion

Il est observé que la projection du réseau d'irrigation localisé et du réseau de distribution s'élève à 356295330.8 DA. Le coût de la mise en place du réseau d'irrigation localisée est élevé, comme mentionné précédemment, cette augmentation des coûts est causée par les équipements très onéreux (comme les conduites et la filtration).

Selon les coûts de projection des réseaux que nous avons obtenus, il est évident que l'estimation financière du réseau d'irrigation localisée est assez élevée, grâce à l'utilisation d'un nombre assez élevé de conduites.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

À la fin de cette étude, nous avons développé un projet d'irrigation dans le périmètre Ouest secteur en utilisant le barrage Bouroumi (W. de Blida). Le périmètre couvre une superficie de 180 hectares, qui a effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

En premier lieu, nous avons commencé par la présentation de la zone d'étude ainsi une étude climatique et hydrologique nous a indiqué que la région jouit d'un étage bioclimatique semi-aride qui nécessite une irrigation permanente. Par la suite nous avons abordé l'étude agro-pédologie où l'analyse du sol montre que le périmètre est dominé par des sols à texture limono-argileuse et pour cela on a choisi les cultures adaptés avec ces sols.

Dans le but d'améliorer le rendement agricole de la wilaya il est préalable d'implanter de nouvelles cultures comme les cultures olivier, bettrave et tomate ...

Après le choix des cultures nous avons fait des analyses sur la qualité des eaux de barrage Bouroumi et on a trouvé que cette eau est caractérisé par une conductivité électrique **EC** de 1021mS/cm et un **SAR** égal à 9.21ce qui montre qu'on a un risque très s'élevé de salinité et une alcalinité faible, donc on peut dire que ces eaux peuvent encore être utiliser pour l'irrigation à condition de respecter certains restrictions pour certains cultures.

Pour l'irrigation, après on a déterminé les besoins en eau totaux du périmètre ainsi de chaque cultures et connaitre le débit spécifique pour permettre de dimensionner le réseau de distribution.

Après le calcul de ce débit nous avons pu dimensionner le réseau de distribution qui compte :

- ✓ 10 bornes d'irrigation
- ✓ Des conduites dont le diamètre varie entre 500mmet 160mm.

Concernant la vérification de la vitesse d'écoulement sur les conduites et la pression au niveau des bornes on a défini les résultats suivants :

- ✓ La vitesse d'écoulement varie entre 0.589 et1.336 m/s
- ✓ La pression varie entre 99.852et 104.856 bars

Ces deux résultats sont acceptables et valables pour tous les systèmes d'irrigation.

On a un exemple de technique d'irrigation pour dimensionner le réseau d'une parcelle, par goutte à goutte. Ce système d'irrigation moderne permet d'économiser considérablement de l'eau et simplifie le travail de l'agriculteur.

D'après l'étude faite pour la réalisation du projet le cout est estimé à 356295330.8 DA (**Trois cent cinquante-six millions deux cent quatre-vingt-quinze mille trois cent trentedinarsetquatre-vingtscentimes.**)

La réalisation de ce projet permettra d'améliorer les conditions socio-économiques des agriculteurs de la commune de ahmer aine dans ce sens nous suggérons l'adoption de cultures ayant un meilleur rendement et moderniser les systèmes d'arrosages, Aussi l'introduction de technologie innovante de distribution et de gestion de l'eau (smarte green hose) pourra réduire les pertes en eau (évapotranspiration) et améliorer la gestion de cette ressource et permettre aussi les techniques supplémentaires non conventionnelle tels que hydroponie et la culture hors sols

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

ANRH. Etude agro-pédologique de la Mitidja. 1990.

D.Veschambre ,P.Vaysse;(1980):Mémento goutte a goutte ,guide pratique de la micro irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA;P156

Ecrément Y., 1971. Étude agro-pédologique de la plaine de la Mitidja et carte 1/50 000°. Alger : Institut Géographique National

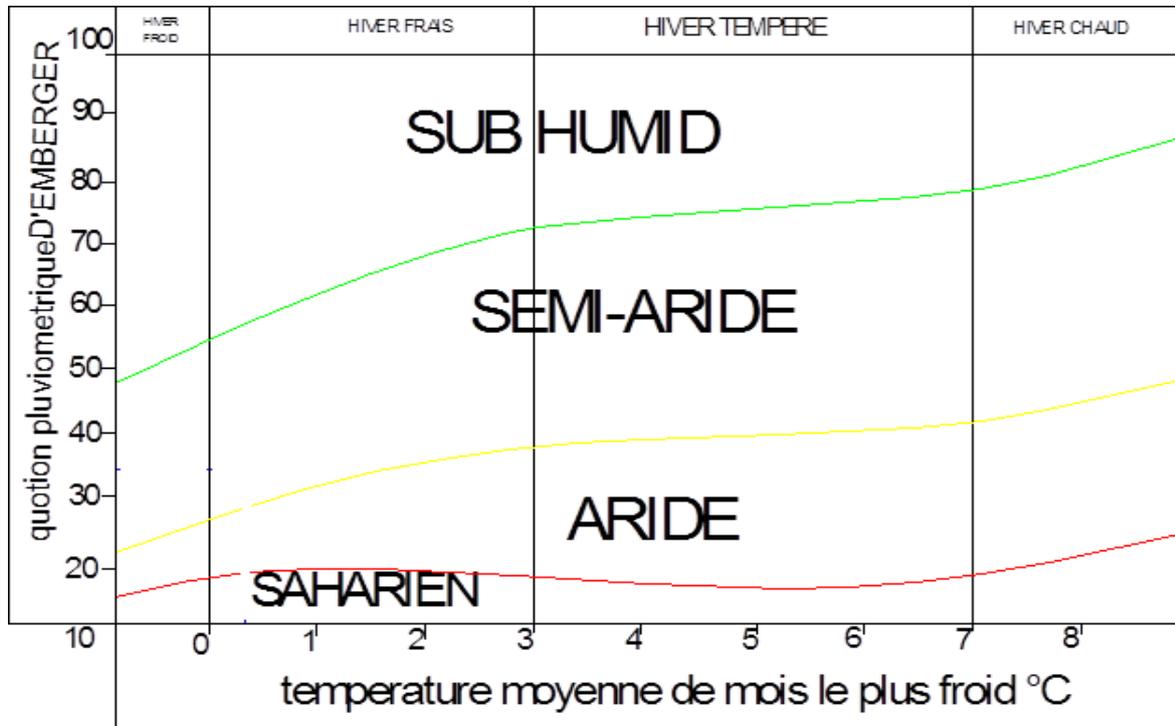
HARTANI T. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie Thème2 Vers une gestion durable de l'irrigation : conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 avril 2004. 11p (2004).

ONID. Aménagement et équipement du périmètre hydro-agricole de la Mitidja centre secteur DR1 sur 3.332 ha dans la wilaya de Blida.

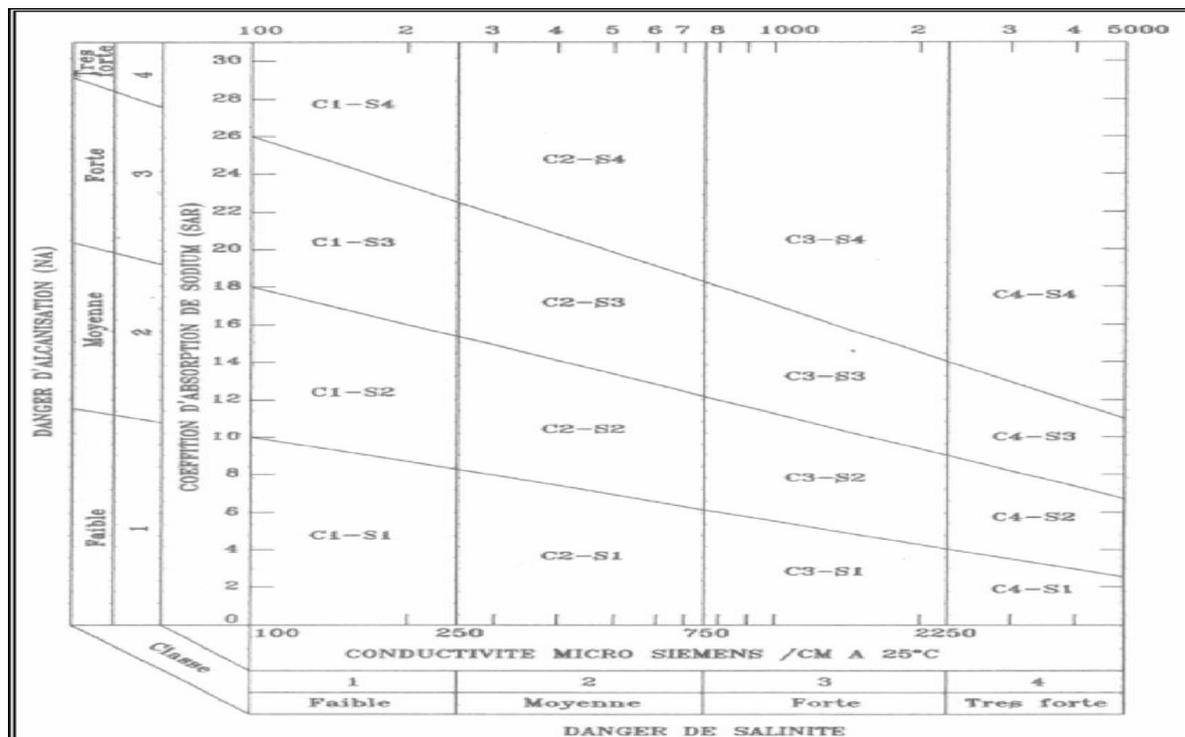
Ollier, Ch, Poirée, M (1983) : Les réseaux d'irrigation théorie, technique Et économie des arrosage, Paris.500P.

ANNEXE

Annexes I : Diagramme bioclimatique d'Emberger



Annexes II : qualité d'eau d'irrigation

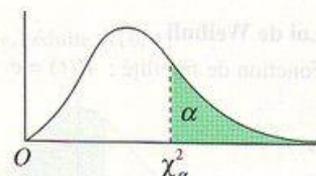


Annexes III : la table de khi deux

Table de distribution de χ^2 (loi de K. Pearson)

La table donne la probabilité α , en fonction du nombre de degrés de liberté ν , pour que χ^2 égale ou dépasse une valeur donnée χ^2_α .

$$\alpha = P(\chi^2 \geq \chi^2_\alpha)$$



ν	$\alpha = 0,990$	$\alpha = 0,975$	$\alpha = 0,950$	$\alpha = 0,900$	$\alpha = 0,100$	$\alpha = 0,050$	$\alpha = 0,025$	$\alpha = 0,010$	$\alpha = 0,001$
1	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	0,12	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	20,52
6	0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,47	24,32
8	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	26,13
9	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	3,05	3,82	4,57	5,58	17,27	19,67	21,92	24,72	31,26
12	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,84	32,00	39,25
17	6,41	7,56	8,67	10,08	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,80	42,31
19	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	45,32
21	8,90	10,28	11,59	13,24	29,61	32,67	35,48	38,93	46,80
22	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,41	39,37	42,98	51,18
25	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,88	41,92	45,64	54,05
27	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	13,57	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

Quand ν est supérieur à 30, on utilise la table de la loi normale (table de l'écart réduit) avec :

$$t = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2\nu - 1}$$

Orge

RFU-Theo	RFU-reelle
52.26	52.26
71.86	23.90
78.4	0.00
91.46	0.00
91.46	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
0	0.00
39.2	39.20
39.2	39.20

bettrave

RFU-Theo	RFU-reelle
117.6	117.60
124.13	41.38
117.6	0.00
117.6	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
0.00	0.00
65.33	65.33
91.45	91.95