

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⵓⵔⵉⵏⵉⵏⵉ ⵎⵓⵔⵉⵏⵉⵏⵉ ⵏ ⵓⵏⵉⵎⵓⵏⵉⵏⵉ ⵏ ⵓⵏⵉⵎⵓⵏⵉⵏⵉ ⵏ ⵓⵏⵉⵎⵓⵏⵉⵏⵉ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de
Fenoughil (500 ha) – Section B- à partir d'un forage
(W. Adrar)**

Présenté par :

Mr. HAMDANI Mohamed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
Mr. KERID Rachid	M.A.A	Examineur
Mme. MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examineur
Mme. AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Promotrice

Session octobre 2020

Nédicace :

Du fond du cœur, je dédie cette thèse en signe d'amour, de respect et de reconnaissance :

A mes chers parents :

Pour leur soutien, patience et leurs sacrifices durant mes études et durant ce projet. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferais toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir que dieu le tout puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur et vous protège de tout mal.

A mes chers frères

HAMDANI Abdelhamid, HAMDANI Emir Khaled

A mes amis de toujours :

La liste est longue et je ne peux pas citer tous mais au fond de mon cœur je voudrai dire merci d'être dans ma vie pour le soutien je vous aime tous également !

HAMDANI Mohamed

Remerciements :

Au terme de cette étude, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier en premier lieu dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, les moyens et les personnes qui m'ont aidé à l'élaboration de ce modeste travail.

*Je tiens à présenter ma reconnaissance et mes remerciements à ma promotrice madame **AZIEZ Ouahiba**, pour le temps consacré à la lecture, les conseils et l'orientation qui ont rythmé les différentes étapes de mon mémoire. Je le remercie aussi pour sa sympathie et sa disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions.*

Je tiens à remercier du fond du cœur aussi :

L'ensemble du personnel et enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), qui ont veillé à ma formation.

Je remercie toutes les personnes du département de l'Irrigation et Drainage, qui m'ont aidé durant cette année d'étude.

J'adresse également mes sincères remerciements et mon profond respect aux membres de jury, qui m'on fera l'honneur d'apprécier mon travail.

HAMDANI Mohamed

ملخص :

يندرج الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة هذه، ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات الزراعية المسقية، وتحديد أبعاد شبكة تزويد وتوزيع المياه لمنطقة " فنوغيل"، الواقعة بإقليم ولاية ادرار، التي تقدر مساحتها بـ500 هكتارا. وهذا بعد القيام بدراسة خصائص المنطقة كالمناخ، نوعية التربة والموارد المائية .
الغرض من هذه الدراسة هو رفع المردودية الفلاحية وذلك باستخدام تقنيات السقي الاقتصادية والفعالة والتسيير الأمثل للموارد المائية.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire est l'aménagement d'un périmètre irrigué et l'étude des réseaux d'irrigation dans la commune de Fenoughil , située dans la wilaya de ADRAR qui s'étend sur une superficie de 500 ha. Cette étude a été basée sur une analyse des caractéristiques climatiques, pédologiques, et des ressources en eau.

Le but de cette étude est d'augmenter le rendement agricole par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation et une meilleure gestion des ressources en eau.

Abstract:

The aim of our thesis is part of the actual policy of the irrigated areas management in a way to dimension the agricultural perimeter of Fenoughil, located in the wilaya of ADRAR, extending over an area of 500 ha. Accordingly, a study of climate characteristics, soil nature, and water resources has been elaborated. The study is targeted towards increasing agricultural yield by applying the optimal irrigation systems and the ideal management of water resources.

SOMMAIRE

Résumé
SOMMAIRE
Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des planches

Introduction générale.....2

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Situation géographique de la wilaya d'Adrar..... 4

I.2. Situation géographique de la commune de Fenoughil 5

I.3. Situation géographique du Périmètre..... 6

I.4 Caractéristique climatiques de la région..... 7

I.4.1 Précipitation.....7

I.4.2 Température8

I.4.3 Insolation9

I.4.4 Humidité relative.....10

I.4.5 les orage.....11

I.4.7 Évapotranspiration.....12

I.5 Classification du climat..... 13

I.5.1 Classification du climat Selon l'indice de MARTON13

I.5.2 Synthèse bioclimatique.....14

Conclusion 15

Chapitre II : Étude Géologique

INTRODUCTION 17

II . Étude géologique17

II.1 Géomorphologie	17
II.2 Étude Hydrogéologique_.....	19
III . Topographie	21
Conclusion	22

Chapitre III : Étude Pédologique et Ressource en eau

INTRODUCTION	24
III.1 Texture et structure du sol	24
III.1.1 Profondeur.....	25
III.1.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	25
III.2 Contraintes de mise en Valeur.....	27
III.3 Ressource en eau	27
III.4 Conductivité électrique.....	28
III.5 Le SAR (Sodium Absorption Ration).....	29
Conclusion	30

Chapitre IV : BESOIN EN EAU DES CULTURES

INTRODUCTION	31
IV.1 Besoin en eau du périmètre	31
IV.2 L'évapotranspiration.....	31
IV.2 L'évapotranspiration de référence (ETo).....	32
IV.3 Méthodologie.....	35
IV.3.1 Coefficients culturaux (Kc).....	35
IV.4 Calcul de la pluie efficace	36

IV.5 Occupation des sols	36
IV.6 Détermination des besoins en eau d'irrigation	37
IV.6.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures.....	37
IV.7 Besoin en eau pour lessivage	42
IV.7.1. Le rôle du lessivage	42
IV.7.2 Notions du bilan salin dans un sol	43
IV.7.3 Périodes et méthodes de lessivage des sols.....	44
IV.7.4 Calcul des doses de lessivage.....	45
IV.7.5 : Besoin mensuels total des eau des cultures apres lessivage	46
IV.8 Efficience de l'irrigation	47
IV.8.1 Efficience de transport Et.....	47
IV.8.2 Efficience de distribution Ed.....	47
IV.8.3 Efficience de l'uniformité.....	47
IV.9 Calcul des débit caractéristiques	48
Conclusion	48

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

INTRODUCTION	50
V.1 Différentes techniques d'arrosages	50
V.1.1 Mode d'arrosage	51
V.1.1.1 L'irrigation gravitaire	51
V.1.1.2 Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :.....	51
V.1.1.3 L'irrigation par aspersion	51
V.1.1.4 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :....	52

V.1.1.4 .1 Différentes installations à la parcelle :.....	52
V.1.1.4.2 Couverture totale et couverture intégrale:.....	53
V.1.1.4 Irrigation localisée :.....	53
V.1.1.5 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par irrigation localise...	53
V.2 Contraintes intervenant dans le choix de la technique d'irrigation.....	54
V.3.Choix de la technique d'arrosage	56
Conclusion	57

Chapitre VI : Étude du système d'adduction et de distribution

INTRODUCTION	59
VI.2 Alimentation en eau du périmètre.....	59
VI.3 Ilots et bornes d'irrigation.....	59
VI.3.1 Rôle et fonction de la borne d'irrigation	59
VI.3.2 Choix du diamètre et du type des bornes	60
VI.4. Description de l'aménagement du périmètre.....	63
IV.5. Étude de système de pompage.....	63
IV.5.1. Les pompes	63
IV.5.2. Calculs hydrauliques du système d'adduction.....	63
IV.5.3. Détermination de la hauteur d'élévation calculée	64
IV.5.3.1. Hauteur manométrique totale	65
IV.5.3.2. Calcul des pertes de charge totales	65
IV.5.3.3. Calcul du diamètre économique	66
VI .6 Choix des pompes et nombre des pompes.....	67
VI .7 Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin).....	68

VI .8 Étude du système d’adduction-distribution	69
VI .8.1 Dimensionnement du réseau de distribution	69
VI .8.2. Vitesses admissibles	69
VI .8.4. Calcul des diamètres	70
VI .9 Vérification par logiciel EPANET.....	72
Conclusion	79

Chapitre VII : Dimensionnement a la parcelle

INTRODUCTION	81
VII .1 Dimensionnement d’un réseau goutte à goutte.....	81
VII .2 .Besoins d’irrigation des cultures en irrigation localisée.....	82
VII .2.1 Influence du taux de couverture du sol	82
VII .2.2.Dose nette pratique	82
VII .2.3.Fréquence et intervalle des arrosages (Fr).....	83
VII .2.4 Calcul de la dose (brute)	83
VII .2.5 Durée de fonctionnement par d’arrosage (h)	83
VII .2.6 Durée d’arrosage journalier	83
VII .2.7. Nombre de poste	84
VII .2.8. Surface du poste	84
VII .3. Calculs hydrauliques.....	84
VII .3.1.Dimensionnement des canalisations du réseau.....	86
VII .3.2. Pour les rampes.....	86
VII .3.3. Pour les porte rampes.....	87
VII .3.4 Calcul du diamètre de la conduite tertiaire.....	87

VII.3.5 Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution	87
Conclusion	88

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

INTRODUCTION	90
VIII.1. Execution des travaux de pose des canalisations.....	90
VIII.2. Choix des engins du chantier.....	91
VIII.3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	92
VIII.4. Frais des travaux sur réseau d'irrigation.....	93
VIII.4.1 Calcul des volumes de remblai et de déblai.....	94
Conclusion	97
CONCLUSION GENERALE.....	99

Annexes

Références bibliographie

Liste des figures :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I.1 : localisation géographique de la W.ADRAR.....	4
Figure I.2 : localisation géographique de la commune de Fenoughil.....	5
Figure I.3 : localisation géographique de la commune de Fenoughil (Google earth).....	6
Figure I.4: localisation géographique de la Section B (Google earth).....	6
Figure I.5 : Carte climatique de Köppen-Geiger.....	7
Figure I.6 : Histogramme de variation de Précipitation en mm.....	8
Figure I.7: Histogramme Température moyennes mensuelles en mm.....	9
Figure I.8: Histogramme Nombre moyen d'heures d'insolation.....	10
Figure I.9: Histogramme Humidité de l'air.....	10
Figure I.10: Diagramme moyennes mensuelles de la vitesse du vents (m/s).....	11
Figure I.11: Histogramme ETP.....	12
Figure I.12: Diagramme ombrothermique du Gaussen.....	14
Figure I.13: Diagramme pluviométrique d'EMBERGER.....	15

Chapitre II : Étude Géologique

Figure II.1 : Carte géologique et structurale(Extrait de la carte géologique du nord – ouest de l'Afrique e=1/5 000 000).....	18
Figure II.2 : Carte Hydrogéologique du Sahara Nord Occidental (D'après G. Gonfiantini, et all, 1974).....	19
Figure II.3: Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (écologiques et hydrogéologiques pour la construction du modelé mathématique. DHW, Ouargla, 1970.)	
Figure II.4: carte topographique de la zone d'étude (site https://fr-ca.topographicmap.com/maps/e138/Fenoughil/).....	21

Chapitre III : Étude Pédologique et Ressource en eau

Figure III.1: diagramme de texture des sols.....	29
Figure III.2: Diagramme de Riverside.....	30

Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

Figure IV.1 : Histogramme l'évapotranspiration de référence.....	35
Figure IV.2 : Histogramme du besoin d'eau de la tomate (CROPWAT).....	39
Figure IV.3 : Histogramme du besoin d'eau du pastèque (CROPWAT).....	40
Figure IV.4 : Histogramme du besoin d'eau du Cotton (CROPWAT).....	41

Figure IV.5 : Histogramme du besoin d'eau du Tournesol (CROPWAT).....	42
---	----

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

Figure V.1 Irrigation par aspersion.....	52
--	----

Figure V.2 : Irrigation goutte a goutte.....	53
--	----

Figure V.3 : Systèmes d'irrigation.(AQUAG à Marrakech).....	54
---	----

Chapitre VI : Étude du système d'adduction et de distribution

Figure VI.1 : Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI).....	68
--	----

Figure VI.2 : les pression en chaque borne avec EPANET.....	73
---	----

Figure VI.3: les vitesse en chaque conduit avec EPANET.....	74
---	----

Figure VI.4: Les débits et élévation en chaque borne avec EPANET.....	75
---	----

Figure VI.5 : Courbe caractéristique de la pompe.(distrubtion) (CAPRRI).....	77
---	----

Figure VI.6 : schéma de la pompe.(distrubtion) (CAPRARI).....	77
--	----

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

Figure VIII.1.Une pelle mécanique.....	92
--	----

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : Précipitation moyennes mensuelles en mm (Source ONM).....	7
Tableau I.2: Température moyennes mensuelles en mm (Source ONM).....	8
Tableau I.3 : Nombre moyen d'heures d'insolation (Source ONM).....	9
Tableau I.4: Humidité de l'air (Source ONM).....	10
Tableau I.5: moyennes mensuelles de la force du vents (m/s) (Source ONM).....	11
Tableau I.6: Calcul de Évapotranspiration par la formule de Penman-Montheith (Source ONM)	12
Tableau I.7: Classification du climat selon MARTON.....	13

Chapitre III : Étude Pédologique et Ressource en eau

Tableau II.1 : Caractéristiques des sols et aptitudes culturales (Source ENHYD).....	23
Tableau II.2 : Résultat d'analyse d'eau (Source ANRH ADRAR).....	24
Tableau II.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	25

Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

Tableau IV.1: Évapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman et Montheit	34
Tableau IV.2 Pluviométrie efficace pour chaque mois en mm	36
Tableau IV.3 : Occupation de l'aire d'étude.....	37
Tableau IV.4 : Dose d'irrigation de la tomate.....	38
Tableau IV.5 : dose d'irrigation du pastèque.....	39
Tableau IV.6 : dose d'irrigation du Cotton.....	40
Tableau IV.7 : dose d'irrigation du Tournesol.....	41
Tableau IV.7.1 : Récapitule les besoins en eau des cultures projetées sans lessivage.....	43
Tableau IV.7.2 : Calcul de la dose de lessivage.....	45

Tableau IV.7.1 : Récapitule les besoins en eau des cultures projetées avec lessivage.....46

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

Tableau V.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....56

Chapitre VI : Étude du système d'adduction et de distribution

Tableau VI.1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....60

Tableau VI.2: Calcul des débits des ilots.....61

Tableau VI.3: frais exploitations.....67

Tableau VI.6 : Calcul du bilan total.....67

Tableau VI.5: frais Amortissement.....67

Tableau VI.7: Choix de Nombre de pompes.....68

Tableau VI.8 : les caractéristiques de chaque pompe choisie.....68

Tableau VI.9 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....71

Tableau VI.10 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....72

Tableau VI.11 : Calculs hydrauliques des pression.....76

Chapitre VII : Dimensionnement a la parcelle

Tableau VII 1: Récapitulatif des calculs hydraulique.....87

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

Tableau VIII.1 .Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles..92

Tableau VIII 2 . Facture des différents types de conduites du réseau de distribution..93

Tableau VIII.3 .Cout des équipements de protection du réseau de distribution.....93

Tableau VIII.4 : Quantité des travaux de terrassement.....93

Tableau VIII.5 :Total des travaux du terrassement.....95

Tableau VIII.6 Coût des travaux de terrassement.....96

Liste des planches.

Planche n°1 : Occupation du sols

Planche n°2 : profil en long

Planche n°3 : plan du réseau d'irrigation goutte à goutte parcelle N°01

Planche n°4 : plan de situation de périmètre fenoughil

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

En Algérie, le secteur agricole et alimentaire occupe une place stratégique en matière d'alimentation de la population et d'amélioration de la sécurité alimentaire. Il occupe ainsi la troisième place dans l'économie du pays derrière le secteur des hydrocarbures et celui des services, et constitue l'une des priorités du programme de développement économique et social.

L'accroissement rapide de la démographie ainsi que l'amélioration du niveau de vie des populations engendre un développement économique et social et nécessitent proportionnellement un accroissement des besoins en eau. Toutefois, la sécheresse des années successives accompagnant la rareté et l'irrégularité des apports annuels aussi bien en eaux superficielles qu'en eaux souterraines retardent le développement et posent un sérieux problème de gestion de ces ressources. Cela se traduit clairement en Algérie où le développement économique est basé essentiellement sur l'agriculture nécessitant une mobilisation importante des ressources en eau, qui coïncide en revanche avec l'effet de sécheresse persistante depuis le début des années 1980.

Les précipitations étant pratiquement inexistantes, les ressources hydriques du Sud-ouest Algérien, notamment la région d'Adrar sont représentées essentiellement par la nappe continentale intercalaire d'âge albien qui alimente en eau notre Périmètre.

Le but de notre travail est de maîtriser l'utilisation de l'ensemble des informations nécessaires au dimensionnement des différentes infrastructures composant le réseau d'irrigation du périmètre Fenoughil (Section B de 500 ha) Wilaya d'ADRAR

Pour atteindre cet objectif, nous sommes basés sur les chapitres suivants :

- ✓ Présentation de la zone d'étude
- ✓ Étude Géologique
- ✓ Étude Pédologique et Ressource en eau
- ✓ Besoin en eau des cultures
- ✓ Étude des techniques d'irrigation
- ✓ Étude du système d'adduction et de distribution
- ✓ Dimensionnement à la parcelle
- ✓ Calcul technico-économique

CHAPITRE I

Présentation de la zone d'étude

I.1 Situation géographique de la wilaya d'Adrar :

A 1500 km d'Alger, à l'extrême sud du pays, Adrar est une commune et chef-lieu de la wilaya du même nom, située au Sud-Ouest du pays, La wilaya d'Adrar s'étend sur une superficie considérable de 427 968 km².

Elle est limitée :

- au Nord: La Wilaya d'EL-BAYADH
- au Nord-Ouest: La Wilaya de BECHAR
- à l'Ouest: La Wilaya de TINDOUF
- au Sud: Le MALI
- au Sud-Ouest: La MAURITANIE
- au Sud Est: La Wilaya de TAMANRASSET

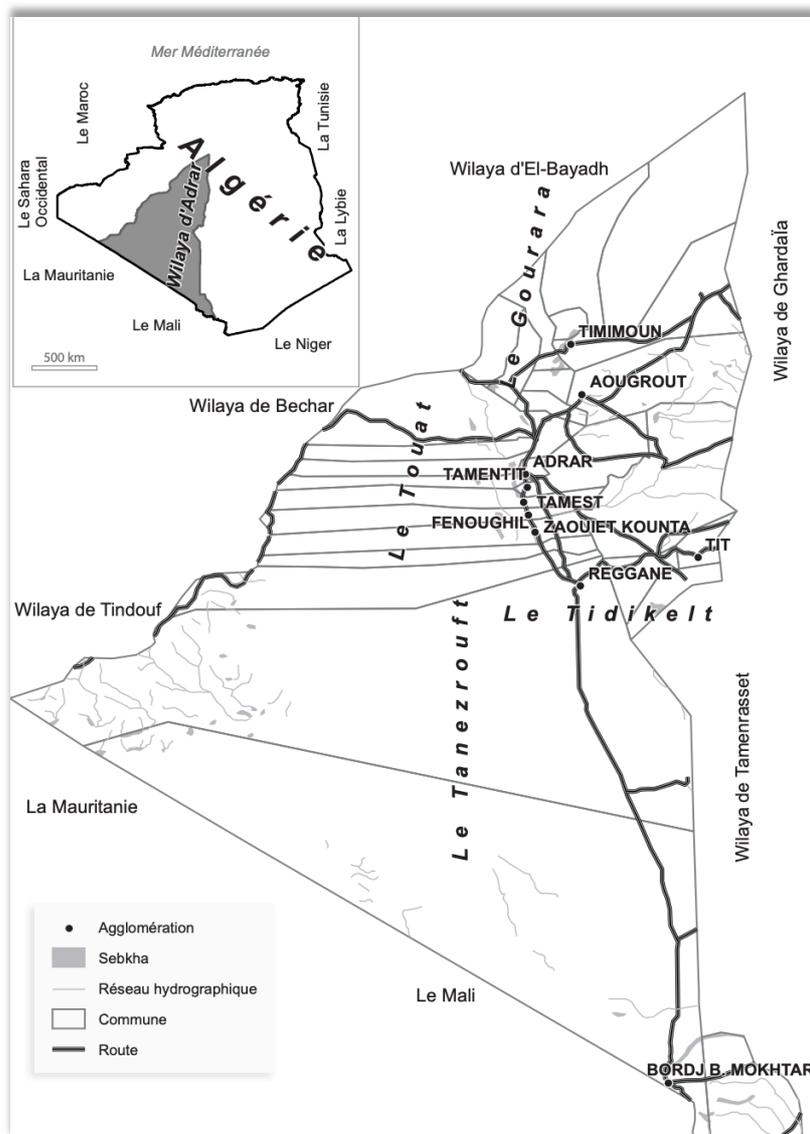


Figure I.1 : localisation géographique de la W.ADRAR

I.2. Situation géographique de la commune de Fenoughil :

Le territoire de la commune se situe au centre-ouest de la wilaya d'Adrar. Le chef-lieu de la commune est situé à 61,5 km à vol d'oiseau au sud-est d'Adrar. Du superficie égale a 7 677 km².

**Coordonnées géographiques : 27° 40' 00" nord
0° 18' 00" est**

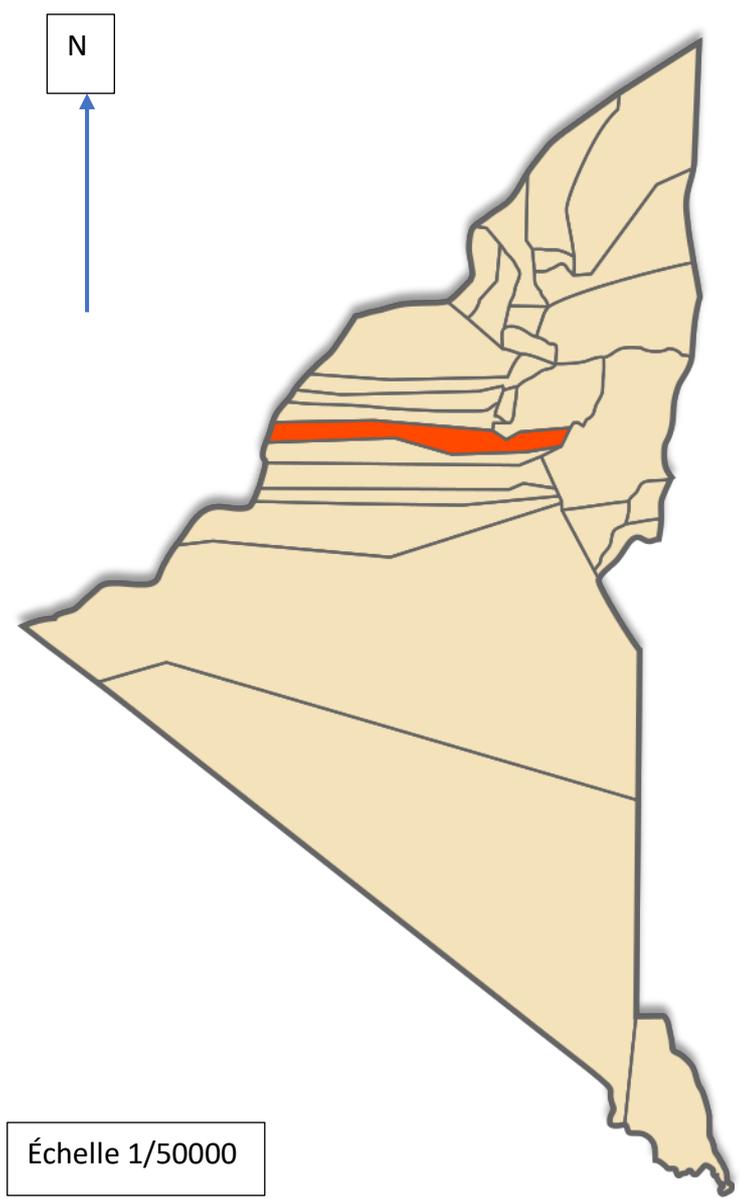


Figure I.2 : localisation géographique de la commune de Fenoughil

I.3. Situation géographique du Périmètre :

Le grand Périmètre objet du mémoire est situé dans la Wilaya d'Adrar, Algérie, à 35 km de la ville d'Adrar, et proche de l'aéroport Son emplacement a les coordonnées suivantes :

- Latitude : 27°43'33.63"N
- Longitude : 0° 0'50.76"O



Figure I.3 : localisation géographique de la commune de Fenoughil (Google earth)

- ✓ Le périmètre se situe à 26 km sur la nouvelle route d'Adrar vers Aoulef
- ✓ Superficie proposée à la mise en valeur : environ 4800 ha
- ✓ Superficie de mon étude est de 500 ha (Section B)



Figure I.4: localisation géographique de la Section B (Google earth)

I.4 Caractéristique climatiques de la région :

Adrar est doté d'un climat désertique. Il n'y a pratiquement aucune précipitation toute l'année dans Adrar. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type BWh. La température moyenne annuelle à Adrar est de 24.3 °C. Il tombe en moyenne 16 mm de pluie par an.

il est nécessaire de faire une étude climatique de la région afin de déceler les éléments climatique favorable ou défavorable dans la zone d'étude et d'en quantifier les influence et les paramètres

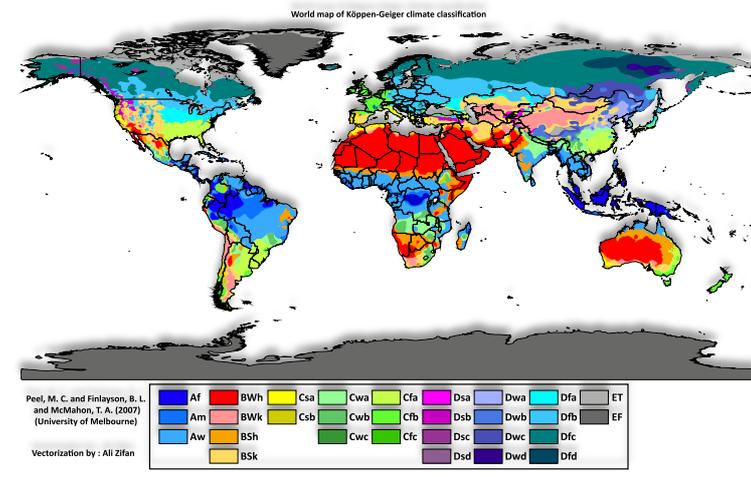


Figure I.5 : Carte climatique de Köppen-Geiger

I.4.1 Précipitation :

La Précipitation de la région d'Adrar est liés a deux action du perturbation atmosphériques :

-le front intertropical ou les précipitation orageuses sont engendrées par des dépressions en provenance des régions sud ,surtout a la fin du printemps et en période estivale.

-les pluies dues aux trainées des vente pluviaux arrivant de l'ouest et nord-ouest qui abordent le Maghreb durant la saison froide.

Tableau I.1 : Précipitation moyennes mensuelles en mm (Source ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul annuel
mm	2.7	2.5	1.5	6.0	1.2	0.3	0.1	1.2	2.5	2.6	1.7	0.7	23.0

Remarque : région hyperaride la pluie est de 23 mm/an

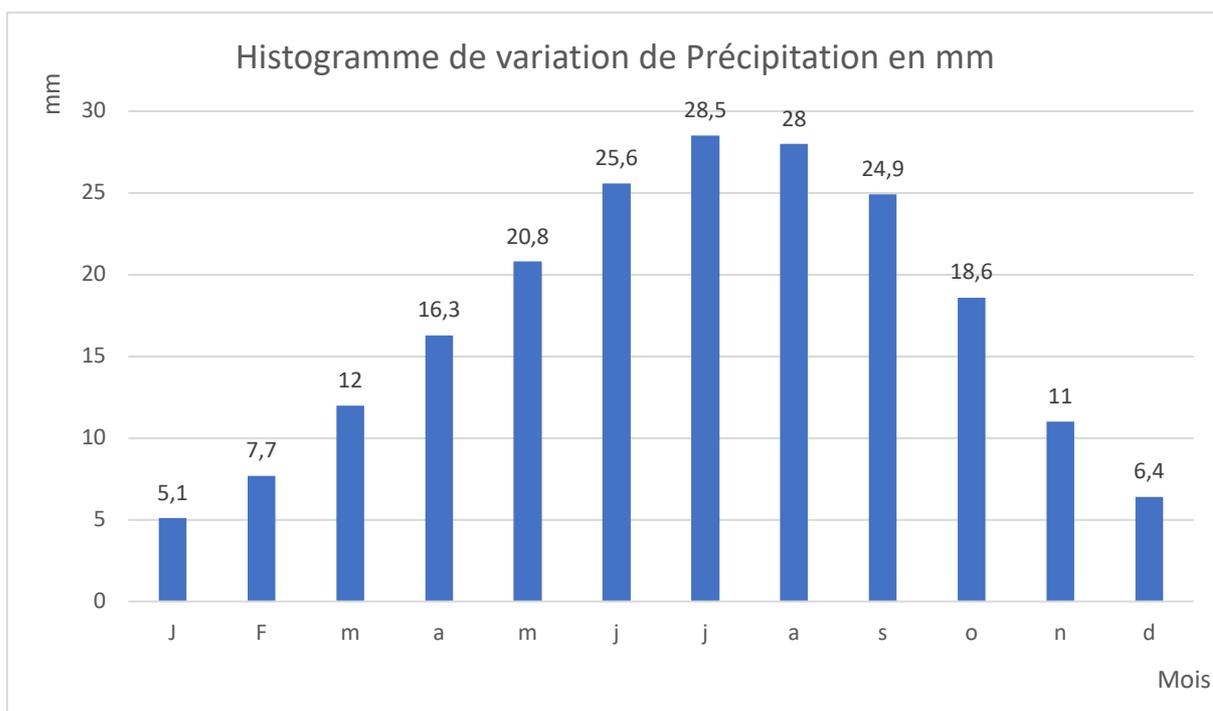


Figure I.6 : Histogramme de variation de Précipitation en mm

I.4.2 Température :

Les températures constituent un des facteurs majeurs caractéristique du climat saharien. Le relevé des températures s'est fait au niveau de la station météorologiques d'adrar.

Tableau I.2: Température moyennes mensuelles en mm (Source ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T min (C°)	5.1	7.7	12.0	16.3	20.8	25.6	28.5	28.0	24.9	18.6	11.0	6.4	17.0
T max (C°)	21.1	24.2	28.9	33.2	37.9	43.1	45.8	44.9	41.0	34.3	27.2	22.0	33.6
T moy (C°)	12.9	16.1	20.8	25.3	30.0	35.1	38.0	37.1	33.2	27.1	19.2	13.9	27.7

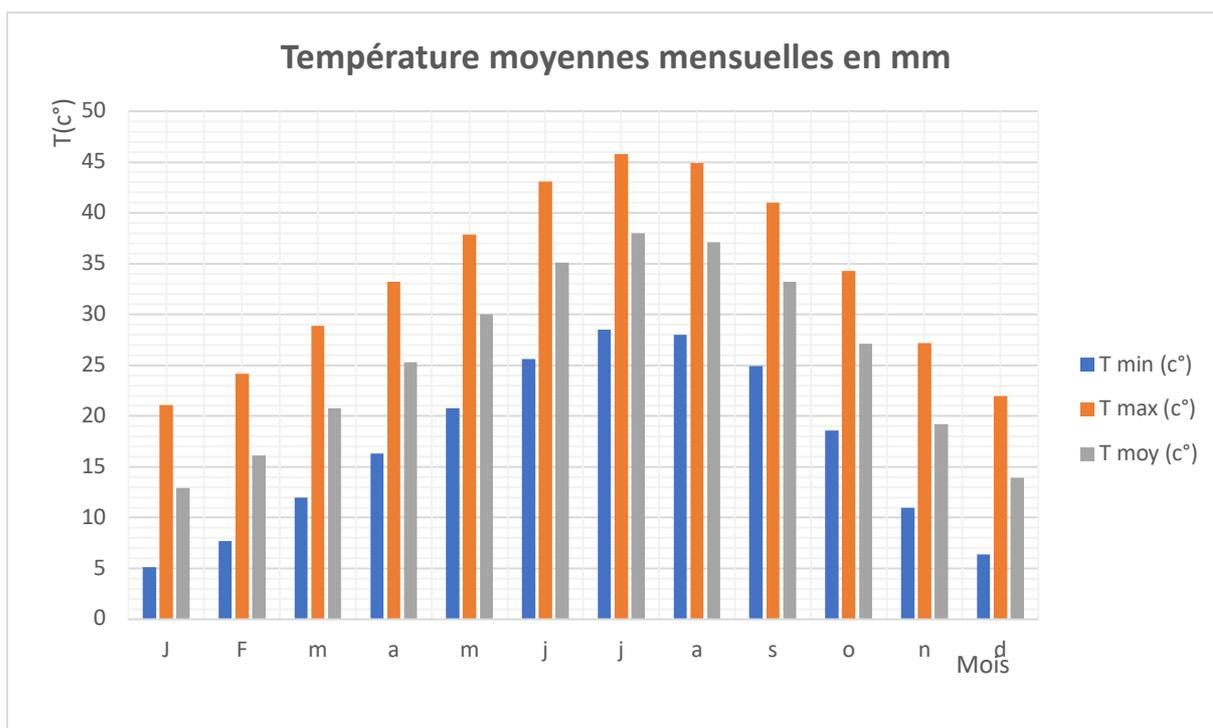


Figure I.7: Histogramme Température moyennes mensuelles en mm

On remarque que la période chaude dure plus de 7 mois dont aucune mois est inférieure à 20 c° le gel est presque inconnue a Adrar la température maximale et de de 45,8 du mois de juillet considère comme le mois le plus chaud .

Les température extrême particulièrement les mois estivale dont les valeurs élèves caractérisent ce type de climat continental-saharien.

Les facteurs essentiels a considérer pour la croissance et le développement végétale sont :
 -l'intensité et la durée du mois hivernale.
 -la sécheresse estivale.

I.4.3 Insolation :

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille le sol il influent directement sur la vie végétale syncoper la durée du cycle végétatif des cultures.

Tableau I.3 : Nombre moyen d'heures d'insolation (Source ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
H	8.9	8.9	9.1	9.9	10.4	10.7	10.6	9.8	8.6	8.8	8.7	8.2	9.3

L'insolation est importante a Adrar puisqu'elle excède plus de 8 heures/jours pendant tout l'année.

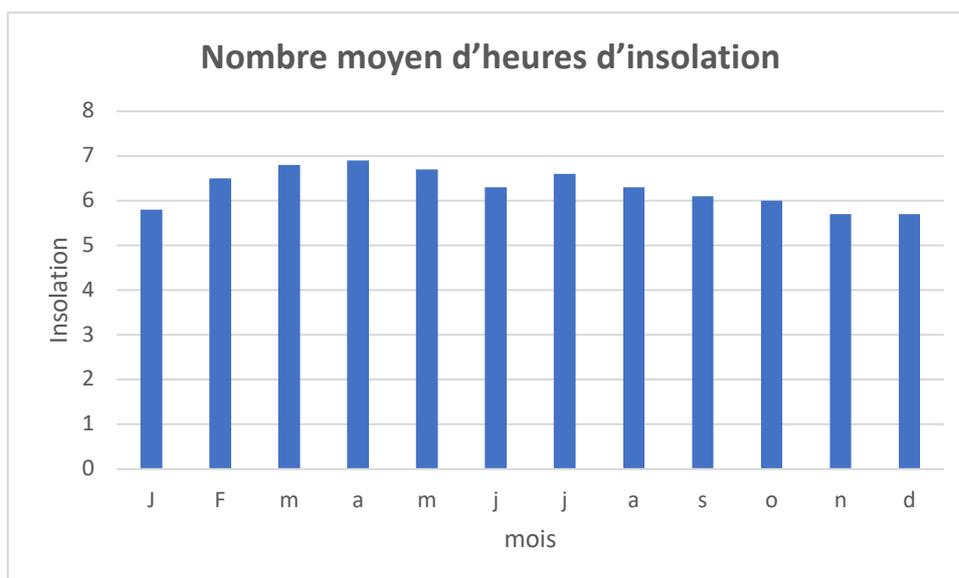


Figure I.8: Histogramme Nombre moyen d'heures d'insolation

I.4.4 Humidité relative :

L'appréciation de ce facteur est traduite par rapport en pourcentage (%) de la tension de la vapeur à la tension maximale correspondant à la température. Elle exprime en réalité l'état hygrométrique de l'atmosphère, varie beaucoup au cours de la journée.

Elle est maximale au lever de soleil par contre le taux le plus faible est observé en milieu de la journée

Tableau I.4: Humidité de l'air (Source ONM)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
%	36	28	21	18	16	12	11	13	19	26	33	39	23

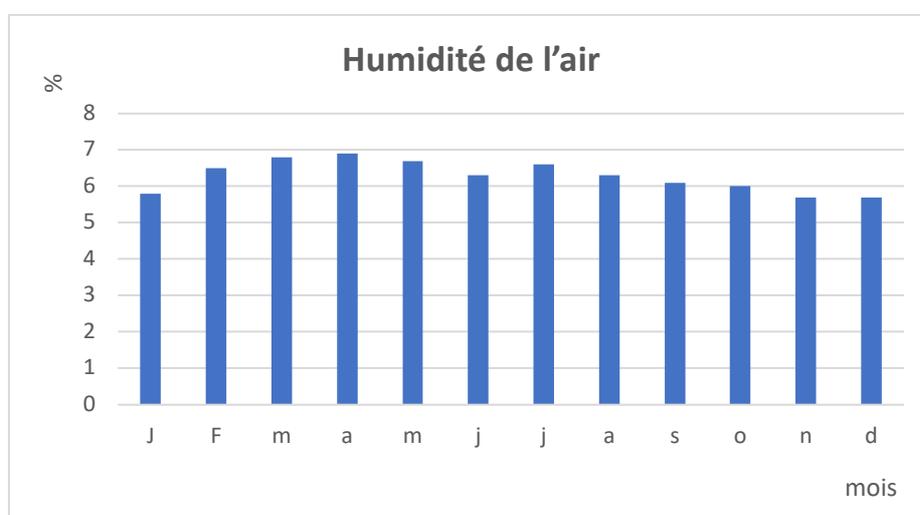


Figure I.9: Histogramme Humidité de l'air

I.4.5 les orage :

Dans la zone d'étude ,le nombre des jours d'orage est de 2,9 par an, il se manifeste surtout pendant les périodes printanière et estivales.

I.4.6 le vent :

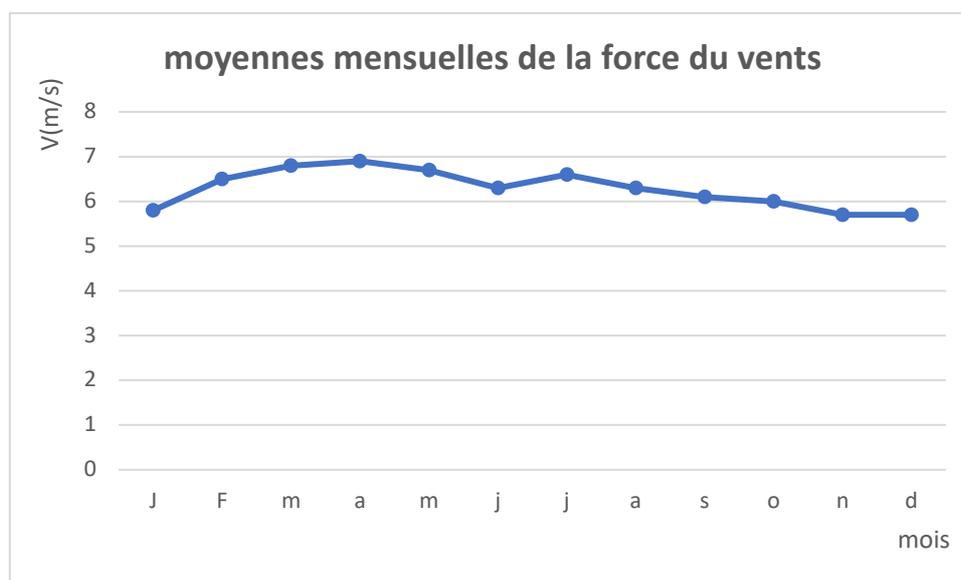
Le vent est le facteur principal de la topographie désertique et de l'agriculture il joue le rôle essentiel dans le phénomène du de pollinisation et flétrissement végétale.

Son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et implantation des brises vents la répartition des vitesse des vents est présenter dans ce tableau

Tableau I.5: moyennes mensuelles de la vitesse du vents (m/s) (Source ONM)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
V moy	1.7	2.2	2.0	1.8	2.4	2.0	2.0	1.7	1.8	1.6	1.5	1.8	1.9

On remarque que la force du vent est supérieurs a 5 m/s durant tout l'année on déduire que notre région est très ventée elle est donc exposée à des vents forts a tout moment de l'année

**Figure I.10: Diagramme moyennes mensuelles de la vitesse du vents (m/s)**

I.4.7 Évapotranspiration :

Adrar , par sa situation au centre du Touat et sa l'altitude ,se trouve dans la ceinture d'évaporation maximale . son rapport précipitation/évapotranspiration est nettement déficitaire.

Tableau I.6: Calcul de Évapotranspiration par la formule de Penman-Montheith (Source ONM)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
ETP	111	147	221	263	305	314	345	321	266	213	138	107	2751

D'après le tableau on remarque que l'ETP moyenne annuelle est élevé avec 2751 mm/an les quantité d'eau qui s'évapore du façon intense durant les mois les plus chaudes (mai , juin , juillet , aout , septembre) ou la température enregistre le maximum de ces fréquences

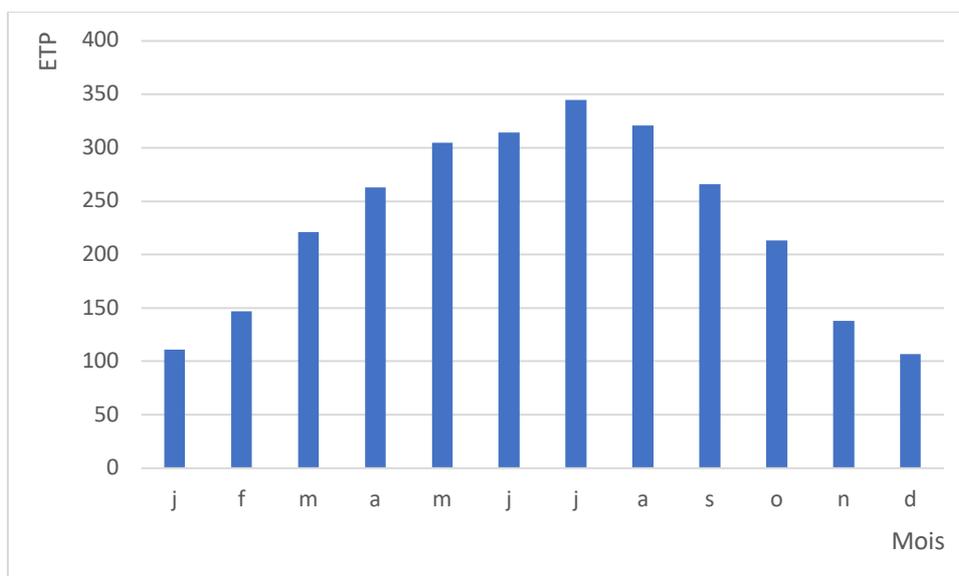


Figure I.11: Histogramme ETP

I.5 Classification du climat :**I.5.1 Classification du climat Selon l'indice de MARTON :**

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

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

Avec :

P : précipitation moyenne annuelles en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C).

I_a = indice d'aridité.

Tableau I.7: Classification du climat selon MARTON

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

On a : $P = 23 \text{ mm}$ $T = 25.7 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{alors } I_A = \frac{23}{25.7 + 10} = \mathbf{0.64}$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime du climat est Désertique et l'irrigation est indispensable.

I.5.2 Synthèse bioclimatique :

a) Diagramme ombrothermique du Gausсен :

Il est établi selon la méthode mise au point par F .BAGNOULS et H.GAUSSEN Ce diagramme nous permettra donc d'évaluer l'intervalle de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique.

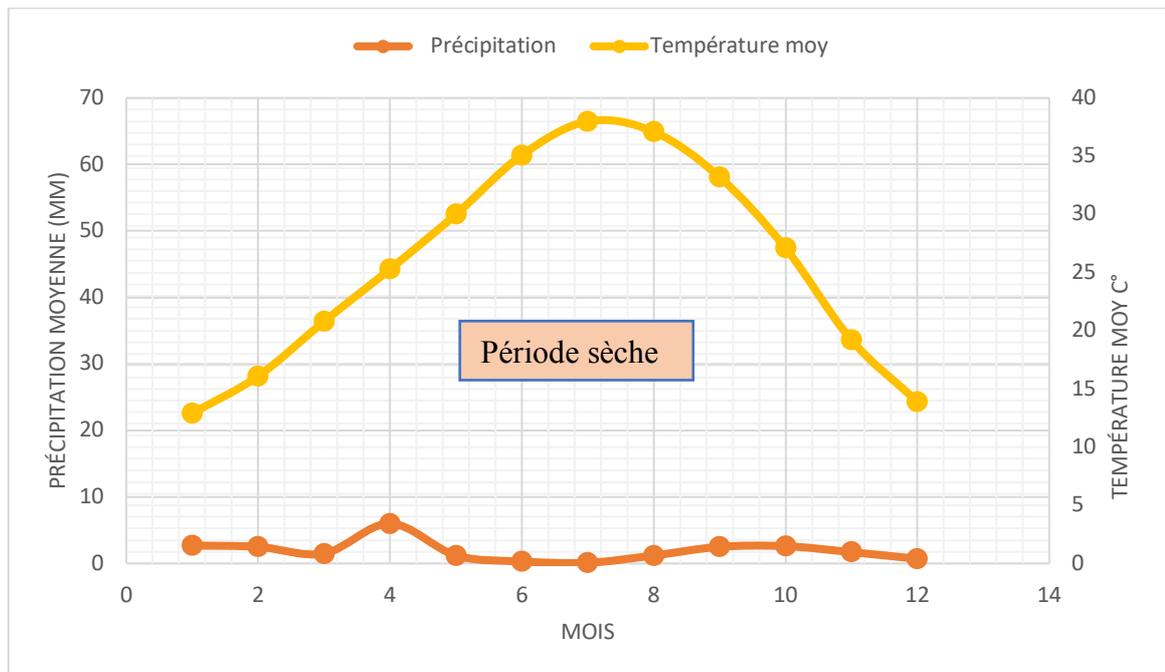


Figure I.12: Diagramme ombrothermique du Gausсен

Pour notre on cas on remarque que la période sèche est étalé sur tout l'année a cause d'une température très élevées et une précipitation très faible

b) Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Quotient d'Emberger calculé est égale à 5,2 , ce qui situe la zone d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré.

$$\text{Quotient d'Emberger} = \frac{2000 \times P}{M^2 \times m^2} = 5,2$$

P : pluviométrie annuelle moyenne en mm

M : Température moyenne des maxima du mois le plus chaud en K°

m : Température moyenne des maxima du mois le plus froid en K°

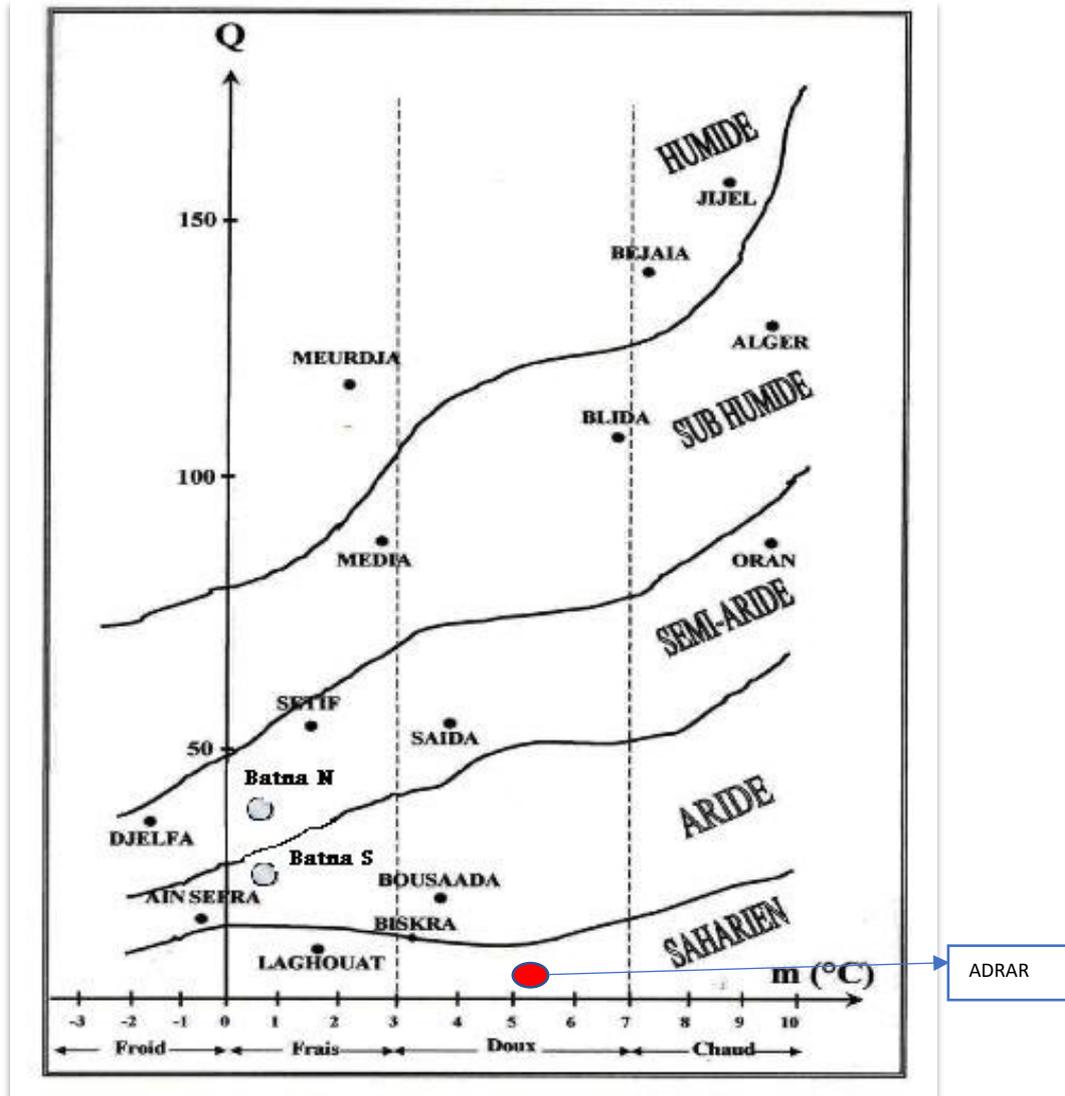


Figure I.13: Diagramme pluviométrique d'EMBERGER

Conclusion :

le climat est de type saharien a fort aridité l'hiver est très court tempéré par contre la saison séché est longue et s'étaler sur tout l'année . L'analyse des données des données climatique nous a conduits à signaler une certaine Particularité de la région d'étude.

- La faiblesse et irrégularité de la précipitation
- Des températures très élevées à forte amplitude journalière
- Une insolation assez importante
- Une forte évaporation qui concentre les solutions du sol quand son degré d'humidité le permet
- Des vents forts
- ETP estimé a 2751 mm/an

L'activité agricole se heurte effectivement aux aléas d'un climat saharien rude avec répercussions peu favorable

CHAPITRE II : Étude Géologique

INTRODUCTION :

L'étude agro-pédologique est très essentiels pour déterminé les zones apte à l'irrigation et les zones a revalorise et aussi les zones a écarté qui serons difficile du point de vue technique ou bien économique pour l'établissement du réseau d'irrigation. Dans cette Étude du périmètre ont été traitées et présentées les caractéristiques pédologiques des sols dans la zone de périmètre. Dans la mémé étude ont été présentées les données de base sur les caractéristiques morphologiques, physiques, chimiques des sols étudiées en vue de voir en général leurs valeurs et voir la géologie de notre zone d'étude

II . Étude géologique :

La région d'Adrar fait partie de la zone de jonction entre la plate-forme africaine et le craton Ouest africain. Cette zone est caractérisée par un ensemble d'événements tectoniques depuis le Panafricain jusqu'au Mésozoïque qui ont édifié les grandes unités structurales de la région (Chaîne d'ougarta, bassin de Timimoun et Reggane, massif Eglab). Des grandes failles profondes et d'intrusions magmatiques limitent les bassins.

II.1 Géomorphologie :

Caractérisé par un relief d'aspect désertique se subdivise en trois grande ensembles géomorphologiques

a) Les Plateaux :

Couvrent de très grandes surfaces, et sont constitués de formations géologiques différents :

- Crétacé inférieur continental intercalaire
- Crétacé supérieur secondaire marin
- Cuvette du Moi-pliocène
- Massif cristallin Néo protérozoïque

b) Les Ergs :

Massifs dunaires s'étendant sur près de la moities de la wilaya ils se sont formés au cours des temps quaternaires tels que le grand Erg occidental et l'Erg cheche

c) Les sebkhas :

Correspondant aux puits les plus bas et appartiennent généralement aux anciens lits d'oueds très larges , elles sont formées de dépôts Co-fluviatiles gypseux

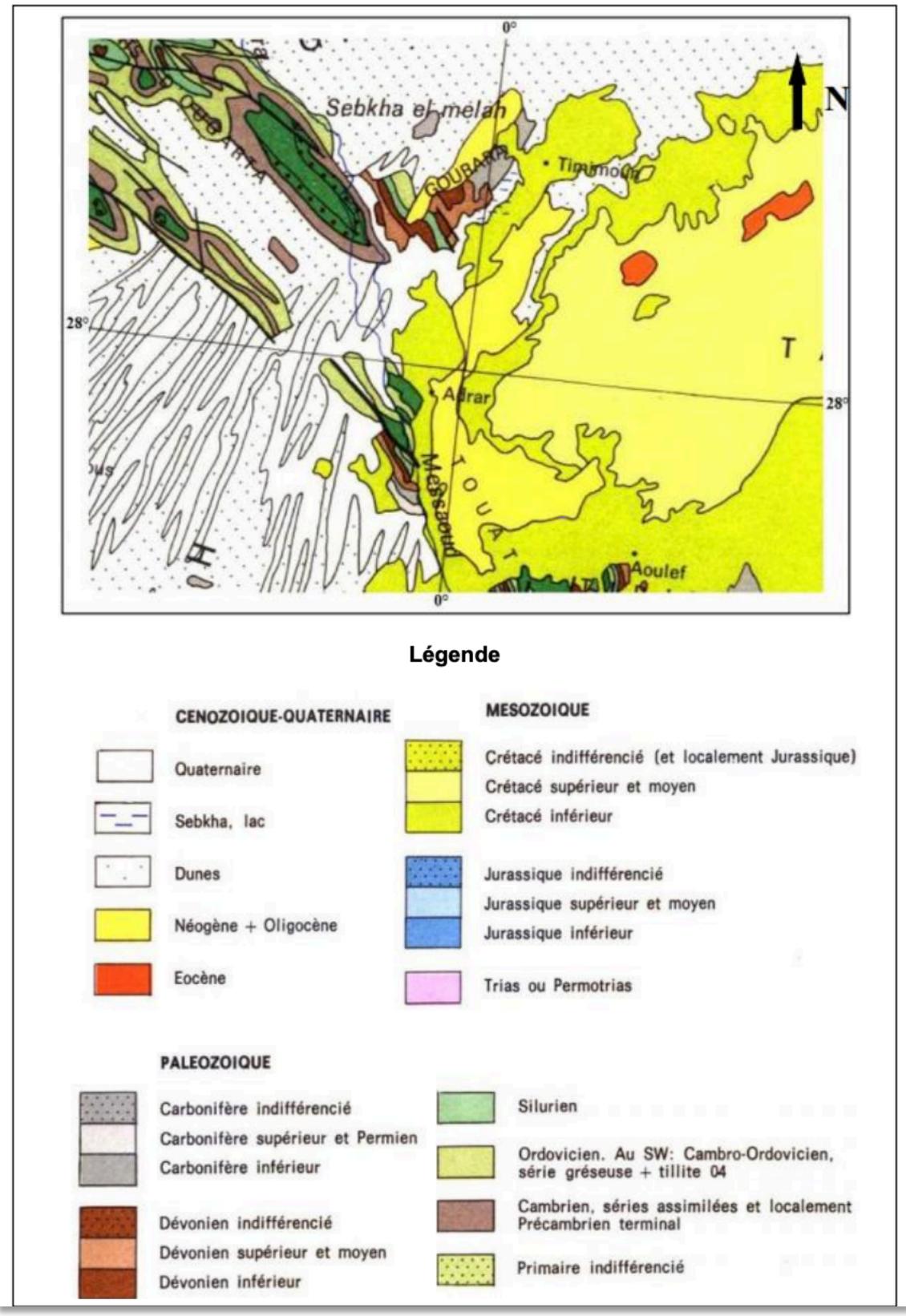
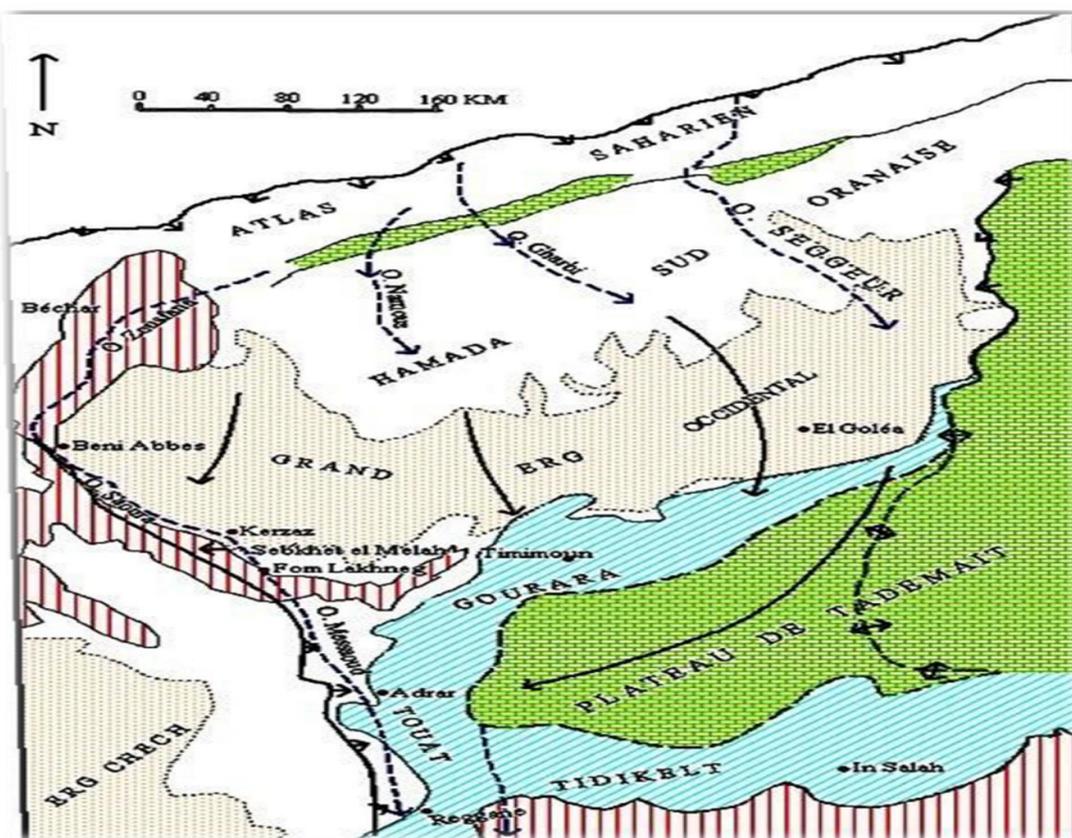


Figure II.1 : Carte géologique et structurale(Extrait de la carte géologique du nord – ouest de l’Afrique e=1/5 000 000)

II.2 Étude Hydrogéologique :

alimenter par la nappe phréatique qui fait l'exutoire de la nappe du Continentale Intercalaire (CI) qui est appelé « Nappe Albienne » les eaux sont contenus dans les dépôts salio-gréseux.

Le Continental Intercalaire est la seule et unique nappe d'eau dans la région d'étude, elle affleure tout le long de l'axe reliant Timimoune à In Salah, elle représente la partie à surface libre du Système Aquifère du Sahara Septentrional dans sa partie Sud-Ouest. La nappe d'eau est contenue dans des formations d'âge Crétacé inférieur, composée d'une lithologie meuble, argile, grès, sable et gravier, elle est sollicitée par 271 foggaras, 219 forages et plus de 2 161 puits traditionnels dans l'axe reliant Adrar à Regagne, le niveau statique est de l'ordre de 10 à 30 m par rapport au sol et qui dépasse les 100 m sous le couverture du plateau de Tademaït, avec des débits des forages de l'ordre de 20 à 50 l/s qui engendrent des rabattements de 10 à 25 m.



Légende :

Sens d'écoulement de la nappe	Erg	Continental Intercalaire
Oued	Tertiaire et Quaternaire	Primaire
Limite du bassin versant	Crétacé Sup et Eocène	
Ligne de partage des eaux		

Figure II.2 : Carte Hydrogéologique du Sahara Nord Occidental (D'après G. Gonfiantini, et all, 1974)

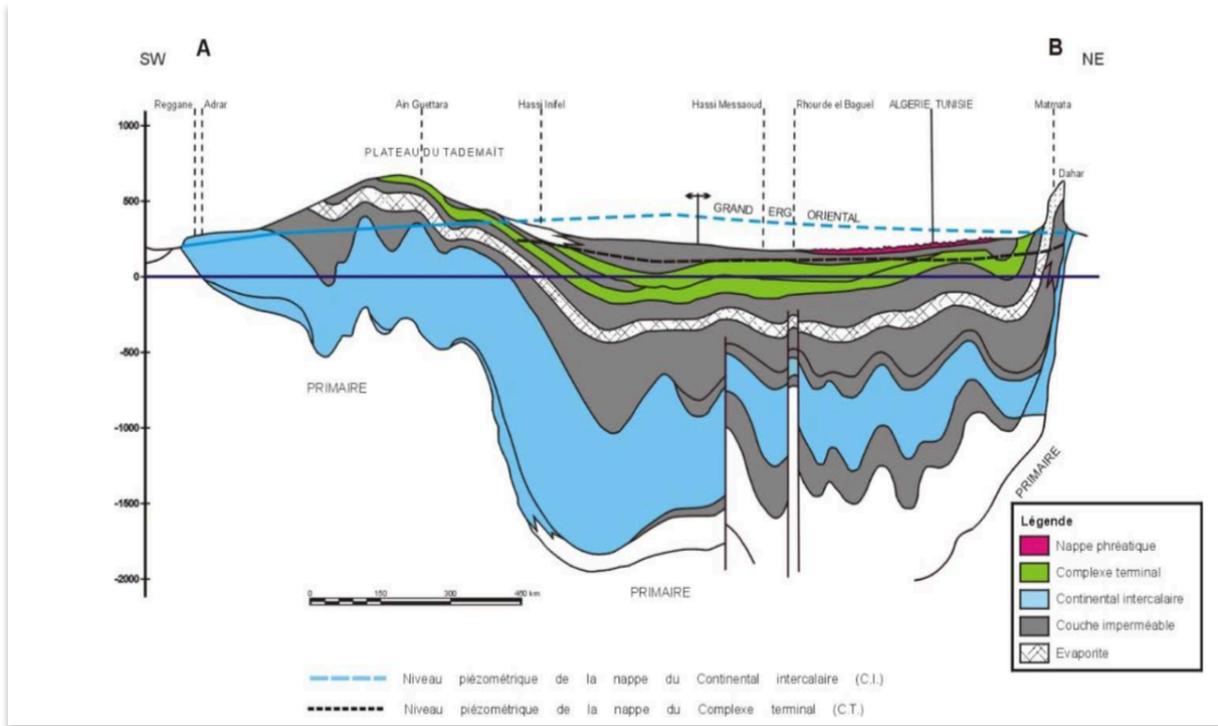


Figure II.3: Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (écologiques et hydrogéologiques pour la construction du modelé mathématique. DHW, Ouargla, 1970.)

L'épaisseur de la formation du continental intercalaire varie du Nord vers le Sud et de l'Est vers l'Ouest, selon les données des forages semi profonds son épaisseur oscille entre 150 et 400 m. Notons que l'épaisseur diminue progressivement de l'Est vers l'Ouest et du Nord vers le Sud et échoue en biseau sur le substratum du primaire.

- **Forage :** Les forage de la SARL SIDI MOUSSA sont située dans la nappe dite la nappe du continentale intercalaire désigné les formations continentale qui se sont déposées entre le cycle marin paléozoïque colts par l'orogénèse hercynienne et la Transgression marine du cénomanién

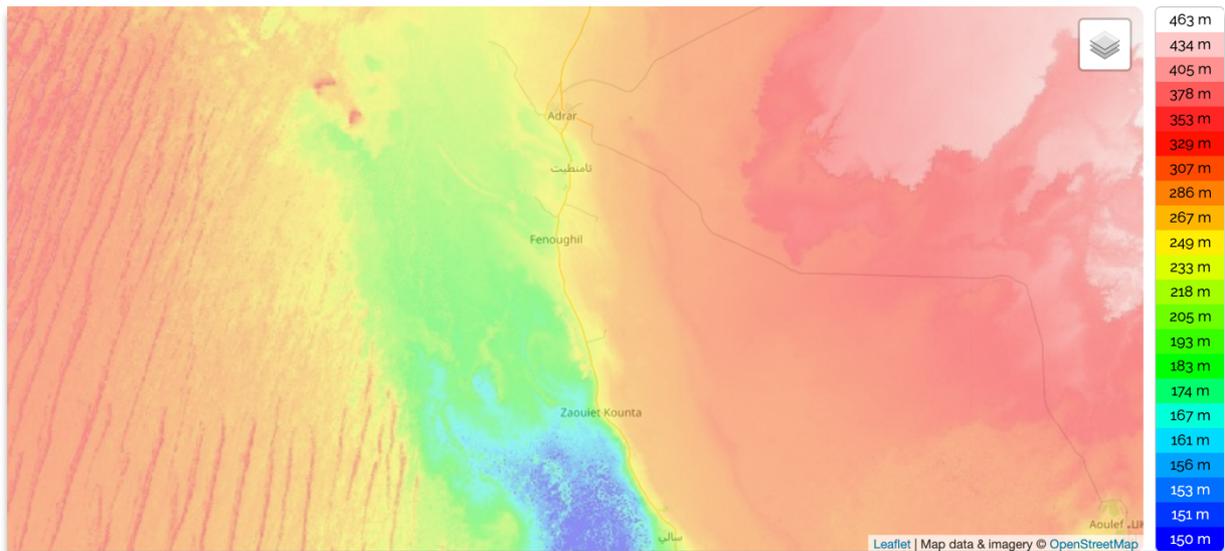
III . Topographie :

Figure II.4: carte topographique de la zone d'étude (site <https://fr-ca.topographicmap.com/maps/e138/Fenoughil/>)

- Caractérisé par une topographie plane à légèrement ondulée, la pente varie de 0 à 1% ,excepté quelques vallonnements
- Aspect de surface : graveleux à moyennement caillouteux par endroit
- Charge caillouteuse en profondeur de 10% a 30% par endroit
- Le périmètre proposé à la mise en valeur est fortement exposé aux vents

CONCLUSION :

La région d'aoulef est alimentée par la nappe phréatique qui fait l'exutoire de la nappe du Continental Intercalaire (CI), Le niveau statique de cette nappe oscille entre 13 à 30 m par rapport à la cote du sol.

CHAPITRE III

Étude Pédologique et Ressource en eau

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 (N,P,K), en eau et en oligo-éléments, sa couleur foncée traduit sa richesse en carbone.
L'étude pédologique du sol d'un périmètre a pour but :

- ✓ apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation ;
- ✓ fournir les données fondamentales caractérisant les relations eau-sol.

III.1 Texture et structure du sol :

Perméabilité de deux types de texture sableuse a sablo-limoneuse texture grossière a faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants , structure instable et peu développe , préséance d'éléments grossiers en surface

Un sol sableux présente certaines caractéristiques à prendre en compte dans la gestion du travail :

- ils conservent peu l'eau, mais sont naturellement poreux (enracinement facile) et sont peu sensibles au trafic
- ils sont usant pour les outils
- ils sont peu fertiles, car ils contiennent des éléments grossiers.

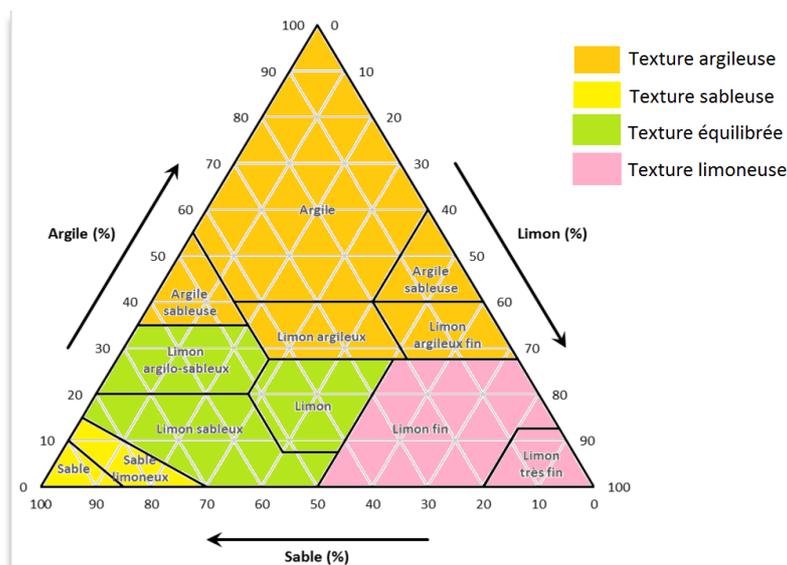


Figure III.1: diagramme de texture des sols

III.1.1 Profondeur :

La profondeur du sol est l'espace facilement utilisable par les racines des plantes C'est donc un facteur très important.

La profondeur du sol est de 30 à 50 cm avec existence d'une dalle grés-calcaire à une profondeur variant entre 30 à 35 cm par endroit

III.1.2 Caractéristiques physico-chimiques :**▪ Salinité :**

La salinité du sol n'est pas une contrainte pour le développement et la croissance des cultures vu son faible degré. Le PH eau des sols est neutre. C'est un PH eau favorable pour la disponibilité en éléments nutritifs pour les plantes. Le niveau de salinité exprimé par la conductivité électrique (CE) n'est pas une contrainte pour les cultures, vu les faibles valeurs de la CE enregistrées dans ces unités du sol.

- Salinité faible 0.11 à 0.36 (ms/cm)

▪ PH alcalin :

- Situé entre 8.22 à 8.6

Tableau III.1 : Caractéristiques des sols et aptitudes culturales (Source ENHYD) :

Para class Class apt à irrigation	Profondeur (m)	Texture	Salinité (mmhos/cm)	Topo	Perméabilité (cm/h)	drainage	Apt culturales	Observation
Classe 01	> 120	Texture moyenne (Sablo argileuse limoneuse)	Pas de problème de salinité < 1 Calcaire actif < 5%	Plane	2 à 6 (bonne)		Bonne Aptitude pour toutes les cultures	-Les Aptitude à l'irrigation est bonne -Aucune contrainte pour la mise en valeur
Classe 02	> 80	-sablo-limoneuse -limono-sableuse	Salinité 4 à 8 Teneur en calcaire Actif < 7%	Plane	Pour les sols a texture fine 0,5 a 2 Texture grossière 6 a 12,5	Nécessite un drainage	Aptitude moyenne pour toutes les cultures	-les travaux de l'aménagement sont mineur notamment l'apport des engrais
Classe 03	40 < P < 80	-Sablo limoneuse -Argilo-sableuse	Texture fine 8 à 12 Calcaire actif entre 7 et 12 %	Pente Faible	Pour les sols a texture fine 0,1 a 0,5 Texture grossière 12,5 a 25	Nécessite un drainage	Aptitude moyenne pour toutes les cultures	Labour profonds apports de matières organiques plantation de brise vents
Classe 04	40 < P < 80	Texture fine argileuse légère sableuse Présence croute calcaire	Varie entre 12 à 16 Teneur en calcaire actif > 12%	Pente Forte Par Endroit	Variable	Nécessite un drainage	Aptitude faible pour toutes les cultures	-lessivage localisé -labour profonds et assainissent de surface
Classe 05	< 40	Affleurement dalle calcaire Charge caillouteuse > 50 %	Salinité > 16	Pente > 20%	Très faible	Nécessite un drainage	Inapte à toutes les cultures	Inapte a l'irrigation

III.2 Contraintes de mise en Valeur :

- Le périmètre proposées à la mise en valeur est fortement exposé aux vents
- Profondeur limitée par une dalle grés-calcaire variable par endroit
- Texture grossière à faible pouvoir de rétention en eau et en élément fertilisants
- Structure instable et peu développée
- Préséance d'élément grossiers en surface
- PH alcalin induisant le blocage des éléments nutritifs

III.3 Ressource en eau :

III.3.1 Caractéristique physicochimique de l'eau d'irrigation :

les caractéristique chimiques de l'eau d'irrigation sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III.2: Résultat d'analyse d'eau (Source ANRH ADRAR)

Paramètre physico-chimique	Résultat	Normes de potabilité	Minéralisat ion global	Résultat	Norme de potabilité
PH	7,65	$6,5 \geq x \geq 9$	Ca^{2+}	87	200
Conductivité ms/cm	2,16	2,80	Mg^{2+}	54	150
Turbidité eau brute NTU	-	5	NA^+	250	200
Turbidité eau déc NTU	-	-	K^+	11	12
Résidu sec à 110° c mg/l	1360	1500	Cl^-	320	500
Température	-	25	SO^{4+}	480	400
Paramètre de pollution	Résultat		HCO^{3+}	110	-
Oxygène dissous mg/l	-	-	CO_3^{2-}	0	-
Ammonium NH_4^+ mg/l	0,095	0,50	SiO_2	12	-
Nitrate NO_2^- mg/l	0,119	0,20	TH F°	43	-
Nitrate NO_3^- mg/l	25	50	TAC F°	9	-
Phosphate PO_4^-	0,650	0,5	TA F°	0	-
Mat.Ox(mil ac)mg/l O ₂	7,20	5	Minéralisati on mg / l	1342	-
Fer mg/l	-	0,30	Somme des ions mg/l	1337	-

III.4 Conductivité électrique :

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

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

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé

Remarque :

- C1: convient pour toutes les cultures.
- C2: convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- C3: ne convient qu'a des sols bien drainés et des plantes tolérantes
- C3: ne convient qu'a des sols bien drainés et des plantes tolérantes

D'après les Analyses obtenu de l'ANRH , l'eau prévu pour l'irrigation a une conductivité électrique moyenne de : **CE = 2,16 mmhos/cm**

III.5 Le SAR (Sodium Absorption Ration) :

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculation . Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na⁺ et celle en ions Ca²⁺ et Mg²⁺

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

Quatre classes de risque alcalin ont été définies, en relation avec le risque salin :

S1	Risque faible	S.A.R ≤ 10
S2	Risque moyen	10 < S.A.R ≤ 18
S3	Risque élevé	18 < S.A.R ≤ 26
S4	Risque très élève	S.A.R > 26

D'après le calcule on trouve **SAR= 30**

Suivant le diagramme de Riverside (figure 07) l'indice croisé SAR/conductivité, les Résultat indiquant que :

L'eau prévue pour l'irrigation du périmètre étudié appartiennent à la classe C3-S4 ce qui convient à :

- Eau minéralisées de qualité physico-chimique moyenne
- Eau convenant aux cultures qui présente une bonne tolérance au sel
- Un sol bien aménagé avec un bon drainage
- Contrôle périodique de l'évolution de la salinité

Donc l'eau est fortement saline ,ne peut être utilisé sur sols à drainage limité ,des techniques d'aménagement particulière seront nécessaire pour maitrise la salure il faut impérativement prévoir des doses de lessivage à pratiquer annuellement et il convient de choisir des cultures à bonne tolérance au sel

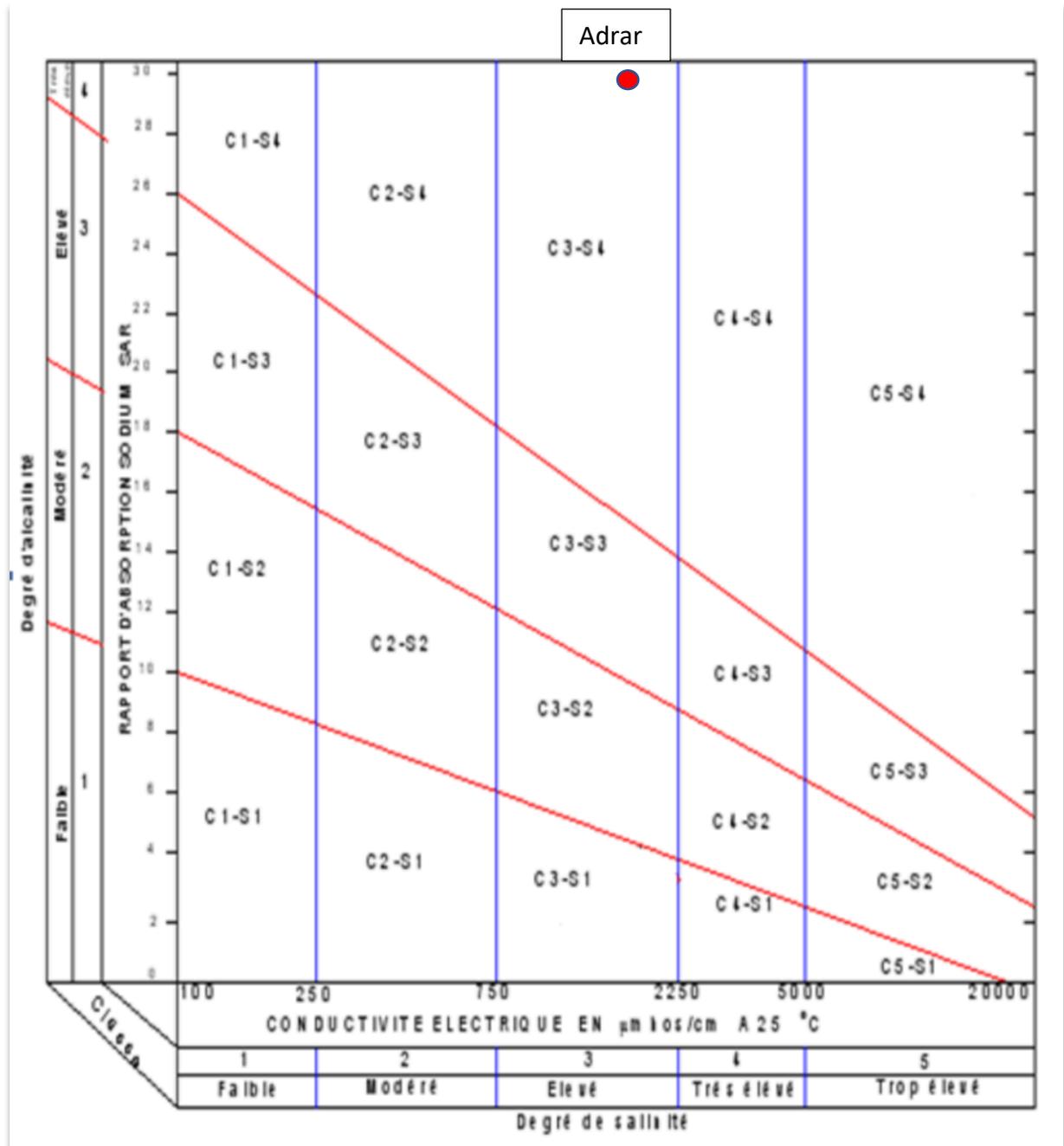


Figure III.2: Diagramme de Riverside

Conclusion :

Compte tenu des résultats de la prospection préliminaire effectuée et les résultat analytiques , les sols du périmètre prospecté sont à la mise en valeur a irrigué néanmoins l'installation de brises vents selon les normes recommandées est indispensables avant tout action, il est aussi conseillé de réaliser les travaux suivants avant la mise en culture

- Épierrage
- Sous soulage pour augmenter la profondeur
- Nivellement de terrain
- Pré irrigation pour faciliter les travaux du sol

Enfin une étude agro pédologique détaillée est indispensable ,quant à dégager les aptitude culturelles des sols du périmètres prospecté .

Concernant l'analyse des ressources en eau nous avons déduit que notre eau appartient à la classe **C3-S4** avec une alcalinité et une salinité fort qui ne conduise a choisir des culture tolérante aux sel et une dose prévoir une dose de lessivage

CHAPITRE IV

BESOIN EN EAU DES CULTURES

INTRODUCTION :

Le présent chapitre, a pour but de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, condition la conception de notre projet Conditions climatiques, cultures envisageables, systèmes agronomiques, l'intensité culturale, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

Le calcul des besoins en eau d'irrigation est essentiel pour l'exploitation optimale d'un système d'irrigation. Il permet de prévoir la quantité d'eau à distribuer aux usagers et permet aussi de planifier l'utilisation des ressources hydriques. Les quantités d'eau nécessaire à l'irrigation doivent satisfaire divers types de besoins au niveau des champs.

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

IV.1 Besoin en eau du périmètre :

Les besoins en eau d'irrigation ou la consommation en eau de la cultures définie comme la hauteur d'eau (mm) consommé par l'évapotranspiration de la culture .

Pour déterminer l'évapotranspiration de la culture (ETc) ou utilisé l'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des condition de référence ,de telle sorte que le taux d'évapotranspiration (mm/j) représente les condition climatiques locales.

L'évaluation des besoin en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

IV.2 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps en m³/ha/jour.

L'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours par mois ou par an .

On distingue :

- L'évapotranspiration (ETo).
- L'évapotranspiration potentielle (ETP).
- L' évapotranspiration réelle (ETR).

IV.2 L'évapotranspiration de référence (ET_o) :

C'est l'évapotranspiration maximale (C.à.d. le sol est à sa capacité de rétention) d'un Gazon ras couvrant complètement le sol , bien alimenté en eau ,en phase active de croissance et situé au sein d 'une parcelle suffisamment étendue .Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont s'orientes vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe qu'elle région. Basées sur des variables climatique . Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

- Méthodes des stations expérimentales.
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes des lysimètres.
- Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques ,il existe des formules de calcul dont les principales sont :

- Prinstley-Taylor
- Makkink
- Turc
- Hargreaves
- Blaney-Cridle
- Thorthwaite
- Penman et Monetheith modifiée

Sur la base des résultats de plusieurs études ,notamment celle de jensen (1990), la consultation d'experts menée par FAO sur les méthodologies d'estimation des besoins en eau des cultures a conduit à recommander la méthode de Penman Monetheith modifiée comme méthode privilégiée l'estimation de ET_o du gazon

La formule de Penman et moneteith se présentant comme suit :

$$ET_o = C \times (w \times R_n + (1 - w) \times F(u) \times (E_a - E_d))$$

- ET_o : L'évapotranspiration de référence en mm/jour
- W :facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude
- R_n : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm / jour
- $F(u)$: fonction liée au vent
- E_a : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air , (mmbar)
- E_d : tension de vapeur réelle moyenne de l'air , exprimée en (mmbar)
- $E_a - E_d$: constitue le facteur de correction ,afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturne

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé : **CROPWAT version 8**, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M^{TS} Penman et Montheit modifiée. et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Pour l'exploitation du logiciel , nous avons besoins des données Climatologique mensuelle de la station météorologique de ADRAR (**Voir chapitre 1**) :

- ✓ Les températures moyenne en degré Celsius C° .
- ✓ L'humidité relative de l'air exprimé en (%) .
- ✓ L'insolation journalière en heurs .
- ✓ La vitesse du vent en m/s .

Les résultat de ETo calculés à l'aide de logicielle **CROPWAT** sont récapitulés dans le tableau ci-après et illustré sur Figure IV.1

Tableau IV.1: Évapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman et Montheit :

Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo	ETo
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour	mm/mois
Janvier	5.1	21.1	36	147	8.9	15.2	2.92	90.65
Février	7.7	24.2	28	190	8.9	17.5	4.18	116.92
Mars	12.0	28.9	21	173	9.1	20.5	5.24	162.54
Avril	16.3	33.2	18	156	9.9	23.8	6.17	185.21
Mai	20.8	37.9	16	207	10.4	25.5	8.05	249.65
Juin	25.6	43.1	12	173	10.7	26.1	8.26	247.68
Juillet	28.5	45.8	11	173	10.6	25.8	8.60	266.67
Août	28.0	44.9	13	147	9.8	23.8	7.65	237.21
Septembre	24.9	41.0	19	156	8.6	20.4	6.88	206.40
Octobre	18.6	34.3	26	138	8.8	18.1	5.17	160.31
Novembre	11.0	27.2	33	130	8.7	15.5	3.63	108.88
Décembre	6.4	22.0	39	156	8.2	13.7	2.98	92.53
Moyenne	17.1	33.6	23	162	9.4	20.5	5.81	2124.66

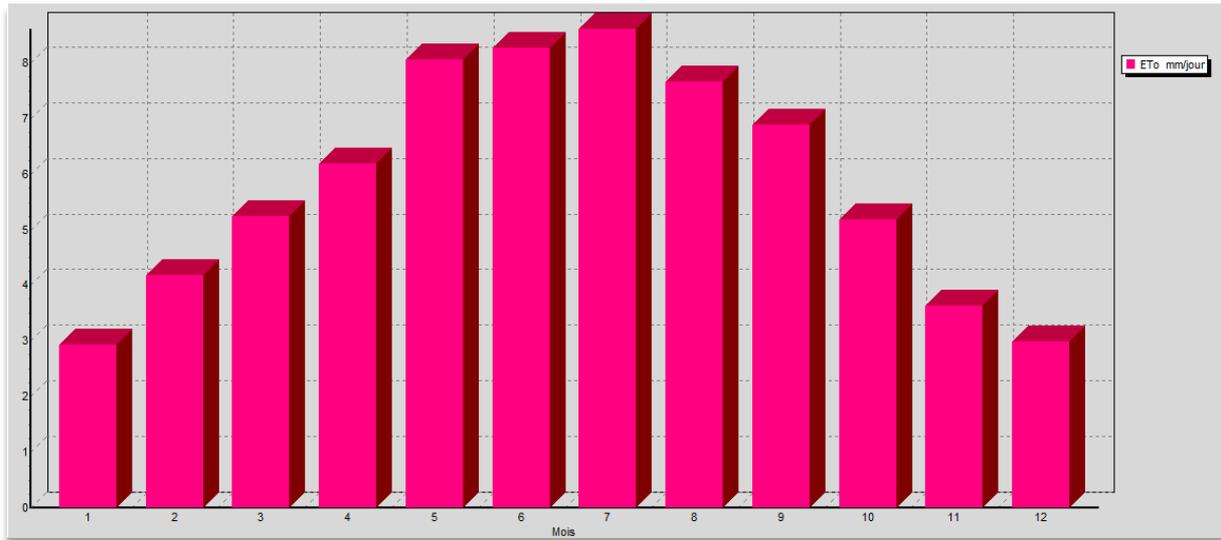


Figure IV.1 : Histogramme l'évapotranspiration de référence

IV.3 Méthodologie :

Pour déterminer les besoins en eau culture ,il faut connaître d'abord les mois de la durée de vie des cultures et la durée des quatre phases :

- Initiale .
- Croissance
- Mi- saison
- Arrière saison

IV.3.1 Coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural Kc de chaque culture sont déterminées en fonction du stade végétatif de la plante , du vent et de la valeur moyenne de l'humidité de l'air qui caractérise la surface d'étude.

L'évapotranspiration maximale d'une culture est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = K_c \times ET_0$$

Pour trouver les besoins en eau de cette culture pendant un mois on multiplie l'ETM fois le nombre des jours de ce mois ,alors les besoins en eau total est l'ensemble des besoins de tous les mois

IV.4 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace, P_{eff} représente la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde. Le choix de la méthode appropriée pour le calcul des précipitations efficaces demande une réflexion sérieuse. Différentes méthodes ont ainsi été développées, chacune prenant en compte le climat de la région où doivent s'effectuer les mesures.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliserons couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthode pourcentage fixé dans notre cas on fixe le pourcentage 80% et on considère que 20 % de précipitation sont des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur

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

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

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

Tableau IV.2 Pluviométrie efficace pour chaque mois en mm :

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
Peff	0,57	0,60	0,38	0,24	0,23	0,36	0,66	1,20	4,45	0,98	0,95	0,18

IV.5 Occupation des sols :

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturale 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 suivant :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre d'étude périmètre ,nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture. Pour notre périmètre les cultures qu'impose par l'administration sont présentée par le tableau suivant :

Tableau IV.3 : Occupation de l'aire d'étude

Cultures	Superficie (ha)
Pastèque	125
Tomate	125
Cotton	125
Tournesol	125

IV.6 Détermination des besoins en eau d'irrigation :

Le besoin en eau d'irrigation, B , est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sur qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal aux besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage, percolation profonde, inégalité de répartition...etc.).

IV.6.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique.

$$B = ETP \times (Peff + RFU)$$

Avec :

- B : besoin en eau d'irrigation (mm).
- E.T.P : évapotranspiration (mm / jour).
- RFU : réserve facilement utilisable.
- Peff : pluie efficace

$$RFU = Y(Hcc - Hpf).Da.Z$$

Avec :

- Y : degré de tarissement.
- da : densité apparente.
- Z : profondeur d'enracinement.
- Hcc : humidité à la capacité au champ
- Hpf : humidité au point de flétrissement

Dose d'irrigation de la tomate :

Le tableau Tableau IV-montre les résultats de calcul des besoins en eau (Avec CROPWAT 8.0

Tableau IV.4 : Dose d'irrigation de la tomate

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.60	2.93	29.3	0.2	29.1
Mar	2	Init	0.60	3.15	31.5	0.2	31.2
Mar	3	Crois	0.60	3.34	36.7	0.3	36.5
Avr	1	Crois	0.69	4.02	40.2	0.3	39.9
Avr	2	Crois	0.84	5.08	50.8	0.3	50.5
Avr	3	Crois	0.98	6.60	66.0	0.7	65.3
Mai	1	Mi-sais	1.12	8.48	84.8	1.3	83.5
Mai	2	Mi-sais	1.17	9.68	96.8	1.8	95.1
Mai	3	Mi-sais	1.17	9.68	106.5	1.3	105.2
Jui	1	Mi-sais	1.17	9.61	96.1	0.6	95.4
Jui	2	Mi-sais	1.17	9.69	96.9	0.2	96.6
Jui	3	Arr-sais	1.14	9.54	95.4	0.3	95.2
Jui	1	Arr-sais	1.02	8.76	87.6	0.3	87.3
Jui	2	Arr-sais	0.91	7.88	78.8	0.3	78.4
Jui	3	Arr-sais	0.83	6.91	20.7	0.1	20.6



Figure IV.2 : Histogramme du besoin d'eau de la tomate (CROPWAT)

Dose d'irrigation du pastèque :

Le tableau Tableau IV-montre les résultats de calcul des besoins en eau (Avec CROPWAT 8.0

Tableau IV.5 : dose d'irrigation du pastèque :

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0.50	2.44	24.4	0.2	24.3
Mar	2	Init	0.50	2.62	26.2	0.2	26.0
Mar	3	Crois	0.53	2.95	32.5	0.3	32.2
Avr	1	Crois	0.69	3.99	39.9	0.3	39.6
Avr	2	Crois	0.85	5.18	51.8	0.3	51.5
Avr	3	Mi-sais	1.01	6.83	68.3	0.7	67.6
Mai	1	Mi-sais	1.07	8.11	81.1	1.3	79.8
Mai	2	Mi-sais	1.07	8.86	88.6	1.8	86.8
Mai	3	Mi-sais	1.07	8.86	97.5	1.3	96.2
Jui	1	Arr-sais	1.07	8.75	87.5	0.6	86.9
Jui	2	Arr-sais	0.96	7.91	79.1	0.2	78.9
Jui	3	Arr-sais	0.82	6.86	54.9	0.2	54.6

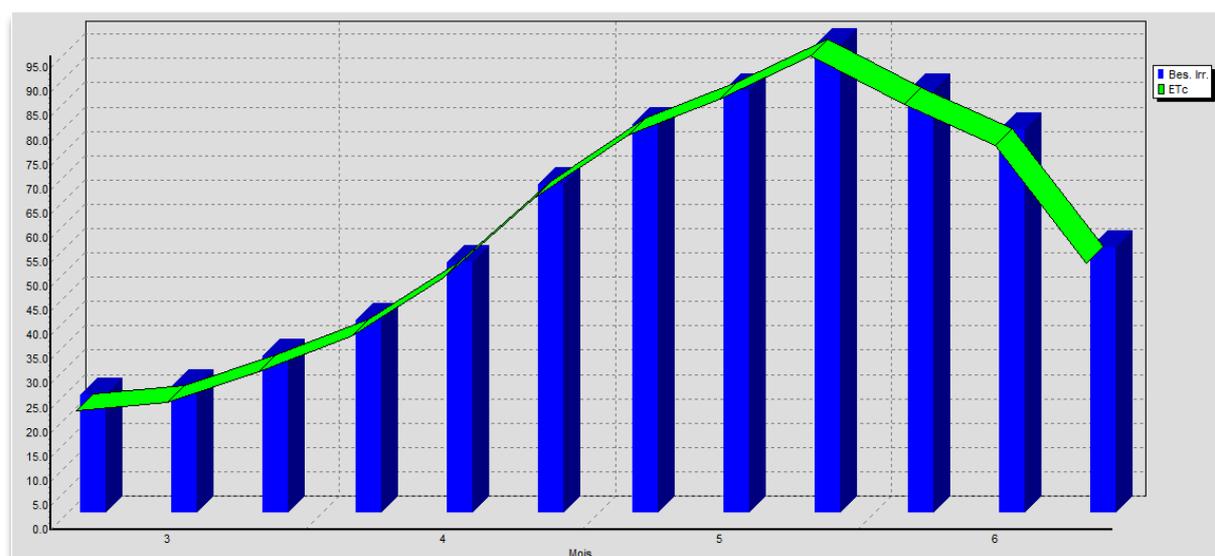


Figure IV.3 : Histogramme du besoin d'eau du pastèque (CROPWAT)

Dose d'irrigation du Cotton :

Le tableau Tableau IV-montre les résultats de calcul des besoins en eau (Avec CROPWAT 8.0

Tableau IV.6 : dose d'irrigation du Cotton :

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff,	Bes, Irr,
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jan	1	Init	0,35	1,01	10,1	0,1	10
Jan	2	Init	0,35	0,99	9,9	0,1	9,8
Jan	3	Crois	0,35	1,15	12,7	0,1	12,6
Fév	1	Crois	0,46	1,74	17,4	0,1	17,3
Fév	2	Crois	0,64	2,67	26,7	0,1	26,6
Fév	3	Crois	0,8	3,61	28,9	0,2	28,8
Mar	1	Crois	0,96	4,67	46,7	0,2	46,5
Mar	2	Crois	1,13	5,93	59,3	0,2	59,1
Mar	3	Mi-sais	1,23	6,82	75	0,3	74,7
Avr	1	Mi-sais	1,23	7,12	71,2	0,3	70,9
Avr	2	Mi-sais	1,23	7,46	74,6	0,3	74,3
Avr	3	Mi-sais	1,23	8,27	82,7	0,7	82
Mai	1	Mi-sais	1,23	9,28	92,8	1,3	91,5
Mai	2	Mi-sais	1,23	10,13	101,3	1,8	99,5
Mai	3	Arr-sais	1,16	9,59	105,5	1,3	104,2
Jui	1	Arr-sais	1,05	8,57	85,7	0,6	85,1

Jui	2	Arr-sais	0,94	7,73	77,3	0,2	77,2
Jui	3	Arr-sais	0,83	6,92	69,2	0,2	69
Jui	1	Arr-sais	0,72	6,14	61,4	0,3	61
Jui	2	Arr-sais	0,64	5,58	22,3	0,1	22,1

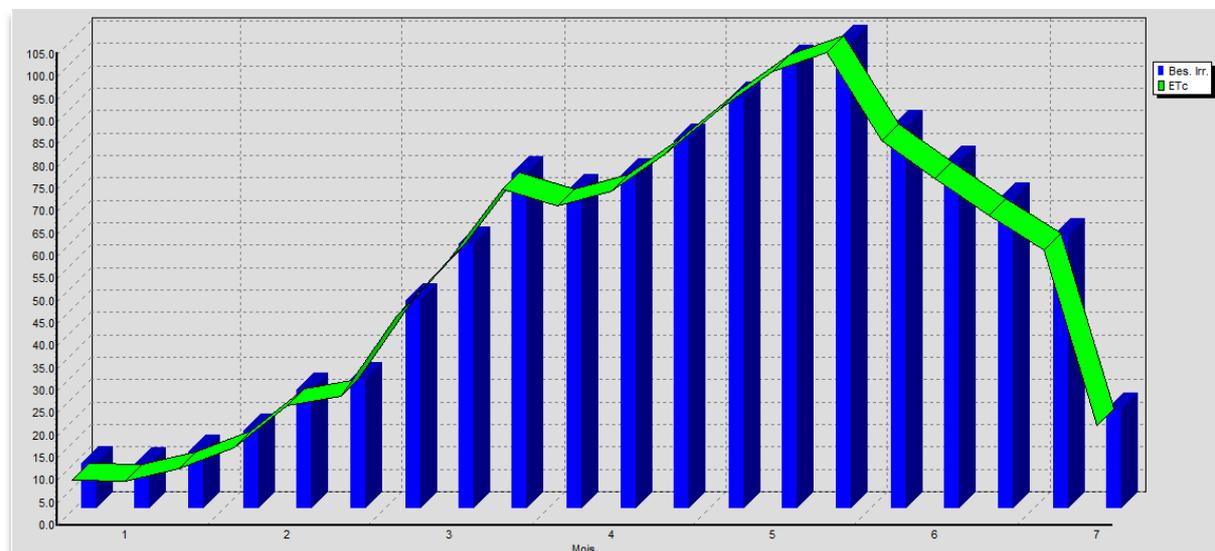


Figure IV.4 : Histogramme du besoin d'eau du Cotton (CROPWAT)

Dose d'irrigation du Tournesol :

Le tableau Tableau IV-montre les résultats de calcul des besoins en eau (Avec CROPWAT 8.0

Tableau IV.7 : dose d'irrigation du Tournesol :

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Avr	2	Init	0.35	2.13	12.8	0.2	12.6
Avr	3	Init	0.35	2.36	23.6	0.7	22.9
Mai	1	Crois	0.35	2.66	26.6	1.3	25.3
Mai	2	Crois	0.50	4.15	41.5	1.8	39.7
Mai	3	Crois	0.75	6.19	68.1	1.3	66.8
Jui	1	Crois	1.00	8.16	81.6	0.6	81.0
Jui	2	Mi-sais	1.17	9.63	96.3	0.2	96.0
Jui	3	Mi-sais	1.17	9.82	98.2	0.3	97.9
Jui	1	Mi-sais	1.17	10.03	100.3	0.3	100.0
Jui	2	Mi-sais	1.17	10.21	102.1	0.3	101.8
Jui	3	Arr-sais	1.16	9.65	106.1	0.2	105.9
Aoû	1	Arr-sais	0.89	7.12	71.2	0.1	71.0
Aoû	2	Arr-sais	0.56	4.32	43.2	0.1	43.1
Aoû	3	Arr-sais	0.37	2.71	5.4	0.0	5.4

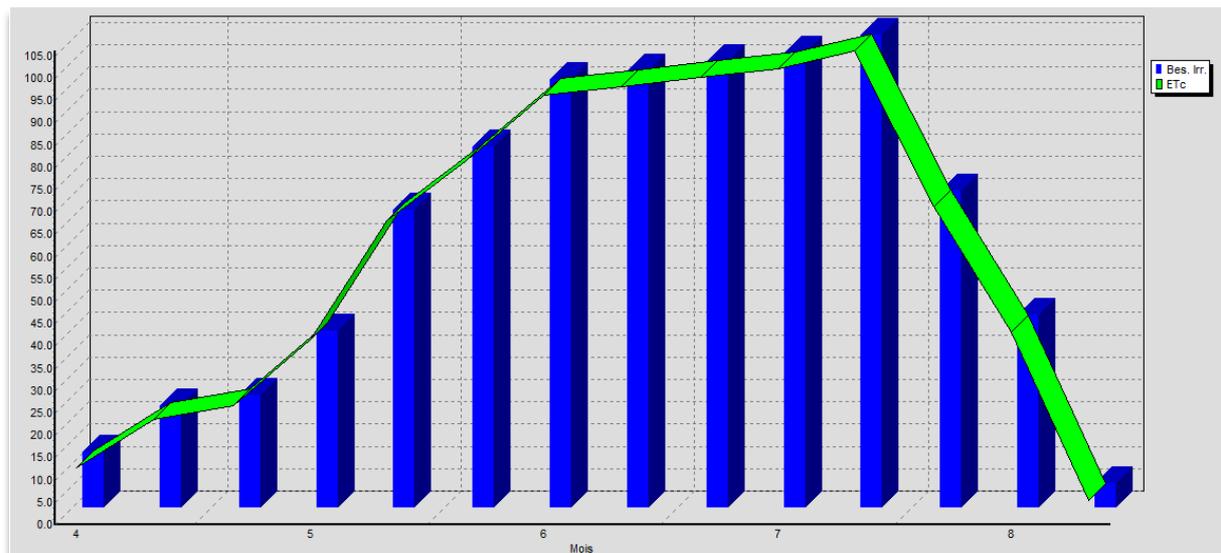


Figure IV.5 : Histogramme du besoin d'eau du Tournesol (CROPWAT)

IV.7 Besoin en eau pour lessivage :

Le lessivage est une pratique qui consiste à appliquer des doses d'eau supplémentaires, en dehors des besoins en eau des plantes, cela, afin d'entraîner tout ou une partie des sels dissout dans le sol en profondeur, hors de la zone racinaire des cultures.

Il permet le maintien de la salinité du sol à un seuil souhaité. Un lessivage ne peut être efficace que s'il est accompagné d'un drainage, surtout en présence de la nappe phréatique

IV.7.1. Le rôle du lessivage

En culture irriguée, l'objectif de lessivage du sol est d'éliminer les sels qui se sont accumulés sous l'effet de l'évapotranspiration dans la partie du sol exploitée par les racines (sels préexistants ou apportés par les eaux d'irrigation) Le lessivage implique donc :

- La connaissance de la dose (excès) d'eau à apporter pour abaisser la salinité à un niveau satisfaisant.
- Les conditions de drainage interne suffisantes pour permettre l'évacuation des sels en excès hors de la zone racinaire ou au minimum de leur maintien à une profondeur telle qu'ils soient sans effets sur la culture

IV.7.2 Notions du bilan salin dans un sol :

Le bilan salin dans le sol permet d'évaluer la quantité des sels stockés au bout d'un certain nombre d'irrigation, il s'écrit sous l'expression :

$$\Delta S = I_w \times C_i - D_w \times C_d + S_a + S_s + S_p + S_e$$

- ΔS : La variation du stock de sels dans le sol.
- I_w : Le volume d'eau d'irrigation .
- C_i : La concentration en sels de l'eau d'irrigation.
- C_d : Concentration en sels de l'eau de drainage.
- S_a : La quantité de sels apportés par les engrais ou amendement.
- S_p : La quantité de sels mise en solution par l'eau traversant le sol.
- S_e : La quantité de sels consommés par les plantes.

L'idéal serait de parvenir à un modelé où ΔS serait égale à zéro, c'est-à-dire supposé.

$$S_a + S_s + S_p + S_e = 0$$

IV.7.3 : Besoin mensuels total des eau des cultures avant lessivage :

Tableau IV.7.1 : Récapitule les besoins en eau des cultures projetées sans lessivage :

Mois /culture	Tomate	Pastèque	Cotton	Tournesol	Besoin total mm/mois
J	-	-	32,4	-	32,4
F	-	-	72,7	-	72,7
M	96,8	82,5	180,3	-	359,6
A	155,7	158,7	227,2	35,5	577,1
M	283,8	262,8	295,2	131,8	973,6
J	287,2	220,4	231,3	274,9	1013,8
J	186,3	-	61	307,3	554,6
A	-	-	-	119,5	119,5
S	-	-	-	-	-
O	-	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-

IV.7.3 Périodes et méthodes de lessivage des sols :

Dans les zones humides où les précipitations sont abondantes, le problème de lessivage ne se pose pas, car il se fait naturellement. Cependant dans les zones arides ou semi-arides, les doses de lessivage doivent être apportées comme doses d'irrigation. Il est important de signaler qu'avec les systèmes d'irrigation à faible efficacité, les pertes d'eau par percolation peuvent souvent suffire à lessiver les sels du sol. Il existe deux formes de lessivage, selon la manière d'apporter les doses.

Dans les sols salés, il faut non seulement couvrir les besoins d'évapotranspiration de la culture et les besoins d'humectation et d'évaporation du sol avec une quantité d'eau, mais il faut ajouter une quantité supplémentaire pour dissoudre les sels solubles, et qui seront évacués en dehors de la zone racinaire par un réseau de drainage. On appelle la quantité supplémentaire la dose de lessivage.

Cette méthode de lutte contre la salinité a pour but de limiter l'extension des terres salées, de récupérer les sols, ainsi d'améliorer les rendements des cultures. Les besoins en eau pour le lessivage seront évalués à 20% des besoins bruts d'irrigation. Le lessivage est envisagé lorsque

Les besoins en eau pour le lessivage seront évalués à 20 % des besoins bruts d'irrigation, le lessivage est envisagé lorsque :

- L'eau d'irrigation est salée $C_{ew} > 1,5 \text{ ds/cm}$
- Le sol a une tendance saline $C_{es} > 4 \frac{\text{ds}}{\text{cm}}$

On distingue deux types de lessivage :

- Lessivage capital (ou initial) consiste à ramener une grande quantité d'eau pour lessiver le sol
- Lessivage continu (ou lessivage d'entretien) contrairement à celui capital, ce type consiste à ramener de l'eau sous forme de doses supplémentaires avec ceux d'irrigation et ce type de lessivage là qu'on va utiliser dans notre projet.

La formule la plus simple pour l'estimation de la fraction de lessivage d'entretien serait:

$$Lr = \frac{Dw}{Iw} = \frac{Ci}{Cd} = \frac{Ceiw}{Cedw}$$

Ainsi, plusieurs auteurs ont travaillé sur la détermination de la fraction de lessivage par des formules empiriques, qui dépendent essentiellement ; de la salinité de l'eau d'irrigation, de la salinité de sol que l'on voudrait obtenir et de la tolérance des plantes aux sels. En 1972 Mr Rhodes a présenté la formule, qui permet l'appréciation de la fraction de lessivage d'entretien d'une manière plus raisonnable

IV.7.4 Calcul des doses de lessivage :

➤ On utilisons la formule de RHOADS (Leaching requirent)

$$V = \frac{ETM \times LR}{1 - Lr}$$

$$Lr = \frac{Ceiw}{5Ces - Ceiw}$$

Avec :

- I_w : Volume de lessivage , compris la dose d'arrosage
- B_{net} : Besoin en eau des culture avant lessivage
- Lr : Fraction lessivante
- C_{eiw} : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation = 2,16 ds/cm
- C_{es} : Conductivité électrique de l'extrait de pate saturé du sol = 2,60 ds/cm

LR	0,20
-----------	-------------

On a résumé le calcul de la dose de lessivage des cultures dans les tableaux ci-dessous :

Tableau IV.7.2 : Calcul de la dose de lessivage :

MOIS	TOMATE	PASTEQUE	COTTON	TOURNESOL
J	-	-	8,1	-
F	-	-	18,175	-
M	24,2	20,625	45,075	-
A	38,925	39,675	56,8	8,875
M	70,95	65,7	73,8	32,95
J	71,8	55,1	57,825	68,725
JUI	46,575	-	15,25	76,825
A	-	-	8,1	29,875
S	-	-	-	-
O	-	-	-	-
N	-	-	-	-
D	-	-	-	-

IV.7.5 : Besoin mensuels total des eau des cultures apres lessivage :

Tableau IV.7.1 : Récapitule les besoins en eau des cultures projetées avec lessivage :

Mois /culture	Tomate	Pastèque	Cotton	Tournesol	Besoin total `mm/mois
J			40,5		40,5
F			90,875		90,875
M	121	103,125	225,375		449,5
A	194,625	198,375	284	44,375	721,375
M	354,75	328,5	369	164,75	1217
J	359	275,5	289,125	343,625	1267,25
J	232,875		76,25	384,125	693,25
A			40,5	149,375	149,375
S					
O					
N					
D					

D’après le tableau la culture la plus exigeante c’est la tournesol avec un besoin de pointe en juillet de **384,125** mm/mois et le mois de point est bien est le juin avec une somme de besoin égale a **978,125** mm/mois .

IV.8 Efficience de l’irrigation :

Les besoins bruts du périmètre, dépendent de l’efficacité de l’irrigation, c’est à dire des pertes d’eau qui se produisent à partir du point du captage, jusqu’à la satisfaction des besoins du rapport plante/sol. L’efficacité d’un réseau d’irrigation est définie par le rapport entre le besoin d’eau strictement nécessaire à la culture et le volume d’eau à introduire dans ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d’éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s’avéraient rares.

La formule communément employée pour l’estimation de l’efficacité d’un réseau d’irrigation, est donnée par l’expression :

$$Ei = Et \times Ea$$

Certains auteurs font une distinction ultérieure, tel que la formule :

$$Ea = Ed \times Eu$$

Avec :

- Ed: Efficience de type de distribution en %.
- Eu: Efficience de l'uniformité de la distribution en %.

La thématique développée ci-après se base sur la formule:

$$Ea = Ed \times Eu \times Et$$

IV.8.1 Efficience de transport Et :

On entend par transport, le trajet parcouru par l'eau du point de prélèvement (barrages, réservoirs, puits, etc...), au point de livraison à la parcelle (borne ou prise), qui peuvent être de nature diverses et avoir une incidence plus au moins forte en fonction des caractéristiques de l'adduction.

IV.8.2 Efficience de distribution Ed :

L' Efficience de la distribution de l'eau à la parcelle, varie très sensiblement en fonction des modalités de la desserte adoptée, qui peuvent se grouper en cinq grandes catégories :

- Irrigation par submersion.
- Irrigation par ruissellement.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée
- Irrigation souterraine.

IV.8.3 Efficience de l'uniformité :

Elle est indépendamment liée à la méthode de distribution adoptée. C'est la livraison égale, par une quantité d'eau optimale en tout point de la superficie irriguée, ce qui se produit très rarement. Pour assurer une bonne répartition, il faudra apporter un volume supérieur, dont l'excédent par rapport à la quantité nécessaire, se traduit par une perte.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent dans ces conditions. En se basant sur le mode d'irrigation et les cultures envisagées.

IV.9 Calcul des débit caractéristiques :

le débit maximum journalier c'est le débit caractéristique, il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \times S$$

Avec :

- q_s : Débit spécifique de mois de point en (l/s/ha)
- S : la superficie totales à irriguer
- besoin de point du culture et de Tournesol avec une point de **384,125** mm/mois

A partir du calcul des besoins en eau on peut déterminer le débit spécifique (mois de pointe) qui se calcule par la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{T \times t \times 3600 \times E_i} \text{ (l/s/ha)}$$

Avec :

- B_{net} : Besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- t : Nombre des heurs d'irrigation = 24 h
- T : Nombre de jours du mois de point = 31 jours
- E_i : Efficiencie d'irrigation = 90%

Débit spécifique	1,49 l/s/ha
Débit caractéristiques	0,745 m³/s

Alors notre débit de consommation journalier est :

$Q_j = 64,368 \text{ m}^3 / j$

Les débit spécifique des autres cultures Sont :

- q_s *Cotton* = 1.46 l/s/ha.
- q_s *Tomate* = 1,48 l/s/ha.
- q_s *Pastèque* = 1,36 l/s/ha.
- q_s : *Tournesol* = 1,49 l/s/ha.

Le débit Spécifique doit être inferieur à 1,5 l/s/ha pour notre cas **Débit Spécifique de Blé** est idéal Pour éviter le surdimensionnement

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 à cause des contraintes agricoles et agronomiques. Ainsi on a calculé la dose de lessivage et les besoins en eau totaux du périmètre et estimé le débit spécifique de consommation journalier.

CHAPITRE V
TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

CHAPITRE V TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

INTRODUCTION :

Le choix du mode d'irrigation dépend de certains facteurs techniques et sociologiques englobent le type de culture ,le type de sol , la structure parcellaire, la topographie et qualité d'eau.

Les facteurs sociologiques incluent la structure des exploitations, les coûts d'investissements , les frais de fonctionnement et d'entretien et les besoins en main d'œuvre
La disponibilité en matériel sur marché national est un autre facteur important en ce qui concerne le choix de la méthode d'irrigation.

V.1 Différentes techniques d'arrosages :

Suivant la manière dont l'eau est amenée sur le terrain et distribuée , on distingue habituellement trois grands modes d'arrosage :

- **Irrigation gravitaire** ou l'on fait couler l'eau , par gravité sur la parcelle dans laquelle elle s'infiltré ,ou bien l'on amène l'eau dans des bassins submergés ou se font les cultures.
- **Irrigation par aspersion** dans laquelle l'eau est envoyée sur la parcelle par des asperseurs sous forme d'une pluie artificielle.
- **Irrigation localisées ou micro irrigation** appelée aussi irrigation goutte a goutte ou l'eau est distribuée par de nombreux goutteurs ayant chacun un débit très faible mais fonctionnant longtemps

V.1.1 Mode d'arrosage :

V.1.1.1 L'irrigation gravitaire :

regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurées grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité)

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration (Robert Tiercelin, 1998).

- **L'irrigation par ruissellement** : Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.
- **L'arrosage par infiltration (à la raie)** : C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.
- **L'arrosage par submersion** : Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre une réserve d'eau indispensable au développement des cultures.

CHAPITRE V TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

V.1.1.2 Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :

a) Avantages :

- ✓ Coût d'investissement relativement faible.
- ✓ Besoins en énergie faibles ou nul.
- ✓ Insensible au vent.
- ✓ Bonne adaptation aux eaux usées.
- ✓ Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

b) Inconvénients :

- ✓ Perte importantes d'eau.
- ✓ Temps d'irrigation important.
- ✓ Nécessité de nivellement du terrain.
- ✓ Main d'œuvre importante.

V.1.1.3 L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion projette l'eau et tombe à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes. C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou de buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fines gouttes à la surface du sol.

V.1.1.4 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

a) Avantage :

- ✓ Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation
- ✓ elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie
- ✓ elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation
- ✓ elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée
- ✓ Elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souples
- ✓ Possibilité d'automatisation
- ✓ Bonne adaptation à tous les types de sol.

b) Inconvénients :

- ✓ Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication ;
- ✓ Elle favorise l'évaporation et le développement des mauvaises herbes
- ✓ L'eau donnée en pluie passe le sol et provoque la formation d'une croûte superficielle.

CHAPITRE V TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

V.1.1.4 .1 Différentes installations à la parcelle :

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

- L'installation totalement fixe,
- L'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixe, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixes de façon, permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

V.1.1.4.2 Couverture totale et couverture intégrale :

Dans la couverture totale, qui est le dispositif le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés.

Dans le cas d'une couverture totale la parcelle à arroser est entièrement couverte par des conduites et des arroseurs à poste fixé, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

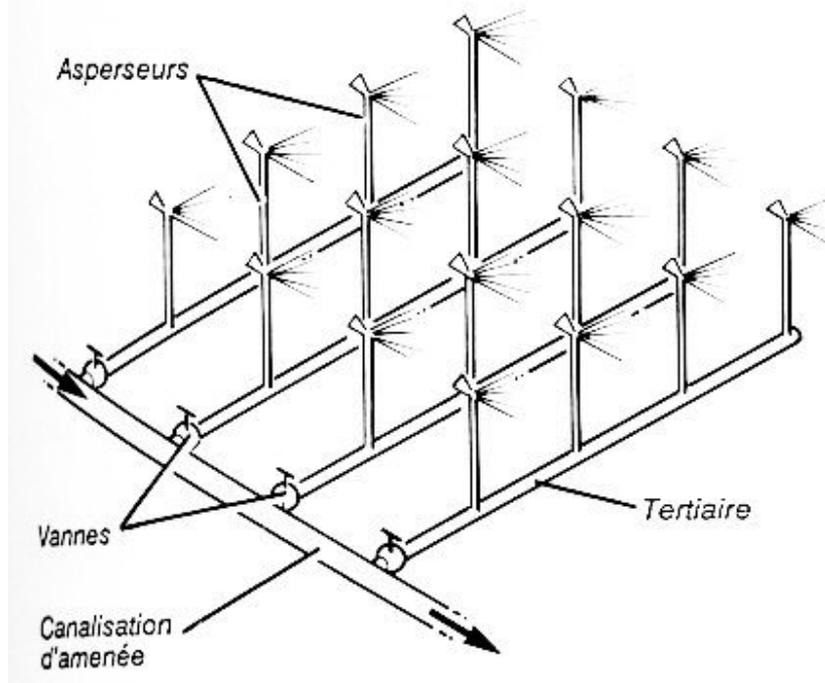


Figure V.1 Irrigation par aspersion

CHAPITRE V TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

V.1.1.4 Irrigation localisée :

La micro irrigation ou « irrigation localisé », appelée aussi goutte à goutte consiste à distribuer l'eau par un réseau de canalisations sous faible pression, apportant l'eau à un voisinage immédiat des plantes cultivées.

pratiquée pendant longtemps dans les jardins sous la forme de rampes perforées. Elle a commencé à être développée en agriculture, au début des années 60. Comme on se contente d'humecter la motte entourant chaque groupe de racines, cette méthode peut permettre de réduire la consommation d'eau de 20% (en moyenne) à 40% (au mieux) par rapport à l'aspersion. Le réseau très dense de tuyaux doit être alimenté en eau sous pression, d'où la nécessité de disposer d'une source d'énergie extérieure pas trop onéreuse. Les sols sont bien respectés. Comme l'eau n'atteint pas les feuilles, on peut y dissoudre des engrais solubles. La méthode s'adapte bien à l'arboriculture fruitière, à l'arrosage des plantes dont les pieds sont bien individualisés et suffisamment écartés, à la petite et moyenne horticulture, aux cultures sous serre. Elle est, en général, inutilisable en grande culture du fait de la densité de distribution nécessaire et de la gêne aux opérations culturales.

V.1.1.5 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte :

a) Avantages :

- ✓ Économie d'eau très importante
- ✓ Économie de main d'œuvres (système fixe)
- ✓ La non sensibilité aux vents forts
- ✓ Elle permet un dosage régulier en engrais.
- ✓ L'humidité au voisinage des racines reste élevés

b) Inconvénients :

- ✓ Risque d'obstruction goutteurs
- ✓ Risque de salinisation
- ✓ Nécessite une main d'œuvre qualifiée
- ✓ Coût élevé

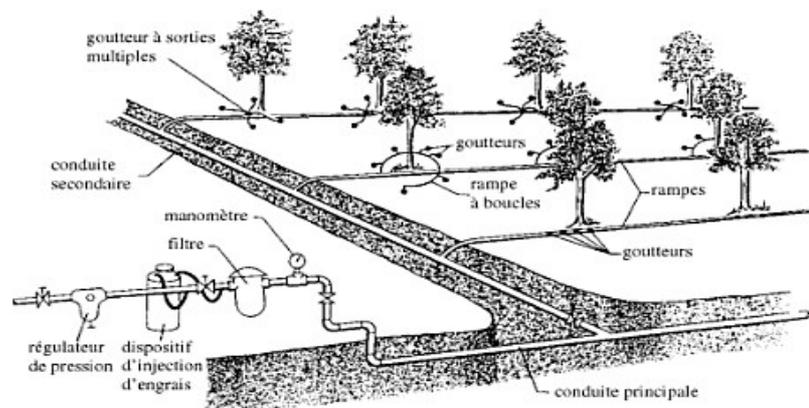


Figure V.2 : Irrigation goutte a goutte

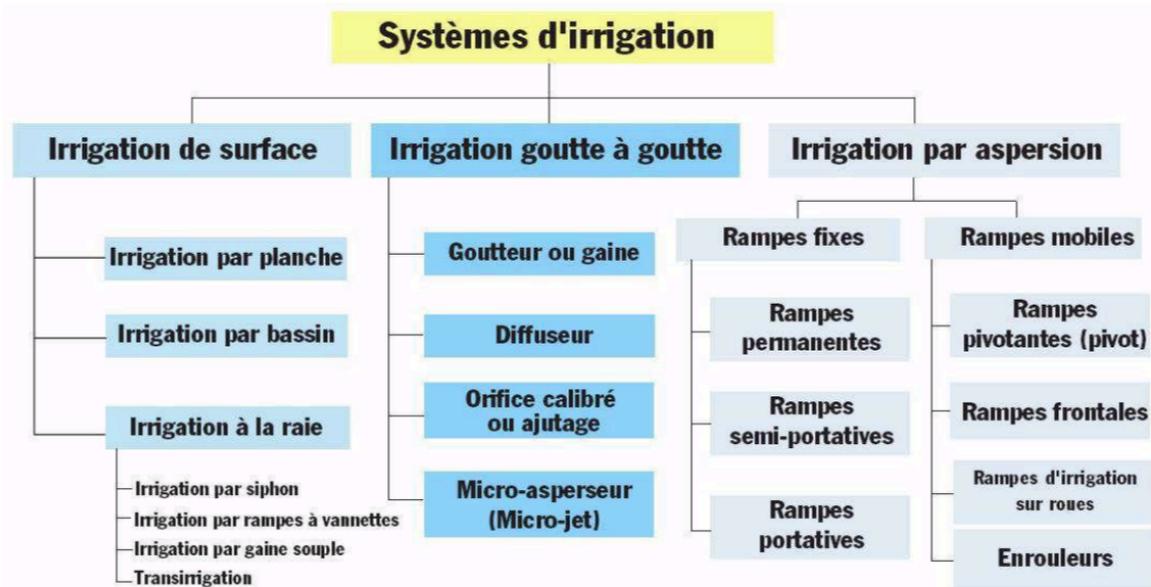


Figure V.3 : Systèmes d'irrigation.(AQUAG à Marrakech).

V.2 Contraintes intervenant dans le choix de la technique d'irrigation :

Le choix de la technique d'irrigation parmi celles citées précédemment se fait sur la base de l'analyse des différents modes d'irrigation et leur adaptation à certaines contraintes naturelles, agronomiques, techniques et socio-économiques. Le choix de la technique d'arrosage dépend notamment des caractéristiques du terrain à équiper (topographie, pédologie, géologie) des critères d'efficacité (tant en termes agronomiques que du point de vue de la gestion de la ressource en eau) et de critères socio-économiques (cout de main-d'œuvre. investissements initiaux, frais d'exploitation et d'entretien, degré de technicité, confort d'utilisation, risques d'extension de maladies hydrique, etc.)

- **Topographie** : Alors que les systèmes d'irrigation sous pression (aspersion et irrigation localisée) s'accommodent de pratiquement tous les terrains, quelle que soit leur topographie ou leur conductivité hydraulique, une topographie mouvementée constitue un inconvénient majeur pour une irrigation gravitaire en raison des aménagements importants qui sont alors nécessaires, tant au niveau des parcelles que pour la réalisation du réseau d'amenée.
- **Efficience** : Définie par le rapport des volumes d'eau effectivement utilisés par les plantes aux volumes d'eau délivrés en tête de réseau d'irrigation exprime la qualité de la gestion de la ressource hydrique .des pertes en eau peuvent en effet se produire tant au niveau de la distribution à la parcelle que dans le réseau d'amenée.
 - Les systèmes gravitaires sont les moins performants, puisque des pertes ; par fois importantes peuvent survenir tant par infiltration à travers le fond et les berges des canaux, que par excès de ruissellement superficiel et par percolation profonde lors de l'arrosage, ou par évacuation des débits en excédent par les ouvrages de décharge.
 - Efficience est autant plus faible que les sols perméables avec des valeurs indicatives se situant généralement entre 40% (sols sableux) et de 60% à

CHAPITRE V TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

70%(sols à granulométrie étalée). Pratiquement, l'efficacité réelle des réseaux gravitaires est fréquemment bien en-dessous de ces valeurs.

- Lorsque le transport de l'eau s'effectue par des conduites en charge, les pertes se limitent à de possibles fuites ou ruptures de canalisations et à leur vidange. En aspersion, des pertes par évaporation directe sont inévitables, mais la distribution de l'eau s'effectue de manière plus efficace qu'en irrigation gravitaires, si bien que l'efficacité atteint généralement des valeurs comprises 65% à 85 %.
- En irrigation localisée, les pertes par évaporation directe sont réduites et les pertes par ruissellement superficiel ou percolation profonde négligeables des valeurs comprises entre 85% et 95 %
- **Stress hydraulique** : L'irrigation localisée présente de maintenir l'humidité du sol à une valeur optimale (contrairement aux techniques traditionnelles qui voient la teneur en eau diminuer notablement entre chaque arrosage), si bien que les plantes ne subissent aucun stress hydraulique et peuvent consacrer toutes leurs ressources à leur croissance.
- **Aspects économiques** : L'irrigation gravitaires, qui implique la réalisation de travaux importants, s'avère très favorable lorsque le coût de la main d'œuvre est modéré selon le mode de fonctionnement retenu (distribution à la demande Par rotation) , la régulation des débits peut faire appel à des équipements automatiques sophistiqués et coûteux ou, au contraire, être assurée par personnel nombreux.
- Dans le cas des systèmes d'aspersion ou d'irrigation localisée, le coût des installations est important. Les frais d'exploitation peuvent être élevés lorsque la mise en pression s'effectue par pompage ; en irrigation localisée les pressions de service (fréquemment entre 100 et 300 KPa) sont toutefois souvent notablement plus faibles qu'en aspersion de (100 à 800 KPa) ou lorsque des équipements mobiles , nécessitant beaucoup de main-d'œuvre. Sont utilisés.

D'autres éléments, plus spécifiques, peuvent également jouer un rôle important :

- **En irrigation gravitaire** : l'emprise du réseau lui-même et des infrastructures associées (colatures, etc.)
- **Dans le cas de l'aspersion** : la possibilité de lutte contre le gel ,une forte sensibilité au vent, des dommages possibles aux plantes à feuillage délicat, le développement éventuel de maladies sur certaines cultures.
- **En irrigation localisée** : le risque d'obstruction des équipements de distribution caractérisés par de très faibles diamètres (d'où la nécessité d'une filtration préalable de l'eau), la possibilité d'adjonction de fertilisants ou de produits phytosanitaires à l'eau d'arrosage et une sensibilité réduite à l'utilisation d'eau salée(le taux d'humidité constamment élevé occasionne des concentrations plus faibles et les sels sont entraînés vers périphérie des zones humectées).

En outre, comme seule la fraction du sol située au voisinage immédiat de la plante est arrosée dans les zones situées entre les rangs des cultures espacées restent sèches, ce qui limite le développement des mauvaises herbes et permet l'accès aux champs même en période d'irrigation.

CHAPITRE V TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

V.3.Choix de la technique d'arrosage :

Tableau V.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.

Contraintes	Irrigation gravitaire	Irrigation par Aspersion	Irrigation Localisée
Évaporation	+	++	+++
Vent	+++	+	+++
Texture	++	++	+++
Perméabilité	++	+++	+++
Pente	+	++	+++
Qualité d'eau	++	++	+
Cultures :			
• Maraichage	+++	+++	+++
• Céréales	X	+++	X
• Arbres	+++	X	+++
Contraintes économiques:			
• économie d'eau	X	++	+++

+++ : Très Adapté. ++ : Adapté. + : Adapté avec réserve X : inadéquat ou déconseillé

CHAPITRE V TECHNIQUE D'IRRIGATION UTILISEES

Conclusion :

En vue des conditions climatiques de la zone d'étude, le type de substrat et des préférences écologiques (intervalles écologiques des cultures disponibles, et les quantités d'eau disponible) et compte tenu des critères détaillés dans le tableau précédent, on opte pour le système d'irrigation par goutte à goutte, ce systèmes présentent la meilleure efficacité en eau, indispensable dans une zone aride (wilaya Adrar) et permettent de meilleurs rendements des cultures.

CHAPITRE VI

Étude du système d'adduction et de distribution

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

VI.1 INTROCUCTION :

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.

Le système d'adduction est la première tâche à laquelle doit se préoccuper l'ingénieur, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

VI.2 Alimentation en eau du périmètre :

Le périmètre dont la superficie est de 500 Ha, sera irrigué à partir Des Forages. La capacité réelle des puits déjà réalisés nous donne un débit d'eau disponible pour l'irrigation d'entre 45 et 50 l/s pour chaque puits. On besoin alors de 15 forage pour fournir l'eau nécessaire. **Avec un rayon d'influence de chaque puits égale a 250m**

VI.3 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.

VI.3.1 Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

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.

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

VI.3.2 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 VI.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 $\Phi 150$

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

$$Q_b = q_s \cdot S_i$$

Avec :

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

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

Tableau VI.2: Calcul des débits des ilots

Secteur	Ilots	S(ha)	Parcelle	S(ha)	Q	Qb(l/s)	Secteur	Ilots	S(ha)	Parcelle	S(ha)	Q(l/s)	Qb(l/s)
S1	I1	20.8	P1	5,2	7,748	30,992	S3	I13	20.8	P49	5,2	7,748	30,992
			P2	5,2	7,748					P50	5,2	7,748	
			P3	5,2	7,748					P51	5,2	7,748	
			P4	5,2	7,748					P52	5,2	7,748	
	I2	20.8	P5	5,2	7,748	30,992		I14	20.8	P53	5,2	7,748	30,992
			P6	5,2	7,748					P54	5,2	7,748	
			P7	5,2	7,748					P55	5,2	7,748	
			P8	5,2	7,748					P56	5,2	7,748	
	I3	20.8	P9	5,2	7,748	30,992		I15	20.8	P57	5,2	7,748	30,992
			P10	5,2	7,748					P58	5,2	7,748	
			P11	5,2	7,748					P59	5,2	7,748	
			P12	5,2	7,748					P60	5,2	7,748	
	I4	20.8	P13	5,2	7,748	30,992		I16	20.8	P61	5,2	7,748	30,992
			P14	5,2	7,748					P62	5,2	7,748	
			P15	5,2	7,748					P63	5,2	7,748	
			P16	5,2	7,748					P64	5,2	7,748	
	I5	20.8	P17	5,2	7,748	30,992		I17	20.8	P65	5,2	7,748	30,992
			P18	5,2	7,748					P66	5,2	7,748	
			P19	5,2	7,748					P67	5,2	7,748	
			P20	5,2	7,748					P68	5,2	7,748	
I6	20.8	P21	5,2	7,748	30,992	I18	20.8	P69	5,2	7,748	30,992		
		P22	5,2	7,748				P70	5,2	7,748			
		P23	5,2	7,748				P71	5,2	7,748			
		P24	5,2	7,748				P72	5,2	7,748			
S2	I7	20.8	P25	5,2	7,748	30,992	S4	I19	20.8	P73	5,2	7,748	30,992
			P26	5,2	7,748					P74	5,2	7,748	
			P27	5,2	7,748					P75	5,2	7,748	
			P28	5,2	7,748					P76	5,2	7,748	
	I8	20.8	P29	5,2	7,748	30,992	I20	20.8	P77	5,2	7,748	30,992	
			P30	5,2	7,748				P78	5,2	7,748		
			P31	5,2	7,748				P79	5,2	7,748		
			P32	5,2	7,748				P80	5,2	7,748		
	I9	20.8	P33	5,2	7,748	30,992	I21	20.8	P81	5,2	7,748	30,992	
			P34	5,2	7,748				P82	5,2	7,748		
			P35	5,2	7,748				P83	5,2	7,748		
			P36	5,2	7,748				P84	5,2	7,748		
	I10	20.8	P37	5,2	7,748	30,992	I22	20.8	P85	5,2	7,748	30,992	
			P38	5,2	7,748				P86	5,2	7,748		
			P39	5,2	7,748				P87	5,2	7,748		

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

		P40	5,2	7,748				P88	5,2	7,748		
	I11	20.8	P41	5,2	7,748	30,992	I23	20.8	P89	5,2	7,748	30,992
		P42	5,2	7,748	P90			5,2	7,748			
		P43	5,2	7,748	P91			5,2	7,748			
		P44	5,2	7,748	P92			5,2	7,748			
	I12	20.8	P45	5,2	7,748	30,992	I24	20.8	P93	5,2	7,748	30,992
		P46	5,2	7,748	P94			5,2	7,748			
		P47	5,2	7,748	P95			5,2	7,748			
		P48	5,2	7,748	P96			5,2	7,748			

$$S1=S2=S3=S4=125 \text{ ha } (20,8 \times 6)$$

On remarque que le type de Borne et le type B

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

VI.4. 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.

Pour notre cas est de alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage pour garantir les pressions adéquates (généralement à 2 bars) au niveau des bornes.

IV.5. Étude de système de pompage :

On a fait étude de système de pompage pour un seul forage (F15) la même étude pour les autres forage .

IV.5.1. Les pompes :

- **Les turbopompes :** Les pompes axiales, à écoulement radial ; les pompes semi axiales :
- **Les pompes à écoulement radial :** Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croît avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.
- **Les pompes axiales :** Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.
- **Les pompes semi axiales :** Pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes. Les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

IV.5.2. Calculs hydrauliques du système d'adduction :

Pour les besoins des calculs hydrauliques du système d'adduction nous avons les données suivantes:

- niveau maximal d'eau dans le Réservoir315 m
- niveau minimal d'eau dans le Réservoir310 m

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

IV.5.3. Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = H_g + \sum h_p(asp) + \sum h_p(ref) + P_{exh}$$

Avec :

- ✓ H_g : Hauteur géométrique (m) ;
- ✓ $\sum h_p(asp)$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;
- ✓ $\sum h_p(ref)$: 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.

IV.5.3.1. Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$H_{MT} = H_g + \Delta h_p ;$$

Avec :

- ✓ H_{MT} : Hauteur Manométrique Totale en (m)
- ✓ H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_a - h_r$

IV.5.3.2. Calcul des pertes de charge totales :

a) Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = \lambda \frac{Lv^2}{D2g}$$

- ✓ L : longueur du tronçon en (m).
- ✓ V : vitesse moyenne d'écoulements en (m/s).
- ✓ ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m).

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes : $\lambda = (1,14 - 0,86Ln^{\xi/D})^{-2}$

ξ : Rugosité absolue pour la fonte = 0,003 mm

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

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.

$$\Delta H_s = 0,1 \Delta H_l$$

Ou bien :

$$HMT = HT + H_g$$

Avec :

- ✓ Ht : perte de charge totale en m
- ✓ Hg : hauteur de dénivellation (m)

Le diamètre des conduites de refoulement est approché par la loi de Bonin comme suit:

$$D = \sqrt{Q}$$

$$HT = h_s + h_l$$

$$H_s = 10\% h_l$$

$$h_l = 0,001052 \times L \times Q^2 \times D^{4,772}$$

HMT	16,2
------------	-------------

IV.5.3.3. Calcul du diamètre économique :

Le diamètre des conduites de refoulement est approché par la loi de Bonin comme suit:

$$D = \sqrt{Q_{ref}}$$

Avec :

- Q_{ref} : le débit de refoulement en m³/s ;
- D : diamètre de la conduite (m).

Q_{ref}	0,048 m ³ /s
D	220 mm

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

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.

✓ **Puissance absorbée par la pompe :**

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

$$P = \frac{P g Q H M T}{\eta}$$

Avec :

- ✓ η : rendement de la pompe en (%) ($\eta=80\%$)
- ✓ Q : débit refoulé par la pompe en (m^3/s)
- ✓ g : pesanteur ($9.81 m/s^2$) ;
- ✓ ρ : masse volumique de l'eau (kg/ m^3).

➤ **Énergie consommée par la pompe**

$$E = P . t . 365 \text{ [Kwh]}$$

Avec :

- ✓ t : c'est le temps de pompage par jour en (heure) dans notre cas $t=22h$.
- ✓ 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 SONEGAS ($e=4,69DA$).

➤ **Frais d'amortissement :**

Les frais d'amortissement sont donnés comme suit :

$$F_{am} = P_{rc} . A \text{ [DA]}$$

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

Avec : P_{rc} : prix de la conduite en (DA)

A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante : $A = \frac{i}{(1+i)^{n-1}} + i = 0,088$

Tableau VI.3: frais exploitations :

Frais d'exploitation Annuels									
Diamètres (mm)	Longueur (m)	Débit (m ³ /s)	Vitesse (m/s)	Pertes de charge Linéaire unitaire (m/km)	Pertes de charge T DH (m)	HMT	Puissance (KW)	Energie Annuels (KWh)	Prix annuels de l'énergie (DA)
160	500,00	0,05	2,49	2,80	1,54	16,54	11	94758	426 412
200			1,59	2,06	1,13	16,13	11	92427	415 920
250			1,02	1,91	1,05	16,05	10	91954	413 793
315			0,64	1,40	0,77	15,77	10	90347	406 561
400			0,40	0,90	0,50	15,50	10	88771	399 472

Tableau VI.5: frais Amortissement :

Frais d'amortissement				
Diamètres (mm)	Prix unitaire (DA/ml)	Longueur (m)	Prix totale (DA)	Annuité (DA)
160	187	500	93 600	8 314
200	234		117 000	10 393
250	293		146 250	12 991
315	363		181 500	16 122
400	468		234 000	20 786

Tableau VI.6 : Calcul du bilan total.

Bilan					
Diamètres (m)	160	200	250	315	400
Frais d'exploitation Annuels (DA)	426 412	415 920	413 793	406 561	399 472
Frais d'amortissement (DA)	8 314	10 393	12 991	16 122	20 786
Totale (DA)	434 727	426 313	426 784	422 684	420 257

on remarque que le diamètre économique est de 250 mm correspond à une H_{MT} de l'ordre de 16,05 m.

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

VI.6 Choix des pompes et nombre des pompes :

Les Critères du choix du nombre de pompes sont les suivants :

- Nombre minimal de pompes;
- Puissance absorbée minimale;
- (NPSH)_r minimal;
- Meilleur rendement;

Tableau VI.7: Choix de Nombre de pompes.

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
$N_p \leq 4$	1 pompe de secours
$4 < N_p \leq 6$	2 pompes de secours
$N_p \geq 6$	3 pompes de secours

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau IV 8. Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Le Tableau VI.8 : les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Nombre de pompe	Q (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	η %	N (tr/mn)	P _{ab} (kw)	NPSH _r (m)
1	48	16	P96	76,3	2900	9,39	8,5
1	48	16	P9L	75,9	2900	10,1	7,54
1	48	16	P14C	74,3	1450	13	4,43

Après la comparaison entre les caractéristiques des différents nombre de pompe, et pour des raisons technico-économiques, on a choisi la variante(P96) de 1 pompes identiques (+1 pompes de secours) qui portent les caractéristiques suivantes. Voir (ANNEXE 05)

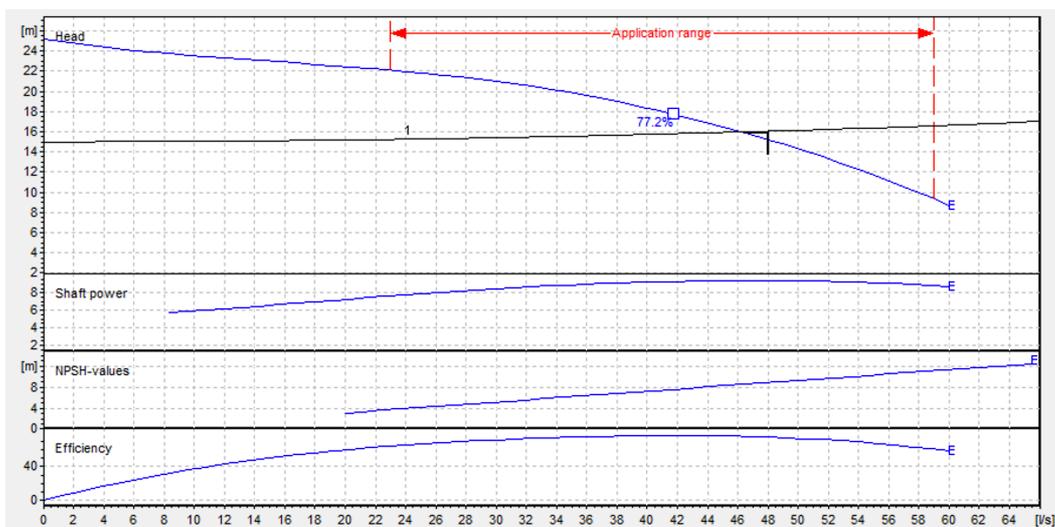


Figure VI.1 : Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

VI.7 Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :

Étant donné la superficie importante, on opte pour un réservoir rectangulaire (ou bassin). Le volume du réservoir est estimé comme suit :

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

Avec:

- V: Volume d'eau d'irrigation (m³).
- Q_C: débit caractéristique (m³/h), Q_C = 2702 m³/h.
- T_{nf}: temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

Volume de réservoir	5402 m ³
On prend un volume	5500 m ³

VI.8 Étude du système d'adduction-distribution :

VI.8.1 Dimensionnement du réseau de distribution :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes. A cause des condition défavorable du terrain on a pas pu vérifier les pression au borne avec une conduite gravitaire de même pour un château d'eau qui il faut ou min 35 m hauteur pour vérifier les pression ce qui est déconseille point de vue technico-économique (il faut une hauteur qui dépasse pas les 25 m) alors on va réaliser une distribution avec pompage 6 pompe en parelle pour vérifier notre pression .

VI.8.2. 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.

VI.8.3 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 la surtout la disponibilité sur le marché.

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

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

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 :

- 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).

VI .8.4. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

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

- ✓ Q : débit exprimé en m³/s,
- ✓ D :diamètre exprimé en mm;
- ✓ V_{ad}: vitesse admissible =1.5 m/s.

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

VI .8.5 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 :

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

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

Le Tableau VI.9 : 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.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD. Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra. L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions, V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B et Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel. ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

Le Tableau VI. 10 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.

N° tronçon	L(m)	L(km)	Surface(ha)	débit (m3/S)	D(mm)	Dn	Mat	V(m/s)	P de charge
R-ST	1130	1,13	500	0,745	795,4221462	800	FONTE	1,482882166	2,016472767
ST-N1	419	0,42	168	0,25032	461,0704797	500	FONTE	1,275515924	2,704049941
N1-R1	899	0,9	84	0,12516	326,0260628	350	FONTE	1,301546861	4,356390839
R1-B1	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R1-B2	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R1-B3	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R1-B4	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
N1-R2	899	0,9	84	0,12516	326,0260628	350	FONTE	1,301546861	4,356390839
R2-B5	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R2-B6	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R2-B7	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R2-B8	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
N1-N2	788	0,78	168	0,25032	461,0704797	500	PEHD	1,275515924	2,704049941
N2-R3	899	0,9	84	0,12516	326,0260628	350	FONTE	1,301546861	4,356390839
R3-B9	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R3-B10	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R3-B11	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R3-B12	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
N2-R4	899	0,9	84	0,12516	326,0260628	350	FONTE	1,301546861	4,356390839
R4-B13	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R4-B14	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R4-B15	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R4-B16	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
N2-N3	766	0,77	168	0,25032	461,0704797	500	PEHD	1,275515924	2,704049941
N3-R5	899	0,9	84	0,12516	326,0260628	350	FONTE	1,301546861	4,356390839
R5-B17	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R5-B18	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R5-B19	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R5-B20	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
N3-R6	899	0,9	84	0,12516	326,0260628	350	FONTE	1,301546861	4,356390839
R6-B21	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R6-B22	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R6-B23	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356
R6-B24	240	0,42	21	0,03129	163,0130314	200	PEHD	0,996496815	5,234245356

VI.9 Vérification par logiciel EPANET

La vérification des pression et des vitesse au niveau des nœud et borne s'est faite à l'aide du logiciel Epanet les résultat affichée comme suite :

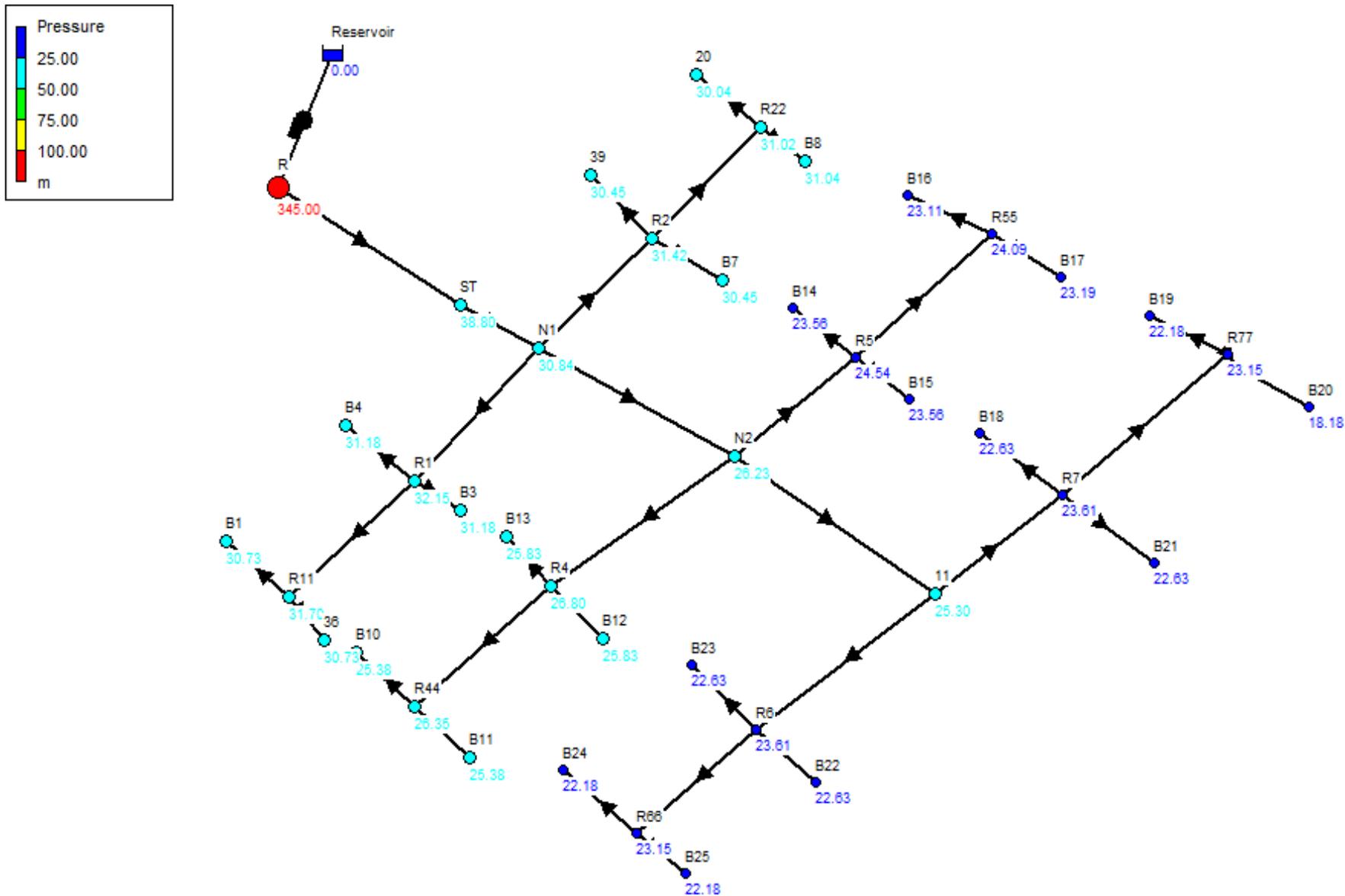


Figure VI.2 : les pression en chaque borne avec EPANET

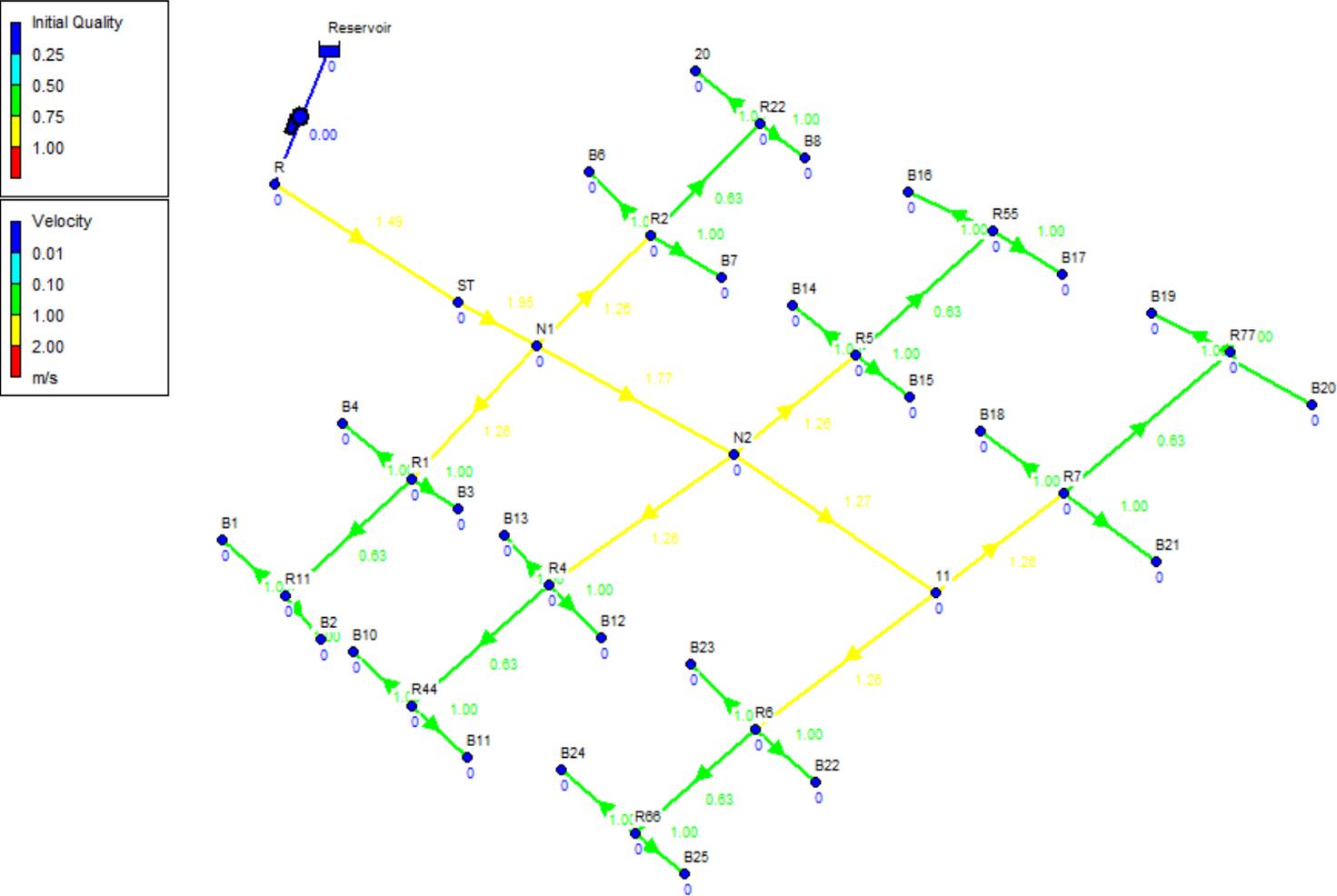


Figure VI.3: les vitesse en chaque conduit avec EPANET

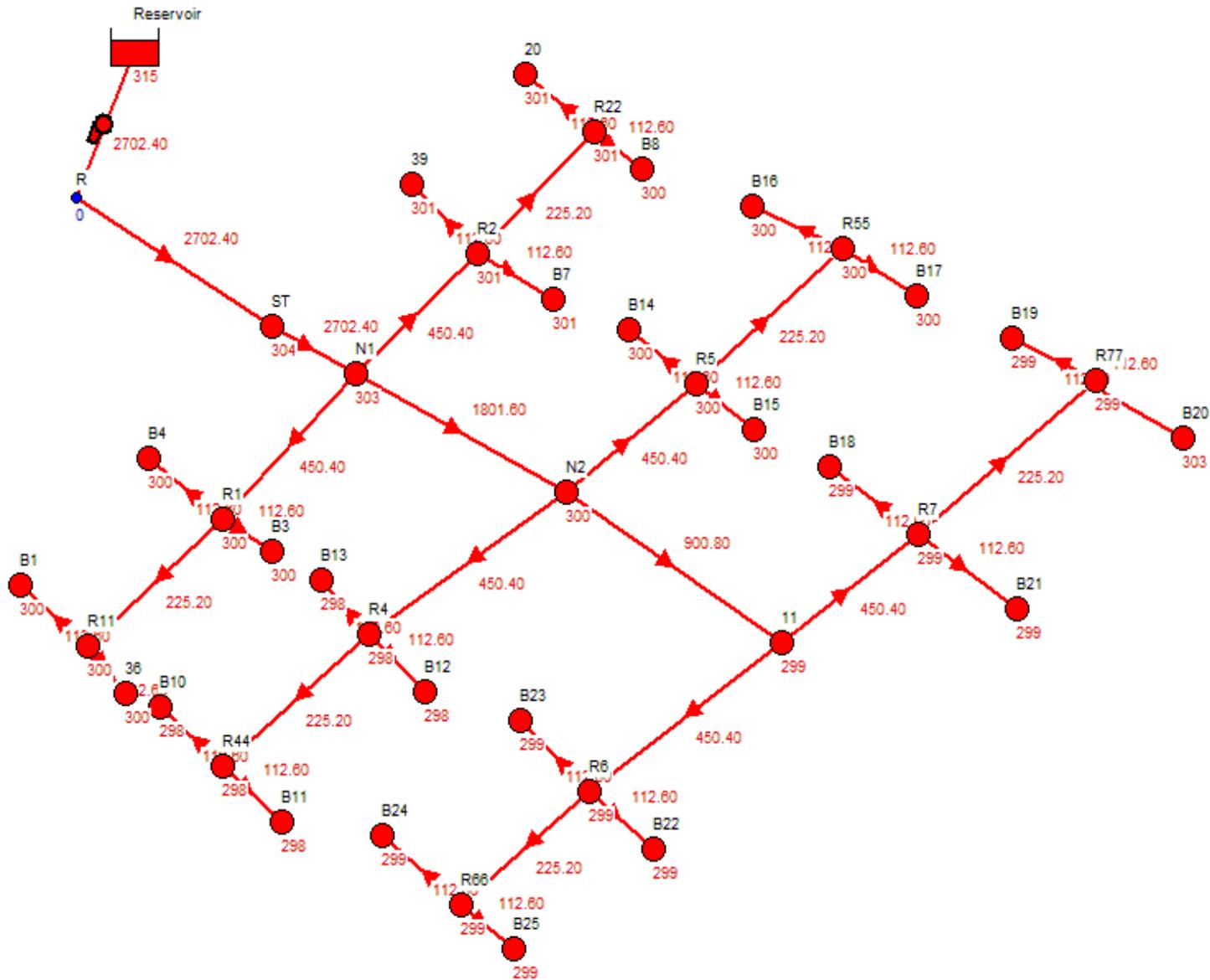
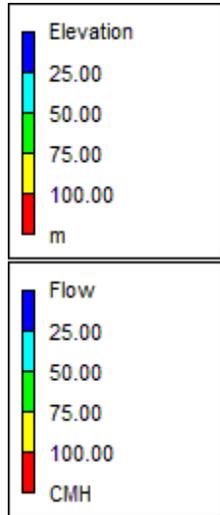


Figure VI.4: Les débits et élévation en chaque borne avec EPANET

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

Le Tableau VI.11 : Calculs hydrauliques des pression

	Pression
Borne	m
B.ST	38.80
N1	30.84
R2	31.42
R22	31.02
R1	32.15
R11	31.70
N2	26.23
R11	25.30
R5	24.54
R55	24.09
R4	26.80
R44	26.35
R6	23.61
R66	23.15
R7	23.61
R77	23.15
B20	30.04
B8	31.04
B16	23.11
B17	23.19
B19	22.18
B20	18.18
B18	22.63
B21	22.63
B23	22.63
B22	22.63
B24	22.18
B25	22.18
B12	25.83
B13	25.83
B10	25.38
B11	25.38
B36	30.73
B1	30.73
B7	30.45
B39	30.45
B4	31.18
B3	31.18
B14	23.56
B15	23.56

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

Pour notre Cas en fait 6 pompe en parallèle qui ont pour but de assure la distribution depuis les réservoir vers les ilots

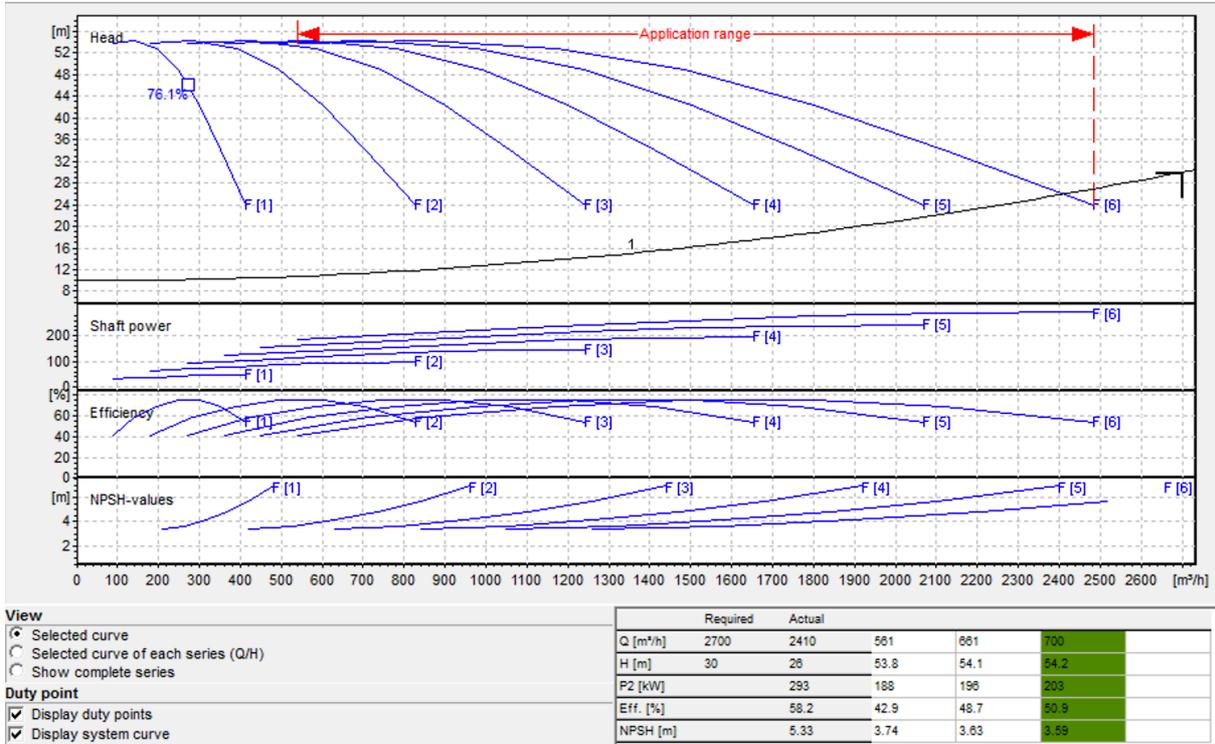


Figure VI.5 : Courbe caractéristique de la pompe.(distrubtion) (CAPRARI)

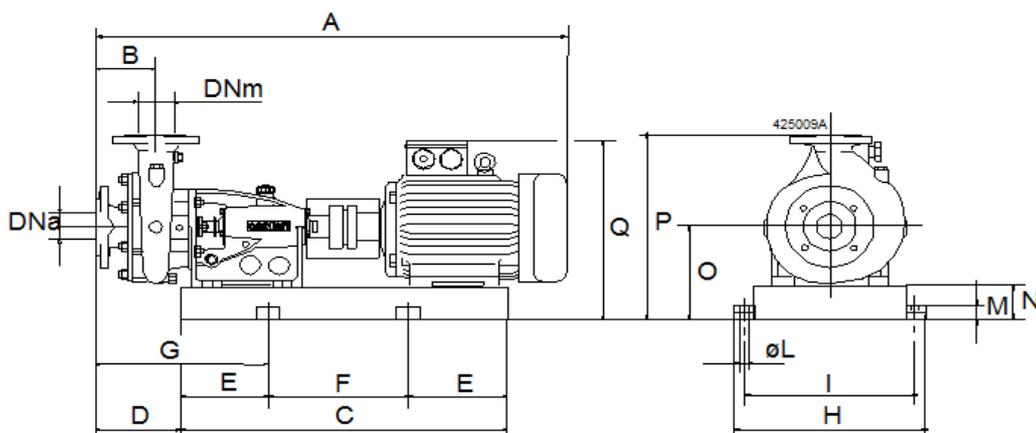


Figure VI.6 : schéma de la pompe.(distrubtion) (CAPRARI)

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

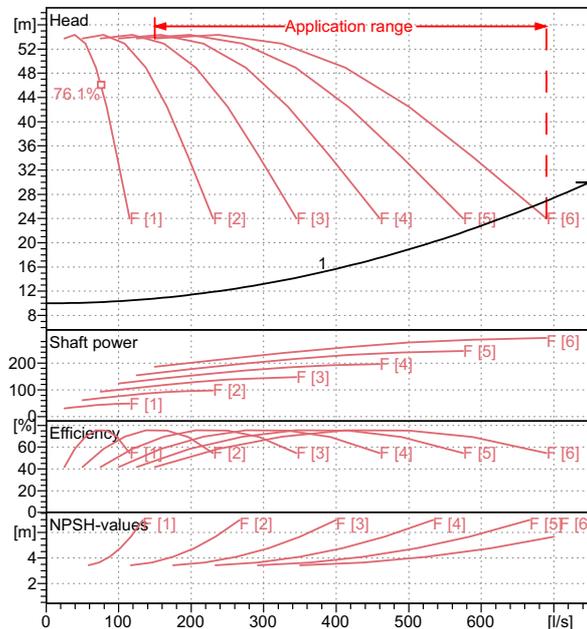


Technical data

COMPANY WITH INTEGRATED
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
= ISO 9001:2000 =
ISO 14001:2004

MEC-AZRBH 2/125F	
Requested data	
Flow	750 l/s
Head	30 m
Fluid	Clean Water
Pumpe type	Single pumps as parallel circuit
No. of pumps	6
Operating pump data	
Flow	112 l/s
Head	26 m
Shaft power	48.8 kW
Efficiency	58.2%
Head H(Q=0)	51.5 m
Discharge connection	DN125/ PN16
Motor data	
Frequency	50 Hz
Rated voltage	400 V
Nominal speed	2950 1/min
Number of poles	2
Rated power P2	55 kW
Rated current	0 A
Motor type	3~
Insulation class	F
Degree of protection	IP 55
Operating limits	
Starts per hour max.	5
Maximum temperature of pumped fluid	90 °C
Maximum content of solid	20 g/m ³
Max. Density	998 kg/m ³
Max. viscosity	1 mm ² /s
General data	
Weight	616 kg

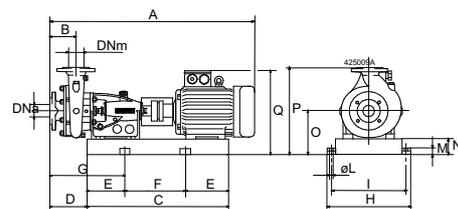
Materials	
Delivery casing	Cast iron
Suction casing	Cast iron
Pedestal	Cast iron
Impeller	Bronze
Shaft	Stainless steel
Shaft bush	Chrome plated steel
Ball bearings	Steel
Stuffing box	Cast iron
Packing	Graphited cord



Operating data ISO 9906-A

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Eff. [%]	NPSH [m]

- DIMENSIONS mm**
- A = 1584
 - B = 155
 - C = 1183
 - D = 217
 - DNa = 150/PN16
 - DNm = 125/PN16
 - E = 200
 - F = 783
 - G = 417
 - H = 630
 - I = 580
 - L = 20
 - M = 42
 - N = 120
 - O = 370
 - P = 720
 - Q = 811



Remarks:

Date 2020-09-08	Page 1	Offer no.	Pos.no
--------------------	-----------	-----------	--------

CHAPITRE VI Étude du système d'adduction et de distribution

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 hydraulique des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 24 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 500 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.

Ces pressions sont généralement satisfaisantes et dans certains cas supérieures à 2.5 bars, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que le goutte à goutte.

Chapitre VII

Dimensionnement a la parcelle

INTRODUCTION

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par un réseau goutte à goutte, en considérant les différents paramètres pour atteindre des rendements optimaux en économisant de l'eau, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment.

- Pour ce projet, nous avons choisi Cotton comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte
- Le cotonnier est une plante arbustive.
- Il est cultivé dans les zones tropicales, désertiques et tempérées

VII .1 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

Le réseau d'irrigation goutte à goutte est installé sur la parcelle P01 ; dont la surface est de 5 ha; alimentée par la borne **B01** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3,07 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Données générales :

- **Culture** : Cotton
- **Besoin de pointe** : **384,125** mm (Juillet)
- **Organisation du réseau** : Avec un écartement de 0,8 m, et un espacement des goutteurs 1 m
- surface : **5 ha** ;
- Longueur : **224** m ;
- Largeur : **224** m.

Caractéristique du goutteur :

- **Débit nominal** : 1 l/h et pression nominale : 10 m.c.e ;
- **Espacement des goutteurs** : 1m ;
- **Le nombre de goutteurs**: 1

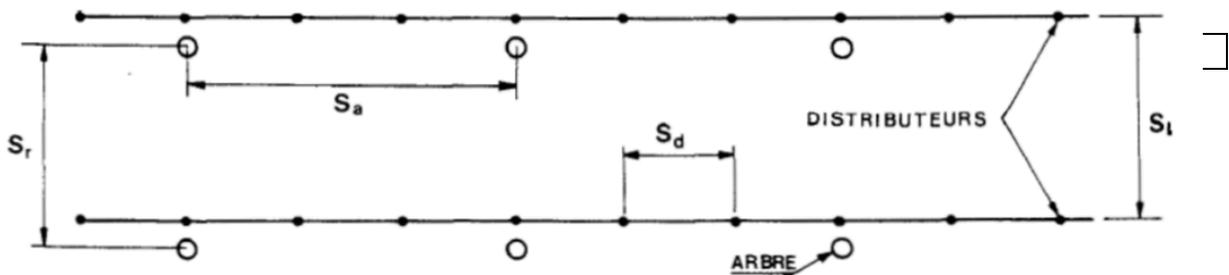
VII .2 .Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

VII .2.1 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 « K_r » dépend du taux de couverture du sol ($C_s=60\%$) pour les plantes adultes.

K_r peut être calculé par la formule proposée suivantes.

- La formule de Freeman et Garzoli : $K_r = C_s + 0,5(1 - C_s)$



Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc : On prendra un coefficient $K_r = 0.80$ $B_{jl} = B_j \times K_r$

VII .2.2.Dose nette pratique :

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P\%$$

Avec :

- H_{cc} : (14%), H_{pf} : (6%)
- $d_a=1.4$ et Y : (2/3) ;
- Z : P. racines (1500 mm),
- P : Pourcentage du sol humidifié

Figure VII.1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

Avec :

- P : Volume du sol humidifié ;
- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre = 1
- S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du mémé arbre =(0,8m)
- S_h : Largeur de la bande humidifiée = 1m Arbuste ;
- S_r : Écartement entre rangs des plants (0,8m) ;
- S_a : espacement des arbres sur les rangs (1m).

P%	100%
Dp	112 mm

VII .2.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

L’intervalle entre deux d’arrosage (tour d’eau) est donné par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dose\ pratique}{Bjl} = \frac{112}{10,28} = 11\ jours$$

Donc on prend une fréquence de **11 jours**.

VII .2.4 Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose pratique : $Dp = Fr \times Bjl = 11 \times 10,24 = 112,64\ mm$

$$Db = \frac{112,64}{Ef \times Cu} = 12,64\ mm = \mathbf{139\ mm}$$

Avec :

- Eff : efficience du réseau d’irrigation Eff=90%
- Cu : coefficient d’uniformité Cu=90%.

VII .2.5 Durée de fonctionnement par d’arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{Dbr \times Sa \times Sr}{n \times Qg} = \mathbf{110,4h}$$

Avec :

- Sr et Sd espacement entre rang et distributeur,
- n et Qg nombre et débit du goutteur.

VII .2.6 Durée d'arrosage journalier :

$$DJ = \frac{110,4}{11} = 10 \text{ h/jours}$$

VII .2.7. Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit : $N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{durée d'arrosage journalier}} = 1$

VII .2.8. Surface du poste :

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{nombre de poste}} = \frac{5ha}{1} = 5ha$$

VII .3. Calculs hydrauliques :

- surface : **5 ha** ;
- Longueur de la rampe : **224 m** ;
- Largeur de la porte rampe : **224 m**.

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

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

2. La variation maximale de la pression :
 $q = K.H^x$ avec : $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H}$$

Avec : $q(g)$: débit nominal du goutteur $\Delta H(\max)=1/0.5 = 2 \text{ mce}$.

Donc selon la règle de Christainsen 10% ΔH singulières = 0.2 m

- Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m ;
- Donc pour les rampes = $2/3 \times 1.8 = 1.2 \text{ m}$;
- Pour le porte rampe = $1/3 \times 1.8 = 0.6 \text{ m}$.

VII .3.1. 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.

- **Les rampes**

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

- **Porte-lampes**

C'est la conduite qui alimente les rampes, ils sont généralement en polyéthylène (PEHD). Le diamètre des rampes ainsi que du porte- rampe est calculé d'après les formules suivantes :

$$\phi_{r(cal)} = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\phi_{pr(cal)} = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

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 ;
- Ør (cal) : le diamètre de rampes ;
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

VII .3.2. Pour les rampes : L=224 m

- **Le nombre d'arbres par rampe:**

$$N_{arbres} = L_r/Ea = 224/0,8 = 280 \text{ arbres.}$$

- **Nombre des goutteurs par rampe:**

$$N_g = N_{arbres} \times n = 280 \times 1 = 280 \text{ goutteurs.}$$

- **Débit de la rampe :**

$$Q_r = N_g \times Q_g = 1 \times 280 = 560 \text{ l/h avec Pdc 1.2 m}$$

- **Diamètre de la rampe : D rampe= 16,59 mm, on prend DN =20 mm .**

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 pour un D =20 mm Perte de charge selon Hazen-williams.

$$\Delta H = \left(\frac{3,592}{C_w}\right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Avec :

- L : la longueur de la conduite ;
- Q : débit (m³/s)
- D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;
- On a : C_w= 130 (PE), L=224m, D= 0.020m, Q= 0.00007m³/s

$$\Delta H_{\text{rampe}} = 1,1 \text{ m} < 1.2 \text{ m (vérifiée).}$$

VII .3.3. Pour le porte rampe :

- **Le nombre des rampes:**

$$N_r = L_{pr} / E_r = 224 / 0,8 = 280 \text{ rampes.}$$

- **Débit du porte rampe:**

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 280 \times 280 = 78\,400 \text{ l/h}$$

- **Diamètre de la porte rampe** Donc : D_{pr}=149,01033

**on prend alors de conduite de Diamètre 75 mm qui travaille en 2 fois
Avec une vanne**

Vérification des pertes de charges $\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.27 \text{ m} < 0.6 \text{ m (vérifiée)}$

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

$$\Delta H_{\text{rampe+porte rampe}} = 1,17 \text{ m} < 1.8 \text{ m (Règle de Christiansen Vérifiée).}$$

VII .3.4 Calcul du diamètre 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 :

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

Avec :

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

diamètre de la conduite tertiaire= 75mm

VII .3.5 Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution :

Tableau VII 1: Récapitulatif des calculs hydraulique :

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	224	224	100
Diamètre(m)	20	2*75mm	75 mm
Débit (m ³ /s)	0,00012 m3/s	0,021m3/s	0,021m3/s
Prtes de charge(m)	1,1 m	0,27m	0,12 m

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable.

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10+1,1+0,21+0,12= 11.43 m$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.3 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation a la parcelle,. Dans notre cas, nous avons choisi d'irriguer la culture du coton par le système du goutte a goutte

Pour l'irrigation localisée, on doit tenir en compte les facteurs agronomiques et hydrauliques afin d'aboutir à un bon dimensionnement.

Chapitre VIII

Calcul technico-économique

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. A travers ce chapitre on fera une estimation du cout global du projet

l'exécution des travaux de notre projet d'irrigation.
Ces travaux constituent :

- Le système d'adduction.
- le réseau de distribution.
- la station de pompage.

VIII.1. Execution 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 ;
- Nivelé 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 20 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 électrosoudables : les raccords électrosoudables 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 déceler rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

VIII.2. 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 suivant :

Tableau VIII.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 20 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 conduite et avoir un bon support.



Figure VIII.1. Une pelle mécanique.

VIII.3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

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

Conduite	Type de conduite	Unité de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 800	FONTE	ml	1130	26 902,28	30399576,4
Ø 500	FONTE	ml	1973	17 885,15	35287400,95
Ø 350	FONTE	ml	5394	4 003,95	21597306,3
Ø200	PEHD	ml	5760	1 617,42	9316339,2
TOTAL(HT)					96600622,85
TVA(19%)					18354118,34
TOTAL					114954741,2

Tableau VIII.3 .Cout des équipements de protection du réseau de distribution.

	unité de mesure	Quantité	prix unitaire(DA)	Montant(DA)
les bornes d'irrigation	U	24	50 000	1200000
vidange Ø100	U	1	2500	2500
vanne Ø350	U	6	14000	84000
vanne Ø160	U	7	12000	84000
matériaux d'irrigation localisée				
goutteurs réglable 1l/h	u	6250	5,58	34875
les rampes Ø20	ml	8470	40,56	343543,2
les portes rampes Ø160	ml	235	812,53	36049,6
conduite tertiaire Ø160	ml	1573	812,53	1278109,69
vanne	u	3	14000	42000
TOTAL (HA)				3105077,49
TVA(19%)				589964,7231
TOTAL (HA)				3695042,213

VIII.4. 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 :

VIII.4.1 Calcul des volumes de remblai et de déblai :

- **La longueur du fond de tranchée :**

La longueur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3)$$

Avec : D : le diamètre de la conduite en (m) .

- **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0.8 + e$$

Avec : e = hauteurs du lit de pose (m)

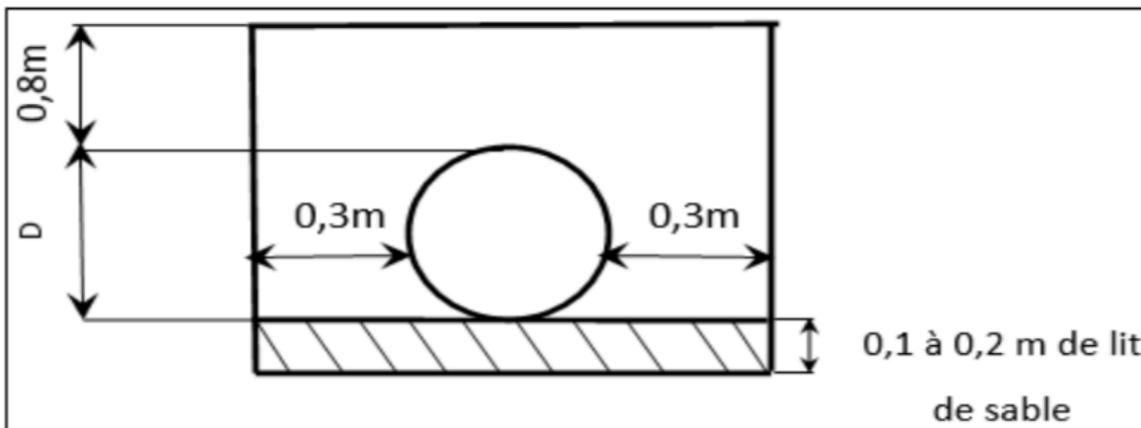


Figure VIII.2: Disposition de la conduite dans une tranchée.

- **Volume de déblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire : $S = B \times H$. $V_{\text{déblai}} = V_d - V_c - V_s$

Avec :

V_d : volume de déblai m^3

V_s : volume du sable m^3

V_c : volume occupé par la conduite (m^3) $V_c = L \times \frac{\pi \times D^2}{4}$

- **Volume de lait du sable :**

Ce lit correspond à une couche de sable de 12 cm sur le fond de la tranchée.

$$V_s = e \times B \times L$$

- **volume de Remblai :**

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{\text{remblai}} = V_{\text{deblai}} - V_{\text{conduite}}$$

Tableau VIII.4 : Quantité des travaux de terrassement.

conduite de distribution									
Conduite	longueur (m)	B	Htr	Str	V exc	V sable	V déblai	V conduit	V remblai
Ø 800	1130	1,4	1,72	2,408	2721,04	18984	2721,04	567,712	2153,328
Ø 500	1973	1,1	1,42	1,562	3081,826	26043,6	3081,826	387,20125	2694,62475
Ø 350	5394	0,95	1,27	1,2065	6507,861	61491,6	6507,861	518,700525	5989,160475
Ø200	5760	0,8	1,12	0,896	5160,96	55296	5160,96	180,864	4980,096

Tableau VIII.5 Estimation du cout du réservoir :

Désignation	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
V=6000 M3	u	1	94962973	569777838
			TOTAL(HT)	569777838
			TVA(19%)	108257789,2
			Total	678035627,2

Tableau VIII.5 :Total des travaux du terrassement :

Conduite de distribution						
Conduite	Str	V exc	V sable	V déblai	V conduit	V remblai
Ø 800	2,408	2721,04	18984	2721,04	567,712	2153,328
Ø 500	1,562	3081,826	26043,6	3081,826	387,20125	2694,62475
Ø 350	1,2065	6507,861	61491,6	6507,861	518,700525	5989,16048
Ø200	0,896	5160,96	55296	5160,96	180,864	4980,096
TOTAL	6,0725	17471,687	161815,2	17471,687	1654,47775	15817,2092

Tableau VIII.6 Coût des travaux de terrassement.

VOLUMES	UNITE	QUANTITÉS	PRIX UNITAIRE (DA)	MONTANT (DA)
Déblai	m3	17471,687	1000	17471687
Pose du lit de sable	m3	161815,2	1100	177996720
Remblai de la tranchée	m3	15817,20923	600	9490325,535
Evacuation de terres	m3	17471,687	500	8735843,5
			Total(ht)	213694576
			TTC	254296545,5

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de

1050981956 DA

Consultations :

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 **1050981956 DA**

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE`

Dans ce mémoire nous avons abordé dimensionnement de notre périmètre de Fenoughil W.ADRAR, de superficie 500 Ha qui a effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

L'étude climatique nous a indiqué que la région jouit d'un région est soumise à un régime du climat Désertique nécessite une irrigation indispensable. En ce qui concerne la pédologie, elle convient à des cultures tolérante du sel , l'irrigation de notre périmètre est assuré 15 Forage en parallèle d'un débit de chaque forage qui variée de 45l/s a 50 l/s avec un rayon d'influence de 250 m et d'un rabattement de 10 m

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'in doit prendre pour calcul.et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisé a une salinité forte suivent les facteurs qui caractérisant la région nous avons choisi les cultures Adaptée

Après le choix des cultures nous avons déterminé les besoins en eau totaux du périmètre ainsi de chaque ilots pour permettre de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution.

Pour l'alimentation du périmètre à partir des forage l'installation d'une station de pompage et d'un réservoir sont indispensables 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

A la fin de ce travail on a arrivée à irriguée nos 4 culture avec une estimation de cout total de projet est de **1050981956 DA**

ANNEXE 01 : Résultat d'analyse d'eau

MR EL
HAMEL
Demandeur :
Analyse demandée : A.F
Date de réception : 27/04/2015
N° de laboratoire : 4034

AEROPORT N°
1
Designation :

RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE
PH	7,57	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	87	200,00
Conductivité ms/cm	2,16	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	54	150,00
Turbidité eau brute NTU	-	5,00	Sodium Na+ mg/l	250	200,00
Turbidité eau déc. NTU	-		Potass. k+ mg/l	11	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1360,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	320	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	480	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	110	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	12,00	-
Ammonium NH4+ mg/l	0,095	0,50	TH ° F	43	-
Nitrite NO2- mg/l	0,119	0,20	TAC ° F	9	-
Nitrate NO3- mg/l	25,00	50,00	TA ° F	0	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,650	0,50	Minéralisation mg/l	1342	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	7,20	5,00	Somme des ions mg/l	1337	-
Fer mg/l	-	0,30	F- mg/l	-	-

INTERPRÉTATION :

Eau minéralisée de qualité physico-chimique moyenne

ANNEXE 02 : FORAGE 01 (ANRH ADRAR)

N°BIRH :

Désignation : Forage Aéroport F1/35

Profondeur : 146 m

Localisation : X: 00.03.19 E

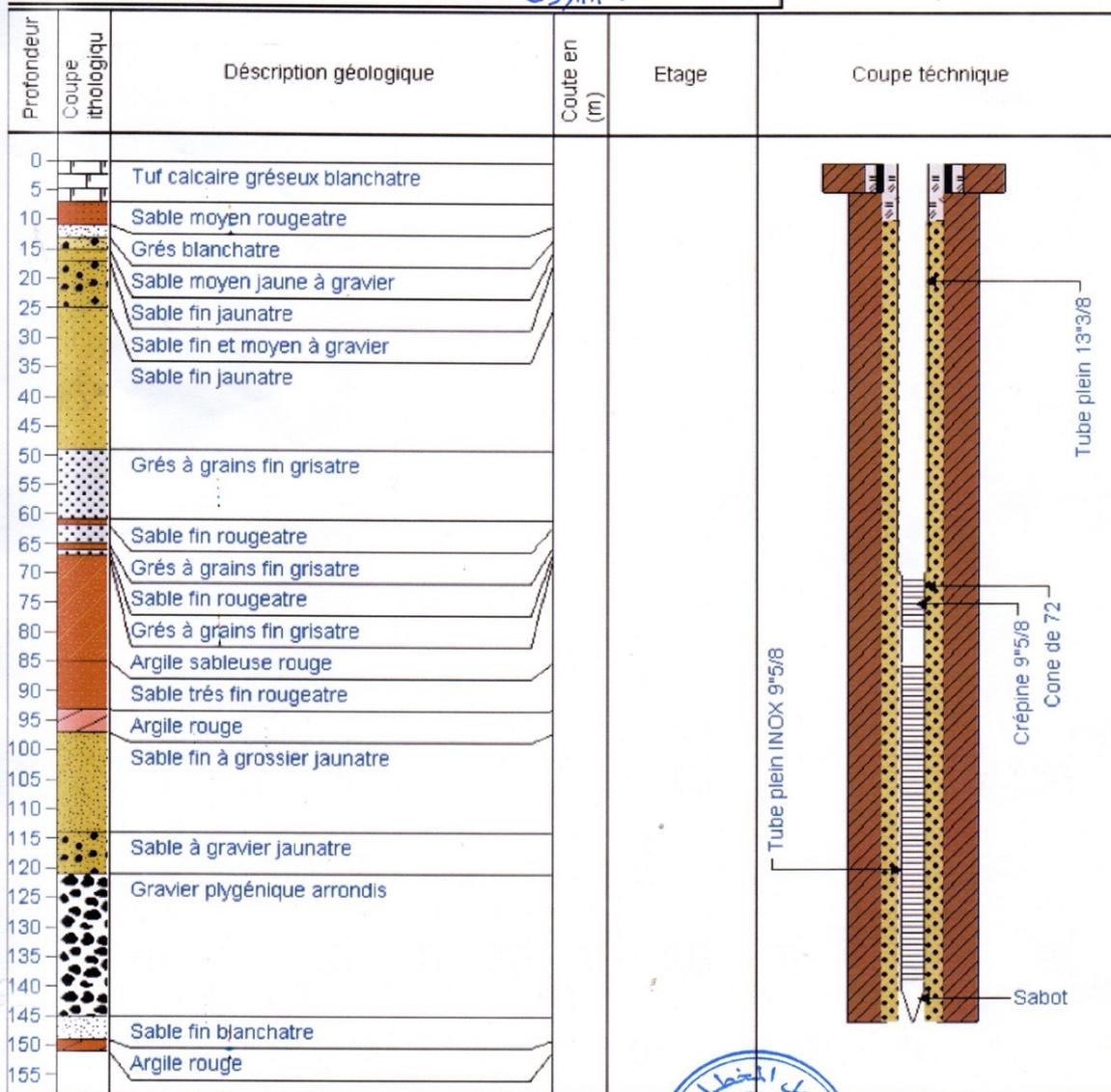
Débit : 48 L/s

Y: 27.43.23 N

Ns : 19,10 m

Z:

ND : 29,11 m



Usage : I e r

Date de travaux : 31/03/2015

Date Fin :

Rabatement : 10,01 m



Barra :
Commune :

Lieu_dite : Périmètre El Hamel

ANNEXE 03 : FORAGE 02 (ANRH ADRAR)

N°BIRH :

Désignation : Forage Aéroport F2 / 3A

Profondeur : 146 m

Localisation : X : 00.04.02 E
Y : 27.42.44 N
Z :

Débit : 47 l/s
Ns : 19,28 m
ND : 35,31 m

Profondeur	Coupe lithologique	Description géologique	Cote en (m)	Etage	Coupe technique
0		Dalle de calcaire gréseuse dur			<p>Tube plein INOX 9 5/8</p> <p>Tube plein 13 3/8</p> <p>Crépine 9 5/8</p>
5					
10					
15		Grès tendre + gravier grossier			
20		Gravier moyen+QIQ trace d'argile			
25		Gravier moyen			
30		Gravier sableuse rougeatre			
35					
40		Grès+QIQ gravier			
45		Grès rougeatre			
50		Sable rouge+QIQ gravier			
55		Grès			
60					
65		Argile rouge peu de sable			
70					
75		Grès rougeatre			
80					
85					
90					
95					
100					
105					
110		Gravier sableuse rougeatre			
115		Argile rouge sableuse			
120					
125		Gravier moyen à grossier sableuse rougeatre			
130					
135					
140		Gravier grossier sableuse jaunatre+QIQ trace d'argile verdatre			
145					
150					

Usage : ± 20

Date de travaux : 09/09/2015

Date Fin :

Rabatement : 16,03 m



Daira :

Commune :

Lieu_dite : Périmetre El Harmel

ANNEXE 04 : Coefficient Culturel Kc

Culture	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Olivier	0,81	0,73	0,5	0,5	0,5	0,59	0,74	0,89	0,95	0,95	0,95	0,89
Abricotier	0,5	0,55	0,55	0,7	0,75	0,8	0,82	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
amandier	0,92	0,8	0,4	0,4	0,45	0,5	0,65	0,75	0,87	0,95	0,95	0,95
pêcher	0,78	0,7	0,5	0,5	0,53	0,68	0,83	0,95	0,95	0,95	0,91	0,84
piment	/	0,3	0,6	0,95	0,85	0,8	/	/	/	/	/	
pastèque	/	/	/	0,4	0,7	0,95	0,8	/	/	/	/	
tomate	0,8	1	1,1	1,1	0,8	0,6	/	/	/	/		
Figuier	/	/	/	0,3	0,41	0,6	0,62	0,41	0,82	/	/	
Pommier	0,31	0,28	0,41	0,5	0,72	0,8	1,03	0,83	0,5	0,46	0,4	0,38
Raisin	0,6	0,7	0,9	0,67	0,6	0,55	0,35	0,4	0,45			
Tabac					0,4	0,8	1	0,85				
Tournesol					0,4	0,8	1,05	0,45				
oranger	0,83	0,78	0,5	0,5	0,5	0,59	0,74	0,89	0,95	0,95	0,95	0,9
Hricot			0,35	0,68	1,16	1,06						
chou vert .	0,83	1,02	1									0,7
Blé avoine	0,86	0,93	1	1,04	0,87	0,37				0,7	0,71	0,78
Tomate de saison					0,6	0,66	0,96	1,04	0,91	0,71		
Pomme de terre de saison			0,5	0,85	1,04	0,89						
Pomme de terre d'été.					0,51	0,88	1,05	0,93	0,68			
Fève de saison		0,4	0,64	1,06	0,9	0,39						
l'Orge vert.	0,67	1,05	1	0,46								0,3
Maïs fourrager.				0,3	0,55	1,03	1	0,52				
Blé	0,9	1	1,05	0,85	0,6	0,35					0,4	0,65
l'Orge grain.	0,9	0,9	0,9	0,85	0,6	0,35					0,4	0,65
luzerne	0,9	0,95	1,05	1,05	1,15	1,25	0,8	0,8	0,65	0,65	0,7	0,8
Ail+oignon	0,95	0,7								0,5	0,75	0,95
chou									0,5	0,7	0,95	0,8
courgette						0,5	0,75	0,85	0,85			
betterave	0,7	0,8	0,95	0,6							0,4	0,5
l'Oignon vers	0,95	0,7								0,6	0,75	0,95
petits pois	0,8	1	0,95	0,5								0,45
Ail					1	1,05	1,05	1,05				

Coefficients cultureux pour divers stades de croissance

	Stade de Croissance			
	Initial	Développement	Mi-saison	Tardif
Agrume	0.75	0.75	0.75	0.75
Arachide	0.40	0.78	1.15	0.60
Banane	1.00	1.00	1.00	1.00
Betterave sucrière	0.35	0.78	1.20	0.70
Blé	0.40	0.78	1.15	0.30
Cacao	1.00	1.00	1.00	1.00
Café	1.00	1.00	1.00	1.00
Canne à sucre	1.00	1.00	1.00	1.00
Caoutchouc	1.00	1.00	1.00	1.00
Coton	0.35	0.78	1.20	0.60
Colza	0.35	0.73	1.10	0.35
Cultures oléagineuses	0.35	0.75	1.15	0.35
Fibres textiles	0.35	0.68	1.00	0.60
Fourrage	0.40	0.70	1.00	0.90
Fruit	0.75	0.75	0.75	0.75
Légumes	0.60	0.85	1.10	0.90
Légumes secs	0.40	0.78	1.15	0.55
Maïs	0.30	0.75	1.20	0.60
Manioc	0.60	0.85	1.10	0.90
Millet	0.30	0.65	1.00	0.30
Noix de coco	1.00	1.00	1.00	1.00
Orge	0.30	0.73	1.15	0.25
Palme	1.00	1.00	1.00	1.00
Patate douce	1.00	1.00	1.00	1.00
Plantain	1.00	1.00	1.00	1.00
Pomme de terre	0.50	0.83	1.15	0.75
Riz	1.20	1.15	1.10	0.80
Sésame	0.35	0.73	1.10	0.25
Soja	0.40	0.78	1.15	0.50
Sorgho	0.30	0.70	1.10	0.55
Tabac	0.50	0.85	1.20	0.80
Thé	1.05	1.05	1.05	1.05
Autres racines	1.00	1.00	1.00	1.00
Autres céréales	1.00	1.00	1.00	1.00
Tournesol	0.35	0.73	1.10	0.35

Annexe 05 : fiche technique de l'pompe immergé

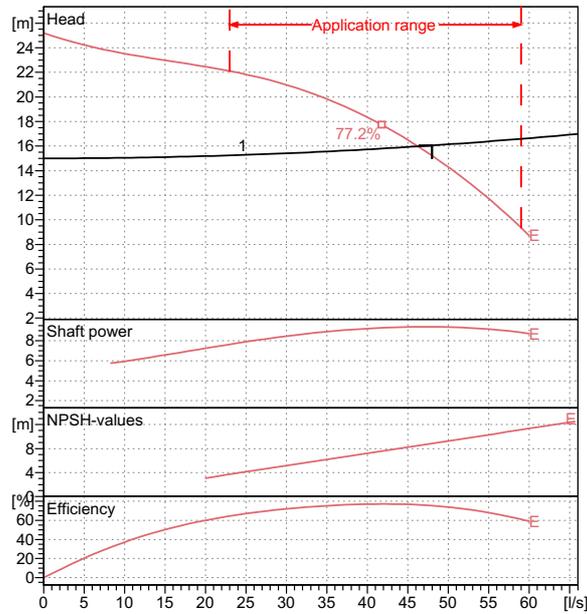


Technical data

COMPANY WITH INTEGRATED
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
= ISO 9001:2000 =
ISO 14001:2004

Please check no. of line shafts and critical speed.
INDICATIVE SELECTION; please contact our sales organization for a complete project.

P9C/6/24/1E	
Requested data	
Flow	48 l/s
Head	16 m
Fluid	Clean Water
Pumpe type	Single head pump
No. of pumps	1
Operating pump data	
Flow	46.3 l/s
Head	16 m
Shaft power	9.39 kW
Efficiency	76.3%
Head H(Q=0)	25.2 m
Discharge connection	DN125
Motor data	
Frequency	50 Hz
Rated voltage	400 V
Nominal speed	2900 1/min
Number of poles	2
Rated power P2	11 kW
Rated current	0 A
Motor type	3~
Insulation class	F
Degree of protection	IP 55
Operating limits	
Starts per hour max.	20
Maximum temperature of pumped fluid	40 °C
Maximum content of solid	40 g/m ³
Max. Density	0.998 kg/dm ³
Max. viscosity	1 mm ² /s
General data	
Weight	290.3 kg

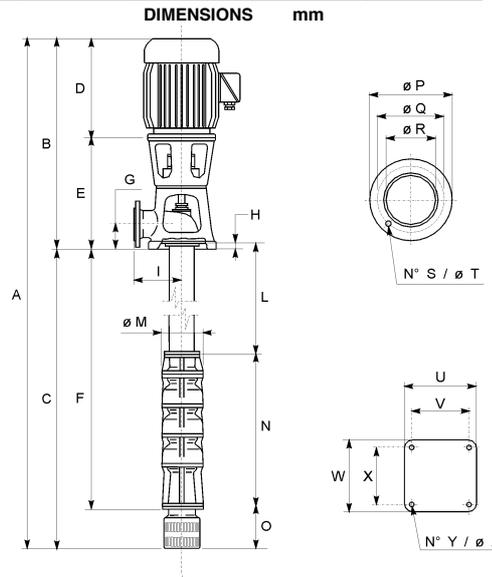


Operating data ISO 9906 GRADE 2

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Eff. [%]	NPSH [m]

Materials	
PUMP CONSTRUCTION	
Delivery casing	Cast iron
Suction casing	Cast iron
Intermediate casing	Cast iron
Impeller	Cast iron
Wear ring	Cast iron
Pump shaft	Steel
Journal bearing	Rubber
LINE SHAFT CONSTR.	
Column pipe	Steel
Shaft	Steel
Shaft bush	Chrome plated steel
Box coupling	Stainless steel
Line ball bearing	Rubber
DRIVE UNIT CONSTR.	
Base	Cast iron or Steel
Drive unit lantern bracket	Cast iron or Steel
Strainer	Galvanized Steel

- A = 4876
- B = 1145
- C = 3731
- D = 585
- DN = 125
- E = 560
- F = 3530
- G = 140
- H = 38
- I = 250
- L = 3050
- M = 234
- N = 480
- No S = 8
- No Y = 4
- O = 239
- P = 250
- Q = 210
- R = 125
- T = 18
- U = 360
- V = 300
- W = 360
- X = 300
- Z = 22



Remarks:

Date 2020-09-12	Page 1	Offer no.	Pos.no
--------------------	-----------	-----------	--------

ANNEXE 06 : Humidité a la capacité au champ et flétrissement

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

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

ANNEXE 07 : Guide d'estimation du pourcentage du sol (P%)

GUIDE D'ESTIMATION DE P

p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Ecartement entre rampes S _r en m	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, S _d en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	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	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	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 08 : Valeurs minimales et maximale de Z

Cultures	z (m)
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraichères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

Annexe 09 : diamètre des conduite PEHD (Groupe CHIALI)

TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{ext} (mm)	d_{int} (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

Référence bibliographique

1. **ANRH ADRAR** Caractéristique physicochimique de l'eau
2. **Doorenbos et puill, (1976)**. Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures. Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.
3. **FAO N°24**. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975 (A C* E F).
4. **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).
5. Détection des œufs d'helminthes, AbwasserWasserwirtschaftWassertechnik, 16 ; 198-201 (1966).
6. **Ollier ch.et Poirée m.** (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.
7. **Gobat et al ,1998**. Gobat, J.M., & Matthey , W.1998.Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols.
8. **ONM Adrar**. les données climatiques.
9. **Paul Audoye,Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat**. Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Lavoisier paris, 2007.
10. **Dubost d.** 1992- aridité, agriculture et développement : le cas des oasis algériennes in sécheresse no 2. Vol. 3.
11. **Tiercelin,1998**. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
12. **Touibia, B,(2004)**. Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
13. **EXTRAIT**-du-livre-Gestion-durable-de-la-terre---Efficience-de-l-utilisation-de-l-eau.
14. **Perrier A** (1975) Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelles. In Annales agronomiques. 26 (1). 1-18.
15. **L.Rieul** : 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.