



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION
DU PERIMETRE DE AIN BEIDA (120HA) A PARTIR
DE DEUX FORAGE(W. OUARGLA)**

Présenté par :

OUFFA RACHID

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examineur
SAIL Nadhira	M.C.B	Examineur
KERID Rachid	M.C.A	Examineur
DJOU DAR HALAL Dahbia	M.C.A	Promoteur

Session Septembre 2024

Remerciements

Je commence par exprimer ma gratitude envers Allah, qui a éclairé mon chemin et m'a donné la force ainsi que la volonté nécessaire pour compléter mes études universitaires et ce présent travail. Je souhaite également adresser mes sincères remerciements à ma promotrice, Madame DJOUDAR.D, pour ses précieux conseils, ainsi qu'à Madame AZIEZ.O pour son aide précieuse. Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury qui examineront mon travail, je les remercie vivement pour cet honneur. Enfin, mes remerciements vont également à toutes les personnes de mon école .qui m'ont soutenu tout au long de cette période.

Dédicace

Je dédie ce travail **A ma cher mama** Pour m'avoir toujours soutenue et encouragée, pour leur présence de tous les instants, et pour m'avoir toujours entourée de leur amour, qu'ils trouvent à travers ce travail les fruits et la récompense de leurs efforts, Qu'Allah vous protège A mon grand père **MUSTAPHA** et mes oncles **RACHID** et **MUSTAPHA** allah yrhamhum a mes grand parents **Hadj BEN YUCEF HADJA MALIKA ET HADJA FATMA** A ma chère sœurs **KHOULOU** et mon frère **MUSTAPHA** pour l'amour et la complicité qui nous unissent. A mes oncles **KARIM** , **MOURAD**,**SAMIR** et **ABDEL REZAK** a mes tantes ,**KHADIDJA** et **HANANE** mes cousins, **ZAKI** Lacoste (houari) et **YOUNES** et **YACINE** A tous les membres de ma famille paternelle et maternelle, sans oublier les deux princesses **HIBA** et **AMIRA** veuillez Trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection. A mes meilleurs amis **MAHMOUD**(A.A.A) , **AKRAM**, **ABD EL HAFID**,**OUSSAMA**, **ABDO** (les creps) **SID AHMED**, **MOURAD**(E.D) et toutes l'équipes

Aussi pour mes meilleurs amis de L'ENSH Blida **SIFO**, **ACHRAF**, **YUCEF**, **NOURI** , **ALI** (manini), **RIED**,**KAMILO**,**LOTFI**,**YAHIA**,**SID MED**, **ISMAIL** (Mon ami),pour les beaux moments qu'on a passés ensemble. A mon frere **ABD RL RAOUF BOUAMAMA** laide dans pfe A mes enseignements pour leur gentillesse, et leurs aides dans les moments .difficiles de ce travail. A toutes celles et tous ceux qui m'ont aidé dans mes études

تهدف هذه الدراسة إلى تصميم نظام سقي لمحيط عين البيضاء بولاية ورقلة ، يمتد على مساحة 120 هكتار ويضم مجموعة متنوعة من المزارع مثل زراعة الأشجار والخضروات والحبوب. يبدأ تصميم الشبكة بتحليل احتياجات المياه، تليها إنشاء نظام الضخ من الابار الى شبكة التوزيع. بعد تقدير احتياجات المحاصيل وإجراء الحسابات الهيدروليكية، تم تحديد أقطار مختلفة لضمان ظروف تشغيل فنية مثالية من حيث الضغط والتدفق. وأخيراً، تم تصميم شبكة سقي تشمل نظام التنقيط.

كلمات مفتاحية: السقي، الزراعات، شبكة السقي، نظام التنقيط

Résumé

Cette étude vise à concevoir un système d'irrigation pour la région de Ain Beida dans la wilaya de Ouargla, s'étendant sur une superficie de 120 hectares et comprenant une variété de cultures telles que des arbres, des légumes et des céréales. La conception du réseau commence par une analyse des besoins en eau, suivie de la création d'un système de pompage depuis les puits jusqu'au réseau de distribution. Après avoir estimé les besoins des cultures et effectué les calculs hydrauliques, différents diamètres ont été déterminés pour garantir des conditions de fonctionnement techniques idéales en termes de pression et de débit. Enfin, un réseau d'irrigation a été conçu, incluant un système de goutte-à-goutte.

Mots-clés : irrigation, cultures, réseau d'irrigation, système de goutte-à-goutte.

Abstract

This study aims to design an irrigation system for the Ain Beida region in the Ouargla wilaya, covering an area of 120 hectares and including a variety of crops such as trees, vegetables, and cereals. The network design begins with an analysis of water needs, followed by the creation of a pumping system from the wells to the distribution network. After estimating the crop requirements and performing hydraulic calculations, different diameters were determined to ensure optimal technical operating conditions in terms of pressure and flow. Finally, an irrigation network was designed, including a drip irrigation system.

Keywords: irrigation, crops, irrigation network, drip irrigation system.

Table de matières

Résumé

Table de matières

Liste de figures

Liste de tableaux

Liste de planches

Introduction générale... 1

I. Analyse des Conditions Naturelles de la zone d'étude 2

I.1 Introduction 2

I.2 Cadre géographique 2

I.2.1 Situation géographique générale 2

I.2.2 Présentation du périmètre d'étude 2

I.3 Etude géologique 3

I.3.1.2 Le relief 6

I.3.2 Le secondaire 7

I.3.3 Le Tertiaire 9

I.5 Situation Hydrogéologique 10

I.5.1 Nappe phréatique 10

I.5.2 Nappe du complexe terminal 11

I.6 Topographie 12

I.7 Conclusion : 11

II. Etude climatique de la zone 12

II.1 Introduction 13

II.2 Etude du climat 15

II.3 Etude des paramètres climatologiques 15

II.3.1 Les précipitations 15

II.3.2 Température 17

II.3.3 Le vent 18

II.3.4 Humidité 19

II.3.5 L'insolation 20

II.3.6 L'évaporation 20

II.4 Classification du climat 21

II.4.2 Indice d'aridité mensuel de De Martonne 22

II.4.3 Quotient pluvio-thermique d'EMBERGER 23

II.4.4 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen	24
II.5 Conclusion.....	24
III.Ressources en eau et en sol.....	
III.1 Introduction.....	
III.2 Ressources en eau	27
III.3 Ressources en eau potentielles	27
III.4 Qualité des eaux	27
III.4.1 La salinité totale.....	27
III.4.2 L'alcalinité	28
III.4.3 Salinité de l'eau d'irrigation	29
III.4.4 Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation	30
III.5 Classification de l'eau d'irrigation	30
III.6 L'analyse de l'eau d'irrigation	31
III.6.2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique	32
III.7 Ressources en sol	33
III.8 Classification des sols	33
III.9 Etude Hydrologique	35
III.9.1 Choix de la station pluviométrique	35
III.9.2 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	37
III.10 Ajustement statistique des pluies	38
III.10.1 Calcul des Degrés de Liberté	42
III.11 Conclusion	43
IV. Evaluation des besoins en eau des cultures.....	42
IV. 1 Introduction	44
IV.2 Besoins en eau des cultures	44
IV.2.1 Evaluation des besoins en eau d'une culture.....	44
IV.2.2 Calcul de l'évapotranspiration.....	44
IV.3 Calcul de la pluie efficace	47
IV.4 Calcul de la réserve en eau du sol.....	48
IV.5 Choix des cultures.....	48
IV.5.1 Occupation des sols	48
IV.5.2 Autres notions	49
IV.6 Estimation des coefficients culturaux (Kc).....	49
IV.7 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures	49
IV.8 Estimation des besoins en eau des cultures choisies.....	50
IV.8.1 Estimation des besoins en eau des céréales	51
IV.9 Calcul en eau pour l'assolement	52

IV.9.1	Besoin en eau pour lessivage	53
IV.9.2	Calcul du débit spécifique	55
IV.9.3	Evaluation du débit caractéristique.....	55
IV.10	Conclusion	56
V.	Choix de système d'irrigation	55
V.1	Introduction.....	57
V.2	Choix des techniques d'irrigation	57
V.3	Classification des techniques d'irrigation	57
V.3.1	Irrigation gravitaire	58
V.3.2	L'irrigation par aspersion.....	59
B.	Installation mobile.....	60
V.3.3	Irrigation localisée (Goutte à goutte)	61
V.4	Choix de la technique d'arrosage.....	62
V.5	Conclusion	63
	VI Etude de système d'adduction et de distribution.....	62
VI.1	Introduction.....	62
VI.3	Organisation du périmètre	64
VI.3	Rôle et fonction de la borne d'irrigation	64
VI.4	Calcul hydraulique des bornes.....	65
VI.4.1	Choix du diamètre de la borne	66
VI.4.2	Position des prises.....	66
VI.4.4	Plan des bornes	67
VI.5	Choix du matériau	67
VI.5.1	Vitesse admissibles.....	68
VI.5.2	Les pressions à garantir au bornes	68
VI.5.3	Calcul des pressions des bornes.....	69
VI.6	Etude de pompage.....	70
VI.6.1	Généralités sur les pompes	70
VI.6.2	Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation	70
VI-6.4	Calcul des frais d'amortissement.....	73
VI-6.5	Calcul des frais d'exploitation.....	73
V.6	Puissance absorbée par la pompe.....	74
VI-9.1	Influence du taux de couverture du sol	74
VI-9.2	Dose nette pratique.....	75
VI-9.3	Fréquence et espacement des arrosages (Fr).....	76
VI-10	Calculs hydrauliques	76
VI-10.1	Dimensionnement des canalisations du réseau	77

VI-11 Conclusion.....	81
VII Evaluation économique du projet.....	
VII.2 Différents types de travaux à entreprendre.....	84
VII.2.1 Travaux concernant l’adduction et le réseau de distribution	84
VII.2.2 Calcul du volume du terrassement	85
□ Profondeur de la tranchée	85
VII.3 Calcul du volume du déblai.....	86
VII.3.1 Calcul du volume de lit de sable	86
VII.3.2 Calcul de volume de remblai	86
VII.3.3 Estimation de cout total du projet.....	87
VII.5 Le bassin de stockage	90
VII.6 Devis des travaux	90
VII.7 Conclusion.....	91
Conclusion générale.....	92
Référence	
Annexes	
Abréviation	

Liste des figures

Chapitre I : Analyses des conditions naturelles

Figure I-1 : Situation géographique de la wilaya de Ouargla 2024.....	3
Figure I-2: Carte satellitaire du périmètre (Source : Google Earth,2024).....	3
Figure I-3: Coupe schématique de plateau de Ouargla	6
Figure I-4 : Carte géologique de la région d'Ouargla	7
Figure I-5: Carte piézométrique de la nappe phréatique	10
Figure I-6: carte des ressources en eaux souterraines	11
Figure I-7: Carte topographique de la cuvette de Ouargla	12

Chapitre II : Etude climatique

Figure II-1 : Précipitations moyennes mensuelles (Station Ouargla)	16
Figure II-2 : Courbes des températures moyennes mensuelles	17
Figure II-3 : Répartition Moyennes mensuelles des vents de la station de Ouargla.....	19
Figure II-4 : Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Ouargla.....	19
Figure II-5 : Répartition des Moyennes mensuelles des insolation de la station de Ouargla	148
Figure II-6 : Répartition des Moyennes mensuelles des évaporation de la station de Ouargla....	21
Figure II-7 : Abaque d'aridité annuel de De Martonne.....	22
Figure II-8 : Climatogramme d'EMBERGER.....	24
Figure II-8 : Climatogramme de Gaussen	24

Chapitre III : Ressources en eau et en sol

Figure III-1 : diagramme de classification des eaux d'irrigation (selonUSSL).....	30
Figure III-2 : Diagramme des textures	34
Figure III-3 : L'ajustement par loi normale obtenu par le logiciel HYFRANT.....	40
Figure III-4 : L'ajustement par loi normale obtenu par le logiciel IHYFRANT	41

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Figure V-1 : Irrigation à la raie	57
Figure V-2 : Irrigation par enrouleur	58
Figure V-3 : Irrigation par pivot.....	59
Figure V-1 : Irrigation localisée (Goutte à goutte)	60

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Figure VII-1 : Schéma d'un tranché.....	84
---	----

Liste des tableaux

Chapitre II : Etude climatique de la zone

Tableau II-1 : Précipitations moyennes mensuelles (ONM Ouargla)	16
Tableau II-2 : Répartition saisonnières des précipitation (mm).....	16
Tableau II-3: Températures moyennes mensuelles Station Ouargla	17
Tableau II-4 : Moyennes mensuelles des vents de la station de ouargla	18
Tableau II-5 : Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de ouargla.....	19
Tableau II-6 : Moyennes mensuelles des Insolations de la station de ouargla.....	20
Tableau II-7 : Classification du climat selon la classification de DE MARTONNE.....	20
Tableau II-8 : Indice d'aridité de Martonne concernant la station de sekkak.....	21
Tableau II-9 : Résultats des indices d'aridité mensuels de Martonne.....	23
Tableau II-10: Indice d'Emberger	23

Chapitre III : Ressources en eau et en sol

Tableau III-1: valeurs de K'	29
Tableau III-2 : Les classes de l'eau d'irrigation (DURAND, 1958)	33
Tableau III-3 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T.....	34
Tableau III-4 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la napphephréatique...36	
Tableau III-5 : Analyse chimique du sol.....	37
Tableau III-6 : Analyse physique du sol	37
Tableau III-7 : Caractéristiques de la station Hydro climatique d'Ouargla	37
Tableau III-8 : La série des Précipitation moyennes mensuelles (1990-2022).....	39
Tableau III-9 : Tableau présentant le test de Wilcoxon.....	41
Tableau III-10 : Période de retour et intervalle de confiance obtenus par le logiciel HYFRAN.42	
Tableau III-11 : la pluie en fonction de la période de retour	43
Tableau III-12 : Calcul de P80%	43

Chapitre IV : Evaluation des besoins en eau des cultures

Tableau IV-1 : Précipitations efficaces de la zone d'étude.....	45
Tableau IV-2 : Occupation du sol.....	46
Tableau IV-3 : Les cultures proposés	46
Tableau IV-4 : Profondeur utile (Z) pour les cultures existant en mètre.....	47
Tableau IV-5 : Coefficients culturaux des cultures (Kc)	48
Tableau IV-6 : Calcul des besoins en eau pour le Blé	49
Tableau IV-7 : Calcul des besoins en eau pour l'orge grain.....	49
Tableau IV-8 : Calcul des besoins en eau pomme de palmier dattier	50
Tableau IV-9 : Calcul des besoins en eau pour la tomate	50
Tableau IV-10 : Calculs des besoin en eau pour l'olivier	51
Tableau IV-11 : Récapitulatif des besoins net (mm)	52

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Tableau V-1 : Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité	56
Tableau V-2 : Avantages et inconvénients par aspersion	57
Tableau V-3 : Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.....	60
Tableau V-4 : Analyse multicritère de choix de technique d'arrosage	60

Chapitre VI : Etude de système d'adduction et de distribution

Tableau IV.1 : Caractéristiques du forage	66
Tableau VI-2 : Choix du diamètre de la borne.....	67
Tableau VI-3 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.	68
Tableau VI-4 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution	70
Tableau VI-5 : Résultats du calcul de HMT	73
Tableau VI-6 : Résultats de logiciel de caprari	73

Chapitre VII : Evaluation économique du projet

Tableau VII-1 : Calcul du volume de déblai et sable et rembli pour les canalisations	81
Tableau VII-4 : Estimation du cout de pose de canalisation du réseau.....	82
Tableau VII-5 : Estimation du coût des conduites du réseau.....	81
Tableau VII-6 : Estimation de coup des bornes d'irrigation	82
Tableau VII-7 : Estimation du coût des goutteurs	83
Tableau VII-8 : Estimation du coût des portes rampes	84
Tableau VII-9 : Estimation du cout de pompage	85
Tableau VII-10 : Estimation du cout du réservoir de stockage	85
Tableau VII-11 : Devis estimatif total	85

Liste des planches

Planche 1 : Plan de situation.

Planche 2 : Plan d'addiction et distribution de réseaux

Planche 3 : Profil en longe

Planche 4 : Profil en longe

Planche 5 : Plan d'occupation.

Planche 6 : réseaux goutte à goutte.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau joue un rôle crucial dans le développement économique d'un pays, particulièrement évident en Algérie. L'économie et la société algériennes dépendent largement de la gestion efficace de l'irrigation. L'agriculture occupe une position centrale, mais fait face à des défis majeurs tels que la rareté des précipitations et leur répartition inégale. De plus, la croissance rapide de la population accentue la pression sur la capacité à produire suffisamment de nourriture pour répondre aux besoins fondamentaux et améliorer le bien-être.

Dans ce contexte, l'eau devient un enjeu stratégique pour l'Algérie, notamment dans le secteur agricole qui en est le plus grand consommateur. Il est impératif de mobiliser toutes les ressources disponibles pour augmenter la productivité de cette ressource. Bien que l'objectif d'atteindre l'autosuffisance alimentaire totale soit ambitieux, cette approche contribuera à réduire la dépendance alimentaire du pays.

Pendant de nombreuses années, l'irrigation à Ain Bieda reposait sur l'exploitation individuelle des sources locales. Toutefois, cette étude vise principalement à optimiser l'utilisation des terres agricoles à Ain Bieda en rationalisant l'utilisation des ressources en eau, conventionnelles ou non, disponibles à proximité. Cela inclut la proposition de créer un périmètre d'irrigation intégrant les données climatiques, agro-pédologiques, hydrologiques et qualitatives pour choisir le mode d'irrigation le plus adapté.

Chapitre I
Analyse des Conditions
Naturelles de la zone d'étude

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles de la zone d'étude

Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est d'analyser de manière approfondie les caractéristiques naturelles de la zone d'étude, en prenant en considération ses aspects géographiques, géologiques, climatiques et socio-économiques. Cette démarche est entreprise dans le but de cerner les types de cultures qui conviennent le mieux à cette région

I.1 Cadre géographique

Ouargla se trouve dans le Nord-Est de l'Algérie, spécifiquement dans la région septentrionale du Sahara algérien. Elle est distante de 190 km à l'est de Ghardaïa, 160 km au sud-ouest de Touggourt, 388 km au sud de Biskra, à 800 km d'Alger et à 618 km de Constantine.

I.1.1 Situation géographique générale

La région de Ouargla se situe dans le sud-est du pays, à une distance d'environ 800 km de la capitale. Nichée au creux d'une vaste cuvette dans la basse vallée de l'Oued Mya, ses limites administratives sont définies comme suit :

- À l'est, la wilaya d'ElOued et la frontière algéro-tunisienne.
- Au nord-ouest, la wilaya de Djelfa, et au nord-est, la wilaya d'ElOued.
- Au sud-est, la wilaya d'Ilizi, et au sud-ouest, la wilaya de Tamanrasset.
- À l'ouest, la wilaya de Ghardaïa.

Les coordonnées géographiques de la région sont les suivantes :

- Altitude moyenne : 134 mètres.
- Latitude : 31°58' et 32°03' Nord.
- Longitude : 5°20' et 5°35' Est.

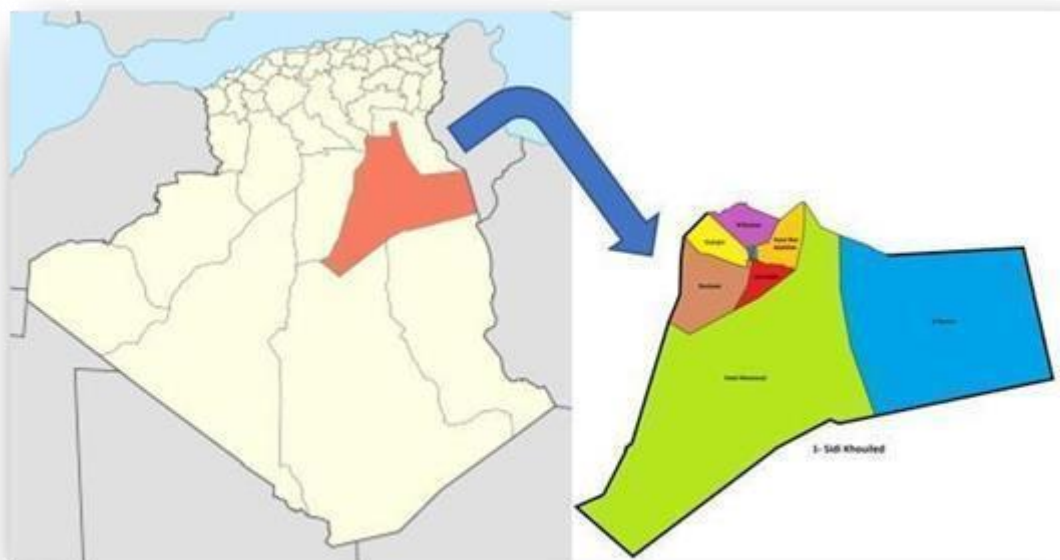


Figure I-1 : situation géographique de la zone d'étude, wilaya de Ouargla (2024)

1.2.2 Présentation du périmètre d'étude :

Le périmètre d'étude dans la région de Ain Beida, dans la wilaya de Ouargla, couvre une superficie de 120 hectares. Ce périmètre est principalement axé sur l'étude et la réalisation d'un réseau d'irrigation



Figure I-2 : situation satellitaire du périmètre (Source : Google Earth,2024)

I.3 Topographie

Le relief de la région d'Ouargla est principalement caractérisé par des pentes légèrement inférieures à 1 pour mille, bien que cette inclinaison ne soit pas uniforme. La région est située dans une dépression au fond d'une vaste cuvette formée par la basse vallée fossile quaternaire de l'Oued M'ya, qui descend en douceur vers le plateau de Tadmaït et s'étend sur environ 45 km de largeur jusqu'à environ 20 km au nord de Ouargla, d'après ROUVILLOIS-BRIGOL (1975).

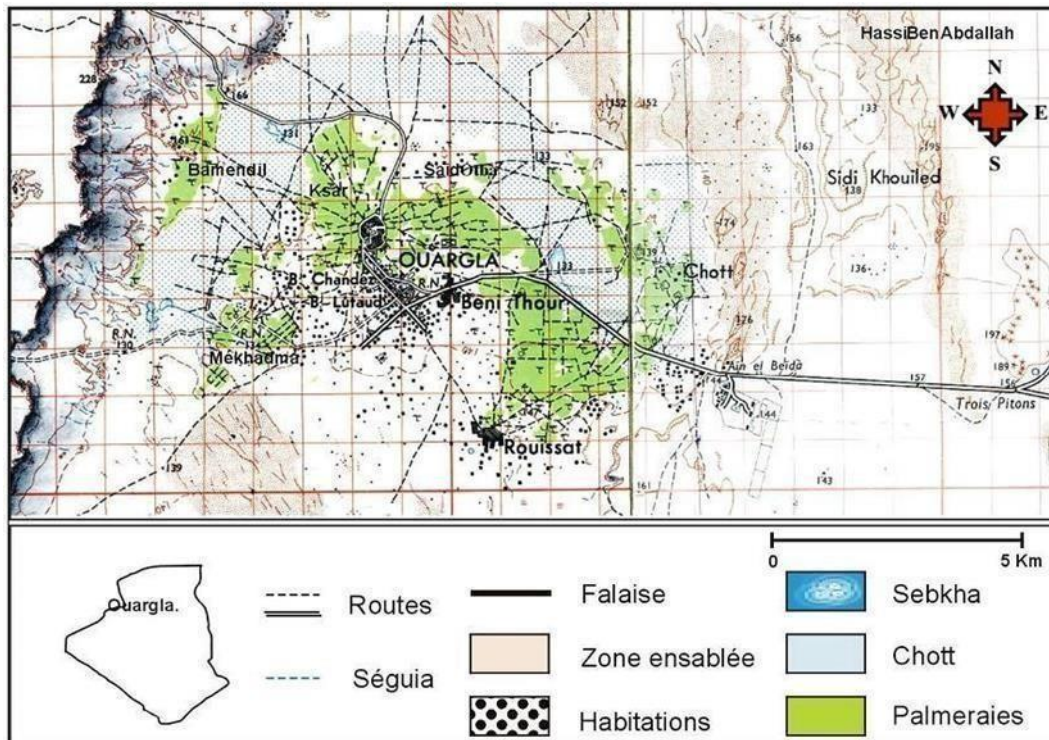


Figure I-3 Carte topographique de la cuvette de Ouargla (I.G.N., 1960 in DADDI BOUHOUN, 2010)

I.4 Etude géologique

La géologie, fondamentalement, étudie la surface de la Terre en examinant ses composants, son évolution au fil du temps et les forces qui l'ont influencée. Ces recherches sont cruciales pour une utilisation durable des ressources naturelles, une meilleure appréhension des dangers naturels, la protection de l'environnement et une prise de décision éclairée dans divers domaines

* Le plateau du M'Zab à l'Ouest.

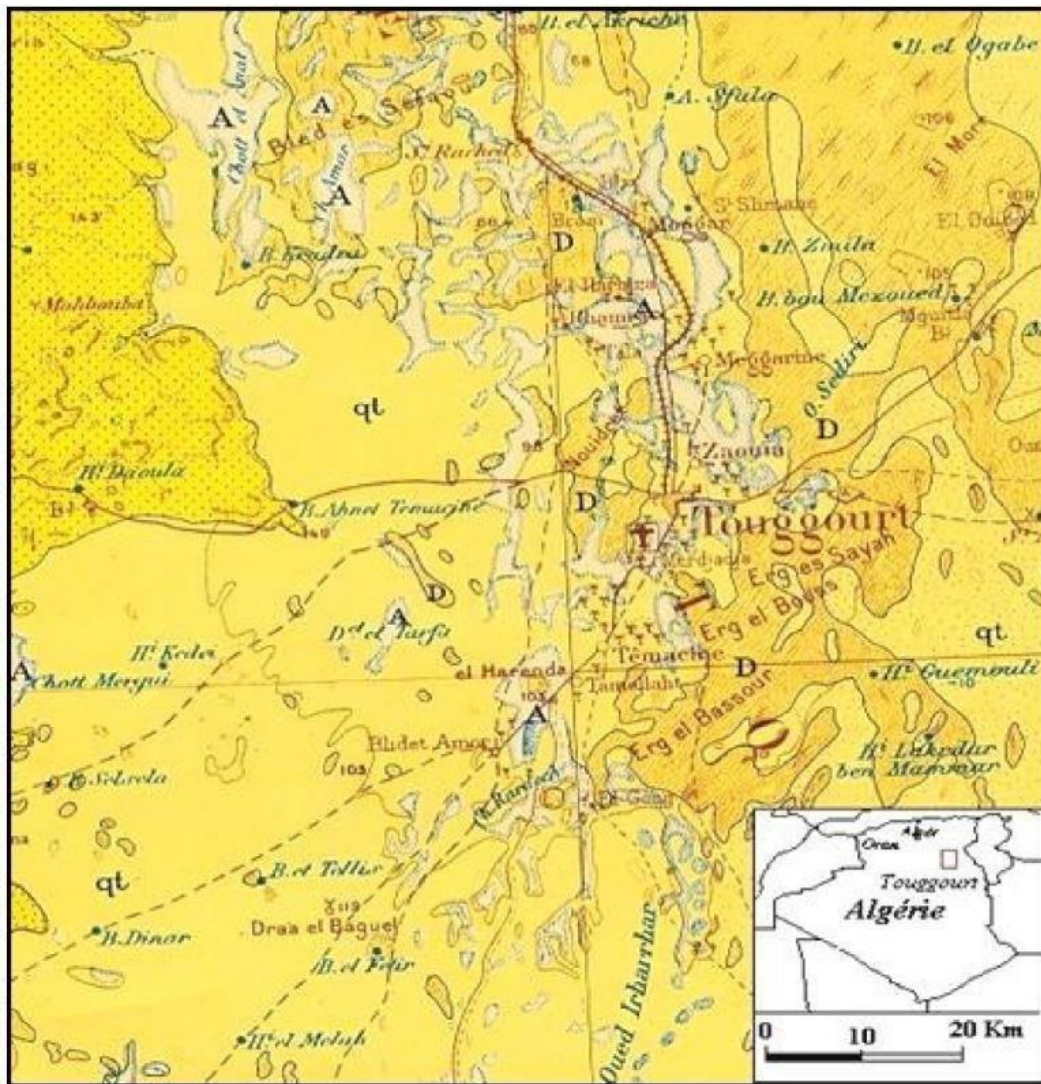


Figure I-4: CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION d'Ouargla, RTE GÉOLOGIQUE (CONSTANTINE SUD ECHELLE 1/500 000).

I.4.1 Le secondaire

Le trias le Jurassique composé du Lias dogger inférieur, constitué principalement d'anhydrite et de sel gemme d'une épaisseur importante d'environ 430 m. Le Bathonien a une partie inférieure constituée d'anhydrite, d'argiles et de carbonate avec une faune abondante. La série supérieure est homogène dans son caractère conducteur en raison d'une teneur élevée en argiles. Les éléments d'exportation continentale sont abondants à côté du quartz détritique. On remarque la fréquence des lignites, des charbons, des débris végétaux et du fer d'origine continentale (argiles limonitiques, etc.).

L'intervalle Callovien-Oxfordien-Kimméridgien est constitué d'argiles et de grès. Les carbonates sont sous forme de dolomie beige et de rares passés marneux. Le lignite est fréquent dans les faciès gréseux.

Le Crétacé se compose du Néocomien (Valanginien et Hauterivien) où on distingue à la base des argiles inférieures puis des grès moyens, des argiles intermédiaires et plus haut des grès supérieurs et des argiles sommitales. Son épaisseur est d'environ 175 m.

L'Aptien est caractérisé par des teneurs en carbonates comprises entre 50 et 75 % et de 10 à 20 % d'argiles. Ces carbonates sont représentés presque exclusivement par des dolomies avec des épaisseurs d'une grande régularité comprise entre 20 et 26 m.

L'Albien a des épaisseurs importantes comprises entre 350 et 432 m. Les éléments détritiques non argileux deviennent largement prépondérants (70 à 90 %) : grès fins avec du grès moyen parfois argileux ou souvent carbonaté, on note aussi des argiles brun-rouge gris-vert et beige, elles-mêmes pélitiques et sableuses qui peuvent se transformer en marne et argiles dolomitiques gris-vert.

L'AlboVraconien (ancien nom de l'Albien) est le faciès carbonaté de la partie supérieure de l'Albien. Son épaisseur est de l'ordre de 40 à 60 m et est caractérisé par la présence de carbonate dolomite de l'ordre de 50 %.

Le Cénomaniens est composé de 20 à 25 % de carbonate et de 10 à 20 % d'anhydrite (gypse) avec une épaisseur comprise entre 130 et 155 m. La série inférieure est principalement représentée par des argiles dolomitiques grises ou grises blanchâtres, conductrices et épaisses de 65 à 80 m. La série supérieure est résistante et épaisse de 60 à 70 m avec une alternance d'argiles et de marne dolomitique grise, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite et quelques interactions de calcaire dolomitique et de selgemme.

Le Turonien a une épaisseur peu importante de 65 à 85 m du nord au sud. Il est constitué de calcaire crayeux beige à blanc, avec du marne gris à la base, du calcaire argileux et au sommet quelques bancs de calcaires dolomitiques

Le Sénonien lagunaire est particulièrement épais, atteignant jusqu'à 400 m ou plus. Il est composé d'anhydrite inférieure d'une épaisseur de 40 à 50 m avec quelques intercalations d'argiles grises à grises-vertes et des passés de sel. La formation salifère a une épaisseur comprise entre 151 et 167 m, caractérisée par des passés d'argile brune-rouge, parfois grise-verte, de l'anhydrite blanche et quelques calcaires recristallisés à débris. L'anhydrite moyenne a une épaisseur de 100 m qui atteint 149 m au sud. La zone calcaire argileuse est composée de calcaires (30 %), dolomie (20 %), argiles (25 %) et anhydrites (25 %) avec une épaisseur d'environ 50 m. L'anhydrite supérieure a une épaisseur importante. L'anhydrite massive, souvent gypseuse, représente 55 à 70 % du total de l'intervalle

I.4.2 Le Tertiaire

Au Tertiaire, nous avons :

le Maestrichien et l'Eocène (Sénonien carbonaté auctorum) constitués d'un ensemble carbonaté d'une épaisseur de 200 à 150 m, s'amincissant du nord vers le sud.

Le Miocène est principalement formé de sables déposés et consolidés sous un climat chaud semi-

. Selon Cornet (1964), cette formation tertiaire comprend, de bas en haut : un banc d'argiles jaunes ou sableuses d'une épaisseur de 20 m, un ensemble détritique de sables gros-siers blancs ou jaunes contenant la nappe miopliocène, un niveau de calcaires et marnes lacustres très durs avec une base formée par un banc d'argile plus ou moins sableuse et des sables généralement roses ou rouges avec intercalation de bancs de grès roses. Une croûte conglomératique à ciment siliceux forme la surface. Ces dernières formations n'apparaissent pas dans la vallée, que ce soit par érosion fluviale (la subsidence récente des chotts Merouane et Melhrir provoquant l'affaissement progressif de l'Oued Mya dans le plateau des Ganntra) ou par déflation éolienne.

I.4.3 Le Quaternaire

Le Quaternaire est caractérisé par des remblaiements alluviaux ou éoliens irréguliers dans la vallécules séries moyennes du continental terminal

I.5 Géomorphologie et relief :

I.5.1 La géomorphologie :

La géomorphologie de la région comprend les éléments suivants :

Hamada Mio-Pliocène et Plio-Quaternaire : Plateau constitué de grandes dalles rocheuses, formé de dépôts continentaux détritiques avec une altitude moyenne de 200 m.

Formations sableuses : Composées de dunes et de cordons d'ergs.

Étendues alluviales : Correspondent au lit de l'oued Mya, s'étendant selon un axe sud-ouest - nord-est.

Sebkhas : Dépressions servant d'exutoire pour la nappe phréatique, la plus grande étant la Sebkhet Safioune au nord, également le point le plus bas de la région.

La cuvette d'Ouargla est creusée dans des formations continentales du Mio-Pliocène, composées de sables rouges et de grès tendres avec des nodules calcaires et des niveaux calcaires ou gypseux visibles sur ses bords est et ouest. Après sa formation, la cuvette a été occupée par un lac où se sont déposés des sédiments fins, argileux ou d'origine chimique, comme des craies, de la calcédoine et des évaporites, avec un niveau charbonneux daté de 17 000 ans.

Les oueds descendant de la dorsale mzabite à l'ouest (oueds M'Zab, N'Sa, Z'gag) ou du Tadmaït au sud (oued Mya) se déversaient dans ce lac, formant des cônes alluviaux ou obstruant la vallée (oueds N'Sa et Z'gag au nord de la Sebkhet Safioune), ou se confondant avec la cuvette (oued Mya).

Après le dernier grand pluvial, le lac s'est retiré, laissant l'oued Mya avec un cours intermittent, limité par les reliefs en aval de la Sebkhet Safioune. Au centre de la zone d'étude, la cuvette d'Ouargla est bien visible, mais les alluvions des oueds N'Sa et Z'gag obstruent le flux vers l'aval. La rupture de cette barrière à l'est a permis aux eaux du lac de s'échapper vers le nord-est, en direction de Touggourt et du Chott Melhrir. Actuellement, les crues les plus importantes de l'oued Mya se limitent à 200 km en amont de Ouargla. Les crues de l'oued M'Zab atteignent la Sebkhet Safioune deux fois par siècle, tandis que celles de l'oued N'Sa semblent plus fréquentes.

Les recherches archéologiques indiquent que la dépression de l'oued Mya n'a été drainée que pendant une période très ancienne du Quaternaire, et que les sebkhas n'étaient pas fonctionnelles à l'époque néolithique en raison de la présence de gisements. Les sebkhas sont apparues lors d'une période humid antérieure.

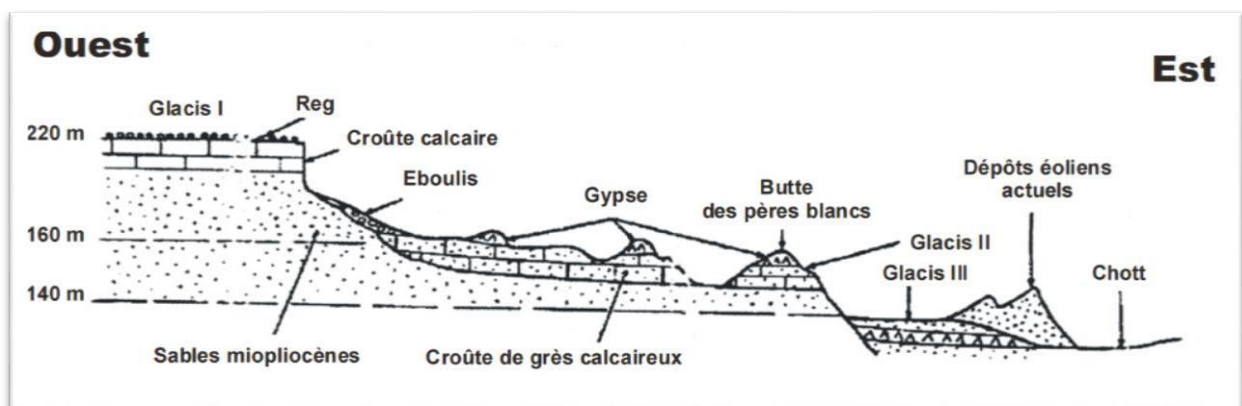


Figure I-4: Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette d'Ouargla, (le lièvre, 1969)

I.5.2 Le relief

Le territoire d'Ouargla est situé dans l'immense bassin saharien, caractérisé par un relief très varié. Il comprend notamment le Grand Erg Oriental, une vaste mer de sable dont certaines dunes peuvent atteindre 200 mètres de hauteur, couvrant environ les deux tiers de la Wilaya.

La région comprend également :

La Hamada : Un plateau rocailleux principalement localisé à l'ouest et au sud.

Les vallées : Représentées par les vallées fossiles de l'oued Mya et de l'oued Righ.

Les plaines : S'étendant du nord au sud, mais plutôt réduites à la limite occidentale de la Wilaya.

Les dépressions : Principalement situées dans la région de l'oued Righ.

Le relief est dominé par :

Le Grand Erg Oriental : Une véritable mer de sable où les dunes peuvent atteindre une hauteur de 200 mètres, couvrant environ les deux tiers du territoire.

La Hamada : Un plateau caillouteux situé principalement au sud et à l'ouest.

Les plaines : Relativement réduites, s'étendant du nord au sud. Les oueds Mya et Righ constituent les deux vallées fossiles de la région.

Les dépressions : Peu nombreuses, elles se trouvent dans la zone de l'oued Righ.

Notre terrain d'étude se trouve dans ce vaste bassin saharien, caractérisé par des dépôts plio-quadernaires, avec quelques affleurements éocènes et crétacés à l'est. La Wilaya se situe dans une région très peu accidentée et tectoniquement stable. Trois zones distinctes se démarquent :

Le Grand Erg Oriental : Un vaste dépôt de sable éolien à l'est et au sud.

Le centre : Une région de vallées, où prédominent les dépôts d'alluvions.

I.6 Situation Géomorphologique

La région de Ouargla se caractérise par

Également des terrains de chotts et de sebkhas, qui représentent les zones basses de la cuvette.

Ces dernières sont formées de sable et contiennent de grandes quantités de sels, couvrant La

formation dunaire composée de sables fins pouvant atteindre des hauteurs de 150 m occupant la majeure partie de la région.

On y trouve une superficie de plus de 4 000 hectares.

Enfin, il y a des zones correspondant aux dépôts alluviaux destinées à la culture des palmeraies.

I.6 Situation Hydrogéologique

L'essor de l'agriculture dans les régions arides repose largement sur l'irrigation, compte tenu de la rareté et de l'incertitude des précipitations. Toutefois, la zone de Ouargla se distingue par la présence d'un des plus grands aquifères du Sahara, offrant des ressources en eaux souterraines considérables.

I.6.1 Nappe phréatique

La nappe phréatique est située dans des formations récentes, notamment les sols alluviaux de la vallée, et son sens d'écoulement n'est pas clairement défini. Il semble y avoir deux directions principales : du sud vers le nord, suivant la pente de la vallée, et de l'ouest vers l'est pour les parties de BAMENDIL Chott (l'ancienne ville d'Ouargla). La profondeur de la nappe peut être très proche de la surface, parfois à seulement 50 cm, et elle peut même affleurer le sol avec une eau de qualité très salée.

Cette nappe phréatique est exploitée dans diverses zones telles que BAMENDIL, N'GOUSSA EL HADJIRA et TAIBET où elle est également utilisée comme source d'eau pour les palmeraies. Des études menées par l'ANRH en 1994 ont fourni des informations sur la qualité de ces eaux, leur minéralisation et leurs niveaux de concentration. Ces études révèlent des variations saisonnières des niveaux piézométriques, influencées par les apports saisonniers et les conditions climatiques. Deux états peuvent être distingués : des niveaux bas au printemps et en été, et des niveaux élevés en automne et en hiver.

D'autres études donnent les résultats suivants quant au niveau de la nappe phréatique :

en zone urbaine agricole, il varie entre -0,3 et 1,5 mètres .

dans les chotts, il est compris entre +0,2 et +0,8 mètres .

dans les sebkhas, il varie entre +0,3 et -1,5 mètres.

L'alimentation des nappes phréatiques, en particulier celle de la ville, présente un défi majeur pour la gestion et le développement de l'agriculture irriguée. Selon une étude de l'UNESCO, environ 80 % des eaux usées et 30 % des eaux d'irrigation se déversent dans la nappe, les précipitations ayant un impact moindre.

La nécessité d'un apport supplémentaire en eau pour l'irrigation a contribué à la surcharge de la nappe, entraînant une remontée des eaux en surface dans les zones centrales, comme à l'intérieur des palmeraies, ainsi qu'aux périphéries de la région, notamment dans les dépressions telles que les chotts et les sebkhas. Cela a conduit à la salinisation des sols sous l'effet des conditions climatiques.

Par ailleurs, le système d'irrigation utilisé dans la région alimente également la nappe phréatique de manière significative, en raison des fuites provenant des ouvrages

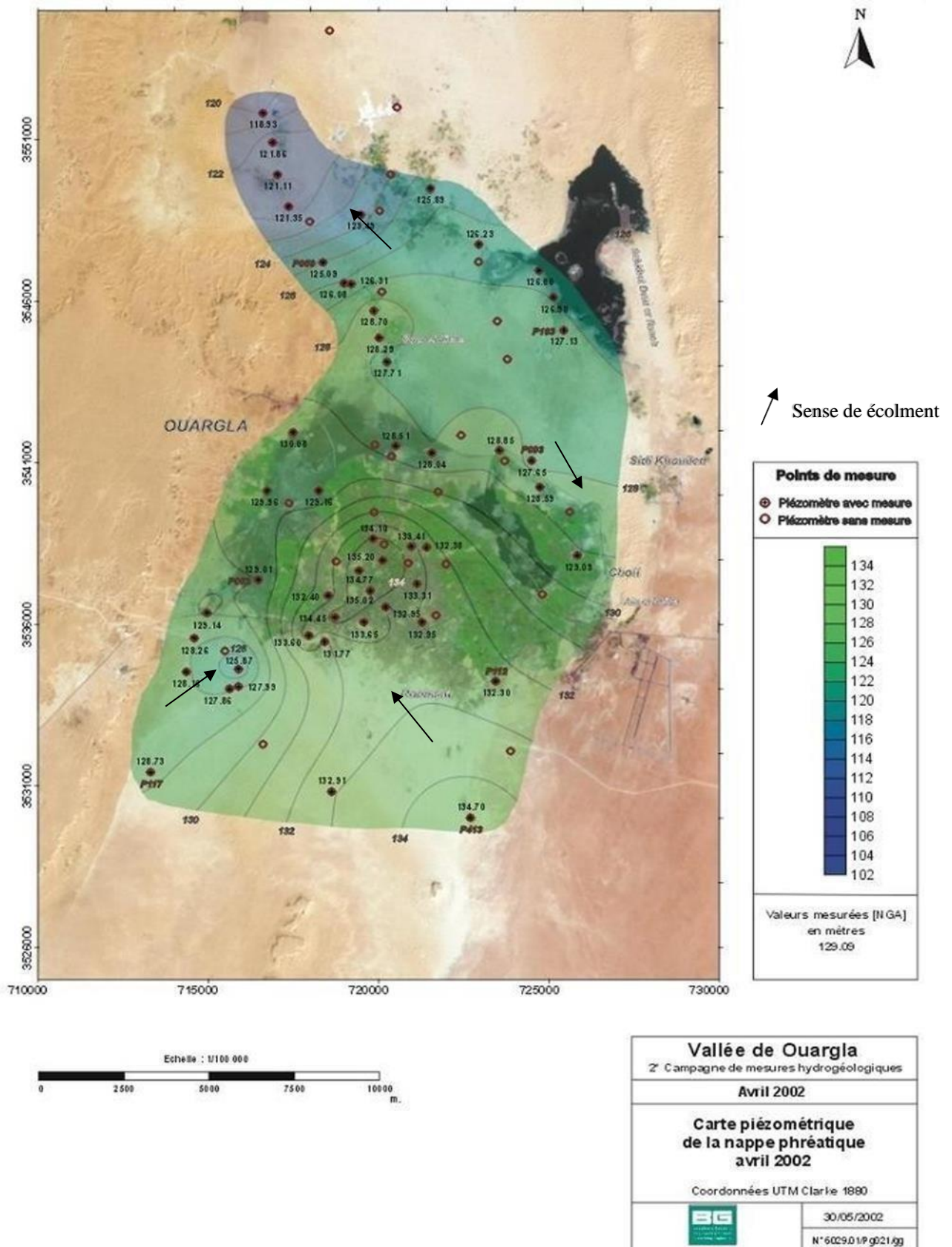


Figure I-5 Carte piézométrique de la nappe phréatique en avril 2002(BONNARD et

GARDEL, 2005)

I.7.1 Nappe du complexe terminal

La nappe du Complexe Terminal, également désignée sous le nom de nappe Miopliocène, représente la principale source d'eau utilisée pour répondre aux besoins en irrigation agricole et en eau potable. Son écoulement se dirige du Sud-Sud-Ouest vers le Nord-Nord Est en direction du chott Melghir, avec des profondeurs variant de 60 à 200 mètres. La salinité de l'eau varie généralement entre 1,8 et 4 grammes par litre, mais dans certains cas, elle peut atteindre jusqu'à 7 g/l selon ROUVILLOIS-BRIGOL (1975). Sa température oscille entre 23 et 25 degrés Celsius. L'extraction de cette nappe se fait principalement par pompage, avec des débits pouvant aller de 15 à 40 litres par seconde.

En plus du Complexe Terminal, d'autres nappes moins connues existent, comme le Sénonien Lagunaire, le Sénonien Carbonaté et le Turonien. Parmi celles-ci, le Sénonien Carbonaté est le plus utilisé pour l'approvisionnement en eau potable en raison de sa meilleure qualité chimique par rapport aux autres nappes.

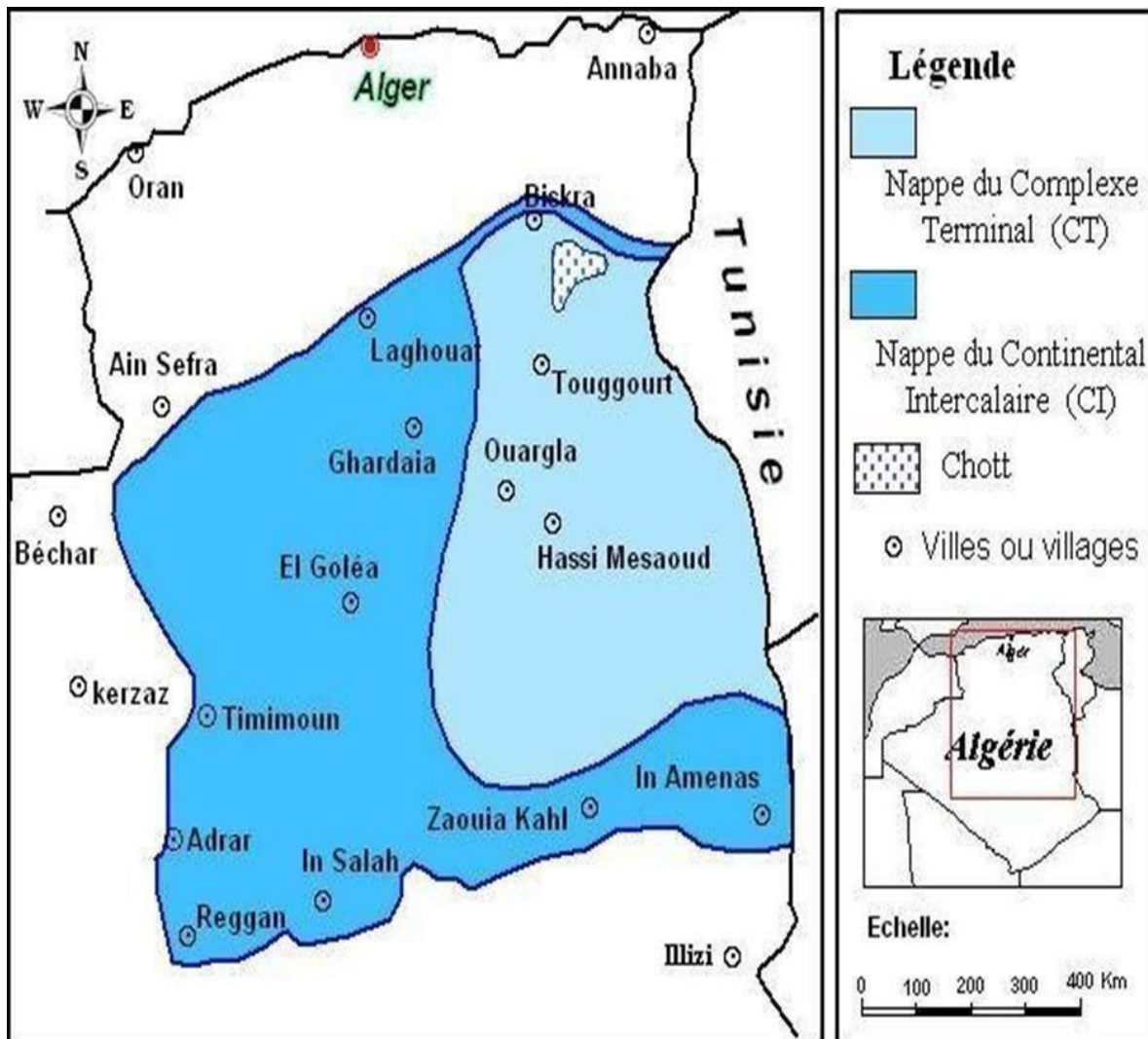


Figure I-6 : carte des ressources en eaux souterraines (UNESCO, 1972)

I.6.3 Nappe du continental intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire est une nappe souterraine fossile hautement artésienne, qui n'est pas alimentée de manière significative par les conditions climatiques actuelles, d'après CORNET et GOUSCOV (1952). Elle est captée à des profondeurs variant de 1000 mètres (à Gassi Touil) à 1500 mètres (à Ouargla), et elle dépasse les 1500 mètres au Nord-Est, notamment à Oued Righ et aux Ziban, comme indiqué par NESSON (1978). Cette nappe s'étend sur une superficie de plus de 600000 km², avec un volume estimé à 50000 milliards de m³, selon les données du PNUD-UNESCO (1972).

Elle se caractérise par un débit substantiel pouvant dépasser les 200 litres par seconde, une salinité généralement faible (généralement inférieure à 2 grammes par litre de résidu sec), et une température pouvant excéder 60°C, selon les travaux de KHADRAOUI (2006) et ZAHROUNA (2011). Elle affleure dans le Sud-Ouest algérien où elle est exploitée depuis longtemps par les foggaras de Gourara, du Touat et du Tidikelt, comme mentionné par DUBOST (1992).

La nappe albienne a été exploitée pour la première fois à Ouargla en 1956, à une profondeur de 1100 à 1400 mètres. Elle présente un débit de 200 à 250 litres par seconde, une température d'environ 50°C et une salinité inférieure à celle du Sénonien. Cependant, la température élevée de ces eaux pose des problèmes en agriculture, selon PILLET et IDDER (1995). La salinité des eaux albienne varie entre 1,6 et 3 g/l, selon les données de l'A.N.R.H. (2000).

Conclusion :

Dans le premier chapitre, nous avons établi que la zone que nous étudions se situe dans une région au climat saharien, marqué par un ensoleillement intense et une rareté d'eau. Les éléments distinctifs de cette région incluent une aridité extrême, des précipitations très rares voire inexistantes, des températures élevées en été contrastant avec des périodes relativement froides en hiver, des vents forts et une évaporation importante.

Chapitre II

Etude Climatique De La Zone

Chapitre II : Etude climatique de la zone

Introduction

La climatologie est une discipline scientifique qui vise à identifier les régularités dans les phénomènes atmosphériques et à définir les principes qui les gouvernent. Cela inclut l'analyse des tendances géographiques et saisonnières des éléments tels que la température, les vents et les précipitations, tout en reconnaissant que la variabilité est un aspect fondamental du climat.

Ce chapitre est consacré à l'identification du type de climat prédominant dans la zone de notre étude. Pour ce faire, nous avons exploité les données climatiques recueillies à partir de la station météorologique de Ouargla.

II.1 Etude du climat

L'étude du climat consiste à analyser les conditions météorologiques sur une longue période dans une région donnée. Elle cherche à comprendre les schémas climatiques, les variations saisonnières et les tendances à long terme. Cette discipline scientifique examine l'impact des facteurs naturels et humains sur le climat, ce qui est crucial pour la prise de décision dans divers domaines, notamment la planification urbaine, l'agriculture, la conservation de l'environnement et l'adaptation aux changements climatiques.

II.2 Etude des paramètres climatologiques

II.2.1 Les précipitations

Le terme "précipitations" englobe toutes les formes de précipitations météorologiques qui atteignent la surface terrestre, qu'elles soient liquides (comme la bruine, la pluie ou les averses) ou solides (comme la neige, le grésil ou la grêle), ainsi que les précipitations déposées ou occultes (comme la rosée, le givre ou le givre blanc). Ces précipitations sont généralement déclenchées par des variations de température ou de pression atmosphérique. Il est important de noter que les précipitations constituent la principale source d'approvisionnement des principaux systèmes hydrologiques continentaux, tels que les bassins versants.

II.2.1.1 Précipitations moyennes annuelles

Les précipitations moyennes annuelles se réfèrent à la quantité moyenne de précipitations, sous forme de pluie, de neige ou d'autres types, qui tombent sur une région donnée au cours d'une année complète. Cette mesure, souvent exprimée en millimètres ou en centimètres d'eau, est essentielle pour comprendre le climat d'une zone spécifique et ses variations saisonnières. Elle joue également un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau, la planification agricole et d'autres aspects de la planification et de la prise de décision liées au climat.

II.2.1.2 Précipitations moyennes mensuelles

L'étude des précipitations moyennes mensuelles est essentielle pour comprendre les variations saisonnières des précipitations dans une région donnée. Elle permet d'identifier les mois les plus pluvieux et les plus secs, ainsi que les tendances saisonnières, offrant ainsi une perspective précieuse sur les schémas climatiques locaux. Ces informations sont cruciales pour la planification agricole et la gestion des ressources en eau.

Tableau II-1 : Précipitations moyennes mensuelles (ONM Ouargla 2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	AN
P(mm)	3.72	4.93	5.32	3.17	6.43	1.82	4.73	2.72	3.72	0.36	0.15	0.68+	37.31

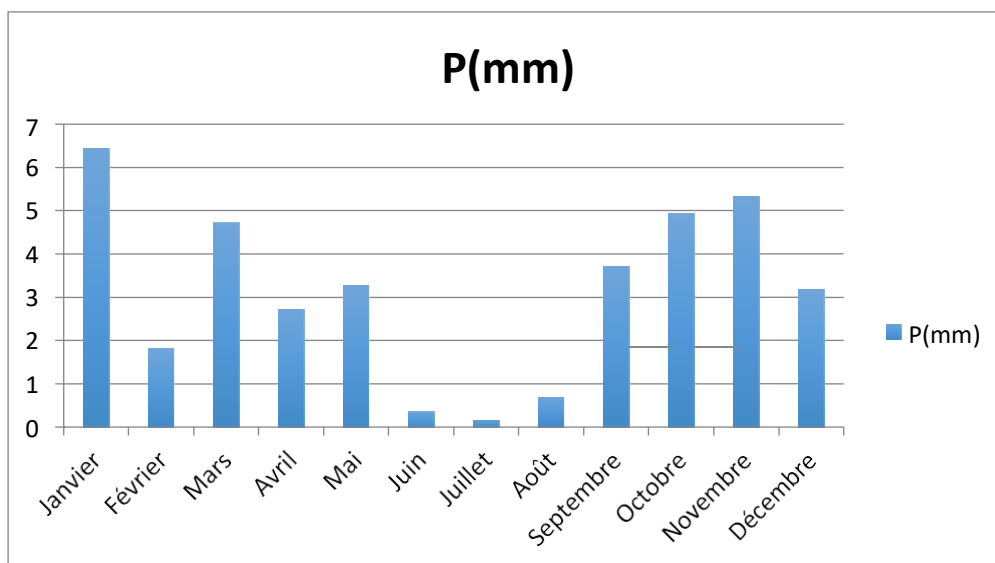


Figure II-1 : Précipitations moyennes mensuelles (Station Ourgla).

En observant la courbe graphique, il est évident que les précipitations sont considérables au mois de janvier, atteignant 6.43 mm, tandis qu'en juillet, elles deviennent presque négligeables, avec seulement 0.15 mm.

II2.1.3 Précipitations moyennes saisonnières

Les "précipitations moyennes saisonnières" se réfèrent à la quantité moyenne de précipitations, telles que la pluie, la neige ou d'autres formes, qui surviennent au cours d'une saison particulière dans une région donnée. Cette mesure permet de comprendre comment les précipitations varient tout au long de l'année, en se concentrant sur des saisons clés comme le printemps, l'été, l'automne et l'hiver. L'analyse des précipitations moyennes saisonnières est importante pour évaluer les changements climatiques saisonniers et leurs impacts sur l'environnement, l'agriculture et d'autres domaines d'activité.

Tableau II-2 : Répartition saisonnières des précipitation (mm) (2018).

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté
P (mm)	13.97	11.42	10.72	1.19

II.1.1 Température

C'est un élément crucial pour définir le climat d'une région et joue un rôle essentiel dans l'évaluation des déficits de débit d'eau. Dans la zone d'étude, seules les données de l'ONM Ouargla ont été enregistrées sur une période suffisamment longue pour être prises en compte (de 1990 à 2018). Le tableau résume les variations mensuelles des températures minimales, maximales et moyennes enregistrées à cet endroit.

II.1.1.1 Températures moyennes mensuelles

Les températures moyennes mensuelles représentent les valeurs moyennes des températures enregistrées pour chaque mois de l'année dans une région donnée. Elles revêtent une importance cruciale pour la planification, la prévision météorologique et l'analyse des tendances climatiques à long terme. Ces données influent sur divers secteurs tels que l'agriculture, l'énergie et le tourisme.

Les données relatives aux températures moyennes maximales et minimales pour la station météorologique de Tlemcen sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-3 : température mensuelle de la station de Ouargla(2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Moy
Tmax (°C)	18.2	20.8	25.2	29.3	35	40	43.2	42.8	37	31.3	24	19.4	30.5
Tmin (°C)	4.7	6.4	10.6	14.4	19.8	27.5	27.7	27.3	23.2	17.3	10.2	6	16.25
Tmoy (°C)	11.4 5	13.6	17.9	21.9	27.4	33.8	35.45	35	30.1	24.3	17.1	12.7	23.4

ANRH Ouargla,2018

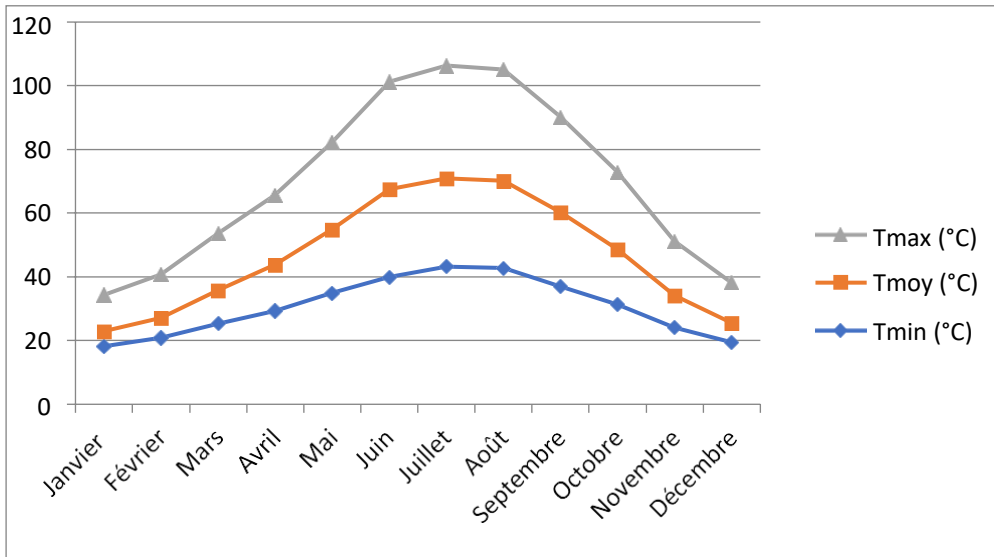


Figure II-2 : Courbes des températures moyennes mensuelles.

Selon la Figure, les températures moyennes mensuelles atteignent leur point culminant en Juillet-Août, avec des valeurs de 35.45°C et 35°C, tandis que les températures moyennes maximales se situent entre 43.2°C et 42.8°C. Leur niveau le plus bas est enregistré en Janvier, avec une moyenne de 11.45°C, correspondant à un minimum de 6°C

II.1.1 Le vent

Le vent est le mouvement de l'air dans l'atmosphère terrestre, causé par des variations de pression et de température. Il joue un rôle crucial dans la circulation atmosphérique, le transport de chaleur et d'humidité, ainsi que dans la formation de phénomènes météorologiques tels que les vents forts, les ouragans et les brises marines. Les éoliennes utilisent l'énergie cinétique du vent pour produire de l'électricité, contribuant ainsi aux énergies renouvelables.

Les variations de la vitesse du vent dans la zone d'étude 2010-2018 sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-4 : Moyennes mensuelles des vents de la station de Ouargla.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
V(m/s)	2,5	2,7	3,0	3,3	3,3	3,4	3,1	2,9	3,0	2,7	2,4	2,4	2,9

La vitesse moyenne du vent dans la zone d'Ain bieda s'élève à 3,4 mètres par seconde, équivalant à environ 12,15 kilomètres par heure.

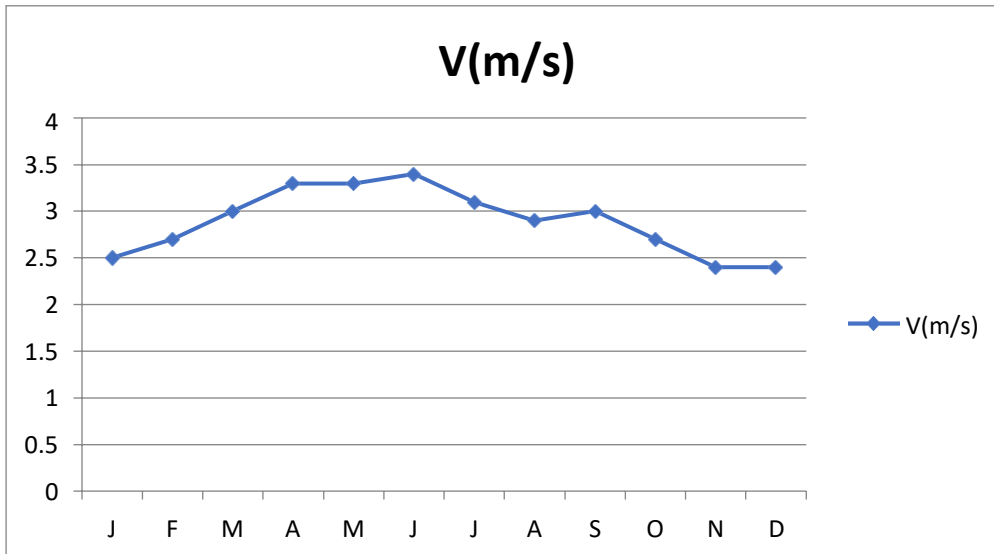


Figure II-3 : Répartition Moyennes mensuelles des vents de la station de Ouargla.

II.1.2 Humidité

L'humidité est un facteur climatique qui mesure la quantité d'eau présente dans l'atmosphère. Elle exerce une influence sur les processus de dégradation chimique, tels que l'oxydation.

Le tableau montre la moyenne mensuelle de l'humidité relative de la région.

Tableau II-5 : Humidité relative moyenne mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
HR%	58	50	41	33	28	21	18	21	30	37	49	62	37

Source : ONM Ouargla

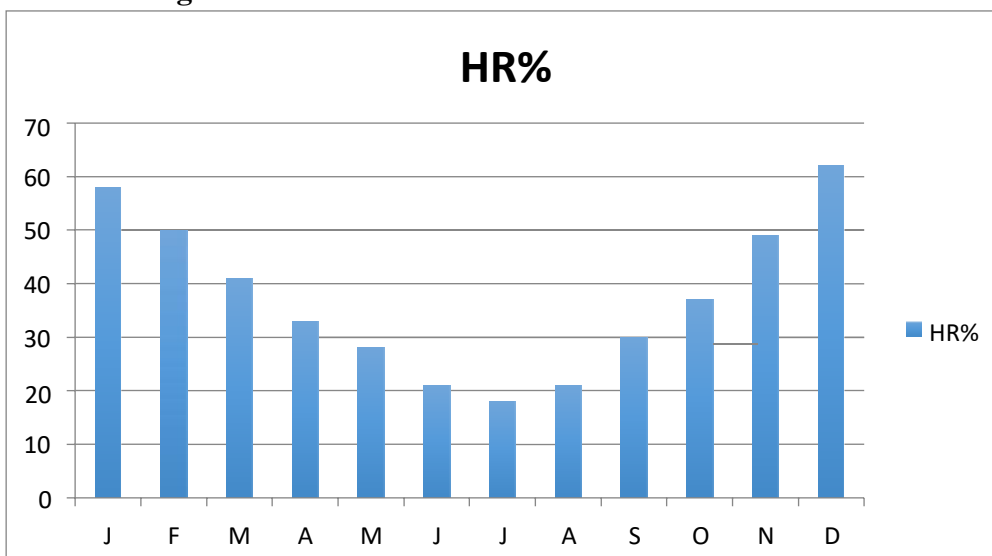


Figure II-4 : Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Ouargla.

La valeur 18 % à l'Eté est la plus petite dans les quatre saisons mais l'Hiver prenant la première place avec la valeur de 58 %.

II.3.5 L'insolation

L'insolation est un élément du climat qui est généralement pris en compte lors du calcul de l'évapotranspiration potentielle. Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau II-6 Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Insolation (h/j)	7.6	7.9	8.6	9.4	9.3	10.2	11	10.5	8.5	8.2	7.9	6.9	8.83

Source : ONM Ouargla

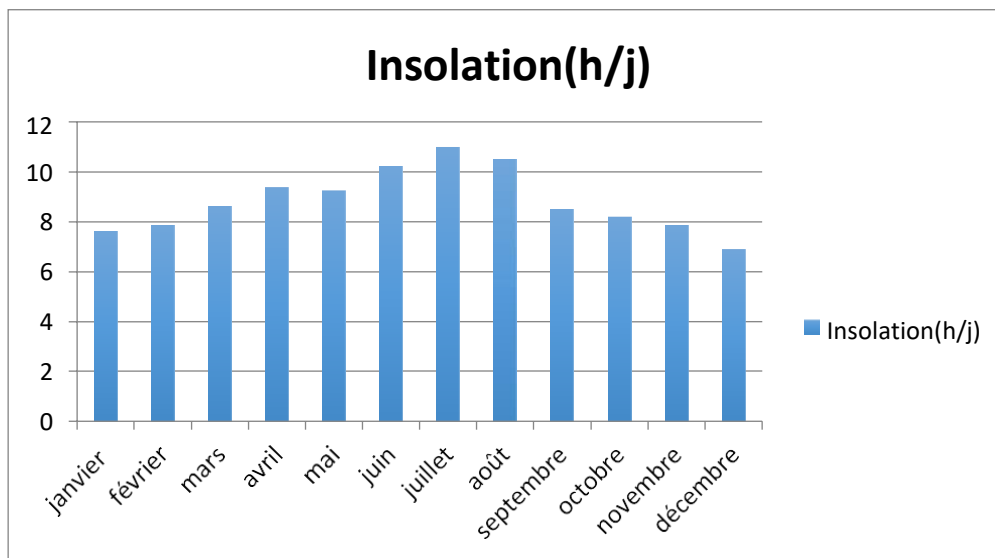


Figure II-5 : Répartition des Moyennes mensuelles des insolation de la station de Ouargla (2018).

II.3.6 L'évaporation

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau qui s'évapore pendant une période donnée dépend de plusieurs facteurs, à la fois liés à l'état de l'atmosphère et à la surface où l'évaporation se produit.

Tableau II-7 : Evaporation dans la région d'Ouargla

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evapo (mm)	237.2	174.7	102.7	85.70	85.68	110.0	144.9	201.2	236.3	278.0	307.2	314.3

Source : ONM Ouargla

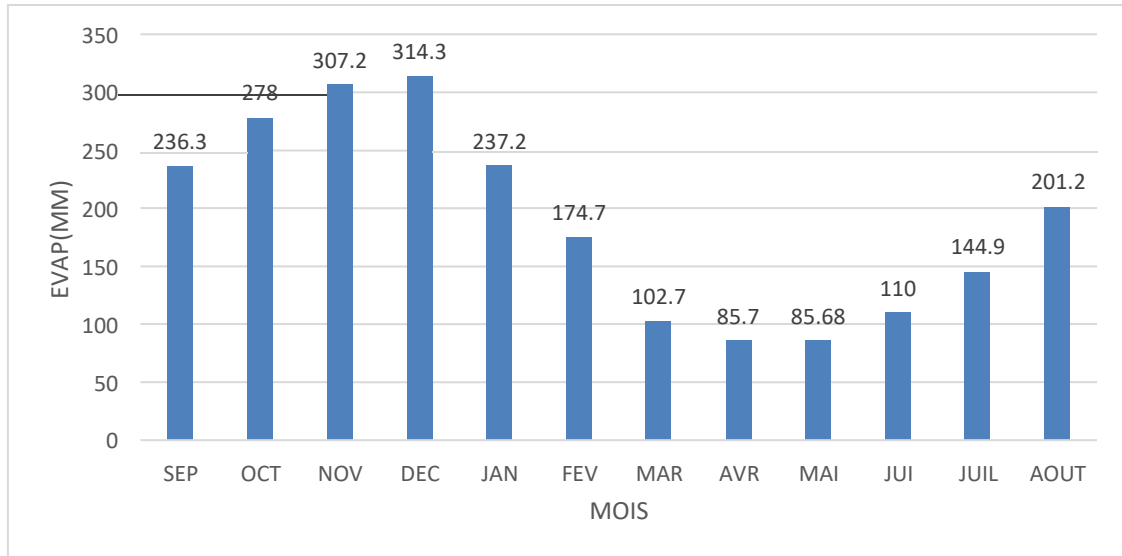


Figure II-6 : Répartition des Moyennes mensuelles des evaporation de la station de Ouargla.

II.4 Classification du climat

On peut obtenir une vision d'ensemble du climat en utilisant des indices ou des diagrammes climatiques. Pour caractériser le climat de Ouargla, nous utiliserons les indices de De Martonne et d'Emberger, ainsi que le diagramme ombrothermique de Gaussen.

II.4.1 Selon l'indice de «MORTON » :

Cet indice permet d'évaluer le niveau de sécheresse de la région et, par conséquent, de fournir des informations sur la disponibilité de l'irrigation.

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

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C)

IA: indice d'aridité

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTON sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-8 : Classification de climat selon MARTON

Valeur 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	Par fois utile
I>30	Humide	Inutile

Pour : P=40.78mm, T=23.2°C

Ia=40.78/(23.2+10)=1.23

Son report sur l'abaque de De Martonne montre que notre région est située en régime Désertique

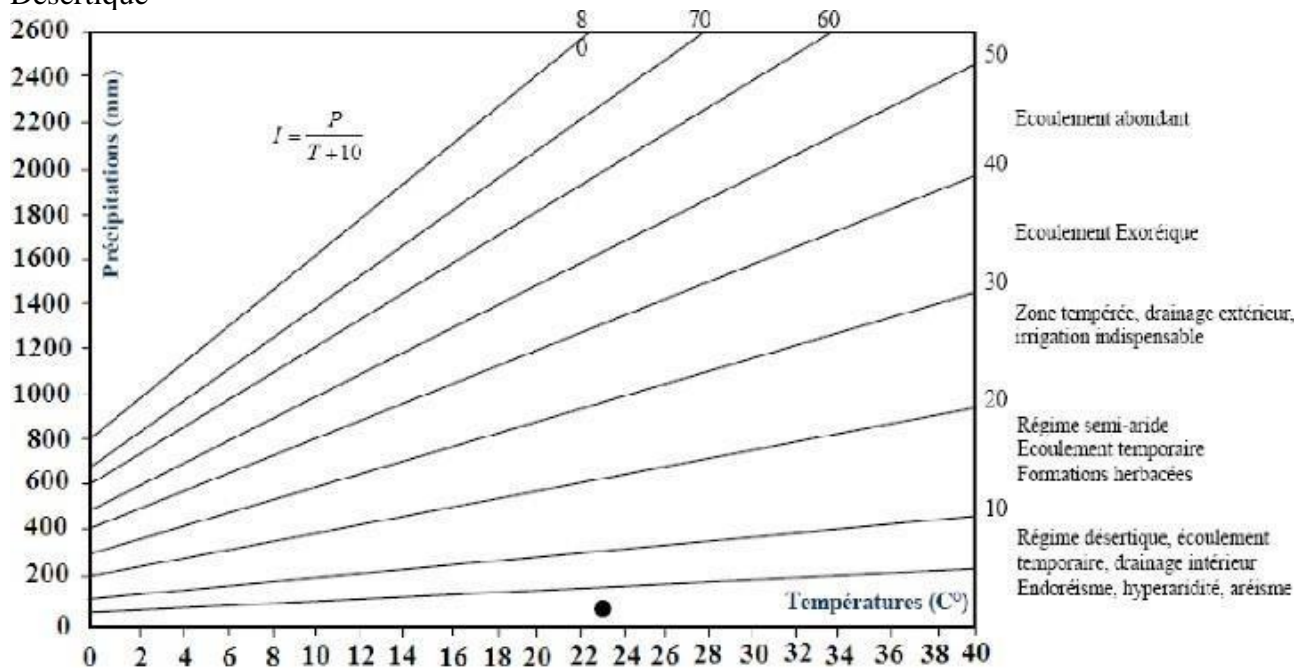


Figure II-7 : Abaque d'aridité annuel de De Martonne.

II.4.2 Indice d'aridité mensuel de De Martonne

L'indice d'aridité mensuel de De Martonne est une variation de l'indice d'aridité annuel de De Martonne, que j'ai décrit précédemment. Contrairement à l'indice annuel, qui donne une vue d'ensemble du climat sur l'année entière, l'indice mensuel est calculé pour chaque mois. Cela permet d'obtenir une compréhension plus détaillée des variations saisonnières de l'aridité dans une région donnée.

$$I = \frac{P}{T+10} \quad \text{II-1}$$

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Tableau II-3 : Résultats des indices d'aridité mensuels de Martonne.

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
I	3.58	0.93	2.2	1.02	1.05	0.1	0.04	0.18	1.11	1.72	2.35	1.67
Type de régime	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

Avec :

S : Semi-aride ; **E** : Ecoulement exorétique ;

T : Tempéré ; **H** : Hyperaride ; **ST** : Steppique.

II.4.3 Quotient pluvio-thermique d'EMBERGER

La technique est fondée sur la projection du quotient pluviométrique sur un diagramme dressé par *EMBERGER*, en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid.

La formule du Quotient pluvio-thermique établie par EMBERGER en 1955 est la plus adaptée aux climats méditerranéens.

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

Q2 = Quotient pluvio-thermique d'EMBERGER.

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

M : moyennes des températures maximales du mois le plus chaud (°K).

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°K).

M-m : Amplitude thermique extrême moyenne (°K).

Avec : **K** = T (°C) + 273.

Tableau II-4: Indice d'Emberger.

Station	P moy (mm)	M (°K)	m (°K)	Q2
Ouargla	37.31	308.6	284.45	5.27

La figure montre que le point représentatif sur le climatogramme d'EMBERGER correspond à un climat saharien à hiver Tempéré

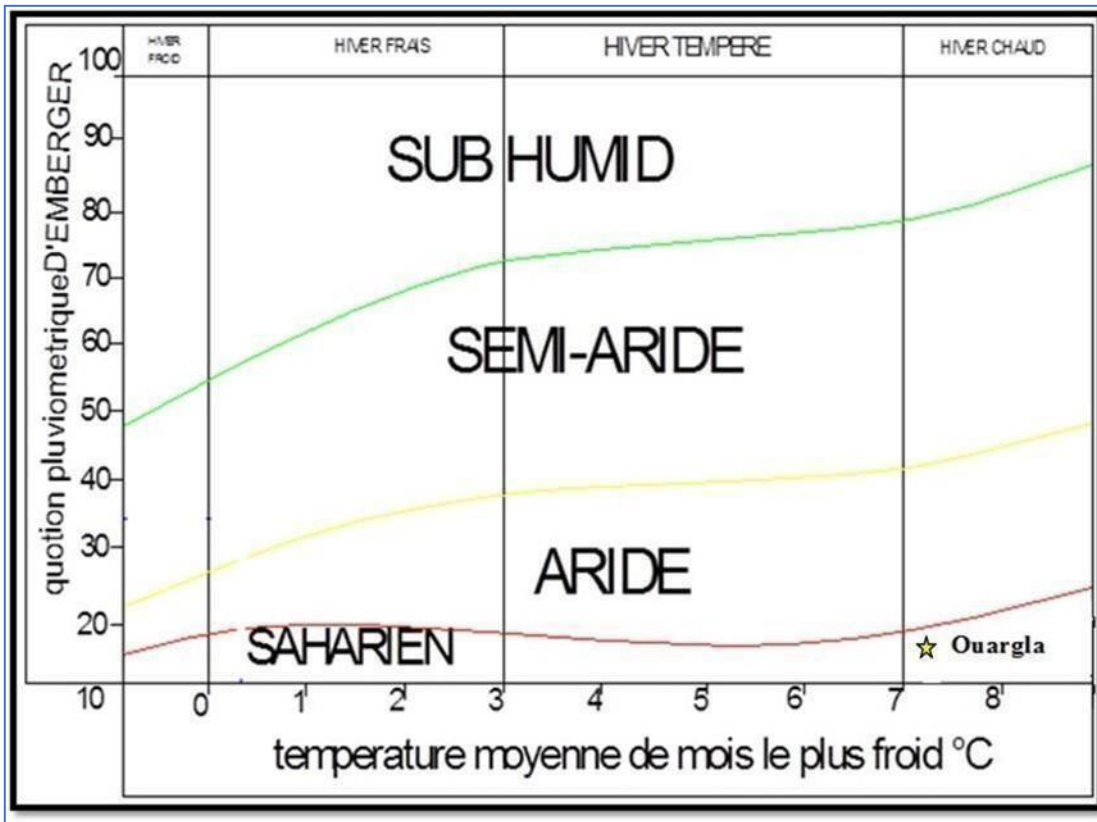


Figure II-8 : Climatogramme d'EMBERGER.

II.4.4 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен

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

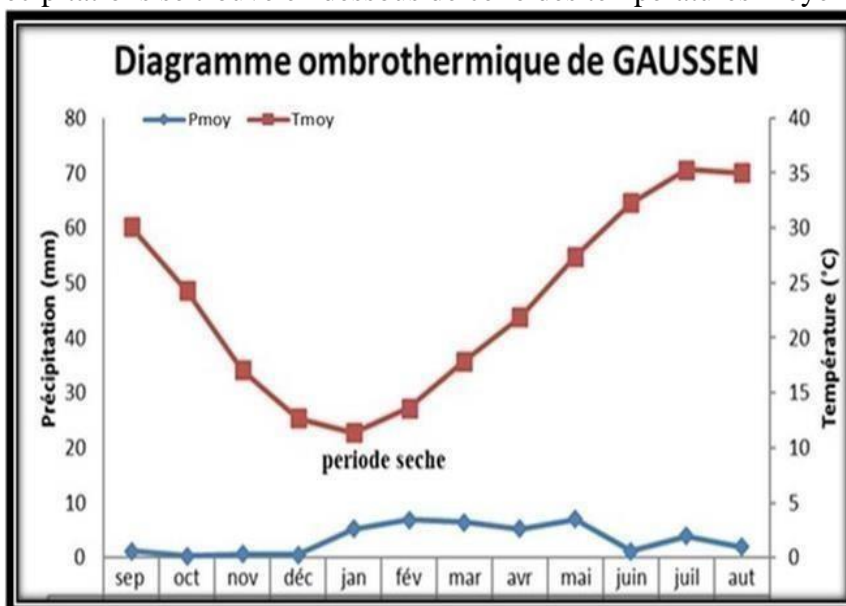


Figure II-9 : Climatogramme de Gausсен.

En observant ce diagramme, il est clair que l'année hydrologique de la région d'étude est caractérisée uniquement par une période sèche, sans période humide. La détermination de cette période est cruciale pour évaluer les besoins en eau pour l'irrigation.

Conclusion

Cette analyse climatique de la région d'Ain Beida, basée sur les données de la station météorologique de Ouargla, offre une description détaillée du climat local. Elle révèle un climat saharien à hiver tempéré, caractérisé par des précipitations saisonnières, des variations de température significatives et une humidité variable. En utilisant les indices climatiques d'Emberger et de De Martonne, cette région est classifiée comme saharienne à hiver tempéré. Cela a d'importantes implications pour la gestion des ressources en eau, l'agriculture, l'aménagement urbain et les décisions liées au climat. Une compréhension précise du climat local est essentielle pour s'adapter aux changements climatiques et promouvoir un développement durable dans la région d'Ain Beida.

Chapitre III
Ressource en eau et en sol

Ressources en eau et en sol

III.1 Introduction

Ain Beida, située dans la région de Ouargla, est une zone géographique dotée de ressources naturelles vitales, dont les ressources en eau et en sol occupent une place prépondérante. Ce chapitre se consacre à l'exploration et à la compréhension de ces précieuses ressources, essentielles à la vie quotidienne, à l'agriculture, à l'industrie et à l'environnement.

III.2 Ressources en eau

Il est crucial d'examiner plusieurs aspects liés à l'eau utilisée pour l'irrigation, comprenant sa source, sa quantité et sa qualité. Cette ressource peut être prélevée soit souterrainement, à partir de puits ou de forages, soit à la surface, à partir de cours d'eau, de rivières ou de sources naturelles. Dans ce cadre, l'agriculteur doit assurer la disponibilité de l'eau, surtout pendant les périodes de forte demande, afin de déterminer la superficie qu'il peut irriguer. De plus, il doit évaluer la qualité de cette ressource en la classant comme bonne, moyenne ou mauvaise. Cette évaluation de la qualité de l'eau revêt une importance cruciale pour anticiper les besoins potentiels en matière de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation dans le processus d'irrigation

III.3 Ressources en eau potentielles

Pour satisfaire les besoins en eau du périmètre d'étude, on peut envisager deux types de sources d'eau : une source classique et une source non conventionnelle.

III.3.1 Source conventionnelle

Il existe deux forages au niveau de Ain Bieda dans les coordonnées UTM (Universel Transverse Mercator) sont :

➤ **Ain Bieda** : $x = 725162.08$, $y = 3541395.78$

➤ **Ain Bieda** : $x = 725865.75$, $y = 3541620.33$

III.4 Qualité des eaux

La qualité de l'eau d'irrigation est traditionnellement représentée par deux paramètres : la salinité totale et l'alcalinité

III.4.1 La salinité totale

Elle s'exprime par la conductivité électrique mesurée à 25°C et est proportionnelle à la quantité d'ions en solution. Il existe une relation directe entre la salinité, représentée par la conductivité électrique, et la pression osmotique, donnée par la relation de BRYSSINE (1975).

$$P_o = K' \cdot CE$$

III-1

P_o : Pression osmotique en atmosphère

CE : conductivité électrique en mS/cm

K' : coefficient dépendant du type de sel,

on donne quelques valeurs de K' dans le tableau suivant :

Type de sel	K'
NaCl	0.35
KCl	0.36
Na₂SO₄	0.3
MgSO₄	0.28

Tableau III-1 : valeurs de K'

III.4.2 L'alcalinité

L'alcalinité de l'eau d'irrigation est un autre paramètre important. Dans l'eau d'irrigation, les cations usuels se divisent en deux groupes : d'une part, le sodium (Na⁺) qui a une action défloculante sur le sol et est donc néfaste, et d'autre part, le calcium (Ca⁺⁺) et le magnésium (Mg⁺⁺) dont l'action est flocculante et donc bénéfique pour la structure du sol. L'effet négatif d'une eau sur la perméabilité du sol peut être lié à une pauvreté en calcium et en magnésium ou à un excès de sodium. L'alcalinité d'une eau d'irrigation est définie par le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui traduit l'équilibre cationique et **indique** le pouvoir alcalinisant de la solution. Elle est donnée par la relation suivante :

$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{([\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}])}} \quad \text{III-2}$$

où [Na⁺], [Ca⁺⁺] et [Mg⁺⁺] sont exprimés en méq/l.

Il est à noter qu'il existe plusieurs relations entre le SAR et le sodium échangeable, comme celle donnée par SERVANT (1974).

$$\text{ESP} = 1.049 \text{ SAR} - 0.381 \quad \text{III-3}$$

Il est possible de prévoir les risques d'alcalinisation d'un sol en contact avec une eau dont le SAR est connu.

III.4.3 Salinité de l'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation contient naturellement un mélange de sels. Lorsque cette eau est utilisée pour irriguer les sols, ces derniers contiendront également un mélange de sels similaire, mais avec une concentration en sel plus élevée.

III.4.4 Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation

La teneur totale en sels est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique, en ppm ou en méq/l. Un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et crée des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau, selon COUTURE (2006). La concentration totale est importante car la plupart des cultures réagissent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique. En général, une augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation entraînera une augmentation de la salinité de la solution du sol. La vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de plusieurs facteurs : Lessivage, c'est à dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en excès des

besoins de la culture et l'efficacité du lessivage ;

La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions, tels que Ca^{2+} , HCO_3^- et SO_4^{2-} , à précipiter après l'extraction de l'eau du sol; et des propriétés physiques du sol telles que l'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage (COUTURE, 2006).

III.5 Classification de l'eau d'irrigation

La classification des eaux d'irrigation tient compte des conditions d'utilisation de ces eaux et des caractéristiques du sol, telles que le taux d'infiltration, le drainage et la tolérance des cultures, selon DURAND (1983). Le diagramme de l'U.S.S.L. (1954), modifié par DURAND (1958) en ajoutant une cinquième classe de salinité, s'avère le plus pratique pour les eaux algériennes. Ce diagramme, établi principalement sur la base des observations réalisées en Afrique du Nord, suppose des conditions correctes de culture, un bon drainage et des sols suffisamment perméables. Il se base sur le paramètre de salinité de l'eau (CE à 25°C) et le danger d'alcalinisation des sols exprimé par le SAR.

D'après DURAND (1958), la salinité de l'eau (CE) permet de déterminer cinq classes d'eau en fonction de la relation entre la conductivité électrique à 25°C de l'eau et le danger de salinisation du sol:

C1 : CE à 25°C < 0,25 dS/m : eaux non salines, utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des terrains avec peu de chances d'apparition de salinité dans le sol.

C2 : CE à 25°C comprise entre 0,25 et 0,75 dS/m : eaux à salinité moyenne, utilisables avec un léger lessivage.

C3 : CE à 25°C comprise entre 0,75 et 2,25 dS/m : eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité et seules les plantes tolérantes peuvent être cultivées.

C4 : CE à 25°C comprise entre 2,25 et 5 dS/m : eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation ; exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et une dose d'irrigation en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

C5 : CE à 25°C > 5 dS/m : eaux à salinité excessive, inutilisables sauf sur sable drainé et pour des cultures très tolérantes comme le palmier dattier.

En fonction du risque d'alcalinisation des sols, quatre classes ont été distinguées par l'U.S.S.L. (1954). Ces classes ne sont pas délimitées par des valeurs absolues mais par des droites à pente négative en fonction de l'accroissement de la salinité. Cette classification tient donc compte non seulement du SAR mais aussi de la quantité totale des sels dissous dans l'eau :

S1 : SAR de 0 à 10 : eaux faiblement sodiques, utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées (avocatier).

S2 : SAR de 10 à 18 : eaux moyennement sodiques, le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et à forte capacité d'échange. Ces eaux sont utilisables sur les sols à texture grossière ou en présence de gypse.

S3 : SAR de 18 à 26 : eaux fortement sodiques, pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols. Leur emploi exigera la mise en œuvre d'un aménagement spécial ; bon drainage, fort lessivage, addition de matières organiques.

S4 : SAR de 26 à plus de 30 : eaux très fortement sodiques, le danger d'alcalinisation est très fort. De telles eaux sont impropres à l'irrigation sauf si leur salinité est faible et permet l'addition de calcium soluble ou si le sol en contient suffisamment

Chapitre III : Ressources en eau et en sol

La conductivité électrique est de $CE = 2.19 \text{ mmhos/cm}$

Le SAR est de 6.02, indiquant un faible risque de salinité et aucun risque d'alcalinisation. L'eau est donc classée C3-S2

Fig. III-1 Diagramme de classification des eaux d'irrigation

(D'après United States Salinity Laboratory

U.S.S.L établi 1954)

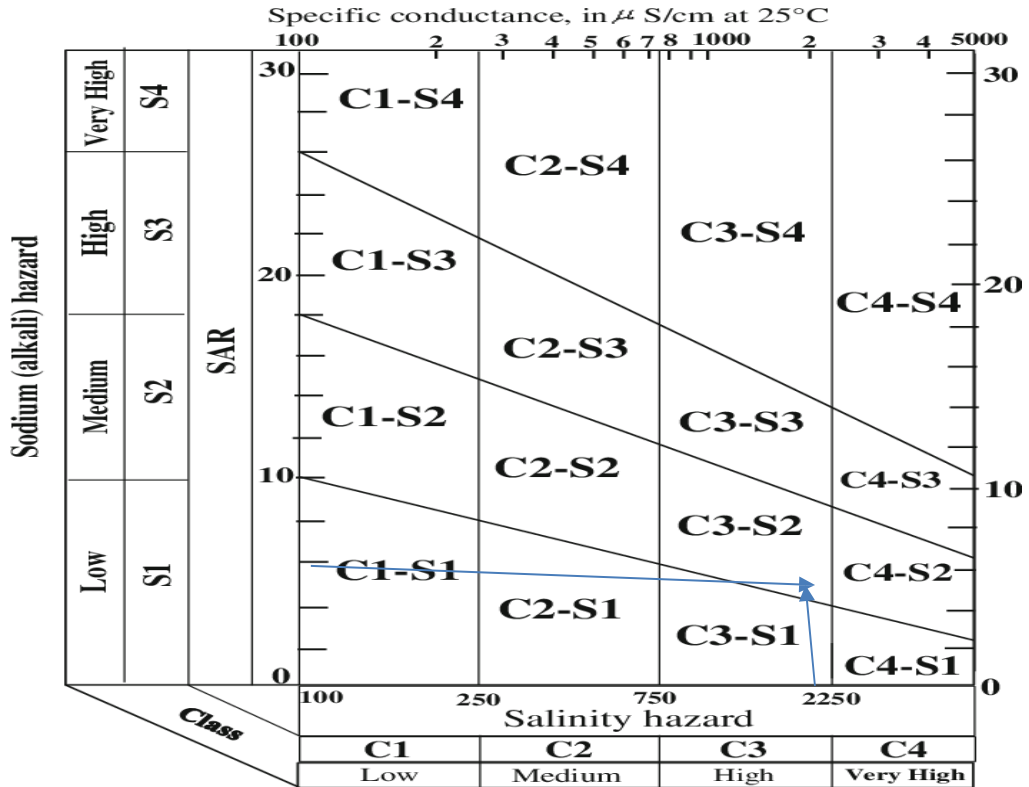


Tableau III-2 . Les classes de l'eau d'irrigation (DURAND, 1958)

Classe	Qualité	Interprétation
C1 – S1	Bonne qualité	Précaution avec les plantes Sensibles
C1 – S2 C2 – S1	Qualité moyenne à bonne	A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensible (arbres fruitières).
C2 – S2 C1 – S3 C3 – S1	Qualité moyenne à médiocre	A utiliser avec précaution. Nécessite de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse
C1 – S4 C2 – S3 C3 – S2 C4 – S1	Qualité médiocre à mauvaise	Exclure les plante sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers, bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.
C2 – S1 S2 – C4 C3 – S3	Qualité mauvaise	A utiliser, avec beaucoup de précautions que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risque élevés. Lessivage et apports de gypse indispensable
C3 – S4 C4 – S3	Qualité très mauvaise	A utiliser que dans des circonstances exceptionnelles
C4 – S4	Déconseiller pour l'irrigation	
C5 – S1 C5 – S2 C5 – S3 C5 – S4	Très déconseillée pour l'irrigation	

III.6 L'analyse de l'eau d'irrigation

À partir des données collectées et des différentes enquêtes, il a été établi que la plupart des forages d'irrigation sont des forages du Complexe Terminal. Les résultats d'analyse de ces eaux sont résumés ci-après

III.6.1 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T

L'ANRH en November 2006 sur 104 forages captain le CT, ont permis D'identifier les caractéristiques suivantes :

Chapitre III: Ressources en eau et en sol

Tableau III-3 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T.

Elément	mg /l	meq/l
Ca ²⁺	93	4.65
Mg ²⁺	227	18.92
Na ⁺	480	20.87
K ⁺	29	0.74
Cl ⁻	895	25.21
(SO ₄) ⁻²	725	15.1
(HCO ₃) ⁻	102	1.68
(NO ₃) ⁻	14	0.23
Somme des cations (méq/l)	45.02	
Somme des anions (méq/l)	41.22	
Résidus sec à 105°C (mg/l)	2912	
Conductivité 25°C (ms/cm)	2.19	
PH	7,84	
SAR	6.08	

Source ANRH Ouargla

Selon les valeurs de la conductivité électrique et du SAR, les eaux du Complexe Terminal de la région de Rouissat-Benithour appartiennent à la classe C3S1. La classe S1 indique que le SAR varie de 0 à 10, donc la quantité de sodium est presque moyenne et l'eau peut poser des problèmes pour les sols à texture fine. La classe C3 indique que la conductivité électrique varie de 0.75 mmhos/cm à 2.25 mmhos/cm, c'est-à-dire que la salinité est forte. Cette eau n'est utilisable que si l'on pratique un lessivage intense et pour des cultures très tolérantes ; sinon, elle est inutilisable car elle est très dangereuse sur les sols faiblement drainés et peut présenter dans une certaine mesure un danger pour la plupart des cultures.

III.7 Ressources en sol

L'étude des sols revêt une importance capitale pour la gestion durable de notre environnement. En tant que ressource essentielle pour l'agriculture, les sols jouent également un rôle clé dans le cycle de l'eau, la régulation climatique et la préservation de la biodiversité. Comprendre la nature, la qualité et la répartition des sols est indispensable pour prendre des décisions éclairées en matière de gestion des terres, de protection de l'environnement et d'utilisation durable des ressources naturelles. L'analyse des sols vise à identifier et à mettre en valeur les zones ayant le plus grand potentiel pour l'irrigation dans la région.

III.8 Classification des sols

Le diagramme ci-dessus illustre la classification texturale des sols, où j'ai placé un point rouge représentant un sol hypothétique de Ouargla avec 85% de sable, 10% de limon, et 5% d'argile. Ce sol se classe dans la catégorie des "sables" dans le diagramme des textures.

Chapitre III: Ressources en eau et en sol

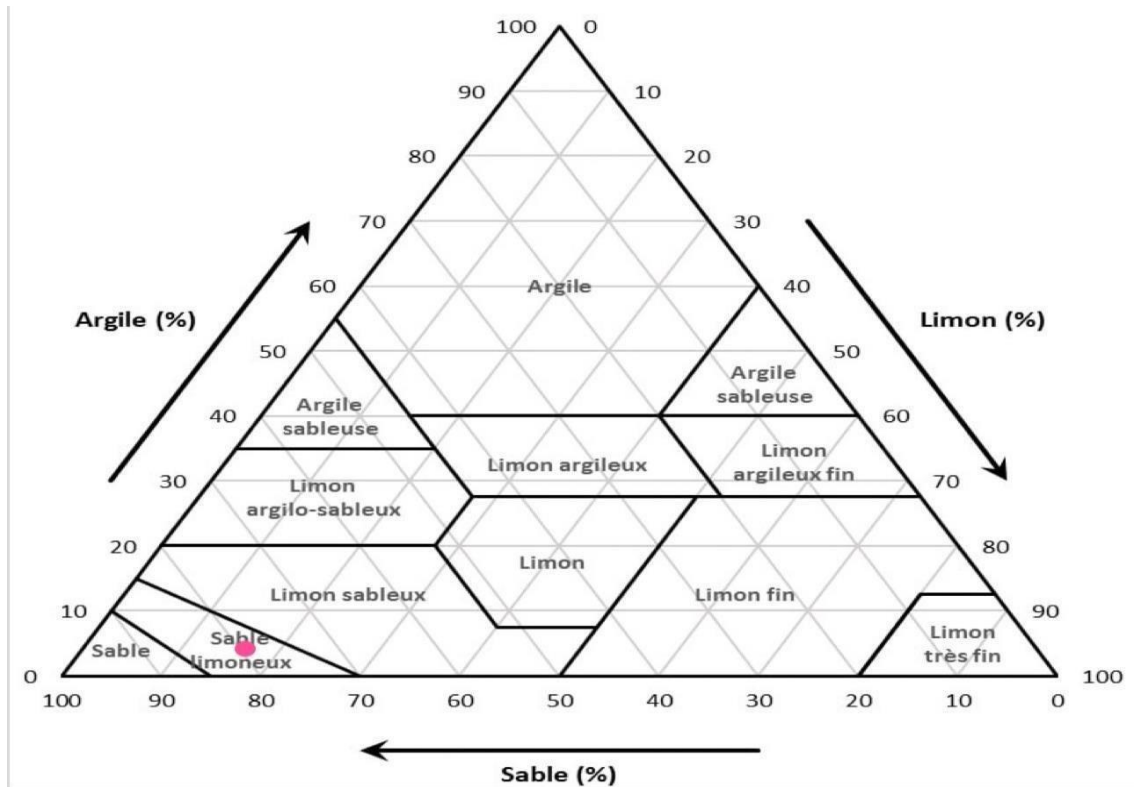


Figure III-2 : Diagramme des textures.

III.8.1 Analyse chimique du sol

Sol	PH	CE en m.S/cm	Insolubles %	Les sulfates %	Les carbonates %	Les chlorure %
Sol de la palmeraie	7.96-6.12	5.92-0.60	83.2-78.9	2.29-0.23	0.46-0.13	4.47-0.6
Sable en dune	8.53	0.52	87.94	6.82	0.87	1.11
Sable grossier	7.8	0.82	94.65	0.00	0.87	0.15

Tableau III-5: les analyse chimique du sol

III.8.2 Analyse physique du sol

Sol	Perméabilité K en cm /h	La masse volumique en kg/l	Le diamètre représentatif
Sol de la palmeraie	7.16-81.13	1.31-1.60	

Chapitre III: Ressources en eau et en sol

Sable en dune	7.20-12.80	1.56-1.60	0.18
Sable grossier	78.0	1.6	0.25

Tableau III-6 : les analyse physique du sol

III.9 Etude Hydrologique

L'analyse hydrologique revêt une importance primordiale pour nos projets d'irrigation et de drainage, car elle permet de déterminer précisément les niveaux de précipitations en fonction de leur fréquence. Cette démarche minutieuse est cruciale pour notre projet d'aménagement hydro-agricole, car elle fournit une vision détaillée des régimes de pluie, facilitant ainsi l'élaboration de stratégies efficaces pour la gestion de l'eau. Une évaluation précise des précipitations est essentielle pour assurer une disponibilité continue de l'eau, un facteur clé pour la réussite durable de nos activités agricoles.

III.9.1 Choix de la station pluviométrique

Le choix des stations pluviométriques pour estimer les précipitations dans le bassin versant a été effectué en fonction de deux critères principaux : leur emplacement géographique et la période d'observation disponible pour chacune d'elles. Ces critères visent à garantir une représentation fidèle des conditions pluviométriques dans la zone d'étude.

L'emplacement géographique des stations est crucial, car il permet de couvrir efficacement l'ensemble du bassin versant et de capter les variations spatiales des précipitations. Il est essentiel de sélectionner des stations réparties stratégiquement pour obtenir une vue d'ensemble complète des conditions pluviométriques dans la région.

Tableau III-7 : Caractéristiques de la station Hydro climatique d'Ouargla

Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observation	Durée d'observation
Ouargla	5°40 ^E	31°92N	130	1990-2022	33ans

Chapitre III: Ressources en eau et en sol

Tableau III-8 : La série des Précipitation moyennes mensuelles (1990-2022).

Années	Sept	Oct	Nov	Déc	Janvier	Février	Mars	Avril	Mais	Juin	Juil	Aout	Annuel
1990	0	0	10,6	5	0	0,2	4,9	0	0	1	3	0	24,7
1991	0	0	2,5	25,1	7,7	0	7,8	7	0	0	0	0	50,1
1992	0	0	13,6	22,4	0	6,7	0,9	0	0	0	0	0	43,6
1993	0	0,4	13,3	2	3,8	0	9,5	2,2	0	0	0,6	0	31,8
1994	23,6	17,9	5,3	1,5	0,7	0	14,4	0	0	0	0,7	0,6	64,7
1995	13,7	16,5	3,7	4,5	27,5	5,4	9,6	2,8	0,6	0,2	0	0	84,5
1996	5,7	0	0	0,7	0	2	0	8	0,2	0	0	0	16,6
1997	17,5	10,1	0	10,8	0	0,8	2,9	1,8	0	2,8	0	0	46,7
1998	6,4	6,3	2,1	1,6	19,8	0,4	0	0	0	0	0	0	36,6
1999	1	1,3	21	6,4	0	0	3,2	0	18,2	0	0	0	51,1
2000	5,2	30,7	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	36,2
2001	2,5	2,4	1,6	5	0,1	0	0	0	0	0	0	1,5	13,1
2002	0,1	6,4	2,5	0	12,5	5,5	8,9	0	0	0	0	1,4	37,3
2003	3,9	3,8	1	0,6	13,6	0	0,6	5,4	0	1,2	0	8,2	38,3
2004	0	15,7	36,5	10,9	0	0,2	0	0	0	0	0	0	63,3
2005	9,2	3,2	16,5	1,9	9,9	0,5	0,8	4,7	0	0	0	2,5	49,2
2006	5,4	10,6	0	1,9	0,1	0,5	0,1	3,7	1,2	0	0	1,6	25,1
2007	0	0,8	0	3,6	7,6	2,3	0,2	0	0	0	0	0	14,5
2008	14,4	26,8	0	0	52,1	1,1	12	0,8	0	1,5	0	0	108,7
2009	5,3	0	0	0	6,7	0	0,2	0	0,5	0	5	0,2	17,9
2010	4	0	0	0	2	1,5	1	0	8	1,5	0	0	18
2011	0	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0	8
2012	5,3	6	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	16,3
2013	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2,5	10	14,5
2014	0	0	0	0	7	2	0	0	0	2	7	6	24
2015	0	21	2,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	24,5
2016	0	0	2	1	0	0	0	0	2,5	4	0	5	14,5
2017	0	0	21	0	0	0	0	0	6,5	7,7	14	2	51,2
2018	0	1,7	0	0	2,5	0	0	0	11	0	0	0	15,2
2019	0	0	8,5	0	3	0	0	0	0	2	0	0	13,5
2020	0	0	2	5	3	0	0	0	1,5	0	0	0	11,5
2021	2,6	0,31	34,82	0,08	0	0	0	0,39	6,57	0,72	0	0,07	45,56
2022	0,45	1,6	0	5,71	0,05	0,26	0,96	1,5	0,64	0	0	0	11,17

D'après les résultats du tableau pendant la période 1990-2022, On remarque une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de mai, juin, juillet et août, elles sont moyennes dans les autres mois

Chapitre IV
Evaluation des besoins en eau des
cultures

Evaluation des besoins en eau des cultures

IV.1 Introduction

La détermination des besoins en eau d'une zone est un élément crucial dans la planification de tout projet d'aménagement hydro-agricole. Dans ce chapitre, nous allons évaluer de manière précise le volume total requis pour l'irrigation des cultures, en prenant en compte divers facteurs tels que les conditions climatiques, les caractéristiques des sols et la qualité de l'eau d'irrigation. Ces données ont été établies dans les sections précédentes.

IV.2 Besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des cultures correspondent aux quantités d'eau fournies aux plantes au moment opportun pour maintenir des niveaux d'humidité optimaux, favorisant ainsi une production agricole maximale. En d'autres termes, il s'agit de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour garantir des conditions d'humidité idéales, permettant ainsi d'atteindre le meilleur rendement agricole possible.

IV.2.1 Evaluation des besoins en eau d'une culture :

Pour déterminer les besoins en eau d'une culture, il est essentiel de considérer plusieurs paramètres liés à la plante elle-même ainsi qu'aux conditions climatiques et pédologiques de la région. Ce processus nécessite l'acquisition de données détaillées dans les domaines suivants :

Données Climatiques : Les données climatiques fournissent des informations cruciales sur les besoins en eau des cultures. Elles englobent des éléments tels que la pluviométrie, l'humidité relative, la température et l'ensoleillement, qui influencent directement la demande en eau de la culture.

Paramètres Pédologiques : Les paramètres pédologiques sont essentiels pour estimer la capacité du sol à retenir et à fournir de l'eau aux plantes. Ils incluent la texture du sol, la profondeur du profil racinaire, la capacité de rétention d'eau, et la perméabilité. Ces facteurs déterminent la réserve en eau du sol et sa disponibilité pour les plantes.

Données Culturelles : Les données culturelles spécifiques à la plante cultivée jouent un rôle crucial dans la détermination des besoins en eau. Cela comprend des informations sur les caractéristiques de la culture, telles que son type, son stade de croissance, et ses besoins nutritionnels. Ces données précisent la quantité d'eau facilement accessible à la plante.

En combinant ces informations, il est possible d'élaborer une estimation précise des besoins en eau de la culture, en tenant compte des conditions climatiques, de la capacité du sol à retenir l'eau, et des exigences spécifiques de la plante à différents stades de sa croissance. Cela permet de planifier et d'optimiser l'irrigation pour maximiser les rendements agricoles tout en conservant les ressources en eau de manière efficace.

IV.2.2 Calcul de l'évapotranspiration

Le calcul de l'évapotranspiration est essentiel en agriculture et en hydrologie pour évaluer la perte d'eau due à l'évaporation du sol et à la transpiration des plantes. Ce processus permet de déterminer les besoins en eau d'une culture ou d'une région spécifique. Voici un aperçu du calcul de l'évapotranspiration :

- **Évaporation :** L'évaporation est le processus par lequel l'eau liquide se transforme en vapeur à la surface du sol. Ce phénomène est principalement influencé par des facteurs climatiques tels que la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et l'ensoleillement. Plus le climat est chaud et sec, avec des vents forts, plus l'évaporation est élevée.
- **Transpiration :** La transpiration est le processus par lequel les plantes libèrent de la vapeur d'eau par leurs stomates (petites ouvertures sur les feuilles) pour réguler leur température

interne et faciliter la circulation des nutriments. La transpiration est principalement influencée par la santé de la plante, la disponibilité de l'eau dans le sol et les conditions atmosphériques.

- **Évapotranspiration** : L'évapotranspiration (ET) est la somme de l'évaporation et de la transpiration. Elle représente la perte totale d'eau de la surface du sol et des plantes dans une zone donnée. Le calcul de l'évapotranspiration prend en compte les données météorologiques, la couverture végétale, le type de culture, la disponibilité en eau du sol et d'autres facteurs pour estimer la quantité d'eau perdue.

- **Méthodes de Calcul** : Il existe plusieurs méthodes pour calculer l'évapotranspiration, notamment l'utilisation de stations météorologiques pour collecter des données en temps réel, des modèles mathématiques complexes basés sur les variables climatiques, et des capteurs de terrain pour mesurer directement l'humidité du sol et la transpiration des plantes.

- **Applications** : Le calcul de l'évapotranspiration est crucial pour la gestion de l'irrigation agricole, la gestion des ressources en eau, la prévision des sécheresses, et la planification de projets hydrologiques. Il permet d'optimiser l'utilisation de l'eau en s'assurant que les cultures reçoivent la quantité d'eau nécessaire sans gaspillage.

Le calcul de l'évapotranspiration est un outil essentiel pour comprendre et gérer l'utilisation de l'eau dans l'agriculture et d'autres domaines, contribuant ainsi à une utilisation plus efficace et durable des ressources en eau.

IV.2.2.1 Comment obtenir l'ET₀ ?

L'ET₀, également connue sous le nom d'évapotranspiration de référence, est une estimation de la perte potentielle d'eau par évaporation et transpiration pour une culture ou une zone géographique donnée, dans des conditions standard. La méthode de Penman-Monteith, largement recommandée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), est couramment utilisée pour déterminer l'ET₀. Voici les grandes étapes pour calculer l'ET₀ en utilisant cette méthode :

Collecte de données météorologiques : La première étape consiste à rassembler des données météorologiques précises, comprenant des paramètres tels que la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent, l'ensoleillement et la pression atmosphérique.

Idéalement, ces données devraient être collectées à des intervalles réguliers tout au long de la journée.

Préparation des données : Les données météorologiques collectées doivent être organisées en fonction de la précision requise pour le calcul de l'ET₀. Elles peuvent être regroupées par jour ou même par heure, selon les besoins.

Calcul de l'ET₀ : L'ET₀ est calculée à l'aide de l'équation de Penman-Monteith, une équation complexe qui prend en compte plusieurs paramètres, notamment la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent, l'ensoleillement et la pression atmosphérique. Voici une forme simplifiée de l'équation de Penman-Monteith :

$$ET_0 = \frac{0,408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} \times U_2 (e_s - e_a)}{(\Delta + \gamma * (1 + 0,34 * U_2))} \quad \text{VI-1}$$

Dans cette équation :

ET₀ : L'évapotranspiration de référence [mm jour-1] ;

Δ : La pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1] ;

R_n : Le rayonnement net reçu à la surface [MJ m-2 jour-1] ;

G : Densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m-2 jour-1] ;

γ : Constante psychrométrique [kPa °C-1] ;

T : Température moyenne de l'air [°C] ;

U_2 : La vitesse du vent à une certaine hauteur au-dessus du sol [m s-1] ;

e_s : La pression de vapeur d'eau saturante à la température de l'air [kPa] ;

e_a : La pression de vapeur d'eau effective à la température de l'air [kPa].

Interprétation des résultats

Une fois que l'ET0 est calculée, elle est exprimée en millimètres par jour. Cette valeur représente la perte potentielle d'eau par évaporation et transpiration dans des conditions météorologiques idéales.

Utilisation

L'ET0 est essentielle pour la gestion de l'irrigation agricole, la planification des cultures et la gestion des ressources en eau. Elle permet de déterminer les besoins en eau des cultures et d'optimiser l'irrigation pour maximiser les rendements tout en minimisant le gaspillage d'eau. Il est important de noter que le calcul de l'ET0 nécessite des données météorologiques précises et est souvent effectué à l'aide de logiciels spécialisés ou d'outils en ligne pour simplifier le processus.

Méthode de Calcul

Nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008) pour calculer l'évapotranspiration de référence (ET0) en appliquant la méthode de Penman-Monteith. Pour effectuer ce calcul, nous avons saisi les données mensuelles suivantes dans le logiciel :

Température : Les températures minimales et maximales mensuelles.

Humidité de l'air : L'humidité relative de l'air, exprimée en pourcentage (%).

Insolation journalière : Le nombre d'heures d'insolation par jour.

Vitesse du vent : La vitesse du vent, exprimée en mètres par seconde (m/s).

Résultats

Les résultats de l'évapotranspiration de référence (ET0), obtenus à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 en utilisant la formule modifiée de Penman-Monteith, sont résumés dans le tableau ci-dessous :

The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith par mois - untitled' software window. The input fields are: Pays: algerie, Station: ouargla, Altitude: 130 m, Latitude: 31.92 °N, Longitude: 5.40 °E. The main table displays monthly data for various meteorological and evapotranspiration parameters.

Month	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidity %	Wind km/jour	Sun heures	Rad MJ/m²/jour	ETo mm/jour
January	4.7	18.2	58	291	7.6	12.6	2.74
February	6.4	20.8	50	319	7.9	15.2	3.77
March	10.6	25.2	41	359	8.6	18.9	5.59
April	14.4	29.3	33	413	9.4	22.5	7.77
May	19.8	35.0	28	420	9.3	23.6	9.75
June	27.5	40.0	21	368	10.2	25.3	11.22
July	27.7	43.2	18	338	11.0	26.2	11.63
August	27.3	42.8	21	336	10.5	24.4	11.09
September	23.2	37.0	30	338	8.5	19.5	8.77
October	17.3	31.3	37	271	8.2	16.3	5.98
November	10.2	24.0	49	244	7.9	13.3	3.71
December	6.0	19.4	62	228	6.9	11.2	2.40

FigVI-1 : Photo de logiciel de calcul (CROPWAT 8)

IV.3 Calcul de la pluie efficace

La pluie efficace correspond à la portion des précipitations totales qui est effectivement utilisée par les cultures. Cette fraction varie en fonction de divers facteurs, notamment la région géographique, la nature de la pluie et le type de sol. Dans notre étude, nous avons choisi d'estimer les pluies efficaces en utilisant la méthode du pourcentage fixe. Voici comment cette méthode fonctionne en détail :

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)} \quad \text{VI-2}$$

A : Coefficient de pertes, égal à 0,65.

Les résultats de ce calcul, effectué selon la méthode du pourcentage fixe, sont présentés dans tableau suivant

Tableau VI-1: Précipitations efficaces de la zone d'étude

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
Pmoy 80% (mm)	2.3	3.05	3.29	1.96	3.98	1.13	2.93	1.68	2.02	0.22	0.093	0.42
P_{eff}	1.5	2.14	2.13	1.27	2.68	0.74	2.14	1.04	1.11	0.14	0.07	0.24

IV.4 Calcul de la réserve en eau du sol

La réserve en eau du sol correspond à la quantité d'eau contenue dans la couche de sol explorée par les racines des plantes, se situant entre le point de saturation et le point de flétrissement. Il est important de noter que plus l'humidité du sol se rapproche du point de flétrissement, plus il devient difficile pour les plantes d'extraire l'eau.

La réserve facilement utilisable (RFU) se calcule selon la formule suivante :

$$\mathbf{RFU = (hcc-hpf) Y.Da.Z} \qquad \mathbf{VI-3}$$

hcc : humidité à la capacité au champ

hpf : humidité au point de flétrissement

Z : profondeur racinaire,

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

Da : densité apparente du sol ;

Dans notre cas, la réserve en eau du sol du mois i-1 est égal à :

$$\mathbf{RS= K.RFU} \qquad \mathbf{VI-4}$$

K est coefficient =1, ou 1/2, 1/3 ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle.

IV.5 Choix des cultures

Le choix des cultures à planter est influencé par divers facteurs, notamment :

- L'emplacement naturel de l'exploitation agricole.
- La proximité économique de l'exploitation par rapport aux marchés et aux infrastructures.
- La situation économique actuelle.
- Les capacités et les opportunités spécifiques à l'exploitation elle-même.

IV.5.1 Occupation des sols

Avant d'analyser les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est essentiel de d'abord établir un plan d'occupation des terres et de répartition des cultures au sein du périmètre. Cette planification doit tenir compte de diverses contraintes, notamment celles liées au climat, aux facteurs sociaux et aux caractéristiques agro-pédologiques de la région.

Tableau VI-2: Occupation du sol.

Culture	Céréale	olivier	tomate	Palmier	Somme
Occupation	37.9	29.86	21.35	30.89	120

Tableau VI-3 : Les Cultures proposées.

Céréaliculture	Cultures maraichères	Cultures Arboricoles
Blé	Tomate	Olivier
Orge grain		Palmier dattier

IV.5.2 Autres notions

Profondeur utile :

La profondeur d'enracinement d'une culture dépend de la capacité du sol (et éventuellement du sous-sol) à la supporter. Les plants variant considérablement dans leur enracinement: certaines se limitent à une profondeur de 60 cm, tandis que d'autres peuvent atteindre 10 mètres ou plus. Le tableau suivant résume les profondeurs d'enracinement en mètres pour chaque culture cultivée à Ain Beida.

Tableau VI-4 : Profondeur utile (Z) pour les cultures existant en mètre.

Culture	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou
Olivier	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Blé		0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	1	1.2	0.87	0.23		
Orge grain			0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
Palmier dattier	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Tomate							0.6	0.9	1.2	1.2		

IV.6 Estimation des coefficients culturaux (Kc)

Les coefficients culturaux (Kc) pour chaque type de culture ont été établis conformément aux recommandations de Drogenbos (FAO, 2003). Ces coefficients varient en fonction des stades de développement de la plante et des conditions climatiques spécifiques à la région.

Tableau VI-5 : coefficients culturaux des cultures (Kc).

Culture	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Blé		0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0	1.2	0.87	0.23		
Orge grain			0.4	0.6	0.75	0.9	0.95	0.75	0.6	0.4		
Palmier dattier	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Tomate							0.50	0.85	1.15	0.85		
Olivier	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85

IV.7 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Le calcul des quantités d'eau nécessaires à l'irrigation est effectué en réalisant périodiquement, pour chaque stade de croissance des cultures, une évaluation du bilan hydrique suivante :

$$Bi = ETM - (Peff + K.RFU_i - 1) \quad \text{VI-5}$$

Où :

Chapitre VI Etude de Système d'adduction et e distribution

- **ETM** : l'évapotranspiration maximale ou besoins des cultures en(mm) où :

$$(ETM = ET0 \times Kc)$$

VI-6

- **Kc** : le coefficient culturel de la culture considérée ;
- **Peff** : la pluie efficace ;
- **RFU_{i-1}** : La réserve utile.

I.8 Estimation des besoins en eau des cultures choisies

I.8.1 Estimation des besoins en eau des céréales

Tableau VI-6 : Calcul des besoins en eau pour le Blé.

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	Bnet (mm)
Sept	3,72	1,84	263	0				
Oct	4,93	2,44	179	0,3	53,7	0,3	29,7	51,26
Nov	5,32	2,63	111	0,4	44,4	0,4	39,6	41,77
Dec	3,17	1,57	72	0,6	43,2	0,6	59,4	41,63
Janv	6,43	3,18	82	0,6	49,2	0,6	59,4	46,2
Fev	1,82	0,90	113	0,6	67,8	0,6	59,4	66,9
Mars	4,73	2,34	168	1	168	1	99	165,66
Avril	2,72	1,34	233	1,2	279,6	1,2	118,8	278,26
Mai	3,27	1,61	293	0,87	254,91	0,87	86,13	253,3
Juin	0,36	0,18	337	0,23	77,51	0,23	22,77	73,33
Juil	0,15	0,07	341	0				
Aout	0,68	0,34	333	0				

Qs= 1.43 /s/ha

Tableau VI-7 : Calcul des besoins en eau pour l'orge grain.

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	Bnet (mm)
Sept	3,72	1,84	263	0				
Oct	4,93	2,44	179	0				
Nov	5,32	2,63	111	0,4	44,4	0,3	29,7	41,77
Dec	3,17	1,57	72	0,6	43,2	0,5	49,5	41,63
Janv	6,43	3,18	82	0,75	61,5	0,6	59,4	156,66
Fev	1,82	0,90	113	0,9	101,7	0,6	59,4	160,2
Mars	4,73	2,34	168	0,95	159,6	0,6	59,4	156,66
Avril	2,72	1,34	233	0,75	174,75	0,6	59,4	173,01
Mai	3,27	1,61	293	0,6	175,8	0,6	59,4	174,19
Juin	0,36	0,18	337	0,4	134,8	0,6	59,4	135,82
Juil	0,15	0,07	341	0				
Aout	0,68	0,34	333	0				

Chapitre VI Etude de Système d'adduction et e distribution

Qs= 0.89 l/s/ha

Tableau VI-8 : Calcul des besoins en eau Palmier dattier.

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	Bnet (mm)
Sept	3,7 2	1,84	263	0,9	236,7	1,5	148,5	204,86
Oct	4,9 3	2,44	179	0,9	161,1	1,5	148,5	158,66
Nov	5,3 2	2,63	111	0,9	99,9	1,5	148,5	97,37
Dec	3,1 7	1,57	72	0,9	64,8	1,5	148,5	137.47
Janv	6,4 3	3,18	82	0,9	73,8	1,5	148,5	70.62
Fev	1,8 2	0,90	113	0,9	101,7	1,5	148,5	100.8
Mars	4,7 3	2,34	168	0,9	151,2	1,5	148,5	148.86
Avril	2,7 2	1,34	233	0,9	221,35	1,5	148,5	220
Mai	3,2 7	1,61	293	0,9	278,35	1,5	148,5	278.6
Juin	0,3 6	0,18	337	0,9	320,15	1,5	148,5	258.76
Juil	0,1 5	0,07	341	0,9	323,95	1,5	148,5	219.7
Aout	0,6 8	0,34	333	0,9 5	316,35	1,5	148,5	216,01

Qs= 1.43l /s/ha

Tableau VI-9 : Calcul des besoins en eau de la tomate .

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	Bnet (mm)
Sept	3,72	1,84	263	0				
Oct	4,93	2,44	179	0				
Nov	5,32	2,63	111	0				-
Dec	3,17	1,57	72	0				
Janv	6,43	3,18	82	0				
Fev	1,82	0,90	113	0				
Mars	4,73	2,34	168	0,5	84	0,6	59,4	81,66
Avril	2,72	1,34	233	0,85	198,05	0,9	89,1	197,31
Mai	3,27	1,61	293	1,15	336,95	1,2	118,8	262,79
Juin	0,36	0,18	337	0,85	286,45	1,2	118,8	255,67
Juil	0,15	0,07	341	0				
Aout	0,68	0,34	333	0				

Chapitre VI Etude de Système d'adduction et e distribution

Qs= 1.35 l/s/ha

Tableau VI-10 : Calcul des besoins en eau pour olivier .

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	Bnet (mm)
Sept	3,72	1,84	263	0,75	197,25	1,5	148,5	195,41
Oct	4,93	2,44	179	0,75	134,25	1,5	148,5	131,81
Nov	5,32	2,63	111	0,75	83,25	1,5	148,5	80,12
Dec	3,17	1,57	72	0,75	54	1,5	148,5	53,82
Janv	6,43	3,18	82	0,65	53,3	1,5	148,5	50,38
Fev	1,82	0,90	113	0,65	73,45	1,5	148,5	75,95
Mars	4,73	2,34	168	0,65	109,2	1,5	148,5	107,64
Avril	2,72	1,34	233	0,65	151,45	1,5	148,5	149,61
Mai	3,27	1,61	293	0,75	219,75	1,5	148,5	217,89
Juin	0,36	0,18	337	0,85	286,45	1,5	148,5	256,07
Juil	0,15	0,07	341	0,85	289,85	1,5	148,5	219,78
Aout	0,68	0,34	333	0,85	283,05	1,5	148,5	212,71

Qs= 1.32 l/s/ha

I.9 Calcul en eau pour l'assolement

Tableau VI-11 : Récapitulatif des besoins nets (mm)

Mois	Blé	Orge	Tomate	Olivier	Palmier dattier	Totale
Sept				195.41	204.86	400.27
Oct	51.26			131.81	158.66	341.73
Nov	41.77	41.77		80.12	97.37	261.03
Dec	41.63	41.63		53.82	137.47	274.55
Janv	46.2	156.66		50.38	70.62	507.33
Fev	66.9	160.2		75.95	100.8	403.85
Mars	165.66	156.66	81.66	107.64	148.86	660.48
Avril	278.26	173.01	197.31	149.61	220	1018.19
Mai	253.3	174.19	262.79	217.89	278.6	979.65
Juin	73.33	135.82	255.67	256.07	258.76	794.35
Juil				219.78	219.7	439.48
Aout				212.71	216.01	428.72

I.9.1 Besoin en eau pour lessivage

Dans les sols salés, la gestion de l'irrigation va au-delà de simplement satisfaire les besoins d'évapotranspiration des cultures et d'humecter le sol. Il est crucial d'ajouter une quantité supplémentaire d'eau pour dissoudre les sels solubles présents dans le sol, une pratique connue sous le nom de "lessivage". Cette eau additionnelle permet d'éliminer les sels excédentaires de la zone racinaire, les évacuant via un réseau de drainage.

La dose de lessivage, généralement estimée à environ 20 % des besoins bruts d'irrigation, vise à limiter l'expansion des terres salées, à restaurer la qualité des sols et à améliorer les rendements des cultures. Le lessivage est recommandé dans deux situations : lorsque l'eau d'irrigation est fortement salée (avec une conductivité électrique de l'eau, C_{ew} , supérieure à 1,5 dS/m) et lorsque le sol présente une tendance saline (avec une conductivité électrique du sol, C_{es} , dépassant 4 dS/m).

Il existe deux approches de lessivage : le lessivage capital, qui consiste à apporter une grande quantité d'eau pour nettoyer le sol en profondeur, et le lessivage continu, préféré dans notre projet. Dans cette méthode continue, des doses supplémentaires d'eau sont apportées en même temps que l'irrigation habituelle, assurant ainsi un lessivage régulier pour maintenir la salinité du sol sous contrôle et favoriser des conditions optimales pour la croissance des cultures.

- Calcul des doses de lessivage:

En utilisant la formule de RHOADS (Leaching Requirement) :

$$I_w = \frac{B_{net}}{1-LR} \quad \text{VI-7}$$

I_w : besoin végétation +lessivage

B_{net} : besoin en cultures avant lessivage

$$LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{eis} - C_{eiw}} \quad \text{VI-8}$$

Avec :

- LR : Leaching Requirement ou fraction lessivante
- C_{eiw} : conductivité électrique de l'eau d'irrigation = 2.19 ds/cm.
- C_{eis} : conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol

$C_{es} = 2,55 \text{ ds/cm}$

Chapitre VI Etude de Système d'adduction et e distribution

$$LR = \frac{2,19}{5 * 2,55 - 2,19} = 0.21$$

$$Iw = \frac{Bnet}{(1-LR)}$$

VI-9

Avec :

Iw : besoin végétation + lessivage

Bnet : besoin en cultures avant lessivage

LR: la fraction lessivante.

Tableau 0-12 : Récapitulatif des besoins nets (mm)

Blé		51.56	41.77	41.63	46.2	66.9	165.6	278.2	253.3	73.33		
							6	6				
Orge grain			41.77	41.63	156.6	160.	156.6	173.0	174.1	135.8		
					6	2	6	1	9	2		
Tomate							81.66	197.3	262.7	255.6		
								1	9	7		
Olivier	195.4	131.8	80.12	53.82	50.38	75.9	107.6	149.6	217.8	256.0	219.7	212.7
	1	1				5	4	1	9	7	8	1
Palmier dattier	204.8	158.6	97.37	137.4	70.62	100.	148.8	220	278.6	258.7	219.7	216.0
	6	6		7		8	6			6		1
Iw	506.6	432.6	330.4	347.5	642.2	511.	836.0	1280.	1140.	1149.	1007.	545.1
MM/MO IS			1			2	5	8	51	5	1	

I.9.2 Calcul du débit spécifique

$$Q_s = \frac{Bnet * 10 * 1000}{Nj * Ni * 3600 * Ei} \text{ l/s/ha}$$

0-10

VI-10

Avec :

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

Ni : nombre des heures d'irrigation = 20h

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

E_i : Efficience d'irrigation = 90%

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant

D'ou les besoins de pointe correspondent au mois de mai :

B_{net} = 1280.8 mm.

Ainsi :

$$Q_s = 6.58 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5, il y'a un risque de surdimensionnement des conduites de refoulement ou gravitaire.

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
- On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Dans notre cas, on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante :

B_{net} = 277.4mm, donc le débit spécifique corrigé est de **Q_s = 1.44 l/s/ha**.

I.9.3 Evaluation du débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir :

$$Q_{car} = Q_s \times S \quad \text{VI-11}$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 120 ha.

$$Q_{car} = 1.44 \times 120 = 172.8 \text{ l/s.} = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

IV Conclusion

En conclusion ce chapitre souligne l'importance essentielle de la détermination des besoins en eau pour la réussite des projets d'aménagement hydro-agricole. Il examine en profondeur la méthodologie permettant d'évaluer avec précision les besoins en eau des cultures, en prenant en compte divers facteurs tels que les conditions climatiques, les caractéristiques du sol, et la qualité de l'eau d'irrigation. L'analyse inclut également le calcul de l'évapotranspiration, la détermination de la pluie efficace, et l'estimation des réserves en eau du sol.

Chapitre V
Choix de Système
d'Irrigation

V. Choix de système d'irrigation

V.1 Introduction

L'irrigation joue un rôle essentiel dans l'agriculture moderne en assurant un approvisionnement adéquat en eau pour les cultures, notamment dans les régions où les précipitations naturelles sont insuffisantes pour satisfaire les besoins des plantes. Pour optimiser la croissance des cultures en l'absence de pluie, diverses techniques d'irrigation ont été développées, chacune adaptée à des conditions spécifiques et offrant des avantages distincts en termes d'efficacité et de gestion des ressources en eau. Dans ce chapitre, nous examinerons en détail ces différentes méthodes d'irrigation et choisirons celle qui convient le mieux aux caractéristiques de notre zone d'étude.

V.2 Choix des techniques d'irrigation

Le choix de la méthode d'irrigation appropriée dépend de plusieurs paramètres à évaluer, notamment :

- La topographie du terrain
- Le débit d'eau disponible
- Le type de culture cultivée
- La qualité de la perméabilité du sol
- La viabilité économique de l'opération
- Les aspects financiers associés.

V.3 Classification des techniques d'irrigation

Les techniques d'arrosage sont réparties en trois classes :

- L'irrigation gravitaire ou de surface.
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation par micro-irrigation

V.3.1 Irrigation gravitaire

Les méthodes d'irrigation de surface reposent sur le déplacement naturel de l'eau sur le terrain par gravité pour saturer le sol et pénétrer en profondeur. Historiquement, c'est la méthode d'irrigation la plus couramment utilisée en agriculture. Ces techniques sont généralement classées en trois principales catégories : l'irrigation par ruissellement, l'irrigation par rigoles d'infiltration et l'irrigation par submersion.

V.3.1.1 L'irrigation par ruissellement

L'irrigation par ruissellement est une méthode de distribution de l'eau qui utilise des rigoles pour acheminer l'eau depuis les fossés du champ. Dans cette méthode, l'eau est principalement dirigée par gravité et n'est pas strictement contrôlée par des digues pour restreindre le flux.

V.3.1.2 Irrigation à la raie

La méthode d'irrigation par raie consiste à acheminer l'eau vers les plantes à travers un réseau de raies espacées de 0,75 à 1 mètre. Cette disposition permet un ruissellement sur une petite partie de la surface du sol.



Figure V-1 : Irrigation à la raie.

V.3.1.3 L'arrosage par submersion

Cette approche d'irrigation consiste à appliquer une couche d'eau de manière variable sur le sol, permettant à l'eau de rester suffisamment longtemps pour s'infiltrer à la profondeur nécessaire. Cette méthode est parfois décrite comme une "inondation non contrôlée".

V.3.1.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité

Tableau V-1: Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Méthode simple sans besoin d'énergie externe ;• Investissement initial faible ;• Possibilité de recharge des nappes phréatiques ;• Adaptée à l'irrigation de grandes surfaces.	<ul style="list-style-type: none">• Susceptible à des pertes d'eau importantes ;• Efficacité réduite ;• Durée d'arrosage prolongée ;• Nécessite un investissement considérable en temps et en main-d'œuvre.

V.3.2 L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une méthode d'apport en eau aux plantes qui simule une pluie artificielle. Elle utilise principalement deux types de dispositifs : les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. L'objectif principal de cette technique est d'assurer une distribution uniforme de l'eau sur la surface cultivée. La conception du système doit garantir que l'apport en eau ne dépasse pas la capacité d'infiltration du sol, afin de minimiser les pertes par ruissellement.

V.3.2.1 Avantages et inconvénients par aspersion :

Tableau V-1 : Avantages et inconvénients par aspersion.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Pas besoin d'aménagement préalable du sol. • Adaptée à tous les types de sols. • Efficacité relativement élevée de l'utilisation de l'eau, généralement entre 75% et 85%. • Nécessite moins de main-d'œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'investissement initial pour l'agriculteur peut être conséquent. • L'entretien des installations collectives peut entraîner des coûts significatifs. • L'aspersion peut augmenter l'évaporation de l'eau et favoriser la croissance des mauvaises herbes.

V.3.2.2 Différentes installations à la parcelle

En pratique, il existe deux solutions extrêmes envisageables : l'installation permanente et l'installation mobile.

A. Installation fixe

Tous les composants de l'installation, y compris la pompe, les conduites et les asperseurs, sont installés de manière permanente. Cela réduit le besoin de main-d'œuvre importante, mais engendre des coûts d'investissement significatifs.

a. Couverture totale : Dans ce système, l'ensemble de la zone à irriguer est équipé de rampes fixes. Pendant toute la saison, seuls les asperseurs sont déplacés lors de l'irrigation et à la fin de la saison.

b. Couverture intégrale : Ce système nécessite des rampes et des asperseurs fixes pour couvrir toute la parcelle. L'irrigation est contrôlée par l'ouverture et la fermeture d'une vanne, soit manuellement, soit automatiquement.

B. Installation mobile

Irrigation par enrouleur : L'enrouleur est l'équipement d'irrigation par aspersion le plus couramment utilisé dans certains pays, comme la France, en raison de sa grande polyvalence. Il se compose d'un canon d'arrosage fixe alimenté par un tuyau flexible enroulé autour d'une bobine. Un moteur hydraulique fait tourner la bobine, enroulant le tuyau et déplaçant le canon, assurant ainsi une répartition optimale de l'eau.

Figure V-2 : Irrigation par enrouleur.



b-Irrigation par pivot : Les systèmes d'irrigation automoteurs, tels que les pivots et les rampes frontales, sont fréquemment utilisés dans le Sahara pour irriguer les prairies et d'autres cultures situées au-dessus de la canopée. Les pivots se déplacent en tournant autour d'un point central, tandis que les rampes frontales ont leurs deux extrémités libres. Ces systèmes nécessitent de l'énergie pour se déplacer sur la parcelle et pour acheminer l'eau de la source jusqu'aux plantes. Bien qu'ils offrent une grande flexibilité en matière d'irrigation, leur utilisation peut entraîner des coûts énergétiques plus élevés par rapport à d'autres méthodes.



Figure V-3 : Irrigation par pivot

V.3.3 Irrigation localisée (Goutte à goutte)

L'irrigation localisée, en particulier la méthode du goutte-à-goutte, se distingue par son approche ciblée, acheminant l'eau directement vers les zones spécifiques où elle est nécessaire. Cette technique utilise des conduites pour transporter l'eau, qui est ensuite distribuée en gouttes à travers des goutteurs positionnés le long des rangées de cultures.



Figure V-4 : Irrigation localisée (Goutte à goutte)

V.3.3.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

Tableau V-2 : Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Offre une efficacité d'irrigation exceptionnelle.• Adaptée à une variété de sols et à la plupart des cultures.• Nécessite moins de main-d'œuvre.• Minimise les pertes par évaporation.	<ul style="list-style-type: none">• L'obstruction des goutteurs• Accumulation de sels

V.4 Choix de la technique d'arrosage

Pour choisir la méthode d'irrigation appropriée, il est crucial de comprendre les limitations de chaque type d'arrosage. Une analyse multicritère des techniques d'irrigation, prenant en compte diverses contraintes, est nécessaire pour déterminer la technique la mieux adaptée à la zone concernée. Notre analyse est présentée en détail ci-dessous :

Tableau V-4: Analyse multicritère de choix de technique d'arrosage.

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation Localisée
pente moyenne 3%	+	++	++
Sol a texture moyenne	+	++	++
Uniformité d'arrosage	+	++	++
économie d'eau		++	++
Sensibilité au vent	+	++	++
Perte d'eau pendant l'arrosage	+	++	++
Lessivage	-	-	-
Cultures			
Maraîchage	+++	+++	+++
Céréales	-	+++	-
Arbres	+++	-	+++
Grandes mains d'eau	-	-	+
Possibilité d'automatisation	-	+	++
Frais d'investissement	-	-	-
Eaux salées	-	-	+

Avec :

- : inadéquat ou déconseillé
- + : Adapté avec réserve
- + + : Adapté
- ; + + + : Très Adapté

Le choix de la méthode d'irrigation est déterminé par plusieurs contraintes, incluant des facteurs météorologiques tels que l'évaporation et les vents, la texture et la structure du sol, les caractéristiques naturelles comme la pente du terrain, ainsi que le type de cultures cultivées. Pour les cultures maraîchères, les techniques d'irrigation de surface et par aspersion sont généralement recommandées. Pour les céréales, l'irrigation par aspersion est la seule option viable, tandis que pour les arbres, les techniques d'irrigation de surface et d'irrigation localisée sont appropriées. Ces choix sont également influencés par des considérations économiques, notamment la gestion efficace de l'eau, qui dépend largement de la méthode d'irrigation choisie. En général, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée sont plus économiques que l'irrigation de surface.

Conclusion

Dans le cadre de notre étude, nous avons adopté une approche moderne en choisissant la méthode d'irrigation au goutte-à-goutte. Cette technique sera appliquée aux cultures maraîchères et à l'arboriculture, illustrant notre engagement envers une utilisation efficace des ressources en eau tout en maximisant les rendements agricoles. Notre démarche s'inscrit dans une vision de durabilité et d'optimisation des pratiques agricoles, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement et au bien-être de notre communauté agricole.

Chapitre VI

Etude de Système d'adduction

Et de distribution

VI Etude de système d'adduction et de distribution

VI.1 Introduction

Le dimensionnement du réseau d'irrigation vise à déterminer les spécifications des structures nécessaires pour transporter les quantités d'eau prédéfinies jusqu'à la parcelle, où elles seront ensuite distribuées entre les plantes. L'objectif est de concevoir une série d'infrastructures hydrauliques conformes à des normes techniques spécifiques, assurant leur fonctionnement coordonné. Cela permet d'acheminer l'eau de la source à l'espace aménagé et de la distribuer de manière efficace, garantissant une gestion équilibrée des ressources. Dans ce chapitre, le choix des conduites repose sur des calculs détaillés des équipements, alignés sur les dimensions établies dans l'étude.

VI.2 Alimentation en eau du périmètre :

Le périmètre dont la superficie est de 120 Ha, sera irrigué à partir de deux forage qui va alimenter la totalité du périmètre d'irrigation

Tableau IV.1 : Caractéristiques du forage

Communes	Lieu	Nom de Forage Albien	Débit (l/s)	Profondeur (m)	Coordonnées UTM		Réalisation du forage
					x	y	
Ouargla	Ain beida	Ain beida	40	200	725162.08	3541395.78	Réalisé
Ouargla	Ain beida	Ain beida	40	198	725865.75	3541620.33	Réalisé

VI.3 Organisation du périmètre

Un îlot d'irrigation est une unité hydro-agricole composée de plusieurs parcelles, alimentée par une borne d'irrigation. La configuration des parcelles en îlots est influencée par divers facteurs, notamment la topographie, les considérations techniques et économiques, ainsi que la taille et le nombre de parcelles. Pour les exploitations de petite et moyenne taille, l'installation des bornes doit respecter les critères suivants :

- Chaque îlot d'exploitation doit disposer d'au moins une prise d'irrigation.
- Il est possible d'installer jusqu'à quatre prises sur une même borne.
- Les bornes doivent être situées soit à la périphérie des îlots, soit au centre pour les îlots de grande taille.

VI.3 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne d'irrigation est un élément hydraulique clé chargé d'assurer l'acheminement sous pression de l'eau vers les utilisateurs pratiquant l'irrigation. Cette eau est fournie par un réseau de distribution collectif. Chaque îlot est équipé d'une borne d'irrigation, qui peut comporter une ou plusieurs sorties (prises) selon le nombre d'opérations d'arrosage simultanées à réaliser. La borne d'irrigation est un appareil compact, spécialement conçu pour les réseaux fonctionnant à la demande, et remplissant les fonctions suivantes :

- Réguler le débit pour le maintenir à la valeur spécifique à l'îlot.
- Ajuster la pression et absorber les éventuelles variations accidentelles.

Fournir de l'eau à un ou plusieurs utilisateurs, chacun disposant d'une prise individuelle.

VI.4 Calcul hydraulique des bornes

La performance hydraulique des bornes est conditionnée par le débit qu'elles doivent fournir en amont des parcelles. La formulation du débit que chaque borne doit être capable de fournir pour desservir un îlot est la suivante :

$$Q_b = q_s \cdot S \qquad \text{VI-1}$$

Avec : Q_b = Débit de la borne (l/s)

q_s = Débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie de l'îlot (ha)

VI.4.1 Choix du diamètre de la borne

Tableau VI-2 : Choix du diamètre de la borne

Débit fourni (l/s)	Diamètre (mm)
5 l/s < Q < 8 l/s	80
8 l/s < Q < 11 l/s	100
11 l/s < Q < 20 l/s	125

VI.4.2 Position des prises

Pour organiser les prises lors de la création d'îlots d'exploitation, il est nécessaire d'attribuer une prise à chaque îlot une fois les parcelles regroupées. Une prise desservant une parcelle peut être placée au centre de celle-ci, le long de sa façade près de la voie d'accès, à la limite d'une parcelle adjacente, ou à une certaine distance nécessitant l'utilisation d'une conduite d'approche, positionnée en limite des parcelles voisines. Pour faciliter le calcul du réseau, il est préférable de regrouper les débits des prises selon les classes de surfaces irriguées pour les parcelles à débit limité. En revanche, si chaque prise est dotée d'un débit spécifique lié à la superficie irriguée, cela créerait autant de classes que de prises, compliquant ainsi la conception du réseau. Dans notre cas, nous avons opté pour 7 classes de prises basées sur les surfaces irriguées. Le tableau suivant présente les classes de prises adoptées pour notre périmètre.

VI.4.3 Choix de la borne

Le choix de type de borne dépend de la surface généralement on admet :

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

Chapitre VI Etude de Système d'adduction et de distribution

- Pour les ilots avec deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- Pour les ilots avec deux parcelles et dont la superficie dépasse 15ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
- Pour les grands ilots on prévoit des bornes de type C.

Tableau VI-3 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.

Ilots	Superficie (ha)	Parcelle	Superficies (ha)	Q_p (l/s/ha)	Q_b (l/s)	Matériau	Diamètre (mm)	Type Borne
DA1	12.2	P1	3.24	1.44	17.6	PEHD	125	A4
		P2	3.02					
		P3	2.95					
		P4	3.01					
DA2	19.06	P1	5.45		27.47	PEHD	125	C
		P2	6.02					
		P3	5.12					
		P4	2.49					
DA3	12.81	P1	2.51		18.45	PEHD	125	A4
		P2	3.53					
		P3	3.65					
		P4	3.12					
DA4	6.97	P1	3.52		10.04	PEHD	125	A2
		P2	3.45					
DA5	4.58	P1	2.19		6.6	PEHD	125	A2
		P2	2.4					
DA6	7.25	P1	3.45		10.44	PEHD	125	A2
		P2	3.8					
DA7	6.22	P1	1.67		8.97	PEHD	125	A4
		P2	1.78					
		P3	1.57					
		P4	1.31					
DA8	10.5	P1	2.14	15.12	PEHD	125	A4	
		P2	2.15					
		P3	1.98					
		P4	2.01					
		P5	2.22					
DA9	4.63	P1	2.47	6.67	PEHD	125	A2	
		P2	2.15					

DA10	4.29	P1	1.07	6.19	PEHD	125	A4
		P2	1.08				
		P3	1.06				
		P4	1.09				
DA11	6.77	P1	3.47	9.76	PEHD	125	A4
		P2	3.31				
DA12	9.43	P1	3	13.59	PEHD	125	A4
		P2	3.45				
		P3	2.99				
DA13	6.44	P1	2.15	9.28	PEHD	125	A4
		P2	2.15				
		P3	2.15				
DA14	11.38	P1	2.47	16.38	PEHD	125	A4
		P2	2.15				
		P3	3.15				
		P4	3.61				

Conclusion : Le périmètre d'étude impose à notre secteur 14 bornes pour permettre l'alimentation de l'ensemble des parcelles sur une surface de 120 ha.

Interprétations

Périmètre à irriguer : **120ha**

Nombre d'îlots : **14**

Nombre de borne : **14**

VI.4.4 Plan des bornes :

Une fois les prises attribuées aux îlots, il est nécessaire de positionner les bornes sur le plan des îlots d'exploitation et de regrouper les prises sur ces bornes. Une borne peut regrouper jusqu'à 4 prises, voire plus dans certains cas. Le plan d'implantation des bornes résulte d'un compromis entre les utilisateurs et l'organisme d'aménagement, qui cherche à limiter le nombre de bornes afin de réduire les coûts.

VI.5 Choix du matériau

La sélection du matériau pour une canalisation vise à optimiser la rentabilité des investissements tout en garantissant un fonctionnement optimal des installations pour assurer une exploitation fiable et une disponibilité continue. Pour cela, il est nécessaire de remplir certains critères :

- Satisfaction des exigences hydrauliques (débit, pression).
 - Disponibilité sur le marché.
 - Avantages économiques et adéquation avec le type de sol.
- a) Les conduites en fonte offrent divers avantages, notamment une résistance élevée aux contraintes internes, une bonne protection contre la corrosion et une solidité remarquable. Leur principal inconvénient est leur coût relativement élevé.
- b) Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) sont largement préférées en raison de plusieurs avantages majeurs, dont une résistance accrue à la corrosion, une légèreté facilitant l'installation, et un coût relativement modéré. Cependant, elles présentent un risque de rupture

en cas de soudure défectueuse et sont sensibles à l'écrasement sous la pression du remblai ou en l'absence de pression constante dans la conduite.

c) Les conduites en polyester renforcé de fibres de verre (PRV) sont fabriquées en combinant de la résine de polyester, des fibres de verre et des matériaux de renforcement.

Nous avons choisi le PEHD pour notre réseau en raison de sa large gamme, de sa résistance, de son étanchéité, et de son diamètre inférieur à 300 mm.

Les coefficients de rugosité pour les conduites PEHD selon les normes sont :

- $\varepsilon = 0.01$ mm pour $D < 200$ mm
- $\varepsilon = 0.02$ mm pour $D > 200$ mm

VI.5.1 Vitesse admissibles

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique ;

- De faire une économie sur le cout des canalisations.
- D'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque érosion) et la vitesse faible (risque de dépôts solide).

La vitesse admissible est choisie entre 0.5 m/s comme vitesse minimale et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

VI.5.2 Les pressions à garantir au bornes

Nous allons utiliser un système de goutte à goutte dans notre réseau pour irriguer nos cultures

Pour la micro irrigation (goutte à goutte), la pression à la borne doit être suffisante pour compenser 1 bar pour faire fonctionner le gouteur additionné des pertes de charge dans les portes rampes et dans certains appareils (estimé à 20% de la charge) plus celle due à l'appareils de filtration (0.5 bar le plus souvent) soit une pression minimale d'environ 1.8bar.

VI.5.3 Calcul des pressions des bornes

La détermination des pressions repose sur le principe fondamental de Bernoulli, qui explique le comportement d'un fluide réel lors de son déplacement entre deux points, notés point 1 et point 2

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

Les pressions finales obtenues aux bornes. Dans certains tronçons dépassant les 4 bars, nous recommandons pour ces tronçons l'utilisation du PN10 et nous utiliserons le PN6 pour les tronçons ne dépassant pas les 6 bars.

Chapitre VI Etude de Système d'adduction et de distribution

N° tronçon	Long L (m)	L (km)	Surface (Ha)	Débit (m ³ /S)	Diamètre (mm)	D. Norm (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain Z(m)	C. Piézo (m)	Pression (m)
SP-B14	698,38	0,6984	11,40	0,016	116,84	160	PEHD	1,25	4,14	140,57	160,76	20,19
B14-B12	115,00	0,150	5,70	0,008	82,62	160	PEHD	2,50	0,19	130,46	160,57	30,11
B12-B4	215,00	0,2150	6,40	0,009	87,54	160	PEHD	2,23	0,44	129,92	160,13	30,21
B4-B5	115,00	0,1150	4,40	0,006	72,59	160	PEHD	3,24	0,12	132,02	160,45	28,43
B5-B3	100,00	0,1000	12,50	0,018	122,34	160	PEHD	1,14	0,70	131,24	159,43	28,19
B3-B2	115,00	0,1150	18,40	0,026	148,44	160	PEHD	0,77	1,65	131,8	158,48	26,70
B2-B1	42,50	0,0425	11,54	0,016	117,55	160	PEHD	1,24	0,26	131,3	159,17	27,92
B14-B8	422,00	0,4220	9,90	0,014	108,88	160	PEHD	1,44	1,93	130,56	157,50	26,94
B8-B10	107,00	0,1070	3,90	0,005	68,34	160	PEHD	3,65	0,09	133,8	159,09	25,29
B10-B7	251,00	0,2510	5,80	0,008	83,34	160	PEHD	2,46	0,43	136,70	160,03	23,33
B14-B13	199,00	0,1990	6,45	0,009	87,88	160	PEHD	2,21	0,41	132,06	160,04	27,98
B13-B9	203,00	0,2030	4,60	0,006	74,22	160	PEHD	3,10	0,22	131,96	110,20	25,03
B9-B11	493,67	0,4937	9,28	0,013	105,42	160	PEHD	1,54	2,00	130,82	156,48	25,66
B11-B6	378,96	0,3790	6,47	0,009	88,02	160	PEHD	2,20	0,79	126,31	155,69	29,38

Tableau VI-1 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.

VI.6 Etude de pompage

Il est essentiel d'établir un système de pompage afin d'acheminer de l'eau vers la zone, pour approvisionner un réservoir principal situé au-dessus du niveau général d'altitude (NGA). Il est recommandé d'utiliser un système de pompage depuis le barrage vers un réservoir de stockage.

VI.6.1 Généralités sur les pompes

Une pompe est un dispositif créé pour aspirer, déplacer ou comprimer des liquides et des gaz. Dans tous les modèles de pompes, il est crucial d'éviter la cavitation, susceptible de diminuer le débit et d'endommager la pompe elle-même. Les pompes se divisent principalement en deux catégories : les pompes volumétriques, fréquemment utilisées pour le pompage des eaux usées, et les turbopompes.

VI.6.1.1 Les turbopompes

Les turbopompes se classent en trois catégories distinctes : les pompes centrifuges à écoulement radial, les pompes axiales à écoulement axial, et les pompes semi-axiales. Les pompes centrifuges, également connues sous le nom de pompes à écoulement radial, sont efficaces pour augmenter les débits à de grandes hauteurs. La hauteur de refoulement croît proportionnellement au diamètre extérieur de la roue. Dans ce type, le fluide s'écoule radialement et les pales de la roue sont planes.

Les pompes axiales ressemblent à des hélices, avec des pales incurvées. Elles sont particulièrement adaptées pour augmenter les débits à faible hauteur.

Les pompes semi-axiales sont spécialement conçues pour élever des débits élevés à faible hauteur. Elles nécessitent des vitesses d'entrée relativement basses en raison de leur faible hauteur de refoulement. Ces pompes adoptent une forme hélico-centrifuge avec des dimensions importantes, où les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

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

Pour chaque forage, on va prévoir une pompe immergée avec accessoires. Le choix de cette dernière est déterminé par deux paramètres essentiels

-la hauteur manométrique totale HMT exprimée en m ;

-le débit de la pompe Q pompe.

$$\mathbf{HMT = ht + Hg}$$

VI-3

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

ht : perte de charge totale en m

Hg : Hauteur géométrique en (m).

Donc la hauteur géométrique entre le réservoir et la pompe sera :

Cote Réservoir – Cote pompe

➤ **Calcul des pertes de charges :**

$$ht = hs + hl$$

$$hs = 10\% hl.$$

$$ht = 1.1 hl.$$

$$HI = \frac{0.001052 * L * Q^2}{D^{4.772}}$$

VI-4

Avec :

L : longueur de la conduit de refoulement.

D : diamètre de la conduite, avec : $D = Q$

Q : le débit dans la conduite.

Tableau VI-4: Résultats du calcul

Forage	D(mm)	L(m)	Q(m ³ /s)	hl(m)	hs(m)	ht(m)	Hg(m)	HMT(m)
Ain beida 1	400	1079	0.04	3.55	0,355	3.91	57.77	61.68
Ain beida 2	400	371	0.04	1.22	0.12	1.35	58.95	60.3

VI.6.3 logiciel Caprari

Ce logiciel nous permet de déterminer le nombre ainsi que les différentes

Caractéristiques de la pompe, après l'affectation du débit Q, l'HMT et la hauteur géométrique.

On fait le choix de la pompe du forage N°01. Et de même manière pour le deuxième forage

Tableau VI-5: Résultats de logiciel caprari

Nbr pompe	Q (l/s)	Q_{np} (l/s)	HMT	R %	NPSH (m)
1	40	40.1	73.55	79.2	4.7
2	40	40.2	73.55	72.1	3.66
3	40	39.6	73.55	63.6	2.87

Figure VI-1 : choix de pompe logiciel caprari .

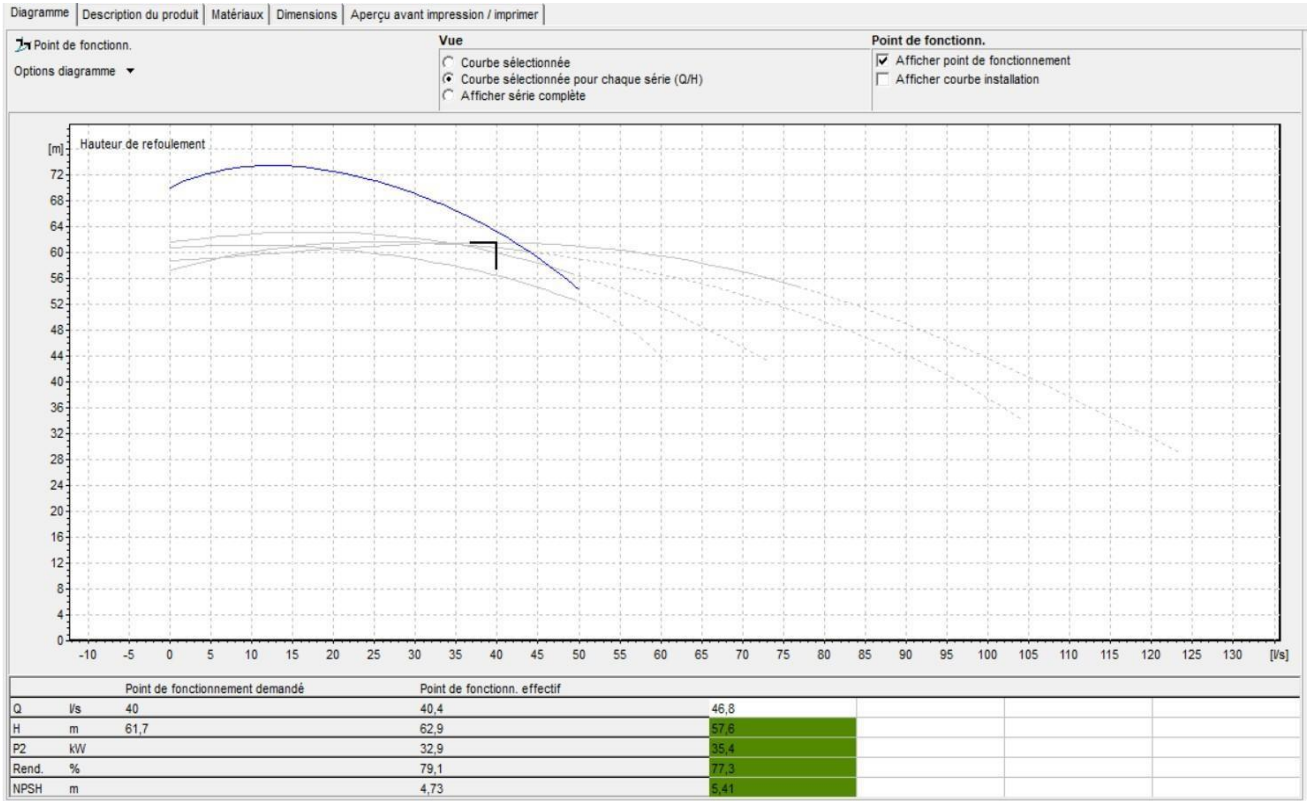
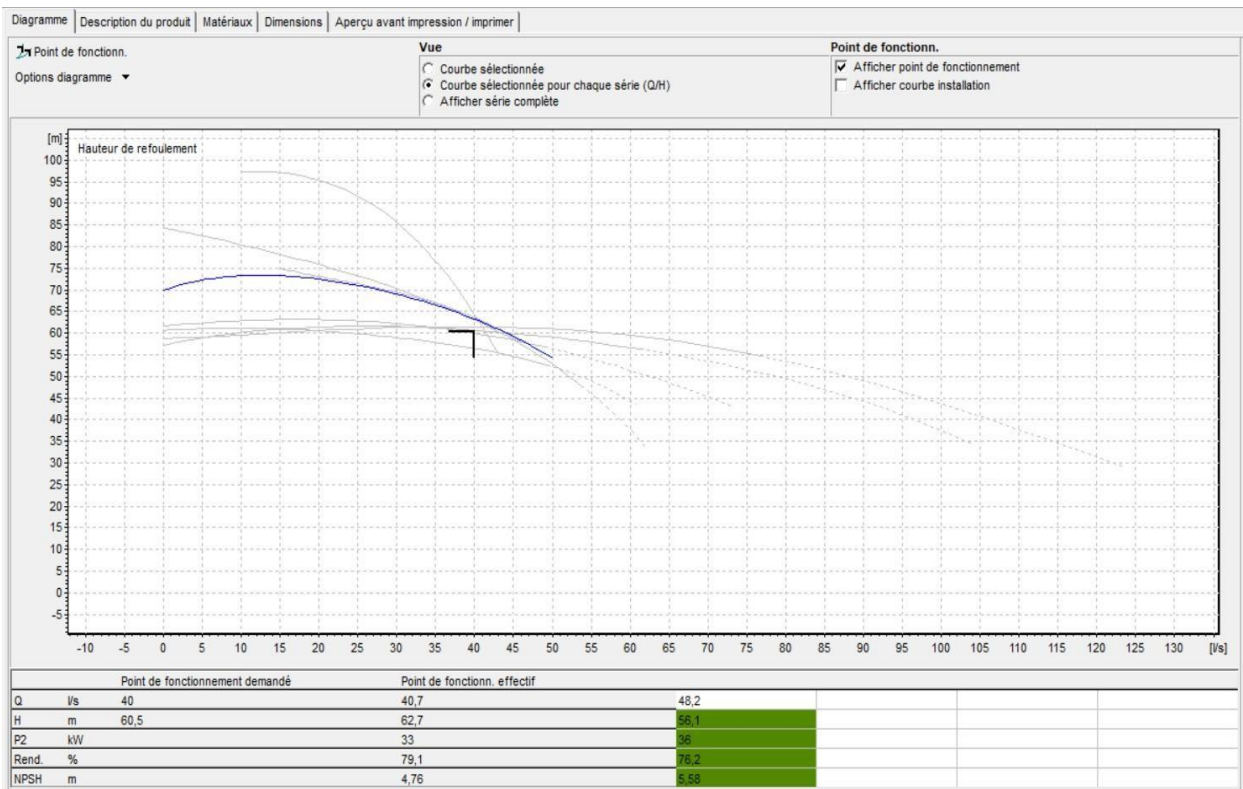


Figure VI-2 : choix de pompe logiciel caprari.



VI.6.4 Calcul des frais d'amortissement

➤ Amortissement annuel

Les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et dutaux d'annuité. Il se calcule par la relation suivante :

$$F_{am} = P_{rc} \times A \quad \text{VI-5}$$

Avec :

P : Prix de la conduite en (DA) ;

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

$$\frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad \text{VI-6}$$

A : frais d'amortissement (Da) ;

i : Taux d'annuité ; $i = 8\%$

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

$$A = \frac{0.08}{1 - (1 + 0.08)^{-30}} = A \mathbf{0.088} = \mathbf{8.88 \%}$$

VI-6.5 Calcul des frais d'exploitation

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

$$F_{exp} = E \times e \quad \text{VI-7}$$

Avec :

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

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

e : Prix unitaire d'un **Kw** imposé par la Sonalgaz ($e = 4,67DA$)

VI.6.6 Puissance absorbée par la pompe

La puissance fournie à la pompe peut être exprimée de la manière suivante :

$$P = (\rho \times g \times Q \times HMT) / \eta \quad \text{VI-8}$$

Où : η : Rendement de la pompe en pourcentage ($\eta = 77\%$)

Q : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m^3/s)

g : Accélération due à la pesanteur ($9,81 m/s^2$)

ρ : Masse volumique de l'eau en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3)

➤ Puissance des pompes

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

$$P = \frac{g \times Q \times HMT}{\eta} \quad \text{VI-9}$$

η : Rendement de la pompe en pourcentage ($\eta = 77\%$) ;

Q : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m^3/s) ;

g : Accélération due à la pesanteur ($9,81 m/s^2$) ;

ρ : Masse volumique de l'eau en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3).

➤ Energie consommée par la pompe

L'énergie totale consommée par la pompe sur une année peut être calculée à l'aide de la formule suivante

$$E = P \times t \times 365 \quad \text{VI-10}$$

Où :

E : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année en kilowattheures (kWh) ;

P : Puissance absorbée par la pompe en kilowatts (kW) ;

t : Temps de fonctionnement de la pompe en heures (dans notre cas, $t = 10$ heures)

0-7 Dimensionnement de le bassin de stockage :

le périmètre sera équipé d'un bassin de stockage et de régulation pour assurer une irrigation continue. Ce réservoir sera équipé d'une pompe submergée horizontale afin de refouler efficacement l'eau vers les parcelles exploitées à travers le système d'irrigation. Cette configuration garantira une pression adéquate pour l'irrigation par goutte-à-goutte ou par aspersion, avec une pression cible de 3 bars, adaptée à l'installation des deux types de systèmes d'irrigation.

$$V=Q*TF \quad \text{VI-11}$$

Q: est le besoin maximum journalier = 622.8m³/h

Tf : l'intervalle de temps, il correspond au temps de non fonctionnement de la pompe.

puisqu'on a le temps de pompage est de 20h/j, donc If-4h.

A.N V= 2491m³

Le réservoir projeté est prévu carré en béton armé avec une capacité de 2625 m³ de dimensions suivantes :

-Heuteur : 5m

-Longueur :25 m

-Largeur : 21m

VI-8 Dimensionnement du réseau d'irrigation par goutte à goutte :

Le système d'irrigation sera installé dans la zone desservie par la borne, où la pression devrait être d'environ 3 bar. L'exploitation agricole couvre une surface totale de 6.4 hectares, principalement de forme rectangulaire.

Culture : olivier, son besoin de pointe est **256.07 mm**

Organisation du réseau goutte à goutte : Avec un espacement de 4 mètres par 4 m

Surface : 6.4 ha

Longueur : 1437m.

Largeur : 44.5m.

Caractéristiques du goutteur : Débit nominal : 4 l/h Pression nominale : 10m.c.e

Le nombre de goutteurs par arbre : 2

Espacement des goutteurs ≈ 1 m

VI-9 Besoin d'irrigation des cultures en irrigation localisé :

VI-9.1Influence du taux de couverture du sol :

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, l'eau est distribuée de manière précise sur une zone limitée, ce qui réduit significativement l'évaporation directe du sol. Pour tenir compte de cet effet, on utilise un coefficient de réduction appelé Kr, appliqué à l'Évapotranspiration Potentielle de la Culture (ETM). La valeur de Kr dépend du pourcentage de la surface du sol couverte par les plantes matures, généralement environ 60%. Son calcul peut être réalisé à l'aide de différentes formules, telles que :

Keller et Kamelik :

$$K_k = \frac{C_s}{0,85} \quad \text{VI-12}$$

La formule de Freeman et Gazli :

$$K_k = K_k + 0.5*(1 - K_k) \quad \text{VI-13}$$

Nous supposons qu'un taux de couverture de 60 % est atteint pour les arbres adultes, ce qui signifie que :

•Kr =0.80 selon Keller et Kamelik

• $K_r = 0.70$ selon Freeman et Gazli

Nous utiliserons un facteur K_r égal à 0,80

- $B_{jl} = B_j \times K_r$
- $B_j = ETM_c = \frac{B_{pointe}}{30}$
- $B_j = \frac{256.07}{30} = 8.54 \text{ mm/jours}$
- **$B_{jl} = 8.54 \text{ mm/j}$**

VI-9.2 Dose nette pratique

Après avoir évalué les besoins quotidiens, il est crucial de déterminer une fraction ou un pourcentage spécifique d'humidification pour la zone racinaire. Ensuite, la quantité à appliquer (RFU) est calculée en fonction de la hauteur d'eau P .

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P \% = RFU \times P\% \quad \text{VI-14}$$

- H_{cc} : humidité a la capacité au champ (14%)
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement (6%)
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- Z : profondeur d'enracinement en (1200 mm)
- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2
- P : Pourcentage du sol saturée en humidité $P = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)
- Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après la table, on a $Sh = 1\text{m}$.
- Sr : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.
- Sa : espacement des arbres sur les rangs = 4m

$$P = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1}{4 \cdot 4} = 0,25 \cong 25 \%$$

$$D_p = \frac{(14-6)}{100} \cdot 1200 \cdot 1.2 \cdot 2 \cdot 0,25 = 19.2 \text{ mm.}$$

VI-9.3 Fréquence et espacement des arrosages (F_r)

L'intervalle entre deux arrosages (tour d'eau) est déterminé par la formule suivante :

$$F_r = \frac{\text{Dose nette}}{ETM_c} \quad \text{VI-15}$$

$$F_r = \frac{19.2}{8.54} = 03\text{j}$$

Ainsi, nous choisissons une période de 03 jours et tours $Tr = 2$ jour

➤ **Calcul de la dose réelle :**

Nous réévaluons la dose réelle

$$Dr = Bjl * Tr = 8.54 * 2 = 17.08 \text{ mm}$$

La dose brute réelle :

$$D_{brute} = \frac{Dr}{E_{ff} * C_u} \quad \text{VI-16}$$

E_{ff} : Efficience du réseau d'irrigation $E_{ff} = 90\%$

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

$$D_{brute} = \frac{17.08}{0.9 * 0.9} = 21.1 \text{ mm}$$

➤ **Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures):**

$$\theta = \frac{D_{brute} * S_d * S_r}{n * Q_g} \quad \text{VI-17}$$

S_r, S_d : espacement entre rang et distributeur

n, Q_g : nombre et débit du goutteur

$$\theta = \frac{21.1 * 2 * 4}{4 * 2} = 84.4 \text{ heures/mois}$$

$$\theta = 23 \text{ heures/mois}$$

➤ **Durée d'arrosage journalier :**

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{84.4}{3} = 28.8 \text{ heures/arrosage}$$

$$D_j = 28.8 \text{ heures.}$$

Nombre d'arbre par hectare :

$$NA = \frac{1 \text{ Ha}}{E_a * E_r} = \frac{10000}{4 * 4} = 625 \text{ Arber}$$

Nombre d'arbre par rampe :

$$= \frac{L_r}{E_a} = \frac{200}{4} = 50 \text{ arbre}$$

Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = \frac{L_r * 2}{E_a} = 50 * 2 = 100 \text{ goutteurs}$$

Débit d'une rampe :

$$Q_r = N_g * q_g \quad \text{VI-18}$$

$$Q_r = 100 * 4 = 400 \text{ l/h}$$

Nombre de rampes :

$$N \text{ rampes} = \frac{Lr}{Er} = \frac{200}{4}$$

N rampes = 50 rampes

Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{rampe} \times N_{rampe} \quad \text{VI-19}$$

$$Q_{pr} = 400 * 50 = 20000 \text{ l/h}$$

0-10 Calculs hydrauliques :

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

L'écart maximal de pression:

$$dq = K \cdot x H^{x-1} \cdot dH \quad \text{VI-20}$$

Avec: x = 0.5 (caractéristique du goutteur) ; **q = K.hx**

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \quad \text{VI-21}$$

H(n) pression nominale x = 0.5 donc $0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max)}{10}$

$$\Delta H(\max) = 1/0.5 = 2 \text{ m.c.e} = 02 \text{ Bar}$$

Selon la règle de Christiansen, 10 % de ΔH singulières équivaut à 0.2 m, et 1.8 ΔH linéaire correspond à 1.8m.

Ainsi, pour les rampes, on a 2/3 de 1.8 = 1.2 m et pour le porte rampe, 1/3 de 1.8 = 0.6 m.

0-10.1 Dimensionnement des canalisations du réseau :

Pour déterminer les dimensions des conduites (rampes et porte-rampe), il est recommandé d'utiliser du PEBD ou du PEHD pour les rampes.

- Les rampes : qui sont systématiquement fabriquées en polyéthylène basse densité (PEBD)
- Porte rampe : Les diamètres des rampes et des portes-rampe sont déterminés en utilisant les formules suivantes :

$$\varnothing_{\text{rampe}} = \left[\frac{p.d.c(r)^{2,75}}{0.478.Q(pr)^{4,75}.L(pr)} \right]^{\frac{1}{4,75}} \quad \text{VI-22}$$

$$\varnothing P.R = \left[\frac{p.d.c(r).2,75}{0.478.Q(pr) \cdot L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4,75}}$$

On prend $D_{\text{normalise}} = 25\text{mm}$

Avec :

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

$Q(r)$: le débit de la rampe en l/h

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

$\varnothing r$ (cal) : le diamètre de rampes

$\varnothing pr$ (cal) : le diamètre de porte rampe

Dans notre situation, compte tenu de la configuration de la parcelle, nous adoptons :

1. Pour les rampes :

Longueur de la rampe $L = 64$ m

Porte rampe = $L_{\text{max}} = 200$ m

C. Tertiaire = $L = 40$ m.

➤ Le nombre d'arbres par rampe :

$$N \text{ arbres} = \frac{Lr}{Ea} = \frac{32}{4} = \mathbf{8 \text{ arbres}}$$

On prend N arbres = 8 arbres par rampe.

➤ Calcule le nombre des goutteurs par rampe :

$$N = N \text{ arbres} * n = 8 * 2 = \mathbf{16 \text{ goutteurs par rampes.}}$$

➤ Calcul du debit de la rampe :

$$Qr = Ng * Qg = 16 * 4 = \mathbf{64 \text{ l/h}}$$

Qr : Débit de la rampe

Qg : Débit du goutteur

Ng : Nombre de goutteurs par rampe

➤ Diamètre de la rampe : il est obtenu par

$$\varnothing_{\text{rampe}} = \left[\frac{p.d.c(r).2,75}{0.478.Q(pr) \cdot L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = \left[\frac{p.d.c(r).2,75}{0.478.Q(pr) \cdot L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = \mathbf{18.47 \text{ mm}}$$

On prend ; $D = 25$ mm

Pour la porte rampe : $L = 200$ m

➤

Le nombre de rampes :

$$N = \frac{L_{pr}}{Er} = \frac{200}{4} = 50 \text{ rampes}$$

On prend $N_r = 50$

➤ **Calcul du Débit de la porte rampe :**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 64 * 50 = 3200 \text{ m}^3/\text{h}$$

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte rampe

$$\phi_{pr} = \left[\frac{p.d.c(r)^{2,75}}{0.478.Q(pr)^{1,75}.L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = \left[\frac{p.d.c(r)^{2,75}}{0.478.Q(pr)^{1,75}.L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 90.3 \text{ mm}$$

Donc on prend $\phi_{pr} = 125 \text{ mm}$

Vérification des pertes de charges :

➤ **Pour la rampe :**

Après avoir choisi le diamètre de la canalisation, les pertes de charges des différents tronçons de la canalisation sont recalculées pour un diamètre de 25 mm.

Perte de poids d'après Hazen-Williams.

$$DH = \left(\frac{3,592}{C_w} \right)^{1,852} * \frac{L}{D^{4,87}} * Q^{1,852} \quad \text{VI-23}$$

Avec :

L: Longueur de la rampe

Q : débit (m³/s)

D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

On a :

$C_w = 130$ (PE), $L = 200\text{m}$, $D = 0.020\text{m}$, $Q = 0,000111111\text{m}^3/\text{s}$

$$DH = \left(\frac{3,592}{130} \right)^{1,852} * \frac{L}{0.025^{4,87}} * 0.000111^{1,852}$$

$$DH = 0,76\text{m}$$

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0,76 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$ (vérifiée).

➤ **Pour la porte rampe :**

$$\text{➤ } DH = \left(\frac{3,592}{130} \right)^{1,852} * \frac{L}{0.125^{4,87}} * 0.0056^{1,852}$$

$DH = 0,438\text{m}$

$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.438 \text{ m} < 0.6 \text{ m}$ (vérifiée)

Par conséquent, les pertes de charges sur les rampes et les porte-rampes sont :

$\Delta H_{\text{rampe}} + \text{Porte rampe} = 1,20\text{m} < 1.8\text{m}$ (Règle de Christiansen Vérifiée).

VI-11 Conclusion

En conclusion, concevoir un réseau d'irrigation est une tâche complexe nécessitant une approche méthodique pour assurer une distribution efficace de l'eau dans les exploitations agricoles. Ce processus englobe plusieurs éléments clés tels que la source d'eau, les réservoirs, les conduites, les points d'irrigation, le type de culture, et les caractéristiques du

système d'irrigation. Il est crucial d'évaluer avec précision les besoins en eau, la pression requise et la fréquence d'irrigation pour une gestion optimale des ressources hydriques. Le choix des matériaux et des composants doit être adapté aux exigences spécifiques de chaque projet. En définitive, un dimensionnement approprié garantit une utilisation efficace de l'eau, soutenant ainsi une gestion durable des ressources et une amélioration de la productivité agricole.

Chapitre VII

Evaluation économique du projet

VII Evaluation économique du projet

VII.1 Introduction :

L'analyse économique d'un projet dépend étroitement de son étude technique, car elle fournit les informations cruciales pour déterminer sa faisabilité. Cela inclut l'évaluation du budget nécessaire à sa réalisation ainsi que sa disponibilité, ainsi que l'évaluation des avantages économiques et sociaux par rapport aux ressources financières allouées. Dans notre travail, l'objectif de l'étude suivante est de fournir une vue d'ensemble des coûts potentiels associés à un projet de cette envergure. L'évaluation précise des coûts pour un projet d'aménagement hydro-agricole est essentielle pour évaluer sa viabilité à court et à long terme.

Pour notre projet spécifique, les travaux envisagés incluent :

- Mise en place d'un réseau de distribution
- Installation de conduites d'adduction
- Mise en place de réseaux d'irrigation (système goutte-à-goutte) et autres travaux divers

VII.2 Différents types de travaux à entreprendre

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

Les activités impliquées dans la création de l'adduction et du réseau de distribution sont

VII.2.1.1 Exécution des tranchées

Cette opération de terrassement implique l'utilisation d'une pelle hydraulique pour creuser des excavations. Les matériaux excavés seront déposés le long de la tranchée, tandis que l'autre côté sera réservé à l'installation des conduites.

VII.2.1.2 Pose des conduites

Avant de poser les conduites dans la tranchée, il est crucial d'inspecter soigneusement chaque conduite pour écarter celles qui pourraient être endommagées par des chocs. Ensuite, elles sont abaissées lentement au fond de la tranchée à l'aide d'un dispositif de levage. Pendant l'installation, il est essentiel de vérifier fréquemment l'alignement des tuyaux pour prévenir tout problème lors de la connexion des conduites.

VII.2.1.3 Jointage et soudure de la canalisation

Pour renforcer la sécurité, il est essentiel d'effectuer un essai de pression des conduites et des raccords avant de procéder au remblaiement. Cet essai est réalisé à l'aide d'une pompe d'essai, où la conduite est remplie d'eau sous une pression atteignant 1,8 fois celle prévue pour son fonctionnement normal. Cette pression doit être maintenue pendant environ 30 minutes, avec une variation ne dépassant pas 0,2 bar.

VII.2.1.4 Remblayage des tranchées

C'est une opération de terrassement où la conduite est enterrée en utilisant le matériau excavé comme remblai

VII.2.1.5 Nivellement et compactage

Après avoir effectué le remblayage, on passe à l'étape du nivellement qui consiste à répartir uniformément les monticules de terre. Ensuite, on procède au compactage pour augmenter la densité du sol et prévenir tout tassement ultérieur.

VII.2.2 Calcul du volume du terrassement

- Largeur du fond de la tranchée

VII Chapitre Evaluation économique du projet

La largeur d'ouverture de la tranchée est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$B=d+2a$$

VII-1

Avec :

B : largeur de la tranchée(m).

d : diamètre de la conduite(m).

a : distance entre la conduite et le fruit de talus.

DN \leq 200 >> largeur de la tranchée DN+2x20cm

DN >200>> largeur de la tranchée

DN+2x30cm

$$B= 0.160+2*0.1=0.18m$$

➤ Profondeur de la tranchée

Il est nécessaire d'ajuster la profondeur de la conduite pour permettre une installation correcte des branchements spécifiques tout en évitant toute connexion accidentelle avec d'autres conduites.

$$H=e+d+h$$

VII-2

Avec :

H : profondeur de la tranchée(m).

e : hauteur du lit de pose (m)=0,1m.

d : diamètre de la conduite(m).

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite =0,8m.

$$H=0.1+0.16+0.8=1.06m$$

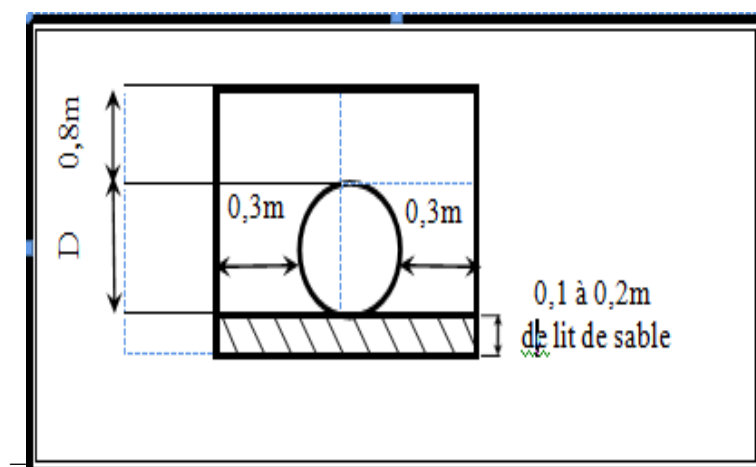


Figure VII-1 : Schéma d'un tranché.

VII.3 Calcul du volume du déblai

$$Vd=L. B.H$$

VII-3

Avec :

Vd : volume des déblais des tranchés en (m³).

L : longueur du tranché en (m)

H : profondeur du tranché

Le volume totale du déblai est **Vd = 657.6 m³**

VII.3.1 Calcul du volume de lit de sable

Ce lit est constitué d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur positionnée au fond de la tranchée. Il s'agit d'une surface uniforme qui s'étend sur toute la longueur de la tranchée. Nous déterminons cette surface en appliquant la formule suivante :

$$Vsable = Hsable. B.L$$

VII-4

Vs :Volume du sable (m³).

Hsable : la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres.

Le volume total du sable est **Vs = 65.8 m³**.

VII.3.2 Calcule de volume de remblai

Ce calcul de volume s'appuie sur la quantité de matériau excavé et englobe à la fois l'espace occupé par la conduite et celui rempli par le lit de sable.

$$Vr=Vd - (V + Vs)$$

VII-5

Avec :

Vr : Volume du remblai compacté (m³)

Vd : Volume du déblai (m³)

Vs : Volume du sable (m³)

V : Volume occupé par la conduite (m³)

$$V = \left(\pi \frac{D^2}{4} \right) * L$$

VII-6

Le volume total du remblai est : **Vr = 525.62 m³**

VII Chapitre Evaluation économique du projet

Tableau VII-1 : Calcul du volume de déblai et sable et remblais pour les canalisations du réseau

Diamètre (mm)	Longueur (m)	V déblais (m ³)	V conduites (m ³)	V sables (m ³)	V remblais (m ³)
160	698.38	132.7	13.97	12.57	105.46
160	115	21.85	2.3	2.07	17.48
160	215	40.85	4.3	3.87	32.68
160	115	21.85	2.3	2.07	17.48
160	100	19	2	1.8	15.2
160	115	21.85	2.3	2.07	17.48
160	42.5	8.1	0.85	0.765	6.49
160	422	80.18	8.44	7.6	64.14
160	107	20.33	2.14	1.93	16.26
160	251	47.69	5.02	4.52	38.1
160	199	37.81	3.98	3.58	30.25
160	203	38.19	4.02	3.65	30.52
160	493.67	93.8	9.87	8.88	75.05
160	378.96	73.6	7.75	6.82	59.03

VII.3.3 Estimation de cout total du projet

VII.3.3.1 Estimation de cout de pose de canalisation du réseau :

VII Chapitre Evaluation économique du projet

Tableau VII-2 : Estimation du cout de pose de canalisation du réseau.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire TTC (DA/ m3)	Montant TTC (DA)
Déblai du terrain	m ³	657.6	400	263080
Lit de sable	m ³	65.8	2500	164500
Remblai	m ³	512.62	650	333203

Interprétation du tableau :

Le cout total (HT) des travaux public est : **760783 DA.**

Avec (19%) de T.V.A le prix total T.T.C est : **905331.77 DA.**

VII.3.3.2 Estimation du cout des conduites du réseau :

Tableau VII-3 : Estimation du coût des conduites du réseau.

Pièces		Unité de Mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
250	PEHD	m/l	1450	3050	688 750
160	PEHD	m/l	3456	1260	1 727 755

Interprétation du tableau :

Le cout total (HT) des travaux public est : **8 777 060 DA.**

Avec (19%) de T.V.A le prix total T.T.C est : **10 444 701 DA.**

VII Chapitre Evaluation économique du projet

VII.3.3.3 Estimation cout des bornes d'irrigation

Pour notre réseau d'adduction, nous avons 09 bornes de types A4, et 01 bornes de types C et 04 bornes de types A2. L'estimation des couts de ces bornes sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII-4 : Estimation de coup des bornes d'irrigation.

Type de borne	Nombre	Prix unitaire (DA)	Prix totale (DA)
A4	09	85 000	765 000
C	01	120 000	120 000
A2	04	65 000	260 000

Le cout total des bornes d'irrigation est : **1 145 000 DA.**

Avec (19%) de T.V.A le prix total T.T.C : **1 362 550 DA**

VII.3.3.4 Devis du réseau d'irrigation localisée

Il s'agit des équipements qui se trouvent après la borne d'irrigation et qui font partie du réseau de distribution, qu'il soit collectif ou individuel. Ces équipements sont installés individuellement par chaque exploitant. Les composants d'un système d'irrigation localisé à l'échelle de la parcelle comprennent les éléments suivants.

Tableau VII-5 : Estimation du coût des goutteurs

Caractéristiques d'appareil	Unité	Quantité	Longueur des rampes	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Ecartement 1m avec goutteur	MI	16	64	10	10 240

Tableau VII-6 : Estimation du coût des portes rampes.

VII Chapitre Evaluation économique du projet

Caractéristique d'appareil	Unité	Quantité	Diamètre(mm)	Longueur(m)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Porte rampe	Ml	1	125	200	670,5	134 100

Le Devis du réseau d'irrigation localisée est : **144 340 DA.**

Avec (19%) de T.V.A le prix total T.T.C est : **171 765 DA.**

VII.4 Estimation cout de pompage

Tableau VII-7 : Estimation du coût des pompes.

Caractéristique d'appareil	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
E10S50/4D	Pieces	2	1300000	2600000
E9S55/4A	Pieces	2	1480000	2960000

Le Devis du réseau d'irrigation localisée est : **5560000 DA.**

Avec (19%) de T.V.A le prix total T.T.C est : **6616400 DA.**

VII.5 Le bassin de stockage

Les travaux de terrassement, de bétonnage, de maçonnerie, ainsi que les travaux secondaires et les matériaux nécessaires sont tous inclus dans la construction du réservoir de stockage. Le réservoir, tel que dimensionné dans le chapitre 6, a une capacité de 2625 mètres cubes.

Tableau VII-8 : Estimation du cout du réservoir de stockage.

Désignation des travaux	Unite	Quantité	Prix unitaire	Montant
*Terrassements				
Décapage de la terre végétale	M3	260	500.00	1300000,00
Déblai	M3	390	600.00	234000,00

VII Chapitre Evaluation économique du projet

Remblai	M3	280	600.00	168000,00
*Béton arme	M3	260	45000.00	11700000,00
*Aménagement extérieur et Divers				
Portail métallique	U	1	170000.00	170000,00
Electricités	U	50	10000.00	500000,00
Peinture	M2	780	1000.00	780000,00
Mur de cloture	M2	157	3000.00	471000,00
Revêtement	M2	78	25000.00	1950000,00
Total			17273000.00	

VII.6 Devis des travaux

Tableau VII-9 : Devis estimatif total.

Travaux	Montant (DA)
Canalisation du réseau.	905 332.77
Conduites du réseau.	10 444 701
Bornes d'irrigation.	1 362 550
Irrigation localisé	171 765
Station de pompage	6 616 400
Réservoir	17 273 000
Montant TTC	36 773 748.77

VII.7 Conclusion

L'évaluation économique revêt une importance capitale dans l'examen de la faisabilité des projets d'aménagement hydro-agricole. Elle met en lumière l'importance d'une estimation précise des coûts afin de planifier efficacement les ressources nécessaires. Une gestion rigoureuse des dépenses est essentielle pour assurer le succès du projet, favoriser le développement agricole durable et améliorer les conditions de vie des agriculteurs.

Le coût total du projet d'aménagement du périmètre d'Ain Beida s'élève à trente-six millions sept cent soixante-treize mille sept cent quarante-huit dinars algériens et 77 centimes

Conclusion générale

Cette étude met en lumière les défis critiques auxquels l'Algérie fait face en matière de gestion de l'eau, en se concentrant spécifiquement sur la situation à Ain El Beida. Dans cette région, l'irrigation agricole traditionnelle repose principalement sur des pratiques individuelles et l'exploitation des sources d'eau existantes. Cependant, cette approche morcelée a montré ses limites en termes d'efficacité et de durabilité.

L'objectif principal de cette étude était de proposer une solution innovante pour améliorer l'utilisation des terres agricoles à Ain El Bieda tout en rationalisant l'utilisation des ressources en eau, qu'elles soient conventionnelles ou non. La création d'un système d'irrigation moderne était au cœur de cette proposition.

La problématique centrale identifiée au cours de notre étude est le défi hydrique résultant de la diminution du débit des forages. Pour résoudre ce problème, nous avons procédé à des mesures précises pour dimensionner le réseau de distribution afin qu'il puisse tirer parti des sources d'eau existantes, notamment les puits de captage. Cependant, il est important de noter que le débit requis pour ce réseau dépasse la capacité actuelle en eau disponible. Pour pallier ce déficit, nous avons proposé la création d'un réservoir d'une capacité de 2 625 mètres cubes, à remplir pendant les périodes de fermeture du réseau.

En fin de compte, cette étude représente une contribution significative à la gestion durable de l'eau et à l'agriculture dans la région d'Ain El Bieda. Elle pourrait servir de modèle pour d'autres projets similaires en Algérie et ailleurs, ouvrant ainsi la voie à une utilisation plus efficace et responsable des ressources en eau dans l'agriculture, ce qui contribuerait au développement économique.

Référence bibliographiques

Charles Ollier et Maurice Poirée: 1981, Irrigation les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, édition Eyrolles Paris.

Dubost d. 1992- aridité, agriculture et développement : le cas des oasis algériennes in sècheresse no 2. Vol. 3.

FAO 1975. Food alimentation organisation les besoins en eau des cultures. Bull Fao n° 24.
Hillel, D. 1988. L'eau et le sol : Principes et processus physiques. Ed Academia, 288 pages.

Ollier ch.et Poirée m. (1983). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.

Perrier A (1975) Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. III. Evapotranspiration réelle et potentielle des couverts végétaux. In Annales agronomiques.
L.Rieul: 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris.

René Clément et Alain Galand : 1979, L'irrigation par aspersion et réseaux collectif de distribution sous pression, édition, Eyrolles, Paris.

Tiercelin. 2006. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris 1011p

LISTE DES ABREVIATIONS

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

ET0 : évapotranspiration de référence (évapotranspiration potentielle).

ETM : Evapotranspiration maximale.

ETP : Evapotranspiration Potentielle.

ETR : Evapotranspiration Réelle.

hcc : humidité à la capacité au champ

hpf : humidité au point de flétrissement

MES : Matières en suspension.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage.

ONM : Office nationale de la météorologie.

RFU : La réserve facilement utilisable.

SAR : Sodium Adsorption Ratio.

SAT : Superficie agricole totale.

SAU : Superficie agricole utile.

LES ANNEXES

ANNEXE 1 : série pluviométrique 1990-2022

Années	Sept	Oct	Nov	Déc	Janvier	Février	Mars	Avril	Mais	Juin	Juil	Aout	Annuel
1990	0	0	10,6	5	0	0,2	4,9	0	0	1	3	0	24,7
1991	0	0	2,5	25,1	7,7	0	7,8	7	0	0	0	0	50,1
1992	0	0	13,6	22,4	0	6,7	0,9	0	0	0	0	0	43,6
1993	0	0,4	13,3	2	3,8	0	9,5	2,2	0	0	0,6	0	31,8
1994	23,6	17,9	5,3	1,5	0,7	0	14,4	0	0	0	0,7	0,6	64,7
1995	13,7	16,5	3,7	4,5	27,5	5,4	9,6	2,8	0,6	0,2	0	0	84,5
1996	5,7	0	0	0,7	0	2	0	8	0,2	0	0	0	16,6
1997	17,5	10,1	0	10,8	0	0,8	2,9	1,8	0	2,8	0	0	46,7
1998	6,4	6,3	2,1	1,6	19,8	0,4	0	0	0	0	0	0	36,6
1999	1	1,3	21	6,4	0	0	3,2	0	18,2	0	0	0	51,1
2000	5,2	30,7	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	36,2
2001	2,5	2,4	1,6	5	0,1	0	0	0	0	0	0	1,5	13,1
2002	0,1	6,4	2,5	0	12,5	5,5	8,9	0	0	0	0	1,4	37,3
2003	3,9	3,8	1	0,6	13,6	0	0,6	5,4	0	1,2	0	8,2	38,3
2004	0	15,7	36,5	10,9	0	0,2	0	0	0	0	0	0	63,3
2005	9,2	3,2	16,5	1,9	9,9	0,5	0,8	4,7	0	0	0	2,5	49,2
2006	5,4	10,6	0	1,9	0,1	0,5	0,1	3,7	1,2	0	0	1,6	25,1
2007	0	0,8	0	3,6	7,6	2,3	0,2	0	0	0	0	0	14,5
2008	14,4	26,8	0	0	52,1	1,1	12	0,8	0	1,5	0	0	108,7
2009	5,3	0	0	0	6,7	0	0,2	0	0,5	0	5	0,2	17,9
2010	4	0	0	0	2	1,5	1	0	8	1,5	0	0	18
2011	0	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0	8
2012	5,3	6	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	16,3
2013	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2,5	10	14,5
2014	0	0	0	0	7	2	0	0	0	2	7	6	24
2015	0	21	2,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	24,5
2016	0	0	2	1	0	0	0	0	2,5	4	0	5	14,5
2017	0	0	21	0	0	0	0	0	6,5	7,7	14	2	51,2
2018	0	1,7	0	0	2,5	0	0	0	11	0	0	0	15,2
2019	0	0	8,5	0	3	0	0	0	0	2	0	0	13,5
2020	0	0	2	5	3	0	0	0	1,5	0	0	0	11,5
2021	2,6	0,31	34,82	0,08	0	0	0	0,39	6,57	0,72	0	0,07	45,56
2022	0,45	1,6	0	5,71	0,05	0,26	0,96	1,5	0,64	0	0	0	11,17

ANNEXE 2 : Coefficient culturel Kc de chaque culture

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR
LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS (Hemisphere Nord)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agrumes:	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.78	0.95	0.67	0.66	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques.....	0.17	0.25	0.40	0.65	0.68	0.95	0.90	0.80	0.50	0.30	0.20	0.15
Arbres fruitiers avec couches:	0.65	0.75	0.85	0.85	1.10	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.70	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.80	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.65
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.82	0.90	0.88	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.95	1.00	0.85	0.65	0.65	0.30	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.65	0.50	0.35	0.20

ANNEXE 3 : Indice croisé SAR/conductivité

Indice croisé SAR/conductivité	Indication
C1-S1	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées et des sols
C1-S2	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées - le sol doit être bien drainé et lessivé
C1S3	- le sol doit être bien préparé, bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C1-S4	- eau difficilement utilisable dans les sols peu perméables - le sol doit être bien préparé, très bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C2-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel
C2-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité
C2-S3	- eau convenant aux plantes qui présentent une certaine tolérance au sel - sol grossier et bien préparé (bon drainage, bon lessivage, addition de matières organiques) - l'ajonction périodique de Gypse peu être bénéfique
C2-S4	- eau ne convient généralement pas pour l'irrigation
C3-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol bien aménagé (bon drainage) - contrôle périodique de l'évolution de la salinité
C3-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage - contrôle périodique de l'évolution de la salinité - l'ajonction périodique de Gypse peu être bénéfique
C3-S3	- espèces tolérantes au sel - sol très perméable et bien drainé
C3-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S1	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S2	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S3	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation