



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**ETUDE DE L'AMÉNAGEMENT HYDRO-AGRICOLE
DU PERIMETRE DE L'OUED NIMEL
(W. GHARDAIA) sur 100 ha**

Présenté par :

DABOUZ Narimane

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examinateur
MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinatrice
BOUFEKANE Abdelmadjid	M.C.A	Promoteur

Session : Septembre 2021

Dédicace

Je dédie ce travail :

Avant tout à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter ainsi que les conseils qu'ils m'ont prodigué sans lesquels j'avoue que je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

A mes sœurs et frère

A toutes la famille DABOUZ et MRARA#

A mon promoteur Mr BOUFRANE Abdelmadjid

Remerciements

Avant tout, je remercie le bon Dieu le tout puissant qui m'a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage et de bonne volonté pendant tout mon cursus universitaire et pour réaliser ce modeste travail.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon promoteur Mr **BOUFRANE** Abdelmadjid pour ces conseils judicieux afin d'avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse.*

Je remercie infiniment tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail, particulièrement Mes parents, frère et sœurs.

Je remercie toute ma famille et mes amies pour le soutien apporté.

*Mes remerciements vont également à mes enseignants et tout le personnel de l'**E.N.S.F** pour leurs contributions à ma formation d'ingénieur d'état en Hydraulique.*

Enfin, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.

Enfin, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin je leurs dis merci.

***DABOUZ** Narimane*

RESUME

Dans les régions soumises au climat aride, la réussite de l'agriculture dépend de l'utilisation du secteur d'irrigation et du bon rationnement des ressources d'eaux. En effet, le développement de ce secteur est certainement lié à la conception, la mise en place des équipements et à l'utilisation des moyens d'exploitation des sources d'eaux souterraines.

L'objectif de ce mémoire est d'augmenter le rendement agricole par l'aménagement d'un réseau d'irrigation sur 100 ha à travers le périmètre agricole d'OUED NIMEL situé dans la commune de GHARDAIA, Wilaya de GHARDAIA. Cette étude a été fondée sur les facteurs naturels (climatologie, pédologie et ressources en eau) afin de permettre de caractériser et de mieux développer le potentiel de la zone étudiée, ceci grâce à l'utilisation de systèmes d'irrigation modernes qui assure l'économie de l'eau.

Mot clé : systèmes d'irrigation modernes, pédologie, climatologie, eaux souterraines.

ملخص

في المناطق ذات المناخ الجاف، يعتمد نجاح الزراعة على استخدام قطاع الري والإستغلال السليم للموارد المائية. من المؤكد واقعا، أن تطوير هذا القطاع مرتبط بالتأكد بتصميم وتركيب المعدات واستخدام وسائل إستغلال مصادر المياه الجوفية.

إن الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة يتمثل في رفع المردودية الفلاحية من خلال تطوير شبكة السقي للمحيط الزراعي (وادي نيمل) الواقع في ولاية غرداية الذي تقدر مساحته بـ 100 هكتار. هذه الدراسة تستند إلى العوامل الطبيعية (علم المناخ، نوعية التربة والموارد المائية) التي تميز المنطقة، وذلك بإستخدام أنظمة السقي الحديثة التي تسمح بتوفير المياه.

ABSTRACT

In regions with an arid climate, the success of agriculture depends on the use of the irrigation sector and the proper rationing of water resources. Indeed, the development of this sector is certainly linked to the design, implementation of equipment and the use of means of exploitation of groundwater sources.

The aim of this thesis is the development of an irrigation network of 100 ha through the agricultural perimeter oued nimel which is located in the city of ghardaia. This study was based on natural factors (climatology, pedology and water resources) in order to characterize and better develop the potential of the area studied, thanks to the use of modern irrigation systems that ensure water saving.

Key word: groundwater sources, modern irrigation systems, pedology, climatology.



Table des matières

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des planches	
Introduction générale	1
Chapitre I : Analyse des conditions naturelles	
I.1 Introduction	2
I.2 Localisation et présentation de la zone d'étude	2
I.2.1 Situation géographique	2
I.2.2 Topographie et géologie de la zone d'étude	4
I.3 Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude	4
I.3.1 Présentation de station climatologique	5
I.3.2 Température	5
I.3.3 Précipitations	6
I.3.4 Humidité	7
I.3.5 Le vent	7
I.3.6 L'évaporation.....	8
I.3.7 Insolation	9
I.4 Calcul des indices agro-météorologiques	10
I.4.1 L'indice d'aridité de Martonne	10
I.4.2 L'indice de Bagnols et Gausson	11
I.4.3 Indice (Quotient) pluviométrique d'EMBERGER	12
I.5 Conclusion	14
Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau	
II.1 Introduction	15
II.2 Ressources en sol	15
II.2.1 But de l'étude pédologique	15
II.2.2 Les sols de Sahara	15

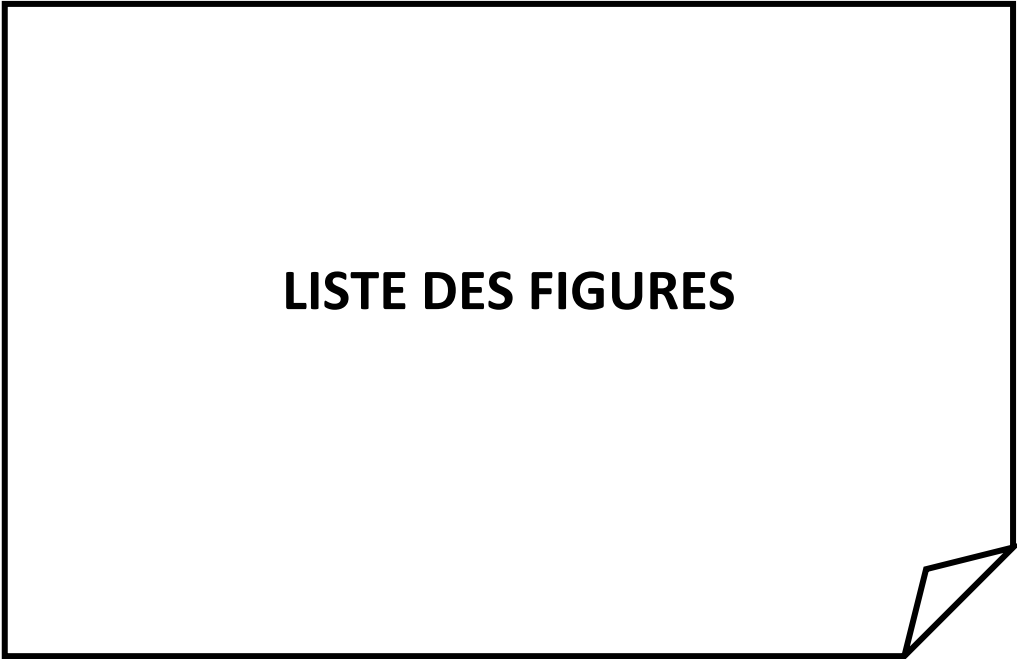
II.2.3	Le profil pédologique	16
II.2.3.1	Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial	16
II.2.3.2	Sols peu évolués d'apport alluvial	19
II.3	Ressources en eau	20
II.3.1	Nappes phréatiques ou nappe du complexe terminal (C.T)	20
II.3.2	Nappe du Continental Intercalaire	21
II.3.3	Ressources en eau du périmètre	22
II.3.4	Étude de la qualité de l'eau d'irrigation	23
II.3.5	Classification des eaux pour l'irrigation	23
II.4	Conclusion.....	26
Chapitre III : Besoin en eau de périmètre		
III.1.	Introduction	27
III.2.	Besoins en eau des cultures	27
III.2.1	L'évapotranspiration	27
III.2.2	Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET ₀)	27
III.2.2.1	Formule Modifiée de Penman-Monteith	28
III.2.3	Calcul de l'évapotranspiration maximale (ET _M)	30
III.2.4	Les coefficients culturaux (K _c)	30
III.3.	Besoins en eau d'irrigation	30
III.3.1.	Détermination de la pluie efficace	32
III.3.2.	Choix des cultures	33
III.3.2.1	Cultures proposées	33
III.3.2.2	Assolements des cultures	33
III.3.2.3	Avantages de la rotation des cultures	34
III.3.3.	Cycle végétatif des cultures	34
III.4.	Calcul des besoins en eau des cultures	34
III.4.1	Calcul du débit spécifique	40
III.4.2	Evaluation du débit caractéristique	41
III.4.3	Estimation des volumes d'eau d'irrigation	41
III.5.	Conclusion	42
Chapitre IV : Etude du système d'adduction		
IV.1.	Introduction	43

IV.2. Organisation et structure du périmètre	44
IV.2.1. Ilots et bornes d'irrigation	44
IV.2.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation	44
IV.2.3. Calcul hydraulique aux bornes	45
IV.2.3. Choix du diamètre et du type des bornes	45
IV.3. Description de l'aménagement du périmètre	48
IV.3.1. Choix de la variante d'aménagement	49
IV.3.1. La variante 1	49
IV.3.1. La variante 2	49
IV.4. Calculs hydrauliques du système d'adduction	49
IV.4.1. Calcul du diamètre de refoulement	49
IV.4.2. Calcul des pertes de charge totales	50
IV.4.3. Hauteur manométrique totale	50
IV.4.4. Puissance absorbée par la pompe	51
IV.4.5. Energie consommée par la pompe	52
IV.5. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin)	53
IV.6. Dimensionnement du réseau de distribution	53
IV.6.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire	53
IV.6.2. Vitesses admissibles	53
IV.6.3. Calcul des diamètres.....	54
IV.6.4. Estimation des pertes de charge	54
IV.6.5. Choix du matériau des conduits	55
IV.6.6. Points spéciaux d'une conduite	56
IV.7. Conclusion	61
Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation	
V.1. Introduction	62
V.2. Choix des techniques d'irrigation	62
V.2.1. L'irrigation localisée (Goutte à Goutte)	62
V.2.1.: Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée	63
V.3. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte	63
V.3.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	64
V.3.1.: Influence du taux de couverture du sol	64

V.3.1.1	Dose nette pratique.....	64
V.3.1.2	Calcul de la dose (brute)	65
V.3.1.3	Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)	65
V.3.1.4	Durée de fonctionnement par arrosage (h)	65
V.3.1.5	Durée d'arrosage journalier	66
V.3.1.6	Nombre de poste	66
V.3.1.7	Surface du poste	66
V.3.2.	Calculs hydrauliques	66
V.3.3.	Dimensionnement des canalisations du réseau	67
V.3.3.1	Pour les rampes	68
V.3.3.2	Pour le porte-rampe	69
V.3.3.3	Calcul des diamètres de la conduite tertiaire	70
V.3.3.4	Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution	70
V.4.	Conclusion	71

Chapitre VI : Etude technico-économique

VI.1	Introduction	72
VI.2	Exécution des travaux de pose des canalisations	72
VI.2.1	Facture des différents types de conduites du réseau de distribution	74
VI.2.2	Frais des travaux sur réseau d'irrigation	76
VI.2.2.	Calcul des volumes de remblai et de déblai	77
VI.3	Conclusion	80
	Conclusion générale	81
	Référence et bibliographie	82
	Annexes	83
	



LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1	Situation générale de la wilaya de Ghardaïa	3
Figure I.2	Localisation de la zone à partir de Google Earth	4
Figure I.3	Variation des températures mensuelles	6
Figure I.4	Variation humidités relatives moyennes mensuelles	7
Figure I.5	Variation de vent mensuelle	8
Figure I.6	Variation insolation moyennes mensuelles (heures/mois)	10
Figure I.7	Climagramme de GAUSSEN	12
Figure I.8	Diagramme bioclimatique d'EMBERGER	13

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Figure II.1	Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien) (Helal et Ourihane, 2003)	21
Figure II.2	Coupe technique et lithologique du forage d'Oued Nimel	22
Figure II.3	Diagramme de classification des eaux d'irrigation	25

Chapitre VI : Etude technico-économique

Figure VI.1	Disposition de la conduite dans une tranchée	77
--------------------	--	----

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1	Coordonnées de la station météorologique de la région de Ghardaïa	5
Tableau I.2	Moyennes mensuelles des températures (°C), période 1989-2014	5
Tableau I.3	Les précipitations moyennes mensuelles (mm) à la station de Ghardaïa période 1989-2014	6
Tableau I.4	Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %, période 1989-2014	7
Tableau I.5	Vitesse moyenne et maximum des vents (m/s), période 1989-2014	8
Tableau I.6	L'évaporation moyenne mensuelle en mm, période 1989-2014	9
Tableau I.7	L'insolation moyenne mensuelle et journalière, période 1989-2014	9
Tableau I.8	Classification de climat selon MARTON	11
Tableau I.9	Données de la pluie moyenne mensuelle et de la température moyenne mensuelle	11

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Tableau II.1	Coordonnées géographiques des deux forages	23
Tableau II.2	Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation	23
Tableau II.3	Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	24
Tableau II.4	Classification des eaux en fonction de SAR	25

Chapitre III : Besoin en eau de périmètre

Tableau III.1	Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0	29
Tableau III.2	Humidité à la capacité au champ et de flétrissement	32
Tableau III.3	Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm	32
Tableau III.4	Occupation de sol en fonction des cultures	33
Tableau III.5	Cycle végétatif des cultures	34
Tableau III.6	Calcul des besoins en eau de la pomme de terre	35
Tableau III.7	Calcul des besoins en eau de la tomate	36
Tableau III.8	Calcul des besoins en eau de l'oignon vert	37

Tableau III.9	Calcul des besoins en eau des oliviers	38
Tableau III.10	Calcul des besoins en eau des palmiers	39
Tableau III.11	Récapitulatif des besoins en eau mm	40
Tableau III.12	Volume d'eau d'irrigation	42

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

Tableau IV.1	Type de bornes en fonction de superficies des ilots	45
Tableau IV.2	Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes	46
Tableau IV.3	Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes	47
Tableau IV.4	Paramètres de pertes de charge de la loi de LECHAPT – CALMON	54
Tableau IV.5	Calculs hydrauliques du réseau de distribution du forage 1	57
Tableau IV.6	Calculs hydrauliques du réseau de distribution du forage 2	59

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

Tableau V.1	Récapitulatif des calculs hydrauliques	70
--------------------	--	----

Chapitre VI : Etude technico-économique

Tableau VI.1	Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles	74
Tableau VI.2	Facture des différents types de conduites du réseau de distribution	75
Tableau VI.3	Coût des équipements de protection du réseau de distribution	76
Tableau VI.4	Calcul des différents volumes	79
Tableau VI.5	Coût des travaux de terrassement	79



LISTE DES PLANCHES

- Planche N°1 :** Levée topographique du périmètre
- Planche N° 2 :** Plan parcellaire, réseau d'adduction et distribution
- Planche N° 3 :** Profil en long des réseaux principal et secondaire
- Planche N° 4 :** Plan de réseau goutte à goutte

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau sous toutes ses formes (fleuves et rivières, lacs, étangs, marais, zones humides, nappes souterraines) sont estimées à 1 400 millions de km³, dont 97,5% des eaux sont salées (océans et mers).

L'irrigation est le domaine d'activité qui consomme le plus d'eau. Donc, l'utilisation rationnelle de l'eau en agriculture implique la connaissance des besoins en eau des cultures à travers la bonne évaluation des paramètres régissant les conditions du milieu et ceci en fonction des paramètres climatiques, édaphiques, culturales et autres liés à la parcelle.

L'extension des superficies irriguées et la modernisation de l'agriculture jouent un rôle déterminant dans le processus de développement économique et social d'un pays.

L'agriculture irriguée doit produire plus de nourriture pour répondre à la croissance des besoins mais en utilisant moins d'eau, d'énergie et de capitaux.

Le périmètre d'irrigation de l'oued Nimel qui est situé dans la wilaya de Ghardaia connaît des baisses de rendement remarquables au cours de ces dernières années car l'eau disponible pour l'agriculture est malheureusement de plus en plus rare et coûteuse.

C'est dans ce cadre que nous proposons à travers ce travail de concevoir un réseau d'irrigation capable de combler le déficit en eau des cultures existantes et projetées sur ce périmètre.

Pour la conception de cette étude d'irrigation, nous avons scindés le travail en six chapitres, à savoir :

Le premier chapitre aborde l'analyse des conditions naturelles suivi par le deuxième chapitre où il a été traité l'ensemble des différentes ressources en sol et en eau disponibles.

Dans le troisième chapitre, il a été cerné les besoins en eau des cultures et besoins en eau d'irrigation de la zone d'étude suivi du quatrième chapitre qui traite de l'étude du système d'adduction et suivi par l'étude des techniques d'irrigation dans le cinquième chapitre.

Enfin, dans le sixième chapitre il a été réalisé une étude technico-économique relative au projet d'étude.

CHAPITRE I
ANALYSE DES CONDITIONS
NATURELLES

CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES

I.1 Introduction

La connaissance et l'analyse des différents facteurs lors de l'élaboration d'un projet d'aménagement hydro-agricole sont primordiales dans le cadre d'une bonne conception du réseau d'irrigation.

Alors, nous allons présenter les paramètres et les facteurs naturels (climatologie, pédologie et ressources en eau) afin de permettre de caractériser la zone et de mieux valoriser les potentialités du périmètre étudié.

I.2 Localisation et présentation de la zone d'étude

I.2.1 Situation géographique

La région de Ghardaïa est située au centre du Sahara Septentrional algérien, à 600 Km au Sud de la capitale Algérienne. Elle couvre une superficie de 86560 Km² et une population estimée à 387880 habitants répartie sur 13 communes.

Les coordonnées géographiques du centre (chef lieu) sont :

- Altitude : 480 m ;
- Latitude : 32° 30' Nord ;
- Longitude : 3° 48' Est.

Elle est limitée :

- Au Nord, par la wilaya de Laghouat : 200 km ;
- Au Nord-Est, par la wilaya de Djelfa : 300 km ;
- À l'Est, par la wilaya d'Ouargla : 200 km ;
- Au Sud, par la wilaya de Tamanrasset : 1470 km ;
- Au Sud-ouest par la wilaya d'Adrar : 400 km ;
- À l'Ouest, par la wilaya d'El-Bayad : 350 km.

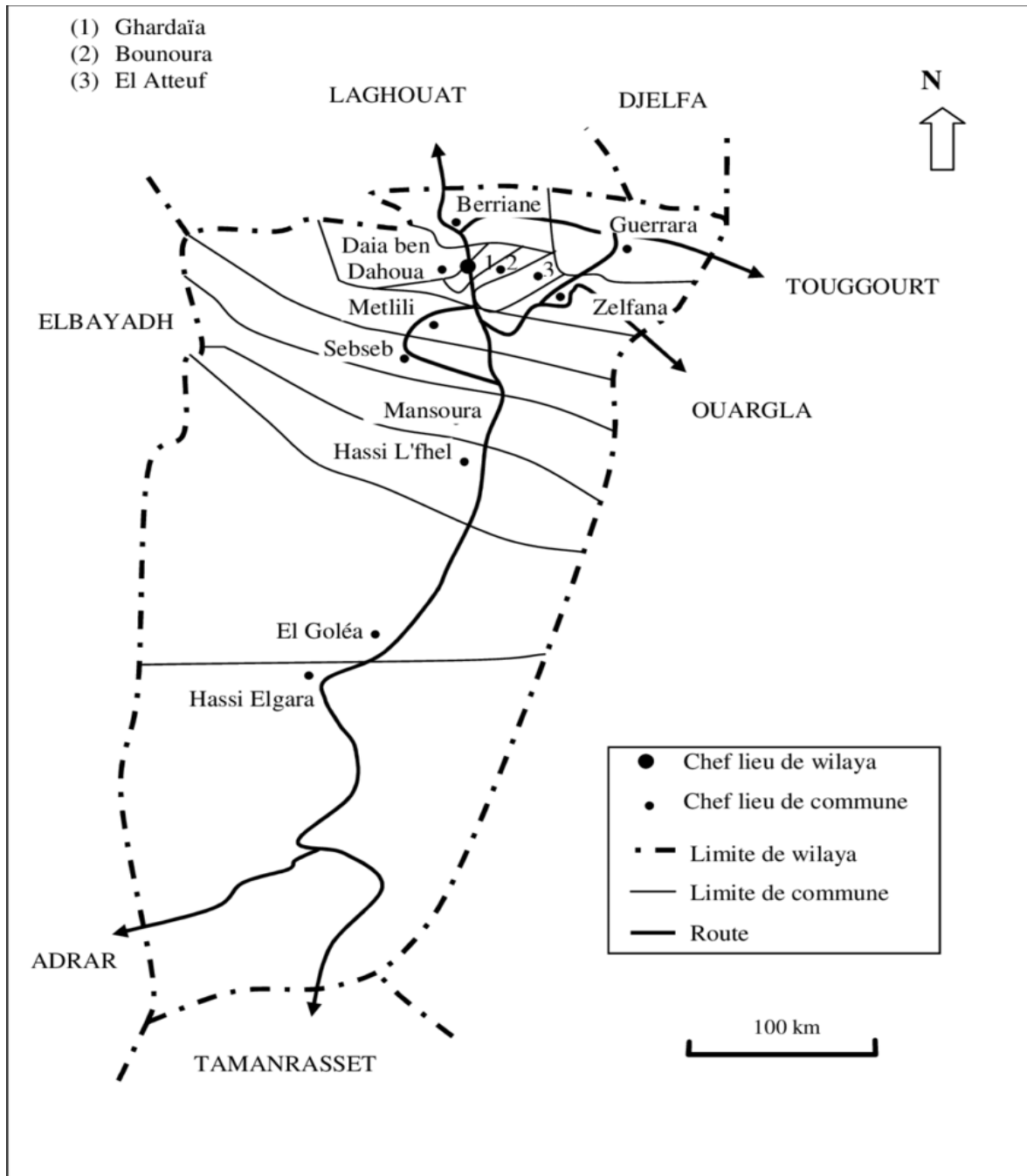


Figure I.1: Situation générale de la wilaya de Ghardaïa

La zone du périmètre étudiée est située au Nord de la ville de Ghardaïa, à 15 Km à vol d’oiseau, sur l’Est de la route nationale N° 01 en allant vers Berriane, ce périmètre s’étale sur une superficie utile de 100 ha. Il est composé en deux sous périmètres de 50 ha chacun, positionnés en série formant donc un seul périmètre appelé Oued Nimel. Notre étude d’irrigation être divisée selon deux sous périmètres, de ce fait, nous devons étudier chacun séparément en fonction des particularités du terrain (topographiques et parcellaires).

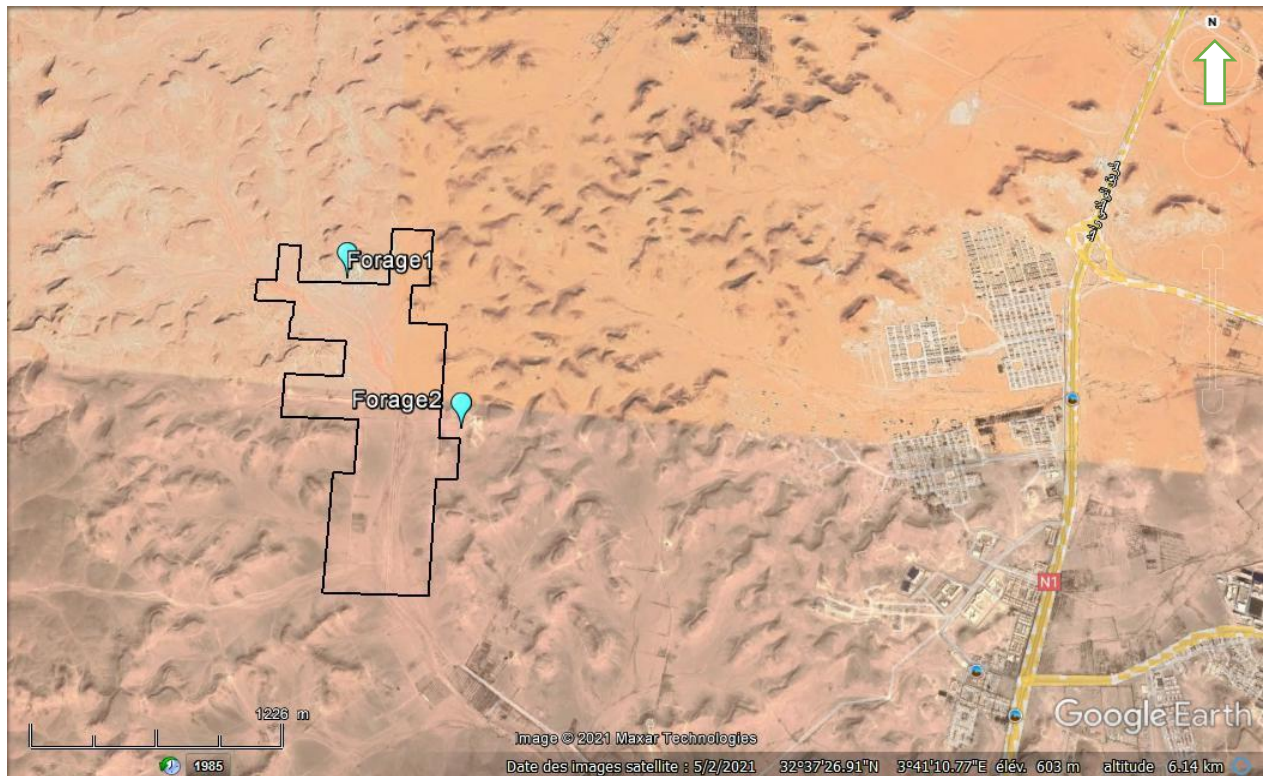


Figure I.2: Localisation de la zone à partir de Google Earth

I.2.2 Topographie et géologie de la zone d'étude

Les deux sous périmètres présentent une topographie plane avec des pentes longitudinales de 1% au sens d'Oued Nimel. Les pentes transversales sont différentes de ce qu'il est noté pour les pentes longitudinales, leurs mesures varient dépassant les 2% formant un relief aigue avec un dénivelé important entre les deux extrémités des parcelles, cette forme nécessite l'installation des points de raccordement des prises d'eaux sur les niveaux supérieurs de chaque parcelle.

Le positionnement du parcellaire du périmètre à irriguer est effectué à base aux coordonnées géographiques des forages existants.

I.3 Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude

Le climat et les conditions atmosphériques sont les éléments de base indispensables à connaître pour conduire une réflexion sur l'optimisation de l'eau disponible pour les couverts.

Elle nous Permet de déterminer les caractéristiques de climat de notre région et mettre en évidence la contribution des différents facteurs à la variation des ressources en eau souterraine tel que la température, l'humidité relative, la précipitation, le vent, l'évaporation et nébulosité influent sur les cultures envisagées dans leurs cycles végétatifs et sur leur besoin en eau.

La région de Ghardaïa est une région située dans le Sahara septentrional caractérisé par un climat chaud et sec en été et froid en hiver.

I.3.1 Présentation de station climatologique

Dans notre étude, nous nous sommes basés sur la station climatologique la plus proche du périmètre, pour avoir une bonne précision climatique. Pour cela, nous avons exploité les données de l'Office Nationale de Météorologie (ONM).

La présente caractérisation est faite à partir d'une synthèse climatique de 25 ans.

Tableau I.1 : Coordonnées de la station météorologique de la région de Ghardaïa

Station Météorologique	Code de la station	X (Km)	Y (Km)	Période d'observation	Durée d'observation
Ghardaïa	130427	502.9	201.9	1989-2014	25 ans

I.3.2 Température

Ce paramètre joue un rôle essentiel dans l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient dans l'estimation du bilan hydrogéologique. C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. Le tableau ci-dessous montre les données de température moyennes, maximales et minimales.

Tableau I.2 : Moyennes mensuelles des températures (°C), période 1989-2014

Mois T°C-	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Annuelle
T° min	23.2	16.1	8.5	3.8	2.8	5.1	9.1	10.92	19.06	25.27	28.8	26.1	14.89
T° max	37.6	30.5	23.8	18.3	18.1	20.3	23.2	28.6	34.4	40.1	43.4	41.3	29.96
T° moy	33.6	26.3	18.1	12.5	11.74	14.4	19.6	24.16	29.9	35.6	38.96	37.6	25.21

(Source : ONM Ghardaïa)

T° min : moyenne de tous les minimas observés pour chaque mois en °C ;

T° max : moyenne de tous les maximas observés pour chaque mois en °C ;

T° moy : Moyenne mensuelle de température en °C.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

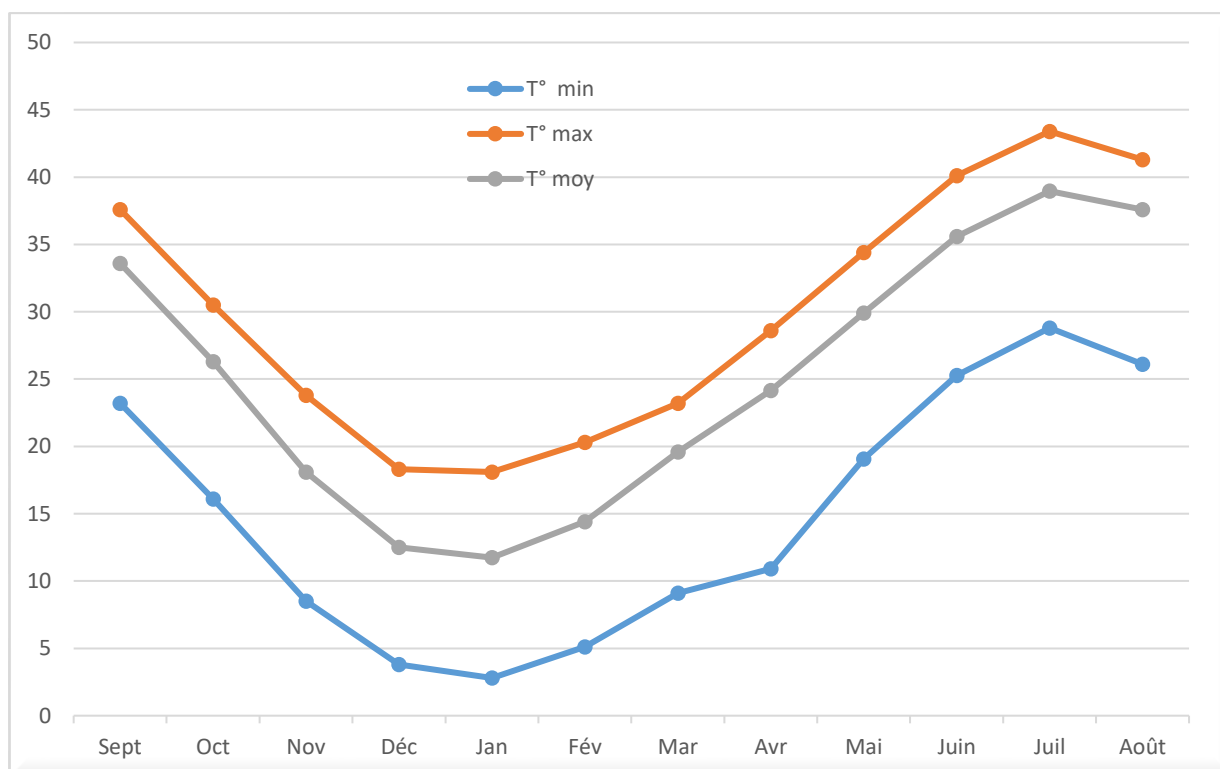


Figure I.3 : Variation des températures mensuelles

D’après le tableau I-2, on remarque que la période la plus chaude correspond au mois de juillet et août avec une température moyenne de 42.4°C, tandis que la période la plus froide correspond au mois de décembre et janvier avec une température moyenne de 3.3°C.

I.3.3 Précipitations

La connaissance des pluies mensuelles permet de connaître le régime pluviométrique saisonnier et leurs fluctuations ce qui est indispensable en irrigation.

Les pluies mensuelles sont présentées par le tableau I-3.

Tableau I.3 : Les précipitations moyennes mensuelles (mm) à la station de Ghardaïa période 1989-2014

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Annuelle
P (mm)	18.5	7.5	6.7	6.1	12.72	3.6	9.07	7.1	2.1	4.1	0.7	2.4	80.59

(Source : ONM Ghardaïa)

D'après le tableau ci-dessus, les précipitations sont pratiquement rares et négligeables, d'où les apports apportés par ce facteur n'ont aucun effet sur le calcul des doses d'irrigation apportés aux différentes cultures introduites.

I.3.4 Humidité

L'humidité est très importante car elle influe sur l'évaporation, elle est plus élevée en hiver qu'en été. Ceci s'explique par l'effet de la température qui est élevée en été et basse en hiver, et le maximum correspond au mois le plus froid.

Les résultats d'observation sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I.4 : Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %, période 1989-2014

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
H %	34	44	52	56	54	45	40	34	29	25	22	24

(Source : ONM Ghardaïa)

Le mois le plus humide est Décembre caractérisé par une forte humidité de 56% et le mois le plus sec c'est Juillet avec une faible humidité de 22%.

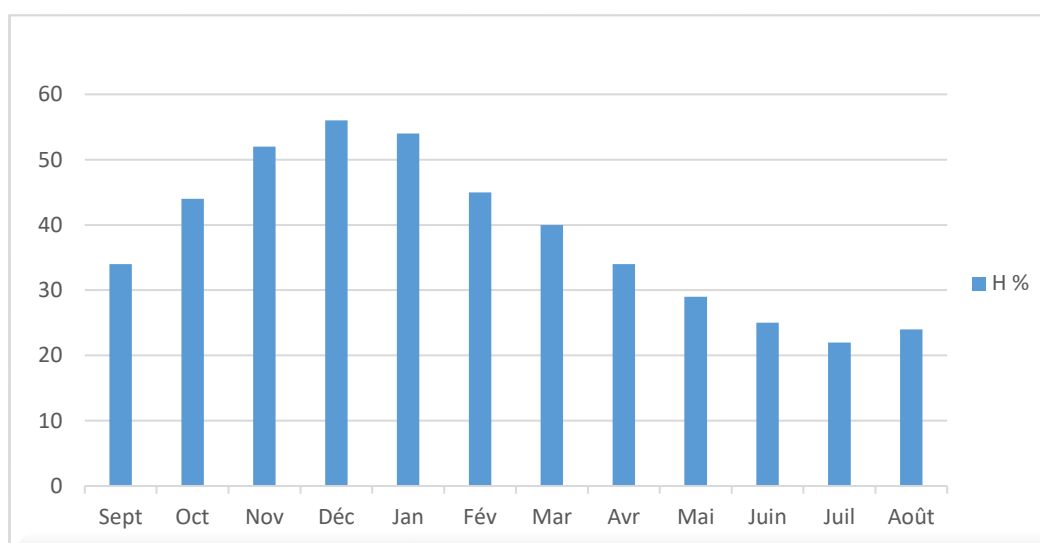


Figure I.4 : Variation humidités relatives moyennes mensuelles

I.3.5 Le vent

Le vent est le facteur déterminant pour le choix du système d'irrigation. Les vents au niveau de la région de Ghardaïa sont de deux types :

- Les vents de sable en automne, printemps et hiver de direction Nord – Ouest ;

- Les vents chauds (Sirocco) dominant en été, de direction Sud - Nord ; très secs et entraînant une forte évapotranspiration. Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées à la station de Ghardaïa sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau I.5 : Vitesse moyenne et maximum des vents (m/s), période 1989-2014

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Moyenne	3.6	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7	4.2	4.6	4.4	4.2	3.5	3.2
Maximale	36	26	25	23	30	31	30	33	40	32	41	37

(Source : ONM Ghardaïa).

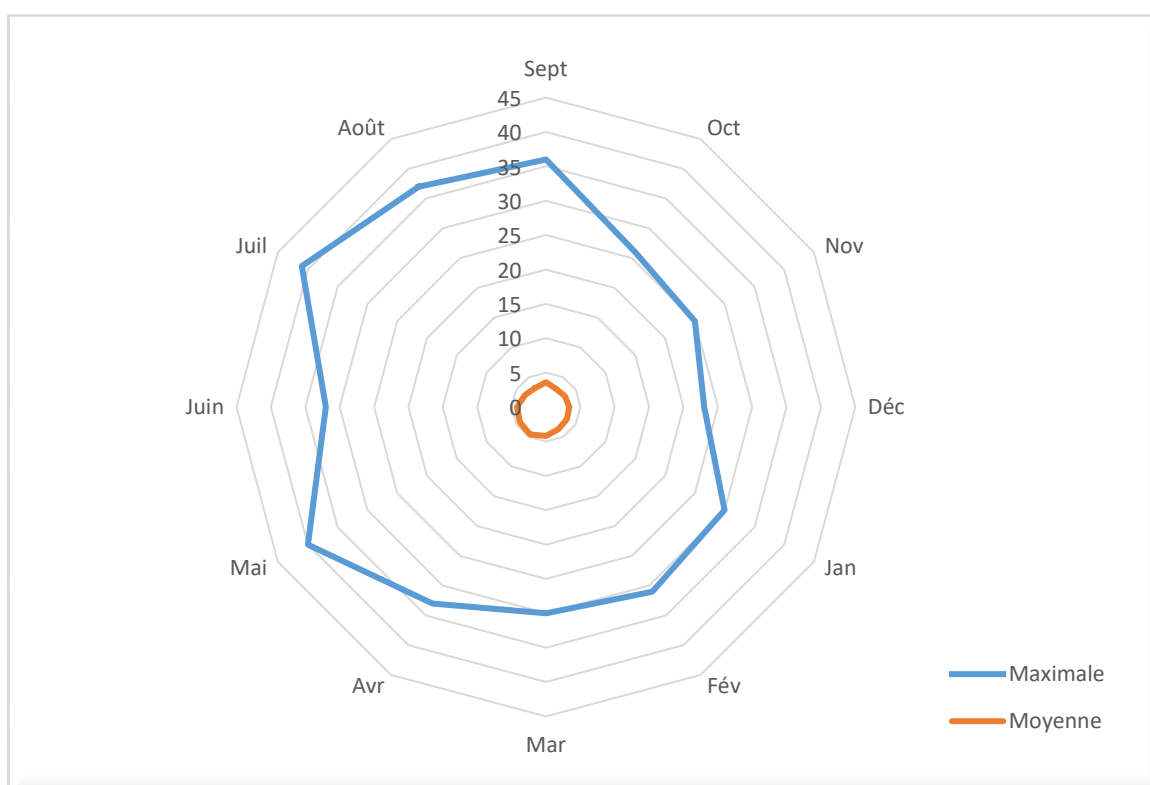


Figure I.5 : Variation de vent mensuelle.

I.3.6 L'évaporation

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux, son effet est de réduire la température de l'environnement.

Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous la moyenne mensuelle de l'évaporation.

Tableau I-6 : L'évaporation moyenne mensuelle en mm, période 1989-2014

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Somme
Evaporation	299.5	186.4	128.1	139.7	102	127.4	190.2	244.1	299.7	363.2	420.6	371.7	2890.6

(Source : ONM Ghardaïa)

On remarque d'après le tableau I.6 que L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de 2890.6 mm /an, avec un maximum mensuel de 420.6 mm au mois de Juillet et un minimum de 102 mm au mois de Janvier.

I.3.7 Insolation

Insolation signifie la quantité d'énergie solaire reçue, mais aussi peut être synonyme d'ensoleillement, c'est-à-dire la durée d'exposition d'un site au Soleil.

Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau I.7

Tableau I.7 : L'insolation moyenne mensuelle et journalière, période 1989-2014

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
h/mois	279	268	240	221	253	255	266	305	333	343	323	322
h/jours	9.3	8.9	8.1	7.4	8.1	8.5	8.8	10.2	11.1	11.4	10.8	10.7

(Source : ONM Ghardaïa)

L'isolation moyenne mensuelle enregistrée varie entre 7.4 h/j en Décembre et 11.4 h/j en Juin.

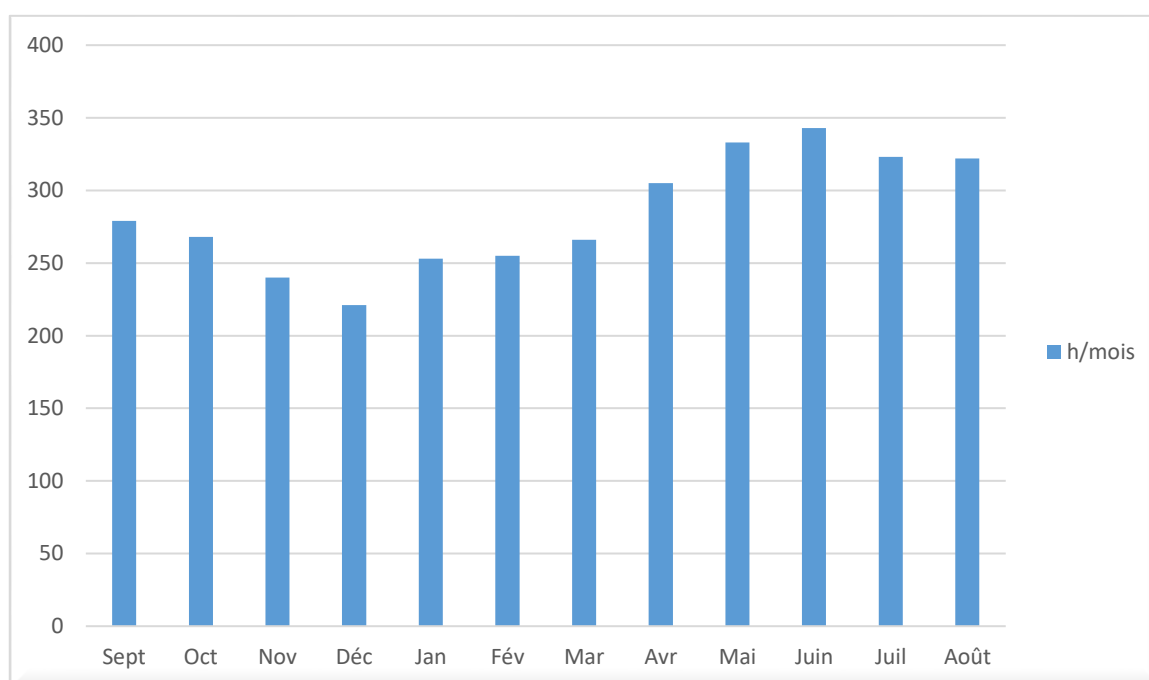


Figure I.6 : Variation insolation moyennes mensuelles (heures/mois)

I.4 Calcul des indices agro-météorologiques

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

Les indices les plus connus sont ceux de Martonne et le quotient ombrothermique d'Emberger.

I.4.1 L'indice d'aridité de Martonne

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

Avec :

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

I : indice climatique ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm/an) ;

T : température moyenne annuelle (°C).

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

Tableau I.8 : Classification de climat selon MARTON

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

Pour la station de Ghardaïa :

$$P = 80.59 \text{ mm/an}$$

$$T = 25.21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{On aura: } I = 2.29$$

Selon l'indice d'aridité calculé et d'après le tableau de classification, on constate que la région est soumise à un type désertique par conséquent **l'irrigation est indispensable**.

I.4.2 L'indice de Bagnols et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique permet la détermination de la période sèche. Dans ce diagramme, on considère un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en $^\circ\text{C}$ ($P \leq 2 \times T$), c'est-à-dire que lorsque la Courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures, la période qui s'étale entre les points d'interactions des deux courbes correspond à la durée de la période sèche.

Tableau I.9 : Données de la pluie moyenne mensuelle et de la température moyenne mensuelle

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
P (mm)	2.1	4.1	0.7	2.4	18.5	7.5	6.7	6.1	12.72	3.6	9.07	7.1
2T	67.2	52.6	36.2	25	23.48	28.8	39.2	48.32	59.8	71.2	77.92	75.2

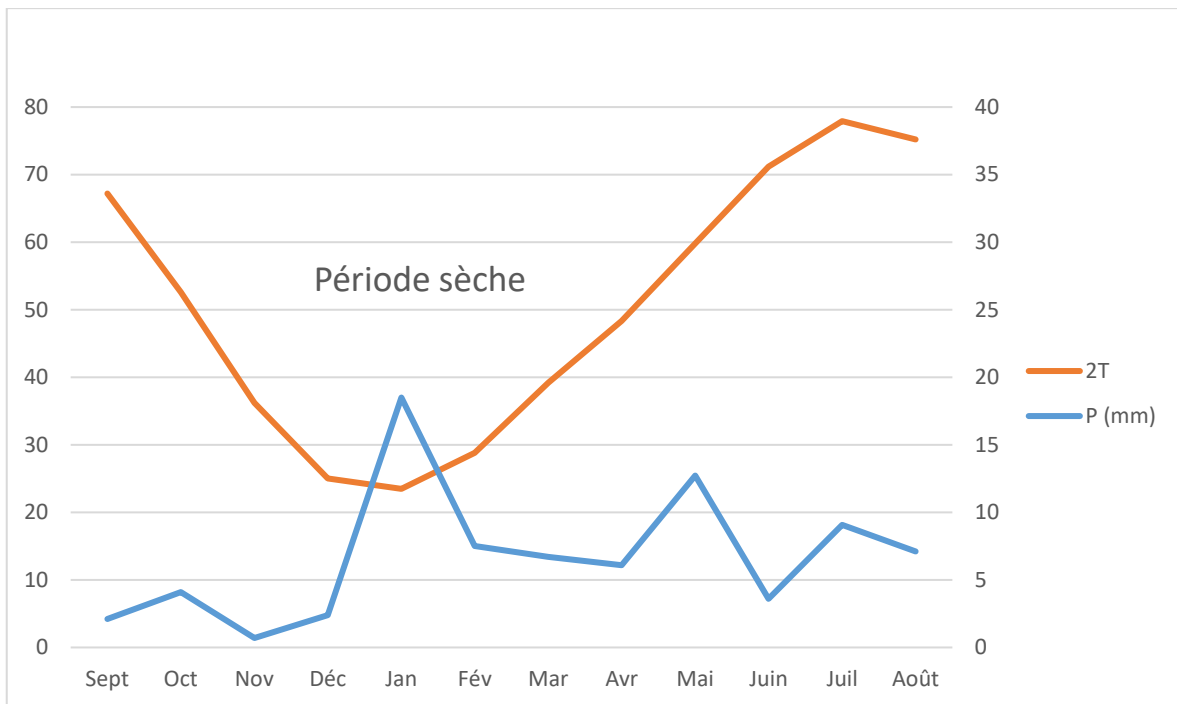


Figure I.7 : Climagramme de GAUSSEN

I.4.3 Indice (Quotient) pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique ou indice climatique d'EMBERGER sert à définir les cinq différents types (étages) de climat méditerranéen qui sont les suivantes : (saharien, aride, semi-aride, sub humide, humide et per-humide). Et prend en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M en °C) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m en °C).

Ce quotient est défini par la formule :

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q : quotient pluviométrique d'EMBERGER ;

M : la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin ;

m : la moyenne des températures du mois le plus froid en kelvin ;

P : pluviométrie annuelle en mm.

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie.

$$Q2 = \frac{3,43P}{M - m}$$

Le climagramme d'EMBERGER est représenté :

- en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid ;
- en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER.

Important : $K = ^\circ\text{C} + 273,15$

Pour :

$$P = 80.59 \text{ mm ;}$$

$$M = 43.4^\circ\text{C} + 273.15 = 316.55 \text{ }^\circ\text{K ;}$$

$$m = 2.8^\circ\text{C} + 273.15 = 275.95 \text{ }^\circ\text{K.}$$

$$\text{A.N : } Q2 = 6.8 \text{ mm}$$

En portant la valeur de (Q2) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans *l'étage bioclimatique saharien*.

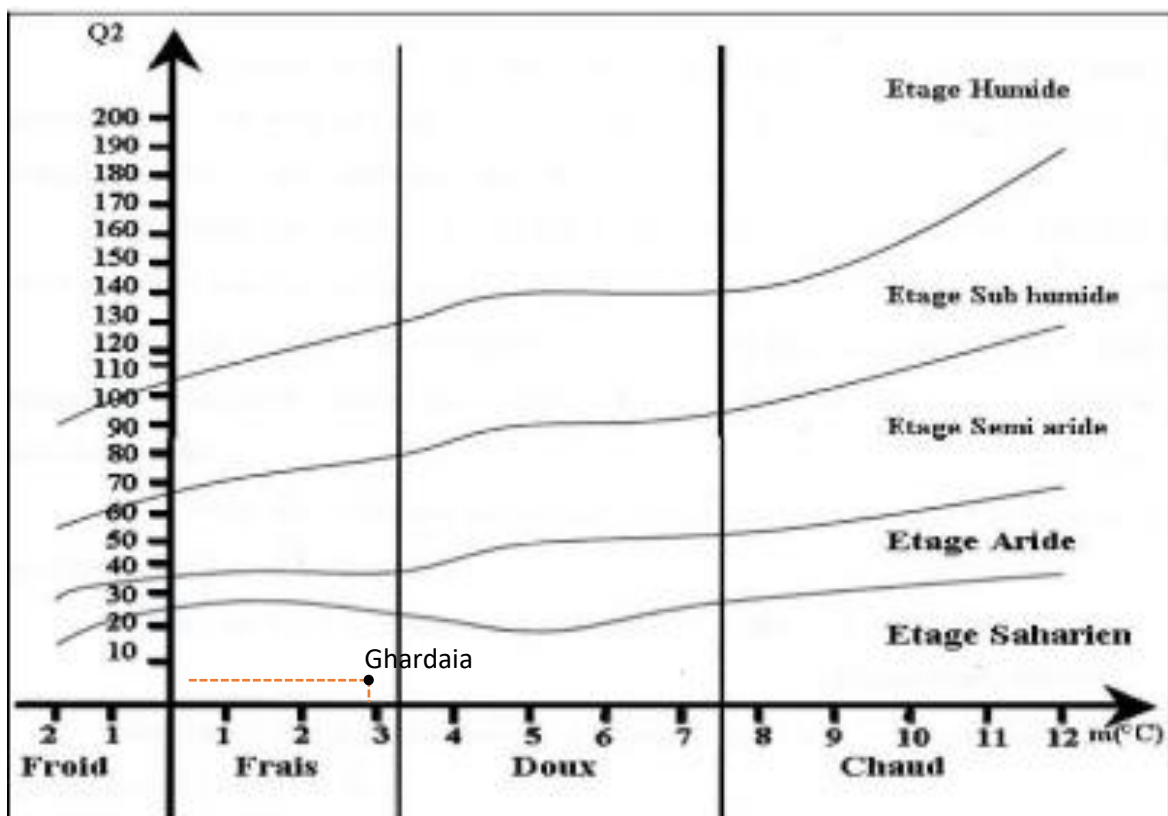


Figure I.8 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

I.5 Conclusion

A travers ce chapitre qui est basé principalement sur l'étude des données pluviométriques et climatiques du périmètre d'étude, nous avons estimé que le périmètre d'Oued Nimel est caractérisé par un climat chaud en été et frais en hiver, et par une moyenne pluviométrique de l'ordre de 80.59 mm/an qui tombe essentiellement durant la période septembre-janvier.

Cependant vu les potentialités climatiques de la zone d'étude, l'introduction de l'irrigation s'avère donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans cette zone saharienne.

CHAPITRE II
RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES
EN EAU

CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU

II.1. Introduction

Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre résultant de l'altération de la roche mère sous l'action du climat et des organismes vivants. Le sol est dans l'ensemble hétérogène constitué de composantes minérales, qui ont été décomposé avec le temps, à partir d'une roche mère due aux facteurs climatiques (Gobat et AL, 1998).

Sa composition doit permettre un bon approvisionnement en éléments nutritifs (NPK), en eau et en oligo-éléments, sa couleur foncée traduit sa richesse en carbone.

II.2. Ressources en sol

II.2.1. But de l'étude pédologique

- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié pour assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement ;
- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer ;
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion, goutte à goutte, submersion).

Description et classification des sols du périmètre :

II.2.2. Les sols de Sahara

Les sols du Sahara ont pour principales caractéristiques leur régime hydrique de type aridique et leur très faible développement, liés à des valeurs extrêmes des paramètres climatiques, qui constituent des facteurs essentiels de leur évolution. En effet, le climat, avec ses caractéristiques particulières ($P/ETP < 0,20$, vents violents et fréquents), exerce une action prédominante sur la pédogenèse, en favorisant la formation de :

- Sols minéraux bruts d'ablation, avec concentration d'éléments grossiers (paysage de Reg) ;
- Sols minéraux bruts d'apport, avec concentration de sables fins (paysage dunaire) ;
- Sols salins et salins sodiques dans les zones basses et endoréiques où l'évaporation intense conduit à des encroûtements gypso-salins, gypseux ou gypso-calcaires.

La fraction minérale des sols irrigables est le plus souvent constituée, dans sa quasi-totalité, de sables, alors que la fraction organique est faible. Ces sols sont très peu fertiles car leur capacité de rétention en eau est très réduite. Aussi, leur capacité d'échange cationique, souvent très limitée, ne permet pas une bonne nutrition minérale des cultures. La fertilisation minérale doit être maîtrisée pour l'obtention de bons résultats agricoles.

Dans la région de Ghardaïa, les sols aptes à la mise en valeur sont généralement confinés le long des terrasses des oueds qui par charriage, apportent des alluvions. En se déposant, ils forment des couches de sols plus ou moins épaisses, ces apports alluviaux sont de tout temps utilisés pour l'agriculture.

II.2.3. Le profil pédologique

Le profil pédologique permet de caractériser en temps réel de l'état d'un sol, à partir d'une observation visuelle complétée par quelques déterminations analytiques en tenant compte de l'environnement.

L'examen du profil pédologique permet de découvrir la succession des couches ou l'horizon expliquent la formation et évolution du sol, sa pédogenèse permet de classer le sol d'après son type pédologique.

Dans cette zone d'étude, quatre unités reconnues homogènes ont été identifiées en fonction de volume et de forme de la charge caillouteuse de surface et le couvert végétal existant. Ces unités ont été étudiées et caractérisées par 30 profils descriptifs. Les sols rencontrés ont été classés de la manière suivante :

- Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial ;
- Sols peu évolués d'apport alluvial.

II.2.3.1. Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial

Ces sols ont été observés sur un glaciaire colluvial, qui se trouve aux pieds des collines limitant l'assiette de l'étude de la partie est (unités 1 et 2), à réseau hydrographique assez important (représenté par 04 ou 05 chaabs ou affluents). Ils sont constitués d'un matériel d'apport provenant d'une part de l'érosion des hautes pentes des collines limitrophes et d'autre part, des dépôts des affluents (Chaabs) qui drainent cette zone. Leur composition est ainsi influencée par un matériau grossier surtout en surface et par un matériau plus fin avec des cailloux arrondis et émoussés qui résultent d'un dépôt alluvial.

Ces sols sont représentés par deux séries de profils classés en fonction de leurs profondeurs :

- Sérié 1 : P3, P25, P26 et P27, P 12 ; ayant des profondeurs faibles variées entre 35 et 65 cm ;
- Série 2 : P2, P4, P8, P9, P14, P15 et P16 ayant des profondeurs moyennes variées entre 90 et 120 cm. (U2).

➔ Description d'un profil type série 1, profil N3

Aspect de surface : Végétation faible, présence d'une charge caillouteuse importante (cailloux de calcaire anguleux et graviers siliceux) .

0 – 10 cm : Sec, Couleur brun jaune claire, texture sableuse à sablo-limoneuse. Structure polyédrique. Présence de racine, Présence de quelques éléments grossiers (2 % environ de cailloux siliceux). Poreux, friable, transition nette et irrégulière.

10 – 65cm : Sec, Couleur brun jaune claire, sableuse à sablo-limoneuse, structure particulière, présence d'une charge caillouteuse importante (60% environ) de taille variable de 2 à 5 cm, poreux.

> 65 cm : Sec, couleur brun jaune claire, sableuse à sablo-limoneuse, structure particulière, présence d'une couche de pierre de calcaire gréseux très fissurée qui se fragmente en feuillets déformés.

➔ Interprétations

Ces sols superficiels, très caillouteux sont impropres à l'irrigation à cause de certaines contraintes majeures liées à :

- Une Profondeur insuffisante et même absence par endroits ou la roche affleure (profondeur utile de ces unités Inférieures à 30 cm) ;
- La charge caillouteuse de surface et de profondeur importante rendant le travail du sol difficile.

Cette unité est éliminée à cause de sa faible profondeur utile (inférieure à 30 cm), et aussi à cause de la roche qui affleure (par endroit) et enfin de la charge caillouteuse qui est très importante en surface et en profondeur.

➔ Description d'un profil type série 2, profil N° 14

Aspect de surface : Végétation faible, charge caillouteuse moyennement importante (cailloux de calcaire anguleux et graviers siliceux).

0– 10 cm : Sec, couleur brun jaune claire, texture sableuse à sablo-limoneuse, structure polyédrique, présence de quelques racines, poreux, transition nette.

10 – 40 cm : Humide, couleur brun jaune claire, texture sablo-limoneuse, structure particulière, présence des éléments grossiers de 30 % environ de cailloux à des formes variables, encroûtement calcaire, pas de racine, poreux, transition nette irrégulière.

40 – 90 cm : Humide, couleur brun jaune claire, texture sablo-limoneuse, structure particulière, présence d'une couche de tuf, friable, pas de racines, poreux, transition nette irrégulière.

90 – 120 cm : Humide, couleur brun Jaune claire, texture sablo-limoneuse. Structure particulière, présence d'une charge caillouteuse de calcaire gréseux (40% environ) à partir de 100 cm de profondeur, pas de racines, poreux.

➔ Interprétations

Ces sols moyennement profonds ont un aspect de surface non contraignant pour les travaux du sol. Ils présentent des caractéristiques favorables et des propriétés marginales qui nécessitent des améliorations avant toute mise en culture.

Ces sols se caractérisent par :

- Une profondeur moyenne se situant entre 90 et 120 cm, avec un encroûtement de calcaire qui apparaît généralement à partir de 40 cm, ce qui nécessite un défoncement suivi d'un épierrage ;
- Une texture dominée par la fraction sablo-limoneuse qui confère à ces sols une bonne perméabilité, une porosité adéquate des agrégats et un bon drainage interne ;
- Présence d'un niveau caillouteux (de différent taille et forme) en profondeur traduisant un faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants à ce niveau

La mise en valeur de ces sols est conditionnée par leur aménagement préalable qui consiste en un sous-solage afin de briser l'encroûtement qui apparaissant par endroit et par l'apport des engrais organiques (fumiers de bovins et d'ovins) pour améliorer la structure et le pouvoir de rétention de ces sols.

Après correction de ces contraintes mineures, ces sols deviendront aptes à une large gamme de culture et plus particulièrement aux palmiers dattiers et aux céréales.

Il y a lieu de signaler que l'exploitation de ces sols à l'état initial est possible pour la plantation des palmiers dattiers, en utilisant le sous-solage localisé.

II.2.3.2. Sols peu évolués d'apport alluvial

Ces sols à des profils assez importants de point de vue constituants (profil meuble) et profondeur.

Ces sols sont représentés par deux séries de profils classés en fonction de leurs charges en profondeur :

- Série 1 : P7, P10, P13, P17, P20, P21, P22, P23, P24, P28, P29, et P30 ; Terrain meuble faiblement chargé en profondeur. (U3)
- Série 2 : P1, P5, P 6, P11, P 18 et P19, Terrain moyennement chargé en éléments grossiers (graviers et galets) en profondeur. (114)

➔ Description d'un profil type série 1, profil N° 17

Aspect de surface : Végétation importante, charge caillouteuse faible (gravier, siliceux fins).

0 – 20 cm : Sec, couleur brun jaune clair, texture sablo-limoneuse à sablo-limono-argileuse, structure polyédrique fine, présence de racines. Poreux, transition nette et régulière.

20 – 30 cm : Humide, couleur brun jaune clair, texture sablo-limoneuse, structure particulaire, graveleux (graviers fins), présence de racines, poreux, transition nette.

30 – 140 cm : Humide, couleur brun jaune clair, texture sablo-limoneuse, structure particulaire, présence d'une couche de tuf friable importante associé avec du sable, présence des amas de gypse cristallisé, pas de charge, quelques racines, poreux.

➔ Interprétations

Issus d'alluvions, ces sols moyennement profonds à profonds, présentent une texture dans son ensemble moyenne sablo-limoneuse à sablo-limono-argileuse qui a pour conséquence une faible structuration, une capacité de rétention en eau moyenne et probablement une capacité d'échange cationique moyenne à faible.

Ces sols conviennent parfaitement à l'irrigation et ne posent pas de problèmes majeurs pour la mise en valeur.

Ces sols offrent des propriétés favorables à la mise en valeur et ils peuvent convenir à une large gamme de cultures (céréales, pomme de terre, palmiers dattiers, arbres fruitiers, ...).

→ Description d'un profil type série 2, profil N°6

Profil N° 6 : 120 cm

Aspect de surface : Végétation moyenne, charge en graviers et galets importante.

0– 20 cm : Sec, couleur brun jaune claire, texture sableuse à sablo-limoneuse, structure particulière présence de racine, présence de charge de graviers, poreux, friable, transition nette.

10 – 120 cm et plus : Humide, couleur brun jaune claire, texture sableuse à sablo-limoneuse, structure particulière, caractérisé par la succession de trois couches de graviers, sables et de galets arrondies (graveleux).

→ Interprétations

Ces sols moyennement profonds à profonds, caractérisés par une charge caillouteuse (graviers fins et des galets) en surface et en profondeur peu contraignant pour les travaux du sol, nécessitant une légère amélioration de son pouvoir de rétention et l'élimination de la charge caillouteuse de gros calibre de la surface et en profondeur, mais offrant des propriétés favorables à la mise en valeur par :

Une texture grossière dominée par la fraction sableuse qui confère à ces sols une bonne perméabilité, une porosité adéquate des agrégats et un bon drainage interne.

Une profondeur utile assez importante variant entre 120 à 150 cm.

Ces sols peuvent convenir à une large gamme de cultures notamment les arbres fruitiers ; la vigne surtout, les palmiers dattiers, l'olivier...

II.3. Ressources en eau

L'eau représente le premier élément nécessaire pour la végétation, il constitue pour la plante un support, une réserve d'eau et d'éléments nutritifs. L'analyse des ressources en eau sera axée sur la mobilisation des ressources en eau suffisantes et la qualité de l'eau d'irrigation ainsi la détermination de l'année de calcul ou la pluie de projet.

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères : les nappes phréatiques superficielles d'inféoflux (Phréatique), et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albiennaise.

II.3.1. Nappes phréatiques ou nappe du complexe terminal (C.T)

L'aquifère de la nappe phréatique est formée d'alluvions et de sables du quaternaire. Les alluvions reposent sur les couches calcaires du turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25 à 30 mètres. Cette nappe d'Inféoflux, exploitée par des puits traditionnels, présente un intérêt très important dans le domaine agricole, elle sert comme une source

pour l'irrigation de la palmeraie de la vallée et elle sert également pour l'alimentation en eau potable à l'amont où les eaux sont moins chargées.

L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par les eaux de pluies torrentielles et par les eaux de la nappe profonde (Albien) de certains forages destinés pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable.

II.3.2. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du continental intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et gréso-argileuses du Barrémien et de l'albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000 m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique.

La nappe du Continental Intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara et Certaines régions d'El Menéa) ;
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menéa).

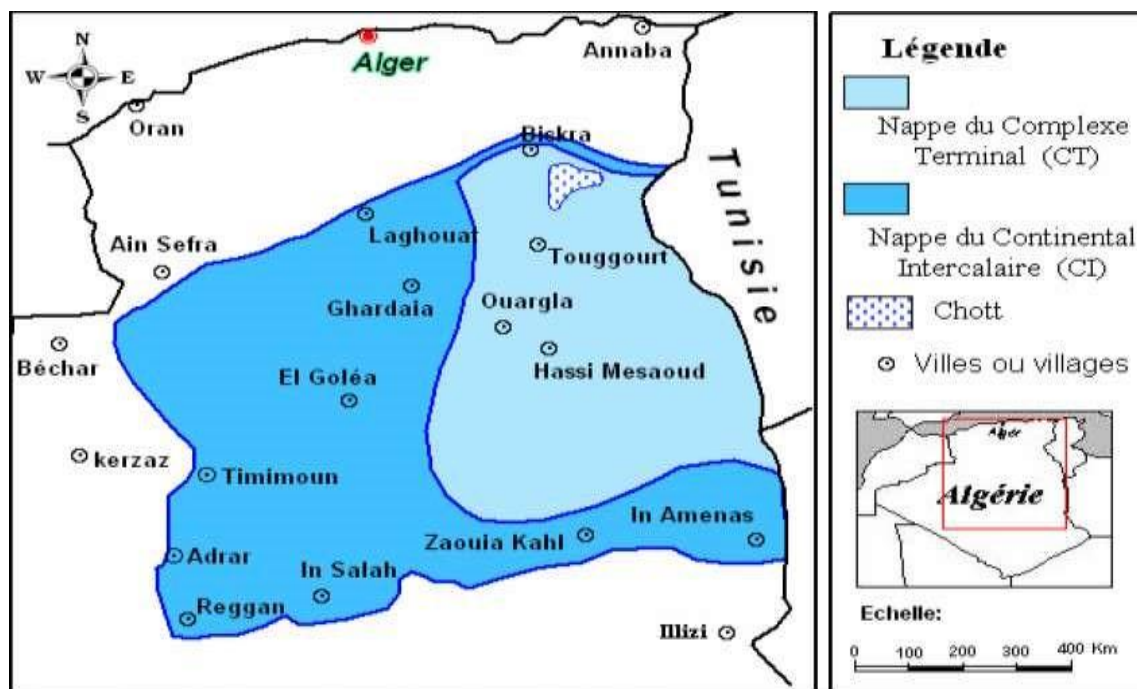


Figure II.1 : Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien)
(Helal et Ourihane, 2003)

II.3.3. Ressources en eau du périmètre

Pour la mobilisation des eaux destinées à l'irrigation, on a le captage des eaux à partir de la nappe du continental intercalaire qui alimente notre périmètre d'irrigation dont la profondeur du sondage est environs à 500 m.

Pour mobiliser les eaux souterraines on a deux forages existant sur notre secteur périmètre ou les valeurs du débit des eaux varient entre 25 et 30 l/s (selon les essais effectués sur les deux forages existants).

Les principales caractéristiques des forages sont résumées comme suit :

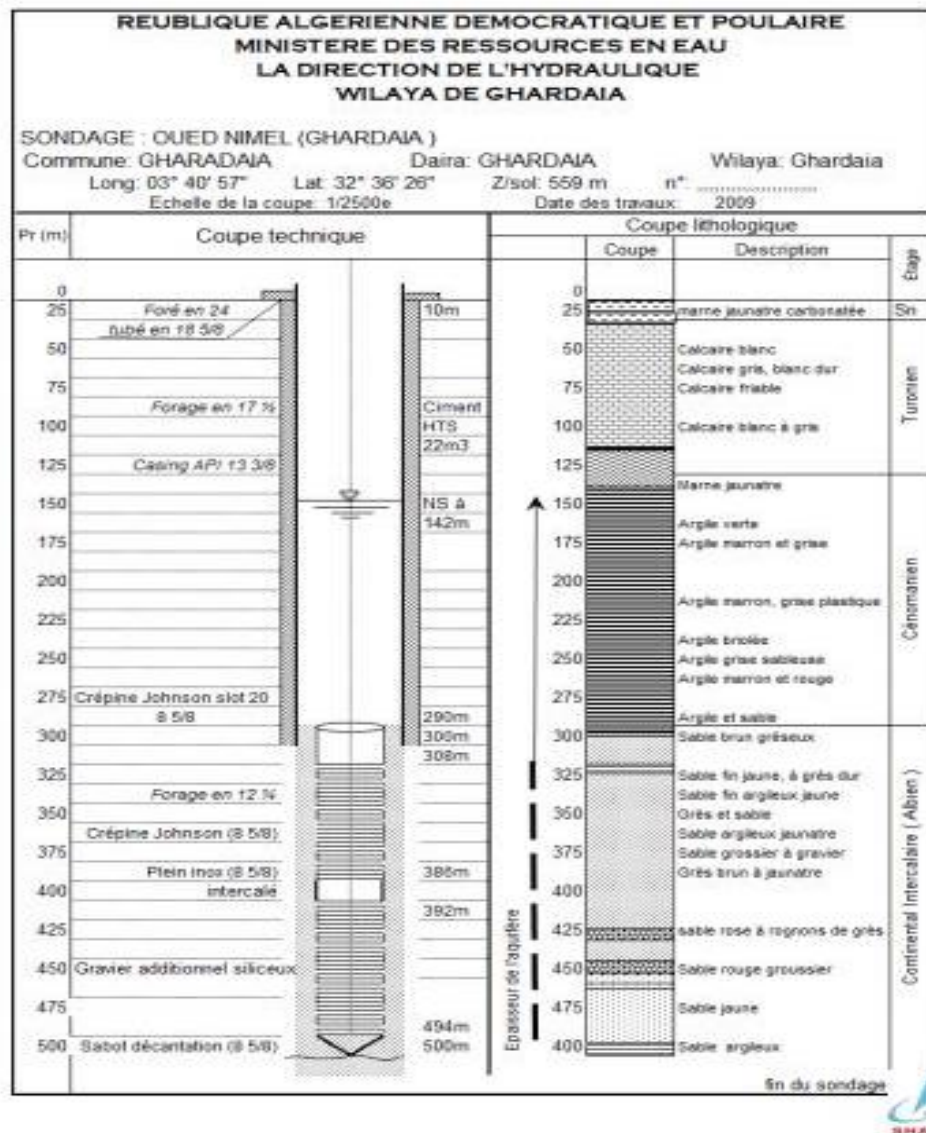


Figure II.2 : Coupe technique et lithologique du forage d'Oued Nimel

Les deux forages de 520 ml de profondeur sont situés en amont de l'Oued Nimel distants de 15 km de la ville de Ghardaïa, commune de Ghardaïa.

Tableau II.1 : Coordonnées géographiques des deux forages

Forage	Latitude	Longitude
Oued Nimel F1	32° 37' 48''	03° 40' 12''
Oued Nimel F2	32 °37' 21''	03° 40' 36''

II.3.4. Étude de la qualité de l'eau d'irrigation

Il est nécessaire d'étudier la qualité d'eau d'irrigation avant tout projet d'aménagement agricole. Pour cela il faut vérifier certains facteurs plus importants qui sont :

- Le PH ;
- Risque de salinité ;
- Risque de sodium (degré d'absorption du sodium ou SAR) ;
- Carbonate et bicarbonates Ca, Mg ;
- Anions toxiques.

Les données sur le tableau II.2 sont déterminées par l'ANRH (Ghardaïa) à partir des prélèvements effectués au forage F1.

Tableau II.2 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation

Paramètres	Valeurs (mg/l)	Valeurs (meq/l)
Ca ⁺⁺	189.97	9.48
Cl ⁻	354.53	10
Na ⁺	166.66	7.249
K ⁺	20	0.512
SO ₄ ²⁻	690.58	14.379
PH	7.3	

II.3.5. Classification des eaux pour l'irrigation

Dans notre thèse, nous nous sommes basées sur la classification américaine des eaux d'irrigation qui est basée sur deux paramètres : la conductivité électrique CE, le rapport d'absorption du sodium SAR.

a) La conductivité électrique

Permet d'avoir rapidement l'ordre de la minéralisation globale de l'eau, elle est mesurée à 25°C et exprimée en **mmhos/cm**. On distingue quatre classes d'eau.

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

Classe	Conductivité électrique (CE)	Qualité des eaux	Cultures
C1	$CE \leq 0.25$	Risque faible de salinité	Pour toutes les cultures
C2	$0.25 < CE \leq 0.75$	Risque moyen de salinité	Pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0.75 < CE \leq 2.25$	Risque élevé de salinité	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
C4	$CE > 2.25$	Risque très élevé de salinité	Eau difficilement utilisable

b) Sodicit  et alcalinisation

Le sodium contenu dans une eau peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors un risque d'agglomération.

Pour diminuer ce risque il est nécessaire de comparer entre la concentration des cations Na^+ avec celle de Mg^{++} et Ca^{++} , donc on parle de l'indice du SAR qui est :

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

- Na : sodium en meq/l ;
- Ca : calcium en meq/l ;
- Mg : magnésium en meq/l.

Et donc : **SAR = 2.52meq/l**.

On distingue quatre classes de danger d'alcalinisation qui sont montrées dans le tableau II.4.

Tableau II.4 : Classification des eaux en fonction de SAR

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

Interprétation

Puisque l'eau de notre forage (F1) à un SAR de 2.52 meq/l et une CE = 0.54 mmhos/cm, en se référant sur le diagramme de classification des eaux d'irrigation on peut dire que notre eau est caractérisée par une salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible (C2-S1), donc il y'a un risque moyen de salinité.

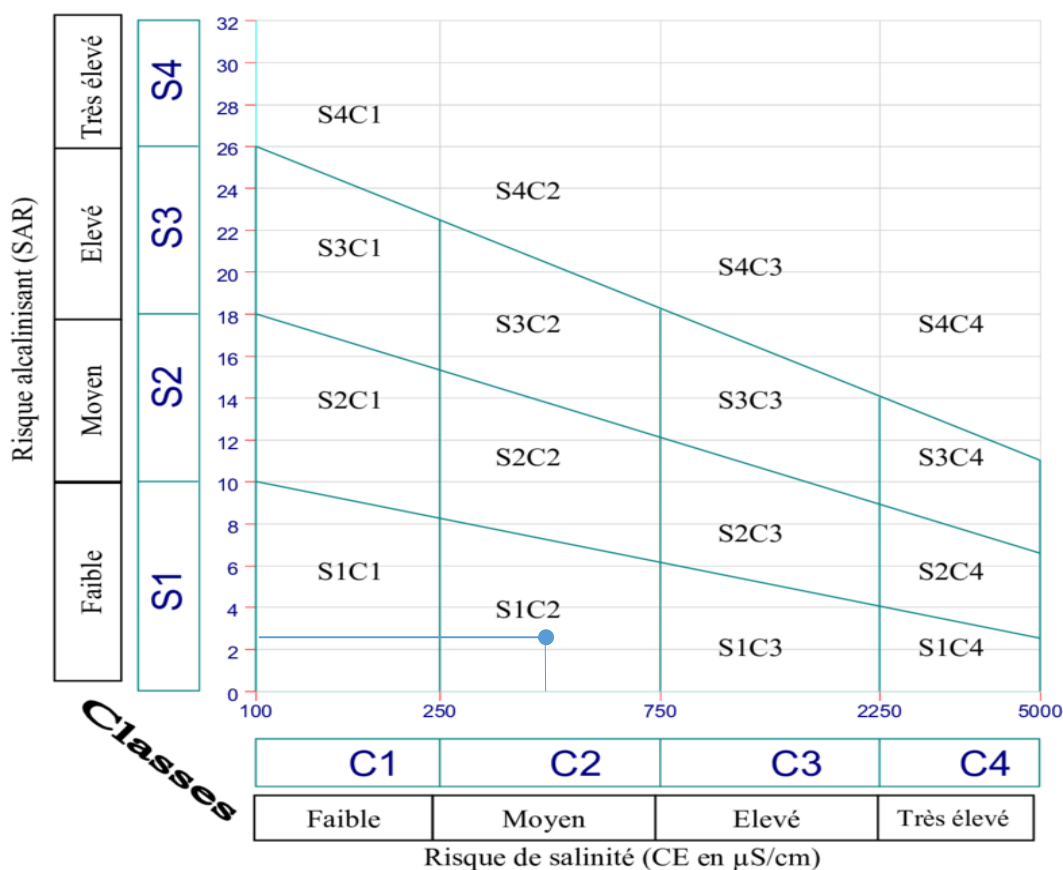


Figure II.3 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons obtenu que notre zone d'étude constituée de deux classes : Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial, Sols peu évolués d'apport alluvial.

D'une manière générale la zone étudiée est composée principalement d'un sol plutôt sablo-limoneux dont la matière organique est inexistante avec un taux faible de calcaire.

Concernant l'analyse des ressources en eau des forages nous avons déduit que notre eau appartient à la classe C2-S1 avec une alcalinité faible et une salinité moyenne.

CHAPITRE III
BESOIN EN EAU DE PERIMETRE

CHAPITRE III : BESOIN EN EAU DE PERIMETRE

III.1 Introduction

Pour satisfaire les besoins en eau des cultures, il convient de les mettre dans des conditions hydriques optimales afin d'atteindre les objectifs de hauts rendements. Ces conditions peuvent être déterminées grâce à une bonne connaissance des besoins en eau de la culture (évapotranspiration), des stocks d'eau dans le sol et des apports d'eau extérieurs (pluie, irrigation) au cours des divers stades de ces cultures.

III.2 Besoins en eau des cultures

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

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

III.2.1 L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Sous le nom l'évapotranspiration, englobe la totalité de la consommation d'eau d'une plante mise en place, pour éviter le stress hydrique.

On distingue l'évapotranspiration de référence (ET₀), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

III.2.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀)

Décrit le transport de l'eau depuis la surface vers l'atmosphère, ou la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal en pleine croissance, l'ET₀ caractérise la demande en fonction des conditions climatiques exprimée en mm/j.

Il existe deux méthodes pour estimer l'ET₀ :

- Les méthodes directes 'instruments et appareils' ;

- Les méthodes indirectes' utilisation des formules empiriques'.

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

- Formule de Turc (1960) ;
- Formule de Thornthwaite (1955) ;
- Formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948) ;
- Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO.

La formule de Penman-Monteith est la plus utilisée sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, qui sont rarement toutes disponibles sur une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée de ET_0 .

III.2.2.1 Formule Modifiée de Penman-Monteith

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)}$$

Avec :

- ET_0 : évapotranspiration de référence (mm jour^{-1}) ;
- Rn : rayonnement net à la surface de la culture ($\text{MJ m}^{-2} \text{jour}^{-1}$) ;
- G : densité de flux de chaleur dans le sol ($\text{MJ m}^{-2} \text{jour}^{-1}$) ;
- T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m ($^{\circ}\text{C}$) ;
- μ_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m (m s^{-1}) ;
- e_s : pression de vapeur saturante (kpa) ;
- e_a : pression de vapeur réelle (Kpa) ;
- $e_s - e_a$: déficit de pression de vapeur saturante (Kpa) ;
- Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante ($\text{Kpa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) ;
- γ : constante psychrométrique ($\text{Kpa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT ou nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Ghardaïa :

- Température : les températures minimales et maximales mensuelles (°C) ;
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage % ;
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation ;
- Vitesse de vent : la vitesse du vent peut être introduire en Km/jour.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculées à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0. Les résultats trouvés pour la station de Ghardaïa sont récapitulés dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0

Mois	Températures moy (°C)	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation heures	Radiation (MJ/m ²)	$ET_{openman}$ (mm/mois)
Septembre	33.6	34	3.6	9.3	20.5	254.61
Octobre	26.3	44	3.0	8.9	17.0	171.79
Novembre	18.1	52	3.2	8.1	13.4	107.14
Décembre	12.5	56	3.4	7.4	11.5	78.96
Janvier	11.74	54	3.5	8.1	13.0	80.89
Février	14.4	45	3.7	8.5	15.8	102.63
Mars	19.6	40	4.2	8.8	19.1	168.80
Avril	24.16	34	4.6	10.2	23.6	226.97
Mai	29.9	29	4.4	11.1	26.3	293.36
Juin	35.6	25	4.2	11.4	27.1	330.55
Juillet	38.96	22	3.5	10.8	25.9	337.56
Aout	37.6	24	3.2	10.7	24.7	307.32
Moyenne	25.21	38	3.7	9.4	19.8	2460.56

III.2.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM)

L'évapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et elle dépend aussi des conditions pédologiques et climatiques.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée comme suit :

$$ETM = K_c \cdot ET_0$$

III.2.4 Les coefficients culturaux (Kc)

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) (voir annexe1) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la vitesse du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude à partir du bulletin 'irrigation et drainage' F.A.O N°24.

III.3 Besoins en eau d'irrigation

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par l'irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$B = ETM - (P_{eff} + K \cdot RFU_{i-1})$$

Avec :

- ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois) ;
- P_{eff} : pluie efficace en mm ;
- RFU_{i-1} : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures ;
- B : besoin en eau d'irrigation en mm ;
- K : coefficient qui dépend des conditions climatiques égal à 1/2 ou 1/3.

La réserve utile (RU)

La réserve utile est la quantité d'eau stockée dans le sol qui peut être absorbée par les racines des plantes. Cette réserve utile pour les plantes dépend essentiellement de la granulométrie des sols et varie à l'inverse de la perméabilité : les sols argileux ont une réserve utile supérieure aux sols sableux.

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) * Da * Z$$

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas on prend (10%) ;
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas on prend (4%) ;
- Da : densité apparente (1.4) ;
- Z : profondeur d'enracinement mm.

La réserve facilement utilisable (RFU)

C'est la quantité d'eau disponible par unité de surface calculé sur la profondeur maximale d'enracinement, et comprise entre deux limites d'une part le point de flétrissement et d'une part la capacité de rétention.

$$RFU = Y(H_{cc} - H_{pf}).Da.Z$$

- Y : degré de tarissement (1/3).

Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement

L'humidité à la capacité au champ et de flétrissement sont deux facteurs importants dans la détermination de la réserve facilement utilisable RFU et par conséquent les besoins d'irrigation les valeurs sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : Humidité à la capacité au champ et de flétrissement

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

Source : référence bulletin FAO d'irrigation et de drainage

III.3.1 Détermination de la pluie efficace

La pluie efficace correspond à la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration réelle de la culture. L'eau des précipitations efficaces est répartie au niveau du sol en deux fractions : l'écoulement superficiel et l'infiltration.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer P_{eff} ici on va utiliser celle de pourcentage fixe (80%) :

$$P_{eff} = 0 \text{ si } P_{moy} \leq 5mm$$

$$P_{eff} = A \times P_{moy} \text{ si } P_{moy} > 5mm$$

A : coefficient de correction est généralement égale à 0,8

Tableau III.3 : Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
P_{moy} (mm/mois)	18,5	7,5	6,7	6,1	12,72	3,6	9,07	7,1	2,1	4,1	0,7	2,4
P_{eff} (mm/mois)	14,8	6	5,36	4,88	10,18	0	7,26	5,68	0	0	0	0

Comme les pluies efficaces ils sont très faibles on va les négliger dans le calcul des besoins alors

$$B = ETM$$

III.3.2 Choix des cultures

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique).

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée ;
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation ;
- L'aptitude culturelle des sols basée sur l'étude pédologique ;
- Des disponibilités des moyens de production ;
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

III.3.2.1 Cultures proposées

Pour notre périmètre le choix des cultures s'est basé comme suit :

Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures.

Les cultures	Pourcentage%	Surface(ha)
Maraichage :	60	60
Pomme de terre		
Oignon		
Tomate		
L'arboriculture :	40	40
Palmiers		
Olivier		
Total	100	100

III.3.2.2 Assolements des cultures

Au sens agronomie, l'assolement est la répartition des cultures au cours d'une campagne culturale donnée sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole. Donc l'assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné.

Dans chaque sol, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre. Nous nous définirons la rotation par la succession des cultures sur un même sol pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté.

III.3.2.3 Avantages de la rotation des cultures

La rotation culturale a un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes.

Réserves minérales : la rotation permet aux plantes selon leur exigence et la zone de développement des racines d'exploiter au mieux les ressources minérales.

Propriétés des sols : certaines plantes tendent à détériorer la structure du sol, d'autres plantes sécrètent des toxines racinaires, mais il existe par contre des cultures améliorantes.

La rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites.

III.3.3 Cycle végétatif des cultures

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau III.6

Tableau III.5 : Cycle végétatif des cultures

Cultures	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	
Pomme de terre		←→											
Tomate							←→						
Oignon		←→											
Oliviers	←→												
Palmiers	←→												

III.4 Calcul des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau sont calculés comme suit :

Tableau III.6 : Calcul des besoins en eau de la pomme de terre

Mois	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_ REEL	KC	ETM	B (mm)
Sep	254.61						
Oct	171.79	0.40	11,2	0	0,40	68,72	68,72
Nov	107.14	0.60	16,8	0	0,70	75	75
Déc	78.96	0.60	16,8	0	1,15	90,80	90,80
Jan	80.89	0.60	16,8	0	0,75	60,67	60,67
Fév	102.63						
Mars	168.80						
Avril	226.97						
Mai	293.36						
Juin	330.55						
Juil	337.56						
Août	307.32						

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau de la tomate

Mois	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_ REEL	KC	ETM	B (mm)
Sep	254.61						
Oct	171.79						
Nov	107.14						
Déc	78.96						
Jan	80.89						
Fév	102.63						
Mars	168.80	0.70	19,6	0	0.40	67,52	67,52
Avril	226.97	0.90	25,2	0	0.85	192,92	192,92
Mai	293.36	1.20	33,6	0	1.15	337,36	337,36
Juin	330.55	1.20	33,6	0	0.65	214,86	214,86
Juil	337.56						
Août	307.32						

Tableau III.8 : Calcul des besoins en eau de l'oignon vert

Mois	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_ REEL	KC	ETM	B (mm)
Sep	254.61						
Oct	171.79	0.5	14	0	0.4	68,72	68,72
Nov	107.14	0.75	21	0	0.7	75	75
Déc	78.96	0.95	26,6	0	1	78,96	78,96
Jan	80.89	0.95	26,6	0	1	80,89	80,89
Fév	102.63	0.75	21	0	1	102,63	102,63
Mars	168.80						
Avril	226.97						
Mai	293.36						
Juin	330.55						
Juil	337.56						
Août	307.32						

Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau des oliviers

Mois	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU_ THEO	RFU_ REEL	KC	ETM	B (mm)
Sep	254.61	1.5	42	0	0.7	178,23	178,23
Oct	171.79	1.5	42	0	0.7	120,25	120,25
Nov	107.14	1.5	42	0	0.6	64,28	64,28
Déc	78.96	1.5	42	0	0.5	39,48	39,48
Jan	80.89	1.5	42	0	0.5	40,45	40,45
Fév	102.63	1.5	42	0	0.5	51,32	51,32
Mars	168.80	1.5	42	0	0.5	84,4	84,4
Avril	226.97	1.5	42	0	0.5	113,49	113,49
Mai	293.36	1.5	42	0	0.5	146,68	146,68
Juin	330.55	1.5	42	0	0.7	231,39	231,39
Juil	337.56	1.5	42	0	0.7	236,29	236,29
Août	307.32	1.5	42	0	0.7	215,12	215,12

Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau des palmiers

Mois	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_ REEL	KC	ETM	B (mm)
Sep	254.61	4	112	0	0.95	241,88	241,88
Oct	171.79	4	112	0	0.95	163,20	163,20
Nov	107.14	4	112	0	0.95	101,78	101,78
Déc	78.96	4	112	0	1	78,96	78,96
Jan	80.89	4	112	0	1	80,89	80,89
Fév	102.63	4	112	0	1	102,63	102,63
Mars	168.80	4	112	0	1	168,8	168,8
Avril	226.97	4	112	0	1	226,97	226,97
Mai	293.36	4	112	0	1	293,36	293,36
Juin	330.55	4	112	0	1	330,55	330,55
Juil	337.56	4	112	0	1	337,56	337,56
Août	307.32	4	112	0	1	307,32	307,32

L'Estimation des besoins en eau pour chaque culture est donnée dans les tableaux, tableau III.11

Tableau III.11 : Récapitulatif des besoins en eau mm

Mois	Pomme de terre	Tomate	Oignon vert	Olivier	Palmier	Max	Total
Sep				178,23	241,88	241,88	420,11
Oct	68,72		68,72	120,25	163,20	163,20	420,89
Nov	75		75	64,28	101,78	101,78	316,06
Déc	90,80		78,96	39,48	78,96	90,80	288,2
Jan	60,67		80,89	40,45	80,89	80,89	262,9
Fév			102,63	51,32	102,63	102,63	256,58
Mars		67,52		84,4	168,8	168,8	320,72
Avril		192,92		113,49	226,97	226,97	533,38
Mai		337,36		146,68	293,36	337,36	777,4
Juin		214,86		231,39	330,55	330,55	776,8
Juil				236,29	337,56	337,56	573,85
Août				215,12	307,32	307,32	522,44

III.4.1 Calcul du débit spécifique

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$q_s = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_i * N_j * 3600 * E_i} \text{ (l/s/ha)}$$

Avec :

- Bnet : besoin mensuel maximum net en mm/mois ;
- Ni : nombre des heures d'irrigation par mois= 24h ;
- Nj : nombre de jours d'irrigation par mois = 30j ;
- Ei : coefficient d'efficience globale du système d'irrigation = 75%.

On calcule les besoins en eau pour le mois le plus exigeant qui correspondent au mois de mai.

$B_{net} = 777,4$ mm/mois.

$$q_s = \frac{777.4 * 10 * 1000}{30 * 24 * 3600 * 0.75} = 3,98 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. Il y'a risque de surdimensionnement 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.

Pour notre cas : la culture la plus exigeante palmier 293.36 mm.

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de : $q_s = 1.5$ l/s/ha, ce débit est aux normes égale à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

III.4.2 Evaluation du débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

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

- q_s : débit spécifique de mois de pointe= 1.5 l/s/ha ;
- S : la superficie nette à irriguer= 100ha ;
- $Q_{car} = 1.5 * 100 = 150$ l/s.

III.4.3 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Le volume des besoins en eau = le besoin de la culture (m^3) * la surface de la culture.

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le tableau III.12

Tableau III.12 : Volume d'eau d'irrigation

Type des cultures	Surface (Ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m ³ /ha)	Besoins en eau brut (m ³ /ha)	Besoins brut totaux (m ³)
Oignon vert	26	406,2	4062	5416	140816
Pomme de terre	18	295,19	2951,9	3935,87	70845,6
Tomate	16	812,66	8126,6	10835,47	173367,47
Olivier	25	1521,38	15213,8	20285,07	507126,67
Palmier	15	2433,9	24339	32452	486780
Besoins total					1378935,73

D'après le tableau précédent, on remarque que le volume total des besoins en eau des cultures de notre périmètre est de 1378935,73 m³. Le volume extraie à partir de deux forages avec un débit de 50l/s (18/24h) et 30l/s (22/24h) est de 2049840 m³, le volume extraire suffit largement pour répondre aux besoins des cultures.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons choisi les cultures qu'on va implanter dans notre périmètre et nous avons déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante a causes des contraintes agricoles et agronomique. En deuxième lieu, nous avons calculé les besoins en eau totaux du périmètre et déduit que la capacité des deux forages suffit largement pour irriguer le périmètre.

CHAPITRE IV
ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION

CHAPITRE IV : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION

IV.1. Introduction

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système.

Un réseau d'irrigation sera donc l'ensemble des ouvrages, organes et appareil qui assurent la répartition, la distribution à chaque exploitation agricole ou à chaque parcelle des eaux destinées à l'arroser.

De façon générale, un réseau d'irrigation est constitué de trois types d'équipement :

- **Les ouvrages de transport** : acheminent l'eau d'irrigation depuis la prise d'eau jusqu'aux périmètres à desservir ; ces ouvrages transitent des débits importants (quelques mètres cubes à quelques dizaines de mètres cubes par seconde) sur de longues distances. Ils sont constitués d'ouvrages linéaires (canaux, galeries) et d'ouvrages ponctuels (aqueducs, siphons, régulateurs, etc.).
- **Les réseaux de distribution** : répartissent à l'intérieur du périmètre, et jusqu'aux prises d'irrigation propres à chaque agriculteur, l'eau amenée par les ouvrages de transport ; ces réseaux ont une structure généralement ramifiée.
- **L'irrigation à la parcelle** : est relative à la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du réseau. On entend par parcelle d'irrigation l'unité de surface disposant d'une prise individualisée sur le réseau de distribution ; il ne s'agit donc pas de parcelles cadastrales ni de parcelles culturales. Les équipements mis en jeu ou les aménagements de terrain sont fonction de la technique d'irrigation adoptée par les irrigants : irrigation de surface, irrigation par aspersion ou irrigation localisée.

Classification des réseaux d'irrigation : selon le type de réseau de distribution.

- **Réseaux gravitaires** : le canal principal à très faible pente suit approximativement les courbes de niveau ;
- **Réseaux sous pression** : ce système est choisi lorsque le terrain offre de fortes variations de niveau, dans ce cas la fourniture d'eau à pressions adéquates représente le but principal de ces systèmes. Ils sont classés en réseau maillés et réseaux ramifiés ;
- **Réseaux mixtes** : ils sont employés dès qu'un système gravitaire est alimenté dans certaines zones par pompage.

Pour notre périmètre, on a opté pour un réseau sous pression.

IV.2. Organisation et structure du périmètre

L'organisation d'un périmètre sous-pression est la première contrainte dans l'aménagement de ces périmètres. La conception d'un réseau sous pression se fait en discrétisant le périmètre en plusieurs groupes de parcelles appelés ilot d'irrigation.

Le périmètre Oued Nimel est découpé en deux sous périmètre, chacun de ces derniers couvre une superficie utile de 50 ha, il est réparti sur 25 parcelles de deux (02) ha.

La conception du parcellaire est extraie à base des plans d'arpentage du bureau du cadastre, cela a été chargé par le propriétaire du terrain (domaines d'état).

IV.2.1. Ilots et bornes d'irrigation

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles...etc.

On admet généralement que l'implantation des bornes pour les zones de petites et moyennes

Exploitations doivent répondre aux critères suivants :

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

IV.2.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne d'irrigation est l'organe hydraulique destiné à assurer la livraison de l'eau sous pression à des irrigants, à partir d'un réseau collectif de distribution. Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

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

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

IV.2.3. Calcul hydraulique aux bornes

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

$$Q_b = q_s * S$$

Avec :

- Q_b : Débit de chaque ilot (l/s) ;
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha) ;
- S : Superficie de l'ilot (ha).

IV.2.3.1. Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement

On admet :

- Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4) ;
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2) ;
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B) ;
- Pour les grands ilots ($S > 50$ ha) on prévoit des bornes de type C.

Tableau IV.1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80$, 100	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	2 Entrée $\Phi 80$, 100	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22) l/s	2 Entrée $\Phi 80$, 100, 125	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33) l/s	2 Entrée $\Phi 80$, 100, 125	1 Entrée $\Phi 150$

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

→ **Forage 1 :****Tableau IV.2 :** Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes

Îlots	Parcelles	Superficies (ha)	Q (l/s/ha)	Q _b (l/s)	Matériau	Borne type
I1	N°01	2	1.5	9	Fonte	Type A4
	N°02	2	1.5			
	N°03	2	1.5			
I2	N°04	2	1.5	18	Fonte	Type A4
	N°05	2	1.5			
	N°06	2	1.5			
	N°09	2	1.5			
	N°10	2	1.5			
	N°11	2	1.5			
I3	N°07	2	1.5	6	Fonte	Type A2
	N°08	2	1.5			
I4	N°13	2	1.5	18	Fonte	Type A4
	N°14	2	1.5			
	N°15	2	1.5			
	N°16	2	1.5			
	N°17	2	1.5			
	N°20	2	1.5			

Îlots	Parcelles	Superficies (ha)	Q (l/s/ha)	Q _b (l/s)	Matériau	Borne type
15	N°12	2	1.5	12	Fonte	Type A4
	N°18	2	1.5			
	N°19	2	1.5			
	N°21	2	1.5			
16	N°22	2	1.5	9	Fonte	Type A4
	N°23	2	1.5			
	N°24	2	1.5			
17	N°28	2	1.5	3	Fonte	Type A2

➔ **Forage2 :**

TableauIV.3 : Calcul des débits des îlots et choix du type de bornes

Îlots	Parcelles	Superficies (ha)	Q spécifique (l/s/ha)	Q _b de la borne (l/s)	Matériau	Borne type
18	N°25	2	1.5	18	Fonte	Type A4
	N°26	2	1.5			
	N°27	2	1.5			
	N°30	2	1.5			
	N°31	2	1.5			
	N°35	2	1.5			
19	N°29	2	1.5	9	Fonte	Type A4
	N°32	2	1.5			
	N°34	2	1.5			

Îlots	Parcelles	Superficies (ha)	Q spécifique (l/s/ha)	Qb de la borne (l/s)	Matériau	Borne type
I10	N°37	2	1.5	18	Fonte	Type A4
	N°40	2	1.5			
	N°42	2	1.5			
	N°44	2	1.5			
	N°47	2	1.5			
	N°49	2	1.5			
I11	N°38	2	1.5	18	Fonte	Type A4
	N°39	2	1.5			
	N°41	2	1.5			
	N°45	2	1.5			
	N°46	2	1.5			
	N°50	2	1.5			
I12	N°36	2	1.5	9	Fonte	Type A4
	N°43	2	1.5			
	N°48	2	1.5			
I13	N°33	2	1.5	3	Fonte	TYPE A2

IV.3. Description de l'aménagement du périmètre

Lors de l'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau et on choisit la variante adéquate pour alimenter notre périmètre.

IV.3.1. Choix de la variante d'aménagement

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate se fait après étude des deux variantes D'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des Pertes de charge minimales et le meilleur tracé (tracé économique).

IV.3.1.1. La variante 1

La variante 1 est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Une conduite enterrée en PEHD part de forage vers la station de tête (ST), qui alimentera le périmètre. Après analyse, cette variante a été écartée du fait des faibles pressions obtenues.

IV.3.1.2. La variante 2

La variante 2 consiste à alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage pour garantir les pressions adéquates au niveau des bornes.

Suivant les besoins de notre étude nous avons opté pour la variante 2 : variante avec système de pompage qui parait la plus adéquate.

IV.4. Calculs hydrauliques du système d'adduction

La méthode de calcul la hauteur manométrique total consiste à suivre les étapes suivantes :

IV.4.1. Calcul du diamètre de refoulement

Dans la pratique le diamètre optimal est déterminé par rapport à une fourchette de vitesse à respecter, ce diamètre est déterminé approximativement par les formules de BONIN et BRESS, ces formules sont données comme suites :

- La formule de BONNIN : $D = \sqrt{Q}$
- La formule de BRESSE : $D = 1.5\sqrt{Q}$

Avec

- D : diamètre de la conduite en mètre ;
- Q : débit véhiculé en m³/s.

L'utilisation simultanée de ces deux relations fournit l'intervalle des diamètres optimaux.

Le dimensionnement de la conduite d'adduction s'établit en cherchant le diamètre économique qui permet de donner un coût de revient minimum entre les dépenses de

fonctionnement et celle d'investissement, une étude technico-économique s'avère donc indispensable.

IV.4.2. Calcul des pertes de charge totales

a) Pertes de charge linéaires

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = \lambda \frac{L * V^2}{D * 2g}$$

Avec :

- L : longueur du tronçon en (m) ;
- V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s) ;
- ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m) ;
- λ : Coefficient de frottement linéaire exprimé par la formule de Nikuradzé.

$$\lambda = (1.14 - 0.86Ln \frac{\xi}{D})^{-2}$$

- ξ : Rugosité absolue pour le PEHD=0.007 mm.

b) Pertes de charge singulières

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets...) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou conduite longue.

$$\Delta H_s = 0.1 * \Delta H_l$$

Les résultats des pertes de charge sont représentés dans l'Annexe 3.

IV.4.3. Hauteur manométrique totale

Les pompes sont dimensionnées en fonction du débit de pompage et de la HMT. Le pompage se fait à partir de forages donc on va l'utiliser une pompe immergée. La spécificité d'une pompe immergée lors du calcul HMT c'est que la notion de H_a , la hauteur manométrique d'aspiration est nulle. En effet, la distance entre la hauteur du niveau de l'eau et la pompe est de zéro et les pertes de charge à l'aspiration peuvent être négligées puisque celle-ci est immergée.

L'expression de la HMT devient alors :

$$HMT = H_g + \Delta H_r + P_{exh}$$

- H_g : Hauteur géométrique (m) ; $H_g = CTM_{RESERVOIR} - CND_{FORAGE}$;

- ΔH_r : Pertes de charges au refoulement (m) ;
- P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur), $P_{exh} = (1,0 \div 1,5)$ m, On prend $P_{exh} = 1$ m.

Application et calcul

→ Forage 1- réservoir 1

Q = 30l/s débit d'exploitation.

L = 296.45 m

Hg = 604.3 - 408.58 = 195.72 m.

$D = \sqrt{Q} = \sqrt{0.03} = 0.173$ m = 173 mm.

→ Forage 2- réservoir 2

Q = 50l/s débit d'exploitation.

L = 252.68 m

Hg = 600 - 407.15 = 192.85 m.

$D = \sqrt{Q} = \sqrt{0.05} = 0.224$ m = 224 mm.

IV.4.4. Puissance absorbée par la pompe

C'est la puissance fournie par la pompe, définie comme suit :

$$P = \frac{\rho * g * Q * HMT}{\eta}$$

- η : rendement de la pompe en (%) ($\eta = 80\%$) ;
- Q : débit refoulé par la pompe en (m³/s) ;
- g : pesanteur (9.81 m/s²) ;
- ρ : masse volumique de l'eau (kg/m³).

IV.4.5. Energie consommée par la pompe

$$E = P * t * 365 \text{ (KWh)}$$

Avec :

- t : c'est le temps de pompage par jour en (heure) ;
- P : puissance de la pompe en (KW).

Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis comme suit :

$$F_{ex} = E * e \text{ (DA)}$$

Avec :

- E : énergie consommée par la pompe en (KWh).
- e : prix unitaire d'un KWh imposé par la SONELGAZ (e = 4,472 DA).

Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont donnés comme suit :

$$F_{am} = P_{rc} * A \text{ (DA)}$$

Avec :

- P_{rc} : prix de la conduite en (DA).
- A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

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

- i : Taux d'annuité annuel, i = 8 % .
- n : nombre d'années d'amortissement, n = 30ans.

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

A = 8.88%.

Les calculs des frais d'exploitation, d'amortissement sont présentés dans l'Annexe 3.

D'après le bilan, on remarque que le diamètre économique pour le forage 1 est de 160 mm correspond à une HMT de l'ordre de 198.14 m, et pour le forage 2 le diamètre économique est de 200 mm correspond à une HMT de l'ordre de 194.65 m.

IV.5. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin)

Le volume de réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante.

L'irrigation se fera après remplissage du réservoir, donc à chaque fois une tranche est irriguée on pompe l'eau du forage pour remplir le réservoir puis on irrigue la tranche suivante.

Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Q_c \times T_{nf}$$

Avec :

- V : Volume d'eau d'irrigation (m^3) ;
- Q_c : débit caractéristique (m^3/h) ;
- T_{nf} : temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

Les deux forages ils ont les mêmes dimensions du réservoir.

$$V = 270 \times 2 = 540 m^3$$

On prend un volume de $V=500m^3$

Vu le volume de régulation nous optons pour un bassin rectangulaire.

$$V = a \times b \times H (m^3)$$

- a : longueur de réservoir = 10 m ;
- B : largeur de réservoir = 10 m ;
- H : hauteur de réservoir = 5 m.

IV.6. Dimensionnement du réseau de distribution

IV.6.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

IV.6.2. Vitesses admissibles

La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides). La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

IV.6.3. Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de « LABYE » nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{ad}}} \times 1000$$

Avec :

- Q : débit, exprimé en m³/s ;
- D : diamètre exprimé en mm ;
- V : vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

IV.6.4. Estimation des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

$$h_{Pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

Avec :

- h_{Pu} : Pertes de charge unitaire en m/m.
- L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations.
- C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :

$$J = L \times \frac{Q^M}{D^N}$$

Tableau IV.4 : Paramètres de pertes de charge de la loi de LECHAPT – CALMON

K (mm)	L	M	N
0.1	1,15	1,89	5,01
0.5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

La rugosité équivalente : K = 0.1 mm, donc : L = 1.15 ; M = 1.89 ; N = 5.01.

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra.

IV.6.5. Choix du matériau des conduites

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et là surtout la disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC etc.

a) Conduites en fonte

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- Coût relativement important.

b) Conduite en PEHD

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- Bonne résistance à la corrosion
- Sont les plus légers et faciles à couper ;
- Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

- Le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

c) Conduite en PRV : Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement.

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, et en fonte dans le cas contraire (> 400mm).

IV.6.6. Points spéciaux d'une conduite

Les points spéciaux d'une conduite sont :

- Les points hauts, où seront installées des ventouses trifonctionnelles d'entrée et de purge d'air ;
- Les points bas, où dans quelques-uns, seront installés des dérivations pour le vidage exceptionnel de la conduite ;
- Les dérivations vers les branches ;
- Les sectionnements intermédiaires.

Les calculs sont détaillés dans les tableaux ci-après :

Tableau. IV.5 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution du forage 1.

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)
Res1-N01	37,5	0,0375	50	0,075	252,31	250	PEHD	1,43	0,33	595,39	627,52	32,13
N01-N02	124	0,124	34	0,051	208,06	200	PEHD	1,5	1,63	592,77	625,89	33,12
N02-N03	132,2	0,1322	34	0,051	208,06	200	PEHD	1,5	1,74	596,76	624,15	27,39
N03-B01	10,94	0,01094	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	0,21	594,52	623,94	29,42
N03-N04	139	0,139	22	0,033	167,37	200	PEHD	0,98	0,80	591,94	623,35	31,41
N04-N05	190,15	0,19015	4	0,006	71,36	75	PEHD	1,27	5,98	597,9	617,37	19,47
N05-B02	10,89	0,01089	4	0,006	71,36	75	PEHD	1,27	0,34	596,2	617,03	20,83
N04-N06	334,2	0,3342	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	6,48	587,78	616,87	29,09
N06-B03	10,73	0,01073	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	0,20	591,4	616,67	25,27
N06-N07	489	0,489	6	0,009	87,40	110	PEHD	0,94	4,85	584,77	612,02	27,25
N07-N08	80,2	0,0802	6	0,009	87,40	90	PEHD	1,32	2,18	586,59	609,84	23,25
N08-B04	10,74	0,01074	6	0,009	87,40	90	PEHD	1,32	0,29	586,52	609,55	23,03

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)
N01-N09	98,8	0,0988	16	0,024	142,73	160	PEHD	1,11	0,96	590,6	626,56	35,96
N09-N10	97,15	0,09715	6	0,009	87,40	90	PEHD	1,32	2,64	592,71	623,92	31,21
N10-B05	10,95	0,01095	6	0,009	87,40	90	PEHD	1,32	0,30	592,47	623,62	31,15
N09-N11	739	0,739	10	0,015	112,83	125	PEHD	1,22	10,15	590,02	616,41	26,39
N11-B06	10,88	0,01088	8	0,012	100,93	110	PEHD	1,18	0,19	589,77	616,22	26,45
N11-N12	236,3	0,2363	2	0,003	50,46	63	PEHD	0,89	4,80	588,46	611,61	23,15
N12-B07	10,59	0,01059	2	0,003	50,46	63	PEHD	0,89	0,22	588,35	611,39	23,04

Tableau. IV.6 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution du forage 2

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)
Res2-N13	220	0,22	50	0,075	252,31	250	PEHD	1,43	1,96	588,58	617,04	28,46
N13-N17	212	0,212	50	0,045	195,44	200	PEHD	1,43	2,21	581,36	614,83	33,47
N17-N18	187	0,187	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	3,63	583,19	611,2	28,01
N18-B11	11,7	0,0117	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	0,23	582,93	610,97	28,04
N17-N19	415	0,415	18	0,027	151,39	160	PEHD	1,25	5,03	576,98	609,8	32,82
N19-B12	9,85	0,00985	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	0,19	576,55	609,61	33,06
N19-N20	1289,63	1,28963	6	0,009	87,40	110	PEHD	0,95	12,80	579,22	597	17,78
N20-B13	10,63	0,01063	6	0,009	87,40	90	PEHD	1,32	0,29	579,01	596,71	17,7
N13-N14	115	0,115	20	0,03	159,57	160	PEHD	1,39	1,70	585,32	615,34	30,02
N14-B08	10,12	0,01012	6	0,009	87,40	90	PEHD	1,32	0,27	584,94	615,07	30,13
N14-N15	184	0,184	14	0,021	133,51	160	PEHD	0,97	1,39	587,8	613,95	26,15
N15-B09	11,01	0,01101	2	0,003	50,46	63	PEHD	0,9	0,22	588,53	613,73	25,2

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)
N15-N16	215	0,215	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	4,17	583,64	609,78	26,14
N16-B10	10,59	0,01059	12	0,018	123,61	125	PEHD	1,37	0,21	583	609,57	26,57

IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction ainsi que les calculs hydrauliques des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 13 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 100 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de refoulement et d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.



CHAPITRE V
ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION

CHAPITRE V : ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION

V.1 Introduction

Pour une exploitation particulière, le choix de la méthode d'irrigation dépend d'un grand nombre de facteurs techniques, économiques et sociologiques.

Les facteurs techniques incluent le type de culture, le type du sol, la structure parcellaire, la topographie et la qualité de l'eau.

Les facteurs socio-économiques se rapportent à la structure de l'exploitation, les coûts d'investissement, les frais de fonctionnement et d'entretien, le niveau technique de l'exploitant et les besoins en main d'œuvre.

Le choix de la méthode d'irrigation par l'exploitant, peut être dicté également par le mode de livraison de l'eau au niveau de la parcelle. La distribution de l'eau aux bornes d'irrigation, fonctionnant sous pression et à la demande.

V.2 Choix des techniques d'irrigation

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et site celle-ci :

- Topographie (La pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle).
- Ressource en eau (Le débit dont on dispose);
- Nature du sol (perméabilité) ;
- Nature des cultures ;
- Rentabilité de l'opération.

Pour le cas de notre étude, nous nous sommes basés sur une technique d'irrigation moderne qui la goutte à goutte.

V.2.1 L'irrigation localisée (Goutte à Goutte)

L'irrigation localisée ou micro irrigation est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles en particulier et principalement l'irrigation dite « goutte à goutte » qui ont en commun les caractéristiques suivantes (Ollier & Poirée, 1981) :

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées ;
- L'utilisation souvent répétée à la limite continue de faibles débits instantanés.

V.2.1.1 Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée

a) Avantages

- Très faibles besoins de main d'œuvre ;
- Insensibilité au vent ;
- Excellent rendement des cultures ;
- Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;
- Bonne adaptation à l'utilisation des eaux salées ;
- Compatible à l'automatisation.

b) Inconvénients

- Coût très élevé du matériel ;
- Risque d'obstruction des goutteurs ;
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés ;
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;
- Incompatible avec les cultures en plein champ.

V.3 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

Le réseau d'irrigation goutte à goutte est installé sur le sous périmètre 2 la parcelle P37 ; dont la surface est de 2 ha ; alimentée par la borne B12 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3,3 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Données générales :

La Culture : palmier.

Besoin de pointe : 337,56 mm (juillet).

→ Caractéristiques de la surface occupées par le palmier :

- Surface : 2ha ;
- Longueur : 200m ;
- Largeur : 100m.

Organisation du réseau :

- Espacement entre arbres : 7m.
- Espacement entre rangs : 7m.

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 32 l/h
- Pression nominale : 10 m.c.e ;
- Le nombre de goutteurs par arbre : 1 goutteur a micro jet.

V.3.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée**V.3.1.1 Influence du taux de couverture du sol**

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol. On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction « Kr » dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 40\%$) cas de jeunes palmiers et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après [Ollier et Poirre, 1983] :

- KELLER et KARMELI (1974) : $Kr = \frac{C_s}{0.85}$;
- La formule de Freeman et Garzoli : $Kr = C_s + 0.5 (1 - C_s)$;
- La formule de Decroix (CTGREF) : $Kr = 0.1 + C_s$.

On prévoit un taux de couverture égale à 40% (pour les jeunes palmiers) donc :

- $Kr = 0.470$ Selon KELLER et KARMELI ;
- $Kr = 0.70$ Selon Freeman et Garzoli ;
- $Kr = 0.50$ Selon Decroix (CTGREF) ;

On prendra un coefficient $Kr = 0.70$

$$B_{jl} = B_j \times Kr$$

Le besoin maximum = 337.56 mm (mois de pointe juillet)

$$B_{jl} = \left(\frac{337,56 \times 0,75}{30} \right) \times 0.7 = 5,9 \text{ mm/j}$$

V.3.1.2 Dose nette pratique

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h [Ollier & Poirée, 1981].

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times D_a \times P\% = RFU \times P\%$$

Tel que :

- Hcc : humidité a la capacité au champ (10%) ;
- Hpf : humidité au point de flétrissement (4%) ;
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (1/3) ;
- Z : profondeur d'enracinement en (4000 mm) ;
- Da : Densité apparente 1,4 ;
- P : Pourcentage du sol humidifié ; à partir le tableau de l'annexe 4 on trouve :

$$P\% = 27\%$$

$$D_p = (0,1 - 0,04) \times 4000 \times \frac{1}{3} \times 1,4 \times 0,27, \text{ On trouve } D_p = 30,24 \text{ mm}$$

V.3.1.3 Calcul de la dose (brute)

$$D_{brute} = \frac{D_p}{C_u \times E_{ff}}$$

- E_{ff} : efficacité du réseau d'irrigation qui égale à 75% ;
- C_u : coefficient d'uniformité qui égale à 90%.

$$\text{D'où : } D_{brute} = \frac{30,24}{0,75 \times 0,9} = 44,8 \text{ mm/mois}$$

V.3.1.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)

La fréquence d'arrosage est en fonction du besoin journalier qu'il faut satisfaire et de la dose réelle nette, elle est donnée par la formule suivante :

$$F_r = \frac{\text{dose nette}}{B_{jl}} = \frac{30,24}{5,9} = 5,13 \text{ jours}$$

Donc on prend une fréquence de 5 jours, et on recalcule la nouvelle dose réelle nette tel que :

$$D_r = 5 \times 5,9 = 29,5 \text{ mm}$$

La nouvelle dose brute est alors égale à :

$$D_{brute} = \frac{29,5}{0,75 \times 0,9} = 43,7 \text{ mm}$$

V.3.1.5 Durée de fonctionnement par arrosage (h)

$$\theta = \frac{D_{brute} \times s_d \times S_r}{n \times Q_g}$$

Avec :

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

$$\theta = \frac{7 \times 7 \times 43,7}{1 \times 32} = 66,92 \text{ heures/mois}$$

V.3.1.6 Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{F_r}$$

$$D_j = \frac{66,92}{5} = 13 \text{ heures/jours}$$

V.3.1.7 Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{13} = 2 \text{ postes}$$

V.3.1.8 Surface du poste

$$S_p = \frac{\text{surface totale}}{\text{nombre de poste}} = \frac{2}{2} = 1 \text{ ha}$$

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et des portes-rampes.

V.3.2 Calculs hydrauliques

Le porte-rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle, donc on a :

- La longueur de la rampe est de : 90 m ;
- La longueur du porte-rampe est de : 80 m ;
- La variation maximale du débit entre goutteurs ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

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

- La variation maximale de la pression :

$$q = K \times H^X$$

Avec :

K : constante dimensionnelle donnée par le fabricant ;

H : la pression dans la rampe en mètre colonne d'eau ;

X : exposant caractérisant le goutteur.

- La valeur de X est comprise entre 0.3 et 0.8 pour les goutteurs non autorégulant, pour les goutteurs autorégulant X est voisin de 0, dans notre cas on prend X=0.5.

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = X \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec :

Q(g) : Débit nominal du goutteur ;

H(n) : Pression nominale.

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(max)}{10}$$

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

- La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression alors = 0.2 m
 - Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m ;
 - Donc pour les rampes = 2/3 × 1.8 = 1.2 m ;
 - Pour le porte-rampe = 1/3 × 1.8 = 0.6 m.

V.3.3 Dimensionnement des canalisations du réseau

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte-rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

- La conduite tertiaire (conduite d'approche) :

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses porte-rampes. Elle est en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

- Porte-rampes :

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PEMD), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

- Les rampes :

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes-rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left(\frac{Pdc(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right)^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left(\frac{Pdc(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right)^{-\frac{1}{4.75}}$$

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.

V.3.3.1 Pour les rampes : L=90 m

1. Le nombre d'arbres par rampe

$$N_{arbres/rampe} = \frac{L_r}{E_R} = \frac{90}{7} = 13 \text{ arbres}$$

2. Le nombre de goutteurs par rampe

$$N_{goutteurs/rampe} = N_{arbre} \times N_{goutteurs/arbre} = 13 \times 1 = 13 \text{ goutteurs}$$

3. Débit de la rampe

$$Q_r = Q_g \times N_g$$

Avec :

- Q_r : débit de la rampe (l/h).
- Q_g : débit du goutteur (l/h).
- N_g : nombre de goutteurs.

$$Q_r = 32 \times 13 = 416 \text{ l/h}$$

4. Diamètre de la rampe

$$Q_r = 416 \text{ l/h et } Pdc = 1.2 \text{ m}$$

$$\varnothing r(cal) = \left(\frac{Pdc(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right)^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing r(cal) = \left(\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 416^{1.75} \times 90} \right)^{-\frac{1}{4.75}} = 15.83 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de DN = 16 mm.

5. Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges par la formule de « Tison »

$$J = \frac{1}{2.75} \times 8 \times 10^{-4} \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \times L$$

Avec : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (m³/s) et D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

On a : L = 90 m, D = 0.016 m, Q = 0.00012 m³/s

J-Rampe = 1.19 m < 1.2 m (vérifiée).

V.3.3.2 Pour le porte-rampe : L = 80 m

1. Le nombre des rampes

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_r} = 2 \times \frac{80}{7} = 23 \text{ rampes}$$

2. Débit du porte-rampe

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r$$

- Q_{pr} : débit du porte-rampe l/h ;

- N_r : nombre de rampes.

$$Q_{pr} = 416 \times 23 = 9568 \text{ l/h}$$

3. Diamètre du porte-rampe

$$Q_{pr} = 9568 \text{ l/h et } Pdc = 0.6 \text{ m}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left(\frac{Pdc(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right)^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\phi_{pr(cal)} = \left(\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 9568^{1.75} \times 80} \right)^{\frac{1}{4.75}} = 56,75 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de DN = 75 mm.

4. Vérification des pertes de charges

$$J = \frac{1}{2.75} \times 8 \times 10^{-4} \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \times L$$

On a : L = 80 m, D = 0.075 m, Q = 0.0026 m³/s .

J – porte-rampe = 0.15 m < 0.6 m (vérifiée).

Donc les pertes de charges sur rampes et porte-rampe sont :

J – rampe+porte-rampe = 1.34 m < 1.8 m (Règle de Christiansen Vérifiée).

V.3.3.3 Calcul des diamètres de la conduite tertiaire

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Avec :

- Q : débit de la conduite considérée (m³/s) ;
- V : vitesse d'écoulement (m/s).

On prend D = 75 mm.

V.3.3.4 Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution

Tableau V.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur (m)	90	80	95
Diamètre (m)	16	75	75
Débit (m ³ /s)	0.00012	0.0026	0.0026
Pertes de charge(m)	1.19	0.15	0,28

La pression d'eau que doit fournir la borne d'irrigation à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable.

$$P(m) = 10 + 0.15 + 1.19 + 0.28 = 11.62 \text{ m} = 1.16 \text{ bar}$$

Donc la pression requise est nettement inférieure à celle de la borne.

V.4 Conclusion

Le choix d'un système d'irrigation rationnel et économique doit tenir compte des critères suivants :

- Le type de culture ;
- Les contraintes existantes dans la pratique ;
- La maîtrise de la technique par l'exploitant ;
- Le coût de l'installation.

Au vu des conditions climatiques de la zone d'étude, le type de substrat et des préférences écologiques, nous pouvons opter pour des techniques d'irrigation par goutte à goutte.

Nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte pour la culture de palmier.

L'utilisation de ce système a pour but d'économiser l'eau d'irrigation et aussi d'améliorer les rendements des cultures.

CHAPITRE VI
ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

CHAPITRE VI : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

VI.1 Introduction

L'étude du devis quantitatif et estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain, et cela par la mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais.

Pour notre projet nous avons les travaux suivants :

- Conduite d'adduction ;
- Réseau de distribution.

VI.2 Exécution des travaux de pose des canalisations

1. Exécution des tranchées

C'est une opération de terrassement dépend des caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement (pelle mécanique). La profondeur minimale de la tranchée à excaver est de 1 m, la largeur de la tranchée doit être telle qu'un homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place. L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive.

2. Pose du lit de sable

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, il y a donc lieu de poser les tuyaux de manière à ce qu'il n'y ait ni appui linéaire, ni appui ponctuel. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Respecter les côtes du profil en long ;
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Dans notre cas on a une épaisseur de 10 cm.

3. Mise en place des canalisations

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol ;
- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

4. Assemblage des conduites en PEHD :

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être livrées en barres de 6 à 12 m ou en couronnes par longueurs de 50 à 100 m. Pour le raccordement de ces conduites, deux procédés sont employés :

- Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboîtement ;
- Raccord électro-soudables : les raccords électro-soudables en PEHD à emboîtement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

Les deux extrémités de cette résistance sont reliées à des plots situés à l'entrée de chaque emboîtement. Le temps de soudage est de l'ordre d'une minute et celui du refroidissement est d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires en polyéthylène doivent être assurés par des positionneurs.

Ce procédé d'assemblage des tuyaux présente l'avantage d'éviter la mise en place des butées, d'où une économie d'exécution, à laquelle s'ajoute celle d'encombrement du sous-sol.

5. Contrôle du compactage des tranchées

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement influe directement sur la répartition des charges à la périphérie du tuyau donc sur la stabilité de celui-ci.

Il est nécessaire de vérifier la qualité de réalisation de cette opération. Le contrôle peut utilement être réalisable à l'aide d'un outil peu coûteux, pratique et très rapide à mettre en œuvre que l'on appelle « Sonde battus ». Cet appareil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol ;
- De détecter rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

6. Choix des engins du chantier

Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau VII.1.

Tableau VI.1. : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions.
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai.
Un compacteur à rouleau lisse	Compacter la couche de sable de 10 cm.
Un camion	Evacuer les déblais.
Appareil de soudure	Assurer l'assemblage des conduites.
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées.
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduit.

VI.2.1 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

Tableau VI.2. : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 160	PEHD PN 20	ml	296,45	1947,69	577392,7005
Ø 200	PEHD PN 20	ml	252,68	3121,70	788791,156
Ø 63	PEHD PN 10	ml	284.9	300	85470
Ø 75	PEHD PN 10	ml	201.04	495	99514.8
Ø 90	PEHD PN 10	ml	129.06	600	77436
Ø 110	PEHD PN 10	ml	10,88	900	9792
Ø 125	PEHD PN 10	ml	1529.01	1125	1720136,25
Ø 160	PEHD PN 10	ml	512.8	1875	961500
Ø 200	PEHD PN 10	ml	607.2	2835	1721412
Ø 250	PEHD PN 10	ml	257,5	4405.5	1134416,25
Total (HT)					7175861,1565
TVA (19%)					1363413,619735
Total (TTC)					8539274,776235

Tableau VI.3. : Coût des équipements de protection du réseau de distribution

	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Borne type A2	U	3	18500	55 500
Borne type A4	U	10	21000	210000
Ventouse Ø 90	U	5	4000	20000
Vidange Ø 110	U	6	2700	16 200
Vanne Ø 160	U	4	12000	48000
Vanne Ø 110	U	3	100000	300000
Vanne Ø 125	U	2	98000	196000
pieces hydraulique				21 000 000,00
Matériaux d'irrigation localisée				
les goutteurs a micro jet débit 32 l/h	U	299	100	29 900
les rampes Ø16	ml	1 840	31	57 040
Les portes-rampes Ø75	ml	90	225,21	20 268,9
Conduite tertiaire Ø75	ml	95	225,21	21 394,95
Vanne	U	3	14000	42 000
Total				22 016 303,85
TVA 19%				4 183 097,7315
TCC				26 199 401,5815

VI.2.2 Frais des travaux sur réseau d'irrigation

Il s'agit des frais des travaux exécutés pour la réalisation des tranchées et autres emplacements pour la pose de canalisations :

VI.2.2.1 Calcul des volumes de remblai et de déblai

- Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite.

La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = D + 0.6 \text{ (m)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m) ;

D : diamètre de la conduite (m).

- Profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

$$H = e + D + 0.8 \text{ (m)}$$

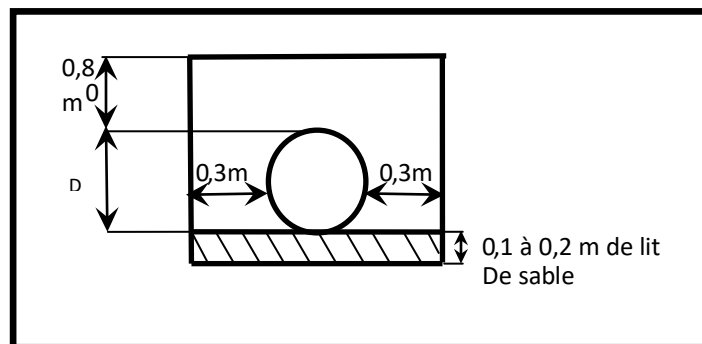


Figure VI.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

Avec :

e : hauteur du lit de pose (m).

- Volume à excaver

Le volume d'excavation est :

$$V_d = S \times L = (B \times H) \times L \text{ (m}^3\text{)}$$

V_d : Volume du déblai (m³) ;

S : La section de la tranchée (m²) ;

L : Longueur de la tranchée (m) ;

B : Largeur de la tranchée (m) ;

H : La hauteur de la tranchée (m).

- **Calcul du volume du lit de sable**

Ce lit correspond à une couche de sable de 10cm sur le fond du tranché, c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule ce volume en utilisant la formule suivante :

$$V_S = e \times B \times L \text{ (m}^3\text{)}$$

- **Calcul du volume de remblai**

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

$$V_r = V_d - (V + V_S) \text{ (m}^3\text{)}$$

V_r : Volume du remblai compacté (m³) ;

V_d : Volume du déblai (m³) ;

V_S : Volume du sable (m³) ;

V : Volume occupé par la conduite (m³) ;

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

L : Longueur de la conduite ;

D : Diamètre de la conduite.

Tableau VI.4. : Calcul des différents volumes

Conduite	Longueur	Largeur	Hauteur	V déblai	V sable	V conduite	V remblai
Ø 63	284.9	0.7	1	199,43	19,943	0.89	178,60
Ø 75	201.04	0.7	1	140,73	14,07	0.89	125,77
Ø 90	129.06	0.7	1	90,34	9,03	0,82	80,49
Ø 110	10,88	0.8	1	8,704	0,87	0,10	7,73
Ø 125	1529.01	0.8	1	1223,21	122,32	18,76	1082,13
Ø 160	809,25	0.8	1.1	712,14	64,74	16,27	631,13
Ø 200	859,88	1	1.1	945,87	85,99	27,01	832,87
Ø 250	257,5	1	1.2	309	25,75	12,64	270,61
La somme				3629,42	342,72	77,38	3209,32

Tableau IV.5. : Coût des travaux de terrassement

Volumes	Unité de mesure	Quantités	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	m^3	3629,42	1000	3629420
Pose du lit de sable	m^3	342,72	1100	376992
Remblai de la tranchée	m^3	3209,32	600	1925592
Total (HT)	m^3			5932004
TVA (19%)				1127080,76
Montant TTC				7059084,76

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de : **CT = 41797761,12DA.**

VI.3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et déterminé les engins nécessaires pour faciliter l'opération de pose. Une pose bien faite influe positivement sur la canalisation qui va devenir un excellent outil de transport, sûr, économique et durable.

En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs. Le cout total du projet (TTC) est de l'ordre de : **41797761,12DA**.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire nous avons abordé l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'Oued Nimel, de superficie 100 Ha, Wilaya de GHARDAIA à partir de deux forages, effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

L'étude du climat de cette région, a montré qu'elle est caractérisée par un climat saharien, et que la période sèche s'étend sur toute l'année d'où l'irrigation est importante pour l'intensification des cultures.

L'analyse des échantillons du sol a montré l'existence de deux types de sols, les sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial et les sols peu évolués d'apport alluvial, ce qui nous a permis de choisir les cultures les plus appropriées.

En seconde lieu, on a évoqué la ressource d'eau ; sa disponibilité ; la composition chimique et la classification des eaux pour l'irrigation, on est arrivé à dire que l'eau du deux forages est de qualité adéquate, donc elle peut être utilisé pour l'irrigation.

En effet, cette analyse qui a été faite sur les différentes contraintes qui caractérisant notre région d'étude nous a permis le bon le choix des cultures. Ensuite, nous avons déterminé les besoins en eau totaux du périmètre ainsi que de chaque ilot ce qui nous a permis de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution.

Pour l'alimentation du périmètre à partir de deux forage, l'installation de réservoir pour chacun est indispensable pour assurer une pression acceptable au niveau de chaque borne d'irrigation qui va alimenter les parcelles en installant des techniques d'arrosage modernes tel que le goutte à goutte.

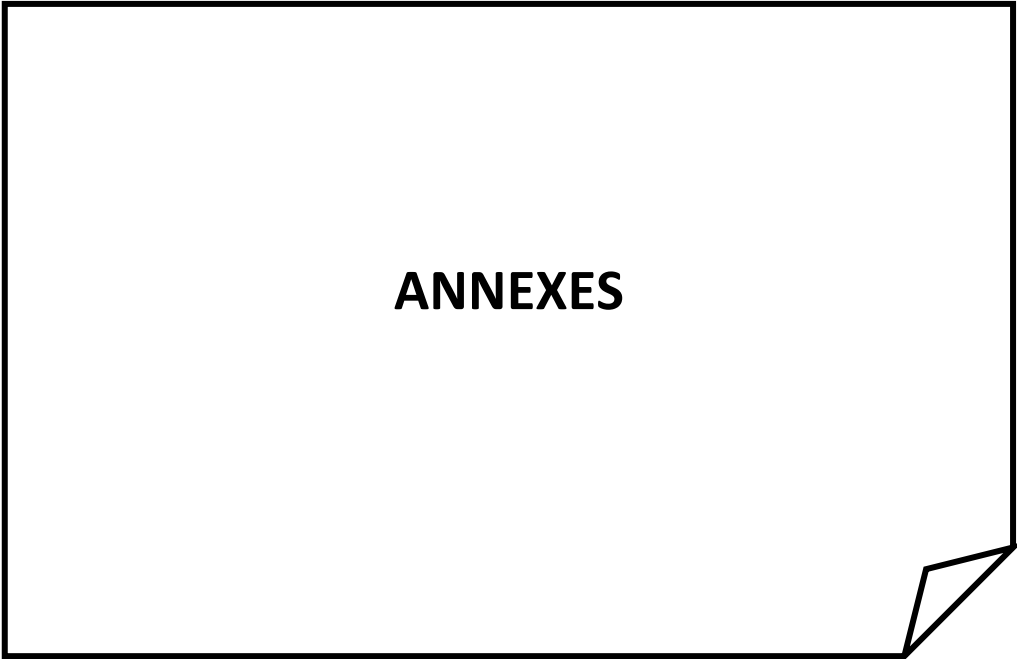
De façon générale, les considérations techniques et économiques montrent que ce projet va permettre l'économie de l'énergie électrique puisque les champs agricoles reçoivent l'eau par gravité.



REFERENCE ET BIBLIOGRAPHIE

REFERENCE ET BIBLIOGRAPHIE

1. **ONM GHARDAIA.** Les données climatiques et Les données pluviométriques.
2. **FAO N°24.** Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975 (A C* E F).
3. **FAO.** Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).
4. **Ollier ch. et poirée m.** (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique de l'irrigation et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. Paris.455p
5. **Tiercelin,1998.** Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
6. **L.Rieul,1992.** Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.



ANNEXES



ANNEXES

Annexe 1

Les profondeurs d'enracinements

5 RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND ETcult = 5-6 mm/jour

Culture	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ¹		
			T.fin	T.moyenne	T.grossière
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Tréfle	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Concombre	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Datte	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitiers cadu.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lin ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales ²	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Céré. d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Maïs ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Maïs-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmier	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poivron	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Carthame ²	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave suc.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Canne à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournesol ²	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Patate douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - finit.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
tard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	180	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Blé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maturité		0.9	180	130	55
Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m)			200	140	60

Quand $ET_{cult} < 3$ mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand $ET_{cult} > 8$ mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines ($CE < 2$ dS/m).

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

Sources: Taylor (1965), Stuart et Hagan (1912), Salter et Goode (1967), Rijtema (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).

Annexe 2

Les coefficients culturaux (Kc)

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Bananiier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Lucerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

Annexe 3

Calcul des pertes de charges

Forage 1

Diamètre (mm)	L (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	λ	ΔH_l (m)	ΔH_T (m)	Hg (m)	HMT (m)
160	296.45	30	1.49	0.010472	2.2	2.42	195.72	198.14
200	296.45	30	0.95	0.010073	0.69	0.76	195.72	196.48
250	296.45	30	0.61	0.009696	0.22	0.24	195.72	195.96

Forage 2

Diamètre (mm)	L (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	λ	ΔH_l (m)	ΔH_T (m)	Hg (m)	HMT (m)
200	252.68	50	1.59	0.010073	1.64	1.80	192.85	194.65
250	252.68	50	1.02	0.009696	0.52	0.57	192.85	193.42
315	252.68	50	0.64	0.009327	0.16	0.18	192.85	193.03

Calcul des frais d'exploitation

Forage 1

Diamètre (mm)	Q (m ³ /h)	HMT (m)	Puissance (KW)	E KWh annuels	Prix du KWh (DA)	Frais Exploitation (DA)
160	108	198.14	72.88	585226.4	4.472	2617132.461
200	108	196.48	72.27	580328.1	4.472	2595227.263
250	108	195.96	72.08	578802.4	4.472	2588404.333

Forage 2

Diamètre (mm)	Q (m ³ /h)	HMT (m)	Puissance (KW)	E KWh annuels	Prix du KWh (DA)	Frais Exploitation (DA)
200	180	194.65	119.34	780463.8	4.472	3506333.314
250	180	193.42	118.58	779070.6	4.472	3484003.723
315	180	193.03	118.34	777493.8	4.472	3476952.274

Calcul des frais d'amortissement

Forage 1

Diamètre (mm)	Prix du ml (TTC) (DA)	L (m)	Prix total (DA)	Annuité	Frais amortissement
160	1947,59	296.45	577363,0555	0.0888	51269,84
200	3121,7	296.45	925427,965	0.0888	82178
250	4846,33	296.45	1436694,529	0.0888	127578,47

Forage 2

Diamètre (mm)	Prix du ml (TTC) (DA)	L (m)	Prix total (DA)	Annuité	Frais amortissement
200	3121,7	252.68	788791,156	0.0888	70044,65
250	4846,33	252.68	1224570,664	0.0888	108741,88
315	5670,21	252.68	1432748,66	0.0888	127228,08

Calcul du bilan total

Forage 1

Diamètre (mm)	Amortissement	Exploitation	Bilan
160	51269,84	2617132.461	2668402,30
200	82178	2595227.263	2677405,26
250	127578,47	2588404.333	2715982,803

Forage 2

Diamètre (mm)	Amortissement	Exploitation	Bilan
200	70044,65	3506333.314	3576377,96
250	108741,88	3484003.723	3592745,60
315	127228,08	3476952.274	3604180,35

Annexe 4

Guide d'estimation du pourcentage du sol (P%)

Ecartement entre rampes	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
S _d en m	G 0,2	M 0,5	F 0,9	G 0,3	M 0,7	F 1,0	G 0,6	M 1,0	F 1,3	G 1,0	M 1,3	F 1,7	G 1,3	M 1,6	F 2,0
Pourcentage en sol humidifié P %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	100	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	80	100	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

Annexe 5

Diamètres des conduites PEHD pour la goutte à goutte (groupe chiali)

TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{moy} (mm)	d_{max} (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

Annexe 6

UNITE TUBE

GAMME DE PRIX
TUBES PEHD EAU (PE80 & PE100)
(Prix Valable à compter du : 01 AVRIL 2010)
Selon la Norme ISO 4427

TUBES PEHD : PN 06				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513003	Ø25	-	36,28	42,45
P3513006	Ø32	-	48,35	58,67
P3513009	Ø40	2.0	64,6	75,58
P3513012	Ø50	2.4	88,25	114,93
P3513015	Ø63	3.0	160,25	187,49
P3513018	Ø75	3.6	225,21	263,48
P3513022	Ø90	4.3	298,03	348,35
P3513025	Ø110	4.0	357,86	418,70
P3513030	Ø125	-	473,08	553,60
P3513030	Ø160	5.8	770,65	901,89
P3513044	Ø200	7.2	1 163,39	1 361,17
P3513066	Ø250	9.1	1 850,00	2 281,5
P3513042	Ø315	11.4	3 080,00	3 603,6
P3513039	Ø400	14.5	6 134,24	6 007,08
P3513061	Ø500	19.1	8 938,13	8 117,61
P3513052	Ø630	24.1	12 682,50	14 838,53

TUBES PEHD : PN 10				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513009	Ø20	-	29,07	34,01
P3513004	Ø25	2.3	38,28	44,79
P3513007	Ø32	2.5	55,48	64,81
P3513010	Ø40	3.0	84,10	98,40
P3513013	Ø50	3.7	135,28	168,25
P3513016	Ø63	4.7	209,89	245,34
P3513019	Ø75	5.6	300,60	351,59
P3513023	Ø90	5.4	359,09	420,14
P3513026	Ø110	6.6	540,50	632,39
P3513028	Ø125	7.4	680,13	772,35
P3513031	Ø160	9.5	1 142,25	1 336,43
P3513035	Ø200	11.9	1 650,84	1 931,48
P3513035	Ø250	14.8	2 595,00	3 035,15
P3513041	Ø315	18.7	4 093,57	4 789,47
P3513038	Ø400	23.7	6 888,74	7 837,53
P3513043	Ø500	29.7	10 152,51	11 878,44
P3513048	Ø630	37.4	15 738,78	18 414,35

TUBES PEHD : PN 16				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513001	Ø20	2.3	32,18	37,68
P3513005	Ø25	2.8	50,88	59,48
P3513008	Ø32	3.6	78,51	91,88
P3513011	Ø40	4.5	120,95	141,51
P3513014	Ø50	5.6	188,28	220,29
P3513017	Ø63	7.1	297,95	348,60
P3513019	Ø75	8.4	407,8	477,73
P3513024	Ø90	8.2	510,71	597,63
P3513027	Ø118	10.0	787,19	885,91
P3513029	Ø125	11.4	967,90	1 132,44
P3513032	Ø160	14.6	1 660,00	1 828,20
P3513034	Ø200	18.2	2 472,00	2 892,24
P3513036	Ø250	22.7	3 818,00	4 463,66
P3513037	Ø315	28.6	6 850,00	8 044,50
P3513038	Ø400	36.3	9 320,00	10 904,40
P3513039	Ø500	45.4	14 911,00	17 445,87
P3513040	Ø630	57.2	23 123,50	27 064,50

TUBES PEHD : PN 20				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513101	Ø20	2.3	38,07	44,47
P3513102	Ø25	3.0	53,29	62,35
P3513103	Ø32	3.6	82,22	96,20
P3513104	Ø40	4.5	128,15	149,94
P3513105	Ø50	5.6	200,7	234,82
P3513106	Ø63	7.1	338,73	398,31
P3513107	Ø75	8.4	447,35	523,40
P3513108	Ø90	10.1	627,09	733,70
P3513109	Ø110	12.3	948,86	1 110,17
P3513110	Ø125	14.0	1 202,75	1 407,22
P3513111	Ø160	17.9	1 947,69	2 278,68
P3513112	Ø200	22.4	3 121,70	3 652,39
P3513113	Ø250	27.9	4 848,33	5 670,21
P3513114	Ø315	35.2	7 588,88	8 875,48
P3513115	Ø400	44.7	12 110,03	14 168,74
P3513034	Ø500	55.8	19 083,81	22 304,66
	Ø630	-	-	PE100

Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Courbes (Rocaux) de 100 ML.
Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des tubes de 12 ML.
Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm en 630 mm sont des tubes de 06 ML.

SARL K-PLAST
Transformation de Plastiques