



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Irrigation et Drainage

THEME :

Aménagement hydroagricol du périmètre Houd Etaine de la commune de M'nagueur (wilaya déléguée du Tougourt) irrigué à partir de forages .

Présenté par :

Mr. DRIHEM Mohammed Nadjib

Devant les membres du jury

Nom et prénom	Grade	Qualité
M ^r MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M ^r YAHIAOUI SAMIR	M.A.A	Examineur
Mme SAIL NADHIRA	M.A.A	Examinatrice
Mme AZIEZ WAHIBA	M.A.A	Promotrice

Session : Octobre 2020

Dédicace

*Je dédie ce modeste à toute ma famille,
Ainsi qu'à tous mes amis de l'ENSH.*

DRIHEM MOHAMMED NADJIB

Remerciement

Je rend grâce à dieu le tout puissant qui ma permis d'arriver à ce but et qui m'a donner la force d'achever ce travail.

Je présente mes chaleureux remerciements à mon promotrice M^{me} O. AZIEZ pour son aide précieuse, sa disponibilité et les considérables conseils qui m'étaient très utiles pour bien mené ce travail.

Mes vifs remerciements à monsieur BENKACI, pour son aide, ses conseils durant toute la période de mon projet.

Je tiens à remercier tous les enseignants de l'ENSH.

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'évaluer mon travail.

ملخص

يندرج الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة هذه ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية لإقليم منقر بولاية تڤرت ، والتي تسعى إلى تحقيق مردود مُعتبر من ناحية الاستثمار، مُعبرًا عن أفضل تقنيات السقي من جهة، ومُحافظًا على الموارد المائية ونوعية التربة من جهة أُخرى. وهذا لن يتحقق إلا بتبني أنظمة سقي حديثة التي فرضت فعاليتها، نذكر منها: السقي بالتنقيط والسقي بالرش الذي يعد الأكثر تطورًا في الآونة الأخيرة، نتيجة للتقدم العلمي والتكنولوجي. ومن بين ما تميزت به هذه الأنظمة من مَحاسن هو تحقيقها لاقتصاد معتبر للمياه.

Résumé :

L'objectif de mon mémoire de fin d'études rentre dans le cadre de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués dans la région de Mn'ageur wilaya de Tougourt, l'objectif et d'atteindre un rendement élevé des productions justifiant l'investissement, traduisant d'une part une meilleure efficacité du système d'irrigation et d'autre part une meilleure gestion et préservation des potentialités : ressources en eau et ressources en sol. Cela passe par l'utilisation des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée, l'irrigation par aspersion les mieux développés avec l'évolution de la science et de la technologie. Ces systèmes présentent de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

Abstract:

The aim of the present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management situated in the plain Mn'ageur wilaya of Tougourt in a way to attain a high investment feedback, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and ground resources from the other part. This can be achieved through the adoption of modern irrigation system which proved their reliability, i.e.: localized irrigation and aspersion irrigation which are the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like water saving.

Sommaire

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

Chapitre I : analyse des conditions naturelles

I.1 Présentation générale de la zone d'étude:	2
I.2 Identification et localisation du site :.....	2
I.3 Etude de Climat :	4
I.3.1 Pluviométrie:.....	4
I.3.2 Températures :	6
I.3.3 Durée d'ensoleillement :.....	7
I.3.4 Humidité relative (%)......	7
I.3.5 L'évaporation	7
I.3.6 Autres facteurs climatiques	8
I.3.7 Vents	8
I.3.8 Orages	8
I.4 Synthèse climatique	9
I.4.1 Diagramme Ombrothermique	9
I.4.2 Etage bioclimatique d'Emberger	9
I.5.Conclusion	11

Chapitre II: Ressources en eau et en sol

II.1 Introduction.....	12
II.2.Ressources en eaux	12
II.2.1-Eaux souterraines	12
II.2.2.1 la nappe du Complexe Terminal	13
II.2.2.2 la nappe du continental intercalaire.....	13
II.2.2.3 la nappe phréatique.....	13
II.2.2 caractéristique de forage	13
II.2.2.1 Implantation du forage.....	13
II.2.2.2 Essais de débits.....	14
II.2.3 Qualité de l'eau d'irrigation.....	14

II.2.3.1 La salinité.....	14
II.2.3.2 La conductivité électrique.....	14
II.2.3.3 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R	15
II.2.2.4L'analyse de l'eau d'irrigation.....	16
II.3 Ressources en sols	17
II.3 .1 Etude des sols	17
II.4 Erosion	20
II.5 Conclusion.....	21

Chapitre III: Evaluation des besoins en eau de parcelle Introduction

III.1 Introduction.....	22
III.2 L'évapotranspiration	22
III.2 .1L'évapotranspiration de référence	22
III.2 .2 L'évapotranspiration potentielle	22
III.2 .3L'évapotranspiration réelle	23
III.3Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration	23
III.3.1 Méthodes directes	23
III.3.1 .1 L'évapoinspirotramètre ou cuve lysimétrique	23
III.3.1 .2 Le bac évaporant	23
III.3.1 .3L'évaporomètre.....	24
III.3.2 Méthodes indirectes	25
III.3.2 .1 Formule de Blaney et Criddle	25
III.3.2 .2 Formule de Turc	25
III.4 Calcul de l'évapotranspiration	26
III .5.Homogénéité de la série pluviométrique	27
III .6 Ajustement statistique des pluies	30
III 6.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale	30
III 6.2 Ajustement à la loi log-normale (Galton)	32
III .7 Test de validité d'un ajustement	34
III.7.1 Test de Khi carré pour la loi Normale.....	35
III.7.2 Test de Khi carré pour la loi log-normal (loi de Galton).....	36

III .8 Détermination de l'année de calcul	36
III .9 Calcul des pluies efficaces (Pe _{eff})	37
III.11. Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture.....	37
III.11.1. Calcul de l'évapotranspiration maximale ETM	37
III.11.2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures	38
III.11.3. Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement	38
III.11.4. Les profondeurs d'enracinement	39
III.12. Estimation des besoins en eau	39
III.13. Calcul du débit spécifique	42
III.14. Evaluation du débit caractéristique	42
III.15 Conclusion	42

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

IV.1 Introduction	43
IV.2 Données générales	43
IV.3 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	44
IV.3.1 Influence du taux de couverture du sol	44
IV.3.2 Dose nette pratique	44
IV.3.3 Calcul de la dose brute	45
IV.3.4 Fréquence des arrosages	45
IV.3.5 Durée d'arrosage par mois	45
IV.3.6 Durée d'arrosage journalier	46
IV.3.7 Nombre de poste	46
IV.3.8 Surface du poste	46
IV.4 Calculs hydrauliques	46
IV.4.1 Conditions hydrauliques de base	46
IV.5 Dimensionnement des canalisations du réseau	48
IV.6 Vérification des pertes de charges.....	49
IV.6.1 Calcul du diamètre de la rampe	49
IV.6.2 Calcul de Diamètre de la porte rampe	49
IV.6.3 Calcul des diamètres des conduites tertiaire	50
IV.7 La pression d'eau.....	50
IV.8. Calcul des dimensions du bassin.....	51
IV.9. Dimensionnement de la réseau de distribution.....	52

IV.10 Choix de pompe	55
IV.11 Conclusion	57

Chapitre V: Calcul technico-économique

V.1 Introduction.....	58
V.2 Présentation d'aménagement de périmètre.....	58
V.2. 1 Actions de mobilisation et de distribution de la ressource en eau	58
V.2. 1.1- Fonçage de Puits	58
V.2. 1.2-Equipements puits (100U)	58
V.2. 1.3 Réseau d'irrigation par goutte à goutte (4328 ha).....	59
V.2. 1.4 Bassin de stockage en géo membrane (1600m3)	59
V.2. 1.5 Système de Réseau de distribution (100U).....	59
V.2.2 Actions de mise en valeur et de protection des terres	59
V.2.2.1 Nivellement par Engins (5000 has).....	59
V.2.2.2 Ouverture de piste améliorée sur 5Km	59
V.2.2.3 Ouverture de piste secondaire sur 70 Km..	60
V.2.2.4 Brise-vent périmétral en Casuarina (585 Km).....	60
V.2.2.5 Confection de «Tabia» plantée en palmes sèches (djerid) 324 Km.....	60
V.2.2.6 Electrification (M.t) -55Km.....	61
V.2.2.7 Electrification (B.T)-25 kms	61
V.2.2.8 Implantation des concessions ou parcellisation sur 5000 has	61
V.3 Fiche d'actions.....	61
V.4 Evaluation du coût du projet	62
V.5 Conclusion	64
 Conclusion générale.....	 65

Liste des tableaux

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

Tableau I.1: les coordonnées de périmètre Houd etaine	3
Tableau I.2 : Les Coordonnées de la station de Touggourt	4
Tableau I.3 : Répartition mensuelle des précipitations	4
Tableau I.4: Régime saisonnier moyen	5
Tableau I.5: Températures moyennes mensuelles (°C).....	6
Tableau I.6: Moyenne des heures d'ensoleillement par jour.....	7
Tableau I.7 : Moyenne annuelle du taux d'humidité	7
Tableau I.8 : L'évaporation moyenne mensuelle	7
Tableau I.9 : Moyenne du nombre de jours de gelées et de sirocco (Unité : j/M).....	8
Tableau I.10: Vitesse moyenne et maximale des vents	8
Tableau I.11 : Nombre de jours d'orage	8
Tableau I.12 : Paramètres et quotient d'Emberger	16

Chapitre II :Ressources en eau et en sol

Tableau II.1 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	15
Tableau II.2 Classification des eaux en fonction du SAR	15
Tableau II.3 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT	16
Tableau II.4: Analyse des données	17
Tableau II.5 : Résultats analytiques profil type n°01.....	18
Tableau II.6 : Résultats analytiques profil type n°02	20

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Tableau III.1 : suivant indique les données requises pour chaque méthode.	25
Tableau III.2 : Evapotranspiration de référence (ET _o) de la zone d'étude.....	26
Tableau III.3: pluies mensuelles(mm).....	27
Tableau 0.4 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique de Mn'ageur	29
Tableau III.5 : Ajustement à la loi de Gauss.....	31
Tableau III.6 : Ajustement à la loi de Galton.....	33
Tableau III.7 : la table de Pearson du χ^2	35
Tableau 0.8 : Test de validité des deux ajustements.....	36
Tableau 0.9 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).....	37
Tableau III.10: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en (mm).....	37
Tableau III.11 Humidité à la capacité au champ et de flétrissement	39
Tableau III.12: Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures	39
Tableau III.13: Calcul des besoins en eau du Tomate	40
Tableau III.14: Calcul des besoins en eau du Pomme de terre	40
Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau du Olivier	41
Tableau III.16 : Récapitulatif des besoins	41

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

Tableau IV.1 : Diamètre de la rampe	49
Tableau IV.2 : Diamètre de la porte rampe	49
Tableau IV.3 : Diamètre des conduites tertiaires	50
Tableau IV.4 : Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable ...	51
Tableau IV.5 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution	52
Tableau IV.6: Vérification des vitesses	53

Tableau IV.7: Vérification des pressions.....	53
Tableau IV.8: pertes de charges de la colonne de refoulement (forage 01).....	54
Tableau IV.9: Caractéristiques des pompes disponibles.....	56

Chapitre V: Calcul technico-économique

Tableau V.4: Evaluation du coût du projet.....	62
--	----

Liste des figures

Chapitre I: analyse des conditions naturelles du secteur d'étude

Figure I.1 : la situation géographique de la région M'nageur.....	3
Figure. I.2 : la situation de Houd etain	4
Figure. I.3 : Variations moyennes mensuelles des précipitations.....	5
Figure. I.4 : Régime saisonnier moyen	5
Figure. I.5 : Variation mensuelle des températures minimales, maximales.	6
Figure. I.6 : Courbe Ombrothermique de Gaussen.....	9
Figure I.7: Climagramme d'EMBERGER	10

Chapitre II :Ressources en eau et en sol

Figure II.1: Carte des ressources en eau souterraines.....	12
Figure: II.2 Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	16

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau du périmètre

Figure III.1: L'évapotranspiromètre	23
Figure III.2: Le bac évaporant	24
Figure III.3: L'évaporomètre	24
Figure III.4: Ajustement des pluies annuelles à la loi normal.....	32
Figure 0.5: Ajustement des pluies annuelles à la loi de log-Normale	34

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

Figure IV.1 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs.....	51
Figure. IV.2.Schéma de la réseau de distribution (Epanet).....	55
Figure. IV.3 : caractéristique de la pompe.....	57

Chapitre V: Calcul technico-économique

Figure V.1 : Dispositif de lutte mécanique contre l'ensablement et l'action des vents.....	60
--	----

Liste des Planches :

Planche N01 : plan des pentes .

Planche N02 : plan parcellaires et d'implantation des actions.

Planche N03 : plan de réseau de distribution .

Planche N04 : Profil en long de la conduite principal .

Introduction générale

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

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

On propose un programme d'aménagement du périmètre Houd etain situé dans la commune de M'Nagueur Wilaya de Tougourt d'une superficie de 5000 ha . dans le cadre de la concession , le périmètre est divisé en parcelles de 4 hectare chacune .

Pour la conception de notre projet proposition d' aménagement, nous avons scindé notre travail en cinq chapitres à savoir :

Le premier chapitre c'est une description de la zone d'étude suiviez parle deuxième chapitre ou j'ai détaillé l'ensemble des différentes ressources en sol et en eau disponibles.

Ainsi, le troisième chapitre ou on a calculé les besoins en eau des cultures ce qui sera le paramètre essentiel dans le dimensionnement hydraulique dans le quatrième chapitre.

Par la suite on est passé au proposition d'un programme d'actions d'aménagement et de mise en valeur de périmètre .

Enfin pour terminer une estimation du cout du projet a été faite.

Chapitre I: Analyse des conditions naturelles

I.1 Présentation générale de la zone d'étude :

Appartenant au grand domaine des plaines situé au Nord-Ouest de l'Erg oriental, au voisinage de la population de l'agglomération de M'Nagueur se représente en des étendues sahariennes .

La zone d'étude est caractérisée par une certaine homogénéité du paysage avec une légère dominance de micro- dunes disparates à travers l'espace étudié et parfois des dunes difficiles à traverser .

Le site est complètement dépourvu d'infrastructure routière et de piste desservant l'étendue supportant l'assiette destinée à recevoir ce périmètre de concession agricole dont à première vue, les conditions s'y prêtent du moins topographiquement.

Néanmoins, la vision de mise en valeur en irrigué, dépendante bien-sûr de la disponibilité en eau, permettra à la zone de progresser socialement et économiquement par la pratique de l'agriculture intensive, dont les effets sont déjà ressentis.

Enfin, ce site fait partie d'un ensemble relativement homogène et circonscrite dans la partie Nord de la commune. Car la frange Sud de la commune se trouve occupée par un cordon dunaire, quoique physiquement irrégulier mais constituant parfois des contraintes à la mise en Valeur. Il forme le prolongement est de l'Erg oriental dans sa partie la plus étroite, mais la plus mobile dans l'espace. Cette unité s'étend jusqu'à l'agglomération de Oum-Ezzebada et ses environs immédiats.

I.2 Identification et localisation du site

La commune de M'Nagueur détentrice du projet de concession agricole : «Houd etaine » se situe à l'Ouest de l'agglomération chef-lieu de M'Nagueur, et au Nord-Est du territoire de la wilaya d'Ouargla.

Administrativement, la commune de M'Nagueur dépend de la daïra de Taïbet,

Cette dernière est circonscrite comme suit :

- Au Nord, elle est limitée par la Wilaya d'El-Oued.
- Au Sud, la commune de Hassi-Messaoud constitue la limite principale.
- A l'Est, la commune de Taïbet est principalement la limite circonscrite,
- A l'ouest, par les communes de Sidi Khalil, , Djamaa, Sidi Amrane (wilaya d'El Oued), Sidi Slimane, Megarine, Zaouia El Abidia, Tebesbest, Nezla, Tamacine, Balidat Ammeur et El Hdjira (wilaya Ouargla).

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

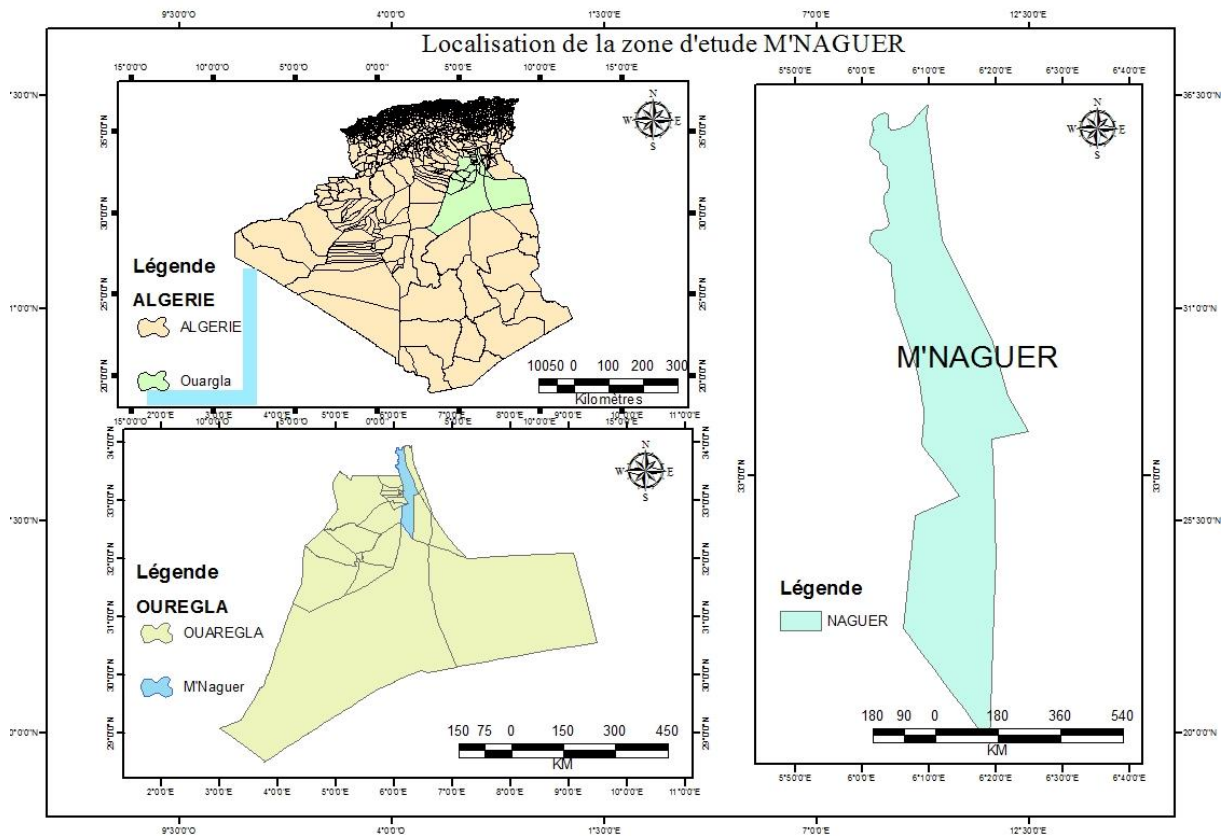


Fig. n°1 : la situation géographique de la région M'nagueur

Tableau n°1 : les coordonnées de périmètre Houd etaine

Lieu-dit	Commune	Wilaya délégué	Superficie (ha)	Coordonnées		
				Point	X (UTM)	Y (UTM)
<i>Hod etaine</i>	<i>M'Nagueur</i>	<i>Tougourt</i>	5000	<i>Pt 01</i>	234427	3675877
				<i>Pt 02</i>	243348	3676931
				<i>Pt 03</i>	239698	3669587
				<i>Pt 04</i>	234246	3668682

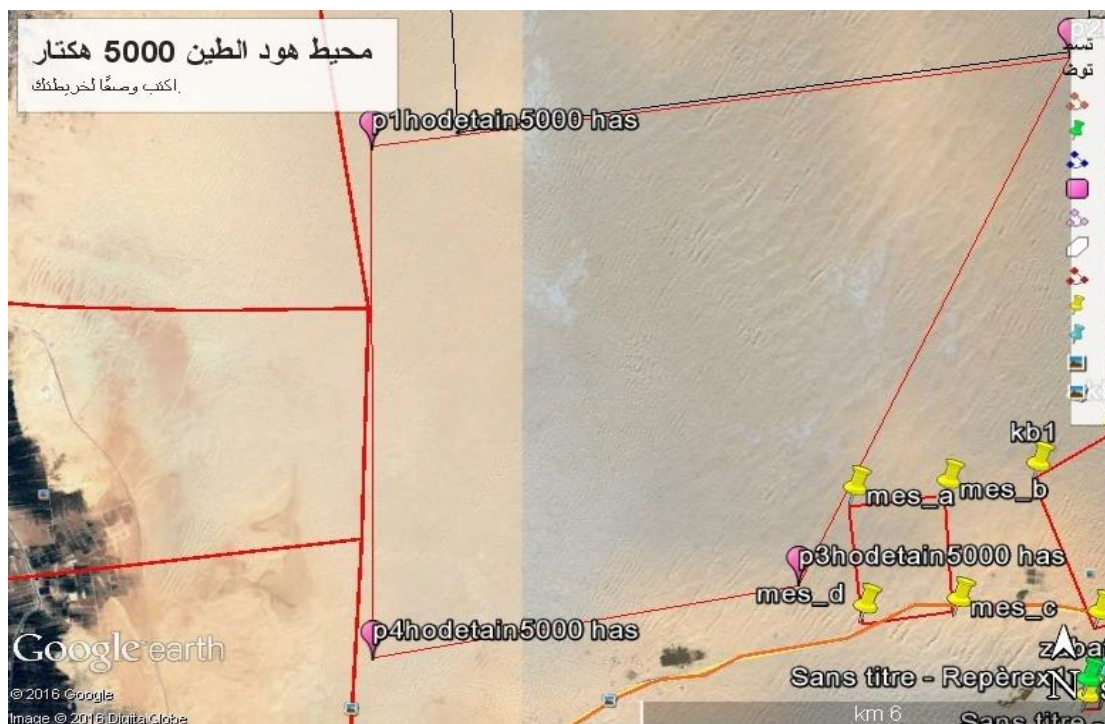


Fig. n°2 : la situation de Houd etain

I.3 Etude de Climat :

La caractérisation du climat du périmètre a été établie sur la base des données climatiques disponibles de la station météorologique O.N.M. de **Touggourt** pour la période allant de **1990** à **2009**.

Cette station est considérée la plus représentative par rapport à la station de Ouargla compte tenu de sa proximité du site du projet et de la configuration de la station même.

Tableau n°2 : Les Coordonnées de la station de Touggourt :

Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Touggourt	6° 8'	33° 7'	85

Source : O.N.M (2009)

L'analyse porte sur les facteurs climatiques suivants : les précipitations, la température et les autres facteurs (gelée, neige, grêle, vent, humidité, évapotranspiration).

I.3.1 Pluviométrie:

I.3.1.1 Pluviométrie mensuelle :

Tableau n° 3: Répartition mensuelle des précipitations

Mois	S	O	N	D	J	F	M	AV	MAI	J	JT	A	Année
P (mm)	5.9	4.9	10.6	8.1	18	6	8.7	6.5	3.3	0.8	0.6	1.7	75.1
Jours de pluie	2,8	2,4	2,1	2,2	2,6	2,1	2,3	1,6	1,3	0,8	0,4	1,0	21,6

Source : O.N.M. (1990-2009)

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

La moyenne annuelle des précipitations enregistrées au cours des **19 années** est faible, elle est estimée **75.1mm**, répartie sur **21,6** jours, avec un maximum de **2,8** jours de pluies au mois de septembre et un minimum de **0.4** jours de pluies au mois de juillet.

Sa répartition à travers les mois et les saisons se fait d'une manière irrégulière. La période la plus pluvieuse est la période à partir du mois de septembre au mois de mars.

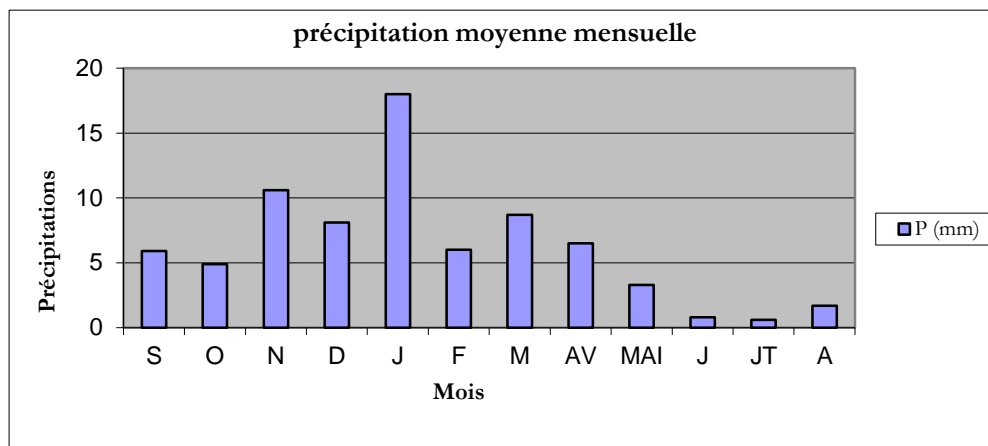


Fig. n°3: Variations moyennes mensuelles des précipitations .

1.3.1.2 Régime saisonnier :

Tableau n° 4 : Régime saisonnier moyen

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Moy annuelle
P (mm)	21,4	32,1	18,5	3,1	75,1
%	28,4	42,4	25,2	4	100

Source : O.N.M. (1990-2009)

Les précipitations se caractérisent par une distribution irrégulière à travers les saisons, elles se concentrent généralement sur la période allant du mois de septembre jusqu'au mois de mars .

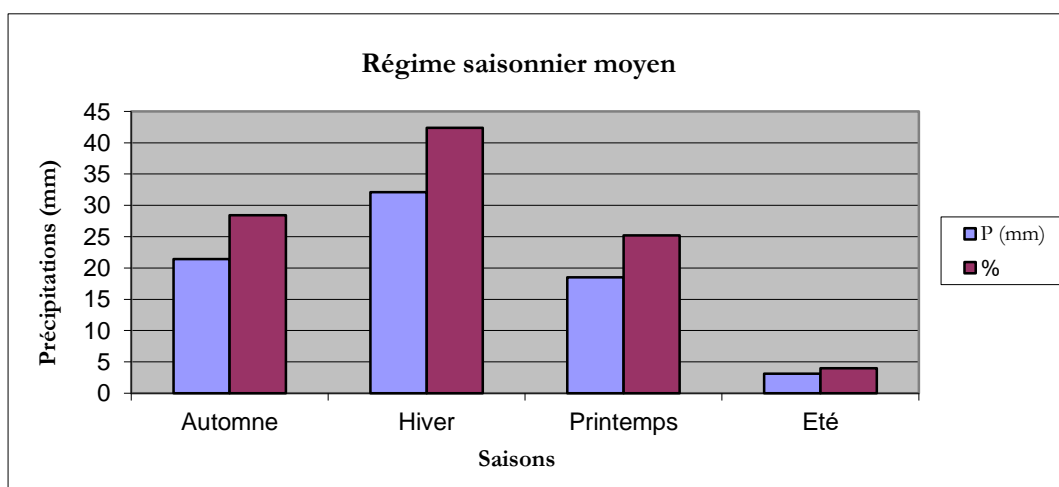


Fig. n°4 : Régime saisonnier moyen

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

Le graphe fait ressortir la dominance des pluies d'hiver (42,4 %) .Par contre en été les pluies représentent uniquement 4% de l'ensemble des précipitations enregistrées au niveau de la station de **Touggourt**.

I.3.2 Températures :

Tableau n° 5: Températures moyennes mensuelles (°C)

Mois	J	F	M	AV	MAI	J	JT	A	S	aO	N	D	Moy
T min (C°)	4,7	6,2	10,2	13,8	18,8	23,6	26,5	26,3	22,7	16,9	9,8	5,7	15,4
T max (C°)	16,9	19,5	23,7	27,5	33,1	38,1	41,3	40,8	35,8	30,0	22,9	18,1	29
T moy (C°)	10,8	12,8	17	20,6	26	30,8	33,9	33,5	29,2	23,4	16,3	11,9	22,2

Source : ONM (1990-2009)

La température moyenne annuelle dans la zone du projet est de **22,2°C** La température moyenne la plus élevée est celle du mois de juillet avec **41,3°C** et la plus basse est observée au mois de janvier (**4,7°C**).

Les températures maximales sont d'une façon générale élevées tous les mois de l'année sauf en hiver, ce qui indique **un climat chaud**.

Les températures minimales sont supérieures à 0°, ce qui indique que les basses températures ne constituent pas une contrainte pour les cultures

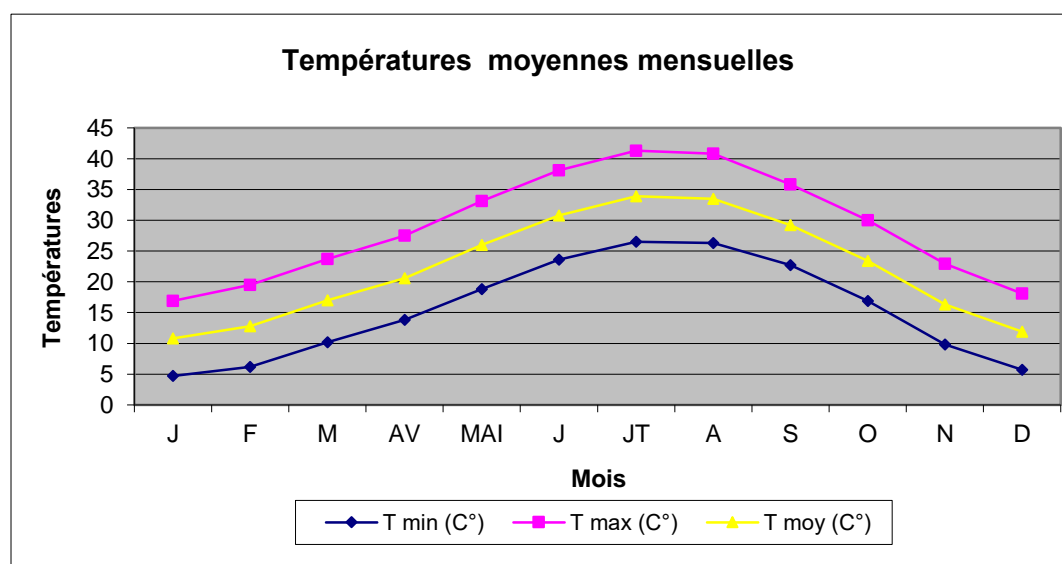


Fig. n°5 : Variation mensuelle des températures minimales, maximales.

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

I.3.3 Durée d'ensoleillement :

Tableau n° 6 : Moyenne des heures d'ensoleillement par jour

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
Touggourt	7,7	8,6	8,7	9,6	10,3	11,1	11,7	10,8	9,3	8,4	8,1	7,6	9,3

Source : O.N.M. (1990-2009)

Le nombre d'heures d'ensoleillement au niveau de la zone du projet est important avec des jours longs de 7,7 h à 11,7 h, il est plus long durant l'Eté.

I.3.4 Humidité relative (%):

Tableau n° 7 : Moyenne annuelle du taux d'humidité

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
Touggourt	65	54	46	39	36	32	29	32	41	48	57	65	45,3

Source : O.N.M. (1990-2009)

Le faible taux d'humidité est caractéristique des régions sahariennes, dans la région d'étude elle atteint son maximum en hiver avec un taux d'humidité de 65 % enregistré au mois de Décembre et janvier ; le minimum est enregistré au mois de juillet avec un taux de 29 %.

I.3.5 L'évaporation

Les phénomènes d'évaporation interviennent dans le cycle hydrologique dès le moment où précipitations ; sous forme liquide ou solide ; atteignent la surface du sol . De plus l'humidité du sol ,soit qu'elle provient des pluies récentes infiltrées à faible profondeur ,soit qu'elle remonte par capillarité directement de la nappe phréatique ou par l'intermédiaire de la couverture végétal e constitue un aliment important pour l'évaporation . Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessou la moyenne mensuelle de l'évaporation .

Tableau n° 8 : L'évaporation moyenne mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
L'évaporation	84.3	109.8	146.1	200.25	235.4	277.6	308.1	313.6	234.2	175	102.3	85.8	2272.45

Source : O.N.M. (1990-2009)

On remarque d'après le tableau 8 ; que L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée parles vents chauds. Elle est del'ordrede**2272.45** mm/an, avec un

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

maximum mensuel de **308.1** mm au mois de Juillet et un minimum 84.3 mm au mois de Janvier .

I.3.6 Autres facteurs climatiques :

- Gelées et sirocco :

Tableau n°9 : Moyenne du nombre de jours de gelées et de sirocco (Unité : j/M)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Gelée	0,8	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	1,6
Sirocco	0	0	0	0,1	0	0,2	0,6	0,2	0	0	0	0	1,1

Source : ONM (1990-2009)

La gelée et le sirocco ne constituent pas des facteurs limitant pour le développement des cultures puisque on enregistre seulement une moyenne de **1,6 jour** de gelée et **01,1 jour** par an de sirocco.

Les gelées sont très rares (0,1 à 0,8 jour / mois durant les mois de novembre à février), ce qui n'est pas une contrainte pour les cultures notamment pour certaines espèces arboricoles à floraison précoce.

I.3.7 Vents :

Tableau n° 10: Vitesse moyenne et maximale des vents : Unité : m/s

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne Annuelle
Vitesse moyenne	2,4	2,6	3,3	3,8	3,9	3,5	3,3	2,9	2,9	2,7	2,5	2,5	3
Vitesse maximale	25	25	24	26	30	31	27	34	33	28	26	22	27,6

Source : O.N.M (1990 – 2009)

Les vents sont relativement fréquents dans la zone d'étude, mais les vitesses ne sont importantes qu'à partir du mois d'Avril jusqu'à juillet. Pendant cette période, le vent de sable souffle 07 jours en moyenne par an, provoquant des déplacements de sable et des coupures de routes.

La direction dominante du vent est Est et Sud-est avec une variation au cours de l'année : globalement Ouest et Sud-ouest d'octobre à Avril, et les vents dominants d'été sont Est et Sud-est.

Le vent a des effets importants sur l'évapotranspiration du sol et sur la croissance de la végétation. La connaissance de l'intensité et de la fréquence du vent est nécessaire pour le choix des cultures et pour l'emplacement des brises vents pour leur protection.

La direction des vents est à dominance d'Ouest et du Sud-Ouest en hiver, tandis qu'en été les vents du sud apportent souvent une forte chaleur.

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

La vitesse moyenne des vents varie de 2,4 à 3,9 m/s. Les vents forts dont la vitesse atteint 4m/s sont fréquents durant les mois de Avril et Mai, d'où la nécessité de l'implantation d'un réseau de brises vents au niveau du périmètre en projet.

I.3.8 Orages :

Tableau n° 11: Nombre de jours d'orage

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Cumul annuel
Nombre de jours	0,1	0	0,3	0,4	0,6	0,6	0,6	1,3	2,1	0,6	0,3	0,2	7,1

Source : O.N.M. (1990-2009)

Les orages, d'une faible intensité (0,1 à 2,1 jour par mois), se produisent pratiquement au cours de chacun des mois de l'année, à l'exception du mois de **février**, causant ainsi des dégâts aux cultures et favorisant le processus d'érosion au niveau des terrains dénudés.

I.4 Synthèse climatique:

I.4.1 Diagramme Ombrothermique :

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson établi pour la station de **Touggourt** pour la période 1990-2009 nous donne une période sèche de douze mois.

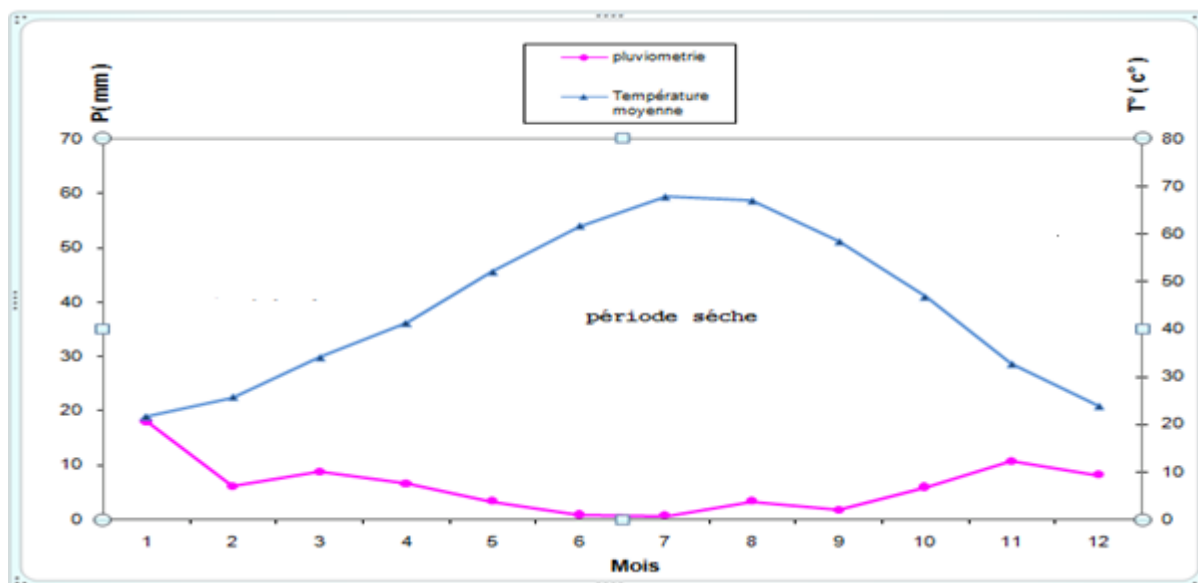


Fig. n°6: Courbe Ombrothermique de Gausson

I.4.2 Etage bioclimatique d'Emberger :

L'étage bioclimatique est déterminé à partir du quotient pluviométrique d'Emberger :

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

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

- Q**: quotient pluviométrique d'EMBERGER
- M**: la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin
- m**: la moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin
- P**: pluviométrie annuelle en mm

A.N :

$$M=29+273= 302K$$

$$m=15.4+273=$$

$$288.4K$$

$$Q = \frac{2000 * 75,2}{302^2 - 288.4^2} = 3.85$$

Tableau 12 : Paramètres et quotient d'Emberger :

P (mm)	M°C	m°C	Q	Etage bioclimatique
75,2	29	15,4	3.85	Saharien

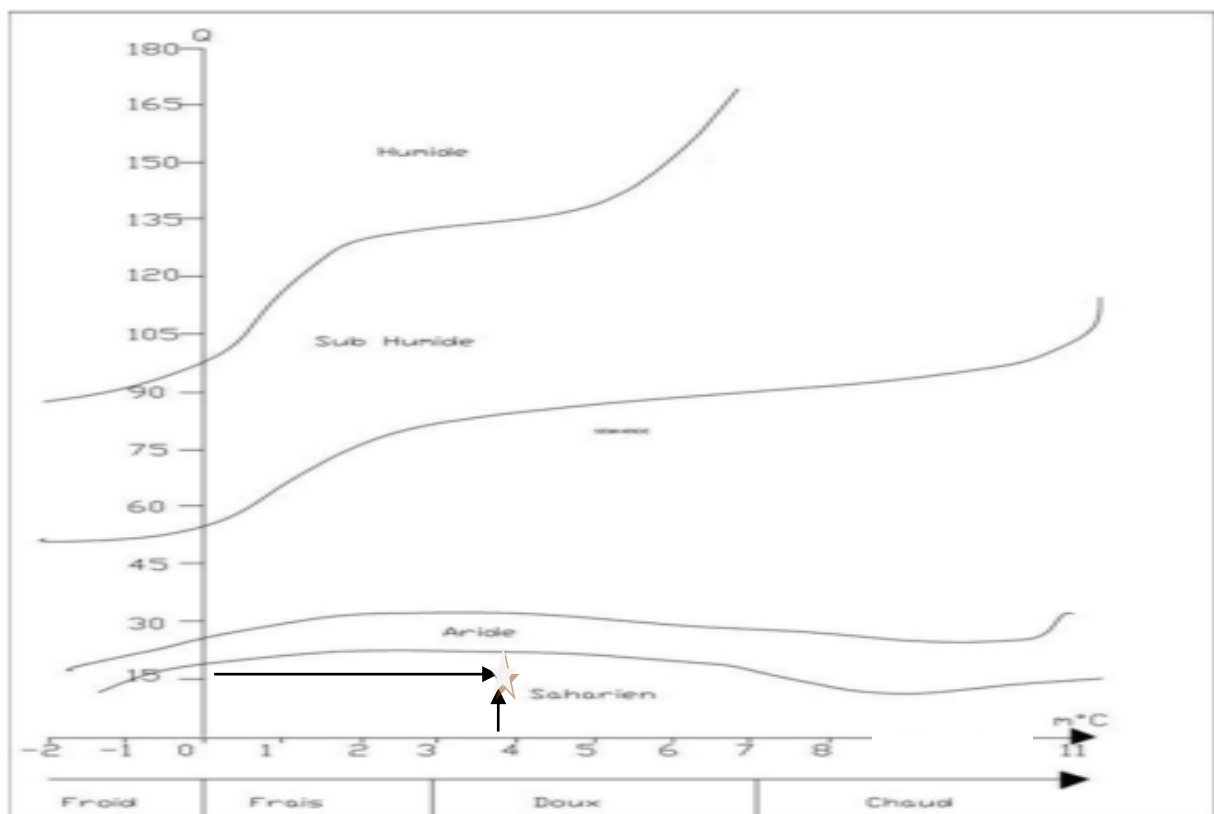


Fig. n°7: Climagramme d'EMBERGER

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (voir Fig . n°7), on peut dire que le

climat de notre région est un climat saharien .

I.5.Conclusion

En résumé, la zone d'étude est sous l'influence d'un climat saharien avec une variante thermique à hiver chaud, caractérisé par :

- Une pluviométrie faible de **75 mm**.
- Des températures élevées en été et douces en hiver (amplitude importante).
- Une période sèche durant toute l'année.

Ces conditions climatiques ne permettent pas d'envisager pour le périmètre une agriculture en sec. L'irrigation s'avère donc indispensable .

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

II.1 Introduction

A l'heure actuelle le système de production agricole au niveau de la commune de M'Nagueur est en pleine mutation vers une agriculture intensive plus moderne qui procure des meilleurs revenus.

L'exploitation des ressources en eau souterraine par la réalisation de puits et forages sera d'un apport certain pour le développement de l'agriculture dans cette région et pourra également entraîner des progrès considérables dans la mise en valeur des zones sahariennes.

L'étude agro-pédologique a pour but de déterminer les caractéristiques physico chimiques de chaque type de sol rencontré ainsi que les travaux d'aménagement à entreprendre sur ces sols.

II.2. Ressources en eaux

L'eau est l'élément vital et fondamental à toute activité économique à travers la wilaya de Ouargla, surtout quand il s'agit de l'activité agricole. Les ressources hydriques sont soit de surface, soit souterraines. L'irrigation dans notre cas se fait à partir d'un forage à partir des eaux de profondeur (eaux souterraines) .

II.2.1-Eaux souterraines

Ces eaux sont issues de deux (02) nappes principales : la nappe du complexe terminal (CT) et la nappe du continental intercalaire(CI) dominante.

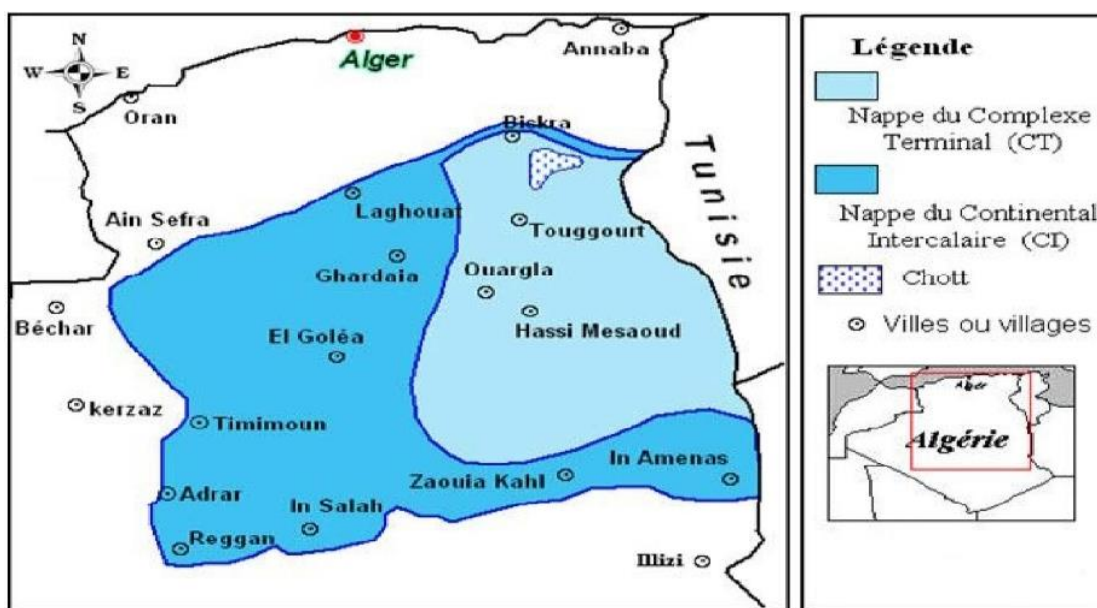


Figure II.1: Carte des ressources en eau souterraines

II.2.1.1 la nappe du Complexe Terminal

Les formations du Complexe Terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. En fait, il est possible d'y distinguer trois corps aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables. Ces trois corps sont représentés par les calcaires et dolomies du Sénonien et de l'Eocène Inférieur, par les sables, grès et graviers du Pontien, et par les sables du Mio-Pliocène. La profondeur du Complexe Terminal est comprise entre 70 et 600 mètres et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m.

II .2.1.2 la nappe Continental Intercalaire

La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo gréseux et sablo argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouche dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. AM'Nagueur, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur.

II.2.1.3 la nappe phréatique

La nappe phréatique se situe dans les couches sable gypseuses quaternaires, cette nappe coule de l'EST vers l'OUEST en infero_flux. Sa surface libre où la frange capillaire se manifeste souvent sur le sol sous forme de petits chotts qu'on trouve de part et d'autre de la localité de M'Nagueur. Cette nappe est alimentée par les eaux d'irrigation, les fuites de réseau d'AEP ainsi que les eaux usées et les rares précipitations qui contribuent à alimenter la nappe.

II.2.2 caractéristique de forage :

Le forage de 80 ml est destinés à l'irrigation à travers la Wilaya de Touggourt

Réalisation : Le forage a été confié à nôtre entreprise : Entreprise de ETS LOUTFI

II.2.2.1 Implantation du forage

Le choix de terrain et l'implantation du forage ont eu lieu en présence des représentants de la subdivision l'agriculture de Mn'ageur, et le bureau d'études selon les coordonnées géographiques :

X : 234376

Y: 3667924

Z: 84 m

II.2.2.2 Essais de débit

- Les essais à la pompe ont donné les résultats suivants:
- Débit=10 l/s ,Niveau statique = 21 m ,Niveau dynamique= 32 m

II.2.3 Qualité de l'eau d'irrigation

La vérification de la qualité de l'eau d'irrigation permet de préserver le sol et l'environnement. De plus, elle permet le bon développement des cultures.

Dans le cadre de cette étude, la qualité de l'eau souterraine qui sera utilisée pour l'irrigation a été étudiée par l'analyse des données de qualité d'eau brute.

II.2.3.1 La salinité

La salinité constitue l'aspect le plus important qui pose un problème dès l'instant où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement pouvant aller jusqu'au dépérissement de la culture.

Deux paramètres permettent d'apprécier pour une étude sommaire les risques dus à la salinité.

II.2.3.2 La 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, selon la classification américaine.

Tableau II.1: 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

II.2.3.3 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

Si l'eau est riche en sodium celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ion Na^+ , celle en ion Ca^{++} et Mg^{++} :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Avec : Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en meq/l.

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

Tableau II.2 : Classification des eaux en fonction du SAR

Classe	S.A.R.	Risque d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

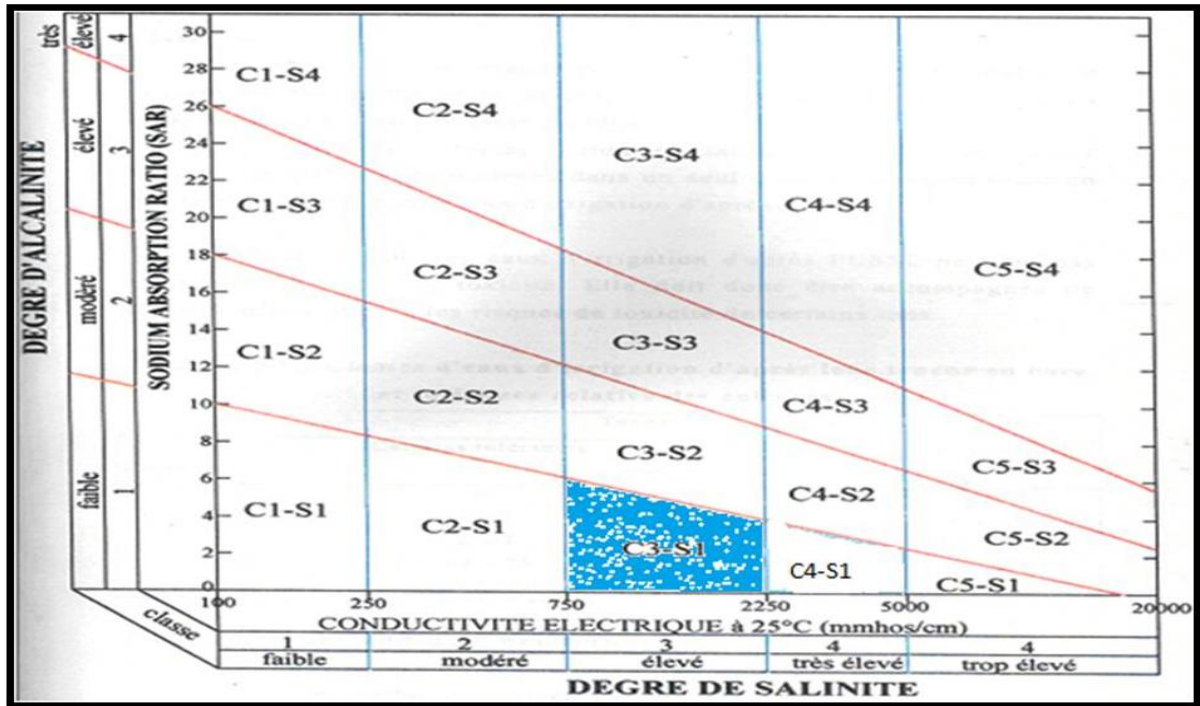


Figure II.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

II.2.2.4 L'analyse de l'eau d'irrigation

A partir des collectes des données et les différentes enquêtes, il a été établi que la plus part des forages d'irrigation sont des forages du complexe terminal.

Les résultats d'analyse de ces eaux sont résumés ci après

Tableau II.3 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT

éléments	mg/l	méq/l
Ca ²⁺	93	4.65
Mg ²⁺	227	18.92
Na ⁺	480	20.87
K ⁺	29	0.74
Cl ⁻	895	25.21
SO ₄ ²⁻	725	15.1
HCO ₃ ⁻	102	1.68
CO ₃ ⁻	0	0
NO ₃ ⁻	14	0.23

Source ANRH Ouargla

Tableau II.4 : Analyse des données

Analyse des données	
Somme des cations	45.02 méq/l
Somme des anions	41.22 méq /l
Somme des ions	2561 mg/l
Résidu sec à 110°C	2912 mg/l
minéralisation	3231 mg/l
Conductivité électrique	2.19 ms/cm
PH	8.13
Turbidité (FTU)	2
SAR	6.05

Source ANRH Ouargla

D'après les valeurs de la conductivité électrique et du la SAR, les eaux de complexe terminale appartiennent à la classe C3 S1 avec : Classe S1 : $SAR \leq 10$ donc la quantité de sodium est de Risque faible pour les sols . Classe C3 : la conductivité électrique est C3 : $0,750 < C.E < 2,250$, c'est-à-dire la salinité est forte .

II.3 Ressources en sols

L'étude pédologique permet de déterminer le niveau de fertilité des sols et de chercher le moyen ou les méthodes visant à la mettre en valeur pour un accroissement conséquent de la production agricole.

L'étude pédologique permet aussi de connaître les problèmes liés au sol de la région pour donner des solutions.

II.3 .1 Etude des sols

L'étude des sols du périmètre "Houd etaine" a permis d'identifier deux (2) unités pédologiques homogènes réparties dans les deux (2) classes suivantes :

- Classe des sols minéraux bruts ;
- Classe des sols peu évolués xériques (désert chauds).

Les résultats analytiques des sols

Description de profil type n°01

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

Localisation

Coordonnées : (WGS 84)

X : 240081

Y : 3691306

Description du site :

- Géomorphologie : Replat inter-dunaire
- Lithologie : sables
- Pente : 0 - 3%, très faible à nulle
- Aspect de surface : éléments grossiers estimés de 3% (quartzeux de 0.1 à 0.2cm de diamètre).
- Occupation du sol : Terrain nu.

Classification (CPCS 1967) :

Classe : Sols Minéraux bruts **Sous Classe** : MB. Xériques

Groupe : MB Xériques inorganisés d'apport **Sous-Groupe** : éolisés en erg ,profonds

Description morphologique du profil

00 - 30 cm : Sec, couleur 7,5 YR 6/8 (jaune rougeâtre), Texture sableuse, structure particulaire, présence de graviers et granules de quartz (3% environ), pas de racines, matière organique non directement décelable, Activité biologique nulle, poreux, friable, pas d'effervescence à Hcl, transition diffus peu distinct.

30 - 60 cm : Sec, couleur 7,5 YR 6/6 (jaune rougeâtre), Texture sableuse, structure particulaire, pas d'éléments grossiers, à l'exception des granules siliceux de forme arrondie de 1 à 2 cm de diamètre; pas de racines, matière organique non directement décelable, Activité biologique nulle, poreux, friable, pas d'effervescence à Hcl, transition diffus peu distinct.

60 - 120 cm et plus: Sec, couleur 7,5 YR 6/8 (jaune rougeâtre), Texture sableuse, structure particulaire, éléments grossiers 7% (graviers des grés), pas de racines, non organique, poreux, friable, pas d'effervescence à l'Hcl.

Tableau II.5 : Résultats analytiques profil type n°01:

Horizons		H1	H2	H3	H
Profondeur en cm		0-30	30-60	60-120	
Caco ₃ Total (en %)	A	0,10	0,20	0,10	
	LF	0,40	0,70	0,40	
	LG	1,00	0,90	0,90	
	SF	36,50	39,00	19,60	

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

	SG	62,00	59,20	79,00	
	4,13	3,75	4,13		
Caco ₃ Actif (en %)					
CEC (en méq /300 g)					
PH (au 1/5)					
C.Emmhos/cm. (1/5)	0,10	0,25	0,51		
C %					
MO %					

Description de profil type n° 02

Localisation

Coordonnées : (WGS 84)

x:238254 y : 3675298

Description du site :

- Géomorphologie : légère dépression
- Lithologie : sables
- Pente : 0 - 3%, très faible à nulle
- Aspect de surface : voile quartzeux de 1 à 3 cm de diamètre, couvrant 10 % de la surface du sol, avec accumulation d'une fine pellicule de sable d'apport éolien.
- Occupation du sol : Terrain presque nu. existence des touffe spontanées

Classification (CPCS 1967) :

Classe : Sols peu évolués **Sous Classe** : Peu évolués Xériques

Groupe : Sols d'apport éolien **Sous-Groupe** : modaux, profonds

Description morphologique du profil

00 - 30 cm : Sec, couleur 7,5 YR 7/8 (jaune rougeâtre), Texture sableuse, structure particulaire, présence de graviers et granules de quartz (3% environ), existence de trace des racines de racines, matière organique non directement décelable, activité biologique nulle, poreux, friable, pas d'effervescence à Hcl, transition diffus peu distinct.

30 - 60 cm : Sec, couleur 7,5 YR 7/6 (jaune rougeâtre), Texture sableuse, structure particulaire, pas d'éléments grossiers; pas de racines, matière organique non directement

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

décelable, activité biologique nulle, poreux, friable, pas d'effervescence à Hcl, transition diffus peu distinct.

60 - 120 cm et plus: Sec, couleur 7,5 YR 6/4 (brun clair), Texture sableuse, structure particulaire, éléments grossiers composés de graviers estimé à 5%, pas de racines, non organique, poreux, friable, pas d'effervescence à l'Hcl.

Tableau II.6 : Résultats analytiques profil type n°02:

Horizons	H1	H2	H3	
Profondeur en cm	0-30	30-60	60-120	
Granulométrie (en %)	A		0,10	
	LF	0,10	0,30	0,60
	LG	0,80	0,60	1,00
	SF	16,90	28,60	24,90
	SG	82,20	70,50	73,40
Caco ₃ Total (en %)	3,38	4,13	3,75	
Caco ₃ Actif (en %)				
CEC (en méq /300 g)	0,01	0,04	0,12	
PH (au 1/5)	8,78	8,79	8,84	
C.Emmhos/cm. (1/5)	0,05	0,04	0,05	
C %	0,05	0,05	0,03	
MO %	0,09	0,09	0,05	

II.4 Erosion

Respectivement aux termes de référence, l'Erosion est appréciée par le biais de la combinaison et la superposition de la carte lithologique et celle des pentes .Le résultat est renforcé par les observations sur terrain et les expériences relevées dans l'environnement immédiat du site à mettre en valeur.

L'orientation des actions d'aménagement projetées et les mesures antiérosives préconisées, doivent s'adapter au schéma étudié et garantir la durabilité du projet.

Dans ce périmètre l'érosion rencontrée est principalement éolienne, car le réseau hydrographique est absent l'écoulement y est aréique localement.

Les « Nebkas » formées autour des touffes de végétation sont révélatrices d'une activité éolienne modérée à forte, car les amas de sable ne sont pas très larges ni très hauts.

Mais dans la partie nord-Est et Ouest du périmètre, la dominance de dunes de sable au sommet saillant, est élevée. Elles sont complètement dénudées de végétation, et constituent des barrières orographiques importantes, au point de poser des contraintes à la mise en valeur projetée.

II.5 Conclusion

Les conclusions importantes dégagées dans cette étude au point de vue type des sols, sont :

- Les sols du périmètre d'étude sont à profil presque homogène de point de vue morphologique, de type AC (accumulation des sables bruts) se différencient uniquement par des critères secondaires tels que la profondeur, la charge caillouteuse, le type d'accumulation calcaire et par endroit de l'évolution de la salinité.
- Les résultats analytiques ont montrés que les sols du périmètre, sont pauvres en matière organique et en éléments nutritifs (fertilité chimique très négligeable), absence en générale de la salinité et de l'alcalinité et renfermes des propriétés hydriques favorables à l'irrigation, caractérisés par une bonne perméabilité.
- Les cultures **céréalières et maraichères** peuvent donner de bons rendements sur les sols du périmètre.
- L'évolution de la salinité des sols irrigués doit être suivie avec beaucoup d'attention.

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

III.1. Introduction

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

Ce chapitre, présente les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies au paravent, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, cultures envisageables, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols.

III.2. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation, et la transpiration de celle culture. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en m³/ha/jour, en m³/ha/mois ou en m³/ha/an. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours par mois ou par an.

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

III.2.1. L'évapotranspiration de référence

Est définie comme « le niveau d'évapotranspiration d'une surface implantée d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive ».

III.2.2. L'évapotranspiration potentielle

Est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

III.2.3. L'évapotranspiration réelle

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

III.3. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

III.3.1. Méthodes directes

III.3.1.1. L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal.



Figure III.1: L'évapotranspiromètre

III.3.1.2. Le bac évaporant

Cet appareil très simple constitué par un bassin ou un bac d'eau d'assez grande surface et assez profond où l'on mesure le changement du niveau de l'eau dû à l'évaporation permet de

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

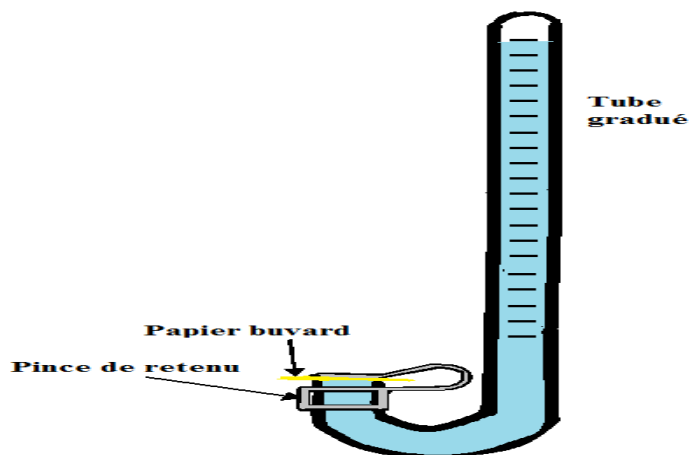
mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP.



FigureIII.2:Le bac évaporant

III.3.1.3. L'évaporomètre

Est un instrument utilisé en météorologie pour mesurer la quantité d'eau s'évaporant dans l'atmosphère pendant un intervalle de temps donné, Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.



FigureIII.3:L'évaporomètre

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes, il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées, et adaptées à différents climats.

III.3.2. Méthodes indirectes

Il existe plusieurs méthodes d'estimation de l'évapotranspiration. Les méthodes empiriques (Blaney-Criddle, Turc et Thornthwaite) estiment l'évapotranspiration à partir des données climatiques, mais elles ne tiennent pas compte de tous les paramètres qui jouent sur les valeurs de l'évapotranspiration. Les formules de Blaney-Criddle et de Turc emploient la température et la durée d'ensoleillement. La formule de Thornthwaite utilise seulement la température.

Tableau III.1: suivant indique les données requises pour chaque méthode.

Méthode	Températ.	Humidité	Vent	Insolation	Rayonnem.	Milieu
B. Criddle	*	**	**	**		*
Turc	*	***		*	**	
Thornthwaite	*					
Penman	*	*	*	*	***	**

- Données mesurées * * Données estimées *** Données non essentielles

III.3.2.1. Formule de Blaney et Criddle

$$ETP = K(0,46t + 8,13)P \quad (0.1)$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius).

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

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

III.3.2.2. Formule de Turc :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \quad \text{en (mm/mois) si } Hr > 50\% \quad (0.2)$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

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

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

$$ETP = 0,40(Ig + 50) \cdot \left(\frac{T}{T+15}\right) \cdot \left(1 + \frac{50-Hr}{70}\right) \quad \text{si } Hr < 50\% \quad (0.3)$$

Dans laquelle :

Hr : L ; humidité de l'air en %.

$$Ig = Iga(0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H}$$

Avec :

Iga : Radiation maximale théorique.

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

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

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

III.4. Calcul de l'évapotranspiration

La détermination de l'évapotranspiration se fait par la formule de Penman-Monteith modifiée, en raison de son exactitude pour l'estimation de l'ETP.

Le calcul se fait par le logiciel CROPWAT. Où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique :

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles en degré Celsius.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Tableau III.2 : Evapotranspiration de référence (ETo) de la zone d'étude :

ETo Penman-Monteith par mois - untitled							
Pays		Algerie		Station		Touggourt	
Altitude		85 m.		Latitude		33.11 °N	
				Longitude		6.13 °E	
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	m/s	heures	MJ/m ² /jour	mm/mois
Janvier	4.7	16.9	65	2.4	7.7	12.3	62.88
Février	6.2	19.5	54	2.6	8.6	15.6	84.05
Mars	10.2	23.7	46	3.3	8.7	18.8	144.49
Avril	13.8	27.5	39	3.8	9.6	22.6	194.13
Mai	18.8	33.1	36	3.9	10.3	25.0	253.90
Juin	23.6	38.1	32	3.5	11.1	26.6	280.00
Juillet	26.5	41.3	29	3.3	11.7	27.2	309.70
Août	26.3	40.8	32	2.9	10.8	24.7	276.42
Septembre	22.7	35.8	41	2.9	9.3	20.4	210.63
Octobre	16.9	30.0	48	2.7	8.4	16.2	153.63
Novembre	9.8	22.9	57	2.5	8.1	13.2	92.68
Décembre	5.7	18.1	65	2.5	7.6	11.4	65.34
Moyenne	15.4	29.0	45	3.0	9.3	19.5	2127.84

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

III .5.Homogénéité de la série pluviométrique :

Les pluies mensuelles de la station de Touggourt sont données dans le tableau.

Tableau III.3 pluies mensuelles(mm).

Mois Années	Sep	Oct.	Nov.	Déc	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jun.	Juil.	Aout.
1975-1976	1.4	0	12.7	1.9	19.7	16.5	34.5	0	1.6	0	0	19.7
1976-1977	7	5.3	21.4	1	16	0	11.8	0.6	5.6	0	0	16
1977-1978	0.3	0	10.4	8	12.6	18	0	32	1.8	0	0	12.6
1978-1979	0	1.5	0	0	7.9	22.8	1.8	3.5	0.8	0	0	7.9
1979-1980	4.8	8	2.3	0	10.1	14	64.7	10	0	0	0	10.1
1980-1981	0	0	50.2	4	0	1.02	5.08	6.1	0.51	0	0	0
1981-1982	0	0	6.6	1.02	0	2.03	7.11	0	2.03	1.02	0	0
1982-1983	0	0.25	2.03	13.7	0	0	5.59	0.51	0	0	0	0
1983-1984	0	0	6.09	1.53	0	0	5.59	0.51	0	0	0	0
1984-1985	0	0	6.09	1.53	57.6	0	1.02	3.05	1.53	0	0	57.6
1985-1986	0	0	0	6.1	1.02	0.25	19.3	9.91	3.3	0	0	1.02
1986-1987	0.51	6.09	6.1	9.15	4.06	1.27	1.53	0	2.04	5.207	2.03	4.06
1987-1988	0	13.97	0	1.53	0	0	2.03	0	1.78	4.57	0	0
1988-1989	5.04	6.096	83.32	51.3	1.52	0	0	2.04	0	0	0	1.52
1989-1990	0	0	5.33	0	56.13	0	6.61	10.42	30.21	0	0	56.13
1990-1991	0	0	0	0	0	0	12.96	0	20.06	2.03	0	0
1991-1992	4.58	16	5.59	0.25	34.7	0	48.01	12.95	22.35	0	11.41	34.7
1992-1993	0	0	2.03	9.91	0	14.99	6.1	0	1.02	0	0	0
1993-1994	62.7	32.7	17.27	4.06	0	0	16.51	3.05	0.51	1.02	0	0
1994-1995	8.89	10.16	0	0	3.05	0	0	0	0	0	0	3.05
1995-1996	29	1.02	2.04	25.5	40.39	12.45	17.28	0	0	0	1.09	40.39
1996-1997	4.07	0.25	0	0	0	0	0	18.03	0	1.02	0	0
1997-1998	14	0	12.95	8.13	0	0	1.02	0	0	7.87	0	0
1998-1999	3.05	19.3	2.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999-2000	0	0	35	1.25	0	0	1.25	1.52	14.99	1.02	0	0
2000-2001	1.52	19.31	0	1.78	4.07	0	2.04	1.02	0	0	0	4.07
2001-2002	5.08	1.02	2.03	27.7	5.08	0	0	0	4.06	0	9.39	5.08
2002-2003	3.56	7.11	8.65	0	18.28	4.57	11.94	0	0	0	0	18.28
2003-2004	0	12.7	4.06	4.07	59.94	0.76	16.52	11.94	0	1.53	0	59.94
2004-2005	10.9	0	39.12	7.12	0	3.56	0.76	0	0	3.05	0	0
2005-2006	6.1	3.05	0	2.03	19.82	1.02	0	2.03	0	0	0	19.82
2006-2007	15	13.97	2.03	6.1	0	1.02	0.76	40.13	0	0	0	0
2007-2008	0	1.02	0	11.8	7.11	1.02	0	0	1.02	2.79	0	7.11
2008-2009	4.07	8.89	3.05	6.1	89.66	0	25.66	11.94	5.33	0	0	89.66
2009-2010	23.4	1.02	0	1.02	7.12	0.76	0	10.16	2.03	0	0	7.12
2010-2011	5.08	1.27	2.03	0	1.02	0	7.87	2.04	6.09	0	0	1.02
2011-2012	0	6.1	0	0.51	2.04	0	0	7.87	0	0	0	2.04
2012-2013	3.3	3.05	2.04	0	3.56	1.53	0	16	0	0	0.51	3.56
2013-2014	0	0.25	6.1	19.1	2.03	0	4.06	0	0.25	0.25	0	2.03
2014-2015	5.33	0	7.12	1.78	0	29.97	12.19	0	0	0	0	0
2015-2016	8.13	1.02	0	0	0	2.54	3.05	11.68	4.57	0.25	0	0

Source ANRH Ouargla

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 > N_2$.
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004) «3», si la relation ci-dessous est vérifiée.

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

Avec :

$$W_x = \sum \text{Rang}_x$$

W_x : Somme des rangs de sous-séries.

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - U_{1-\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2}$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{\min}]$$

$U_{1-\frac{\alpha}{2}}$ = représente la valeur de la variable centré réduite de Gauss correspondant à une

probabilité $1-(\alpha/2)$

On a : $\alpha = 0.05$, $1 - (\alpha/2) = 0.975$

D'après la table de la table de la loi normale réduite (Touaibia, 2004)

On trouve $U_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Tableau 0.4 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique de Mn'ageur.

Rang	Série d'origine	Série Y (mm)	Série X (mm)	TRI (mm)	X union Y
1	108	108	169.16	13.72	Y
2	84.7	84.7	23.37	18.56	X
3	95.7	95.7	43.97	19.81	Y
4	46.2	46.2	24.38	22.08	Y
5	124	124	55.03	23.37	X
6	66.91	66.91	33.81	23.88	Y
7	19.81	19.81	59.44	24.38	X
8	22.08	22.08	72.39	25.15	Y
9	13.72	13.72	171.46	26.42	X
10	128.42	128.42	64.51	31.24	X
11	40.9	40.9	53.87	31.87	X
12	42.047	42.047	79.01	33.55	X
13	23.88	23.88	31.87	33.81	X
14	150.836	150.836	244.36	34.05	Y
15	164.83	164.83	52.63	34.07	X
16	35.05	35.05	26.42	35.05	Y
17	190.54	190.54	18.56	40.9	Y
18	34.05	34.05	33.55	42.047	X
19	137.82	137.82	34.07	43.97	X
20	25.15	25.15	56.39	46.2	Y
21	169.16		31.24	52.63	X
22	23.37			53.87	X
23	43.97			55.03	X
24	24.38			56.39	X
25	55.03			59.44	X
26	33.81			64.51	X
27	59.44			66.91	Y
28	72.39			72.39	X
29	171.46			79.01	X
30	64.51			84.7	Y
31	53.87			95.7	Y
32	79.01			108	Y
33	31.87			124	Y
34	244.36			128.42	Y
35	52.63			137.82	Y
36	26.42			150.836	Y
37	18.56			164.83	Y
38	33.55			169.16	X
39	34.07			171.46	X

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

40	56.39			190.54	Y
41	31.24			244.36	X

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

$$W_X = 437, W_{\min} = 365$$

$$, W_{\max} = 517$$

$$\text{Donc : } 437 < W_X < 502$$

La condition de **M' Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de **Mn'ageur** est homogène.

III .6 Ajustement statistique des pluies

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Pour notre projet on utilise celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

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

0.6.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

La distribution suit la loi normale si seulement si sa fonction de répartition est de la forme :

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

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

Le procédé d'ajustement consiste à :

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

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Avec :

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

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

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau III-4 et au Figure III-5

Tableau III.5 :Ajustement à la loi de Gauss

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
P. Retour	Fréquence	Quantile Xt	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10	0.9000	144	12	121	168
5	0.8000	119	10.3	99	139
2	0.5000	71.6	8.84	54.2	88.9
1.25	0.2000	23.9	10.3	3.71	44.2

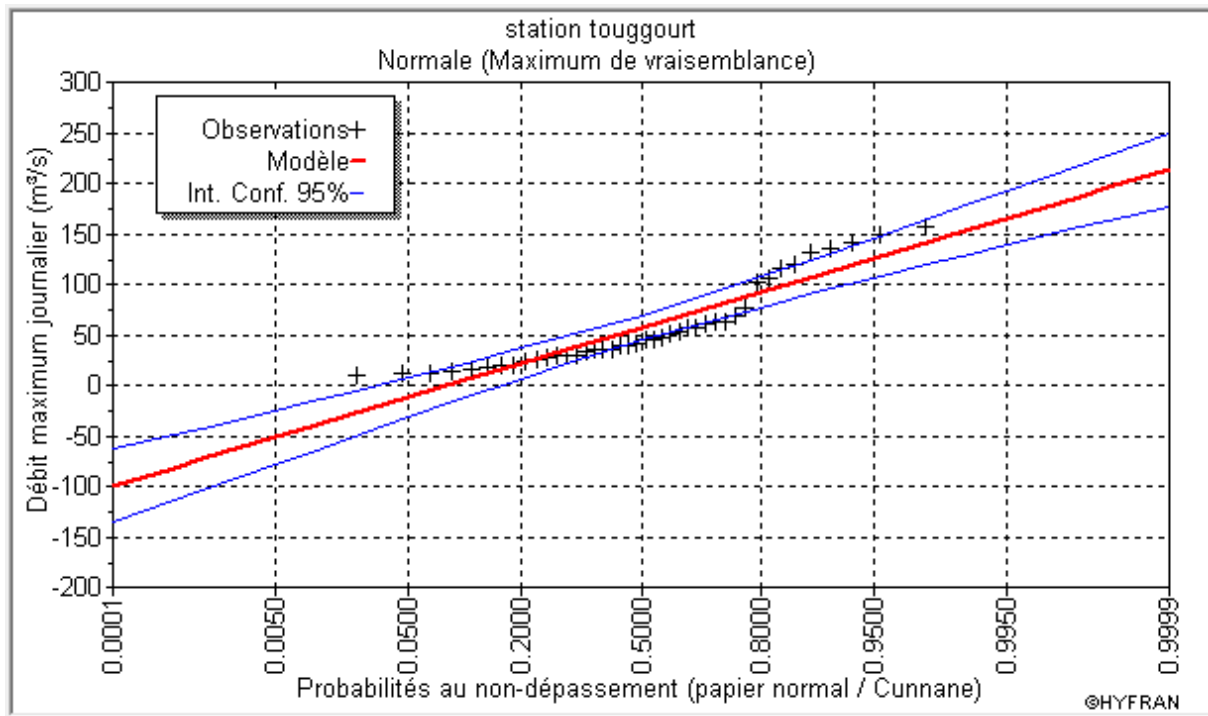


Figure 0-4: Ajustement des pluies annuelles à la loi normal.

0.6.2 Ajustement à la loi log-normale (Galton)

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

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

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

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

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale : \bar{x} et σ ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique $\overline{\ln x}$ et $\sigma_{\ln x}$;
- Report des valeurs sur papier Gausso-logarithmique ;

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

- Détermination de la droite de Galton $\ln xp\% = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$.

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

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

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

$$\delta \text{ Lnx} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30. \quad (0.8)$$

$$\delta \text{ Lnx} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30. \quad (0.9)$$

- Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau III-6 et au Figure III-6

Tableau III.6 : Ajustement à la loi de Galton

P. Retour	T = 1/q q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
	Fréquence	Quantile Xt	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10.0	0.90	141	22.3	97.4	185
5.0	0.80	102.2	13.8	74.6	129
2.0	0.50	54.1	6.32	41.9	66.7
1.25	0.20	28.6	3.94	21.3	36.7

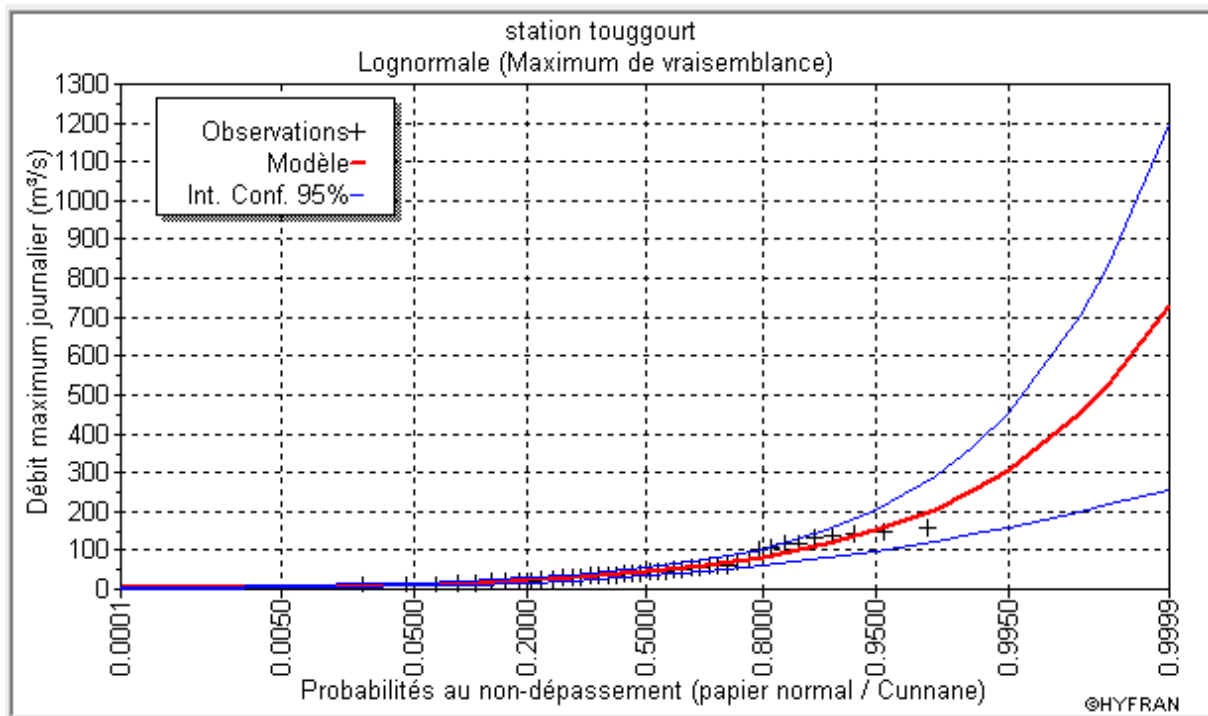


Figure 0.5: Ajustement des pluies annuelles à la loi de log-Normale

III .7 Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition $F(X)$ a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune N_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X)dX = N[F(X_i) - F(X_{i+1})].$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire

χ^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$$

$$\gamma : \gamma = k - 1 - m$$

Avec :

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

m : Nombre de paramètres de la loi, dont dépend la loi de répartition (m=2).

On calcule χ^2 , on calcule le nombre de degré de liberté : $\gamma = k-1-m$.

On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson

Avec : χ^2 théorique = $g(\gamma, \alpha)$.

0.7.1 Test de Khi carré pour la loi Normale

- On calcule χ^2 .
- On calcule le nombre de degré de liberté γ
- On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson (voir tableau suivant)

Avec :

$$\chi^2 \text{ théorique} = g(\gamma, \alpha)$$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : χ^2 calculé < χ^2 théorique

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau III.7 : la table de Pearson du χ^2

α γ	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2 \text{ calculé} = 22.01 \quad \gamma = 5$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2 \text{ théorique} = 11.07$$

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 22.01 > \chi^2_{\text{théorique}} = 11.07$$

Donc l'ajustement n'est pas à considérer

0.7.2 Test de Khi carré pour la loi log-normal (loi de Galton)

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 5.24 \quad \gamma = 5$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 11.07$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 5.24 < \chi^2_{\text{théorique}} = 11.07$$

Tableau 0.8 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log normale
$\chi^2_{\text{calculé}} = 21.01$	$\chi^2_{\text{calculé}} = 5.24$
Degré de liberté $\gamma = 5$	Degré de liberté $\gamma = 5$

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la loi log-normale ajuste mieux la série des pluies annuelles à la station de **Mn'ageur**

III .8 Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle (fréquence 80%) représentative de la région.

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence

80 %.

$$P_{\text{moy}} 80\% \text{ de chaque mois} = P_{\text{moy}} \text{ de chaque mois} \times \frac{P_{\text{théorique}} (20\%)_{\text{annuelle}}}{P_{\text{théorique}} (50\%)_{\text{annuelle}}}$$

Théorique de 50% = 54.1 mm, et Théorique de 20% = 28.6 mm;

$$P_{\text{moy}} 80\% = 0.529 \times P_{\text{moy}} \text{-mensuelle.}$$

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Tableau 0.9 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
P_{moy} (mm/mois)	5.75	4.77	8.74	5.81	12.7	3.88	8.44	6.38	3.18	0.75	0.58	1.63
P_{moy80%} (mm)	3.04	2.52	4.62	3.07	6.71	2.05	4.46	3.37	1.68	0.39	0.30	0.86

III .9Calcul des pluies efficaces (Peff)

La quantité d'eau pluviale retenue dans la zone racinaire est nommée pluie efficace (Pe) et doit être déduite des besoins totaux calculés en eau d'irrigation. «2»

On peut estimer pluies efficaces approximativement de la manière suivant :

- Méthode du pourcentage fixe (80%) : Pluie efficace (Peff) = 80 % de la pluie moyenne mensuelle.
- Méthode FAO :

$Pe = 0.8 P$ si $P > 75$ mm/mois.

$Pe = 0.6 P$ si $P < 75$ mm/mois.

Pour notre cas (la région du **Tuggourt**),on applique la Méthode FAO

Avec : $Pe = 0.6 P$ car : $P < 75$ mm/mois.

Tableau III.10: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en (mm)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
P (mm)	3.04	2.52	4.62	3.07	6.71	2.05	4.46	3.37	1.68	0.39	0.30	0.86
P_{eff} (mm)	1.82	1.51	2.77	1.84	4.03	1.23	2.67	2.02	1.01	0.23	0.18	0.52

III.11.Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture

C'est la quantité d'eau nécessaire à fournir à une culture pour satisfaire les besoins en eau durant tout son cycle végétatif. Cette quantité ne comprend ni les apports naturels, ni les diverses pertes subies pendant les stockages, les transports et la distribution, ni les besoins de lessivage .

III.11.1.Calcul de l'évapotranspiration maximale ETM

Les besoins en eau d'une culture (ETM), représentent l'évapotranspiration maximale de la culture considérée durant un stade végétatif donné.

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET₀), on utilise les coefficients culturaux (K_c), dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

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

$$ETM = K_c \cdot ET_0$$

K_c: Représente le coefficient cultural, il dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

III.11.2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

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

Avec :

K : coefficient qui dépend des conditions climatologiques égal à 1/2 ou 1/3.

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

ETM : évapotranspiration (mm/mois).

P_{eff} : pluie efficace

RFU_{i-1} : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures.

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

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

Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente (1.24).

Z : profondeur d'enracinement mm.

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (9%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (4%)

P_{eff} : pluie efficace.

L'irrigation est faite lorsque **B** (bilan hydrique) > 0

III.11.3. Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement

L'humidité à la capacité au champ et de flétrissement sont deux facteurs important dans la détermination de la Réserve facilement utilisable RFU et par conséquent les besoin d'irrigation les valeurs sont représenté dans le tableau suivant : «2»

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Tableau III.11 : Humidité à la capacité au champ et de flétrissement

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

Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage

III.11.4. Les profondeurs d'enracinement

Les valeurs de profondeur d'enracinement des différentes cultures sont données par le tableau ci-dessus :

Tableau III.12 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures

	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.
Tomate							0.7	0.9	1.2	1.2		
Pomme de terre	0.4	0.6	0.6	0.6								
Oliviers	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

III.12. Estimation des besoins en eau

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant le stade végétatif :

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Tableau III.13: Calcul des besoins en eau du Tomate.

Tomate/								
Mois	Pe _{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	1.82	210.63						
Octobre	1.51	153.63						
Novembre	2,77	92.68						
Décembre	1.84	65.34						
Janvier	4,03	62.88						
Février	1,23	84.05						
Mars	2.68	144.46	0.7	55,8	0	0.5	72.23	69.55
Avril	2,02	194.13	0,9	55,8	0	0.85	165.0105	162.9905
Mai	1.01	253.9	1.2	55,8	0	1.03	261.517	260.507
Juin	0.23	280	1.2	55,8	0	0.6	168	167.77
Juillet	0,18	309.7						
Août	0,52	276.42						

Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau du Pomme de terre.

Pomme de terre								
Mois	Pe _{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	1.82	210.63	0,4	37,2	0	0,5	105.315	103.495
Octobre	1.51	153.63	0,6	55,8	0	0,7	107.541	106.031
Novembre	2,77	92.68	0,6	55,8	0	1	92.68	89.91
Décembre	1.84	65.34	0,6	55,8	0	0,75	49.005	47.165
Janvier	4,03	62.88						
Février	1,23	84.05						
Mars	2.68	144.46						
Avril	2,02	194.13						
Mai	1.01	253.9						
Juin	0.23	280						
Juillet	0,18	309.7						
Août	0,52	276.42						

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau de parcelle

Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau du Olivier.

Olivier								
Mois	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	1.82	210.63	1,5	139,5		0,85	179.0355	177.2155
Octobre	1.51	153.63	1,5	139,5		0,85	130.5855	129.0755
Novembre	2,77	92.68	1,5	139,5	0	0,75	69.51	66.74
Décembre	1.84	65.34	1,5	139,5	0	0,65	42.471	40.631
Janvier	4,03	62.88	1,5	139,5	0	0,65	40.872	36.842
Février	1,23	84.05	1,5	139,5	0	0,65	54.6325	53.4025
Mars	2.68	144.46	1,5	139,5	0	0,65	93.899	91.219
Avril	2,02	194.13	1,5	139,5	0	0,65	126.1845	124.1645
Mai	1.01	253.9	1,5	139,5	0	0,65	165.035	164.025
Juin	0.23	280	1,5	139,5	0	0,8	224	223.77
Juillet	0,18	309.7	1,5	139,5		0,85	263.245	263.065
Août	0,52	276.42	1,5	139,5		0,85	234.957	234.437

Tableau III.16 : Récapitulatif des besoins ..

Mois	Tomate	Pomme de terre	Arboriculture	Bes/max
Septembre		103.495	177.2155	177.2155
Octobre		106.031	129.0755	129.0755
Novembre		89.91	66.74	89.91
Décembre		47.165	40.631	47.165
Janvier			36.842	49.418
Février			53.4025	78.6175
Mars	69.55		91.219	141.78
Avril	162.9905		124.1645	201.8165
Mai	260.507		164.025	260.507
Juin	167.77		223.77	223.77
Juillet			263.065	263.065
Août			234.437	234.437

III.13. Calcul du débit spécifique

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

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

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

Ni : nombre des heures d'irrigation=22h

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

Ei : Efficience d'irrigation=75%

On calcule les besoins en eau pour l'olivier D'où les besoins de pointe correspondent au mois d'juillet.

.

Bnet = 263.065mm/mois.

➔ Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

➔ $qs = 1.35 \text{ l/s /ha}$

III.14. Evaluation du débit caractéristique

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

$$Qcar = qs. S$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 4 ha

➔ $Qcar = qs. S = 1.35 * 4 = 5.41 \text{ l/s}$

III.15 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les besoins en eau de notre parcelle. Le choix des cultures s'est fait sur une base tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques.

Enfin, nous avons déterminé les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de notre parcelle. On remarque que le mois de pointe est le mois de Juillet, ce qui a permis de calculer le débit spécifique (**qs = 1.35 l/s/ha**) en tenant compte du débit spécifique de la culture la plus exigeante .

Le débit caractéristique de chaque parcelle est (**Qcar = 5.41 l/s**) .

Chapitre IV : Dimensionnement à la parcelle

IV.1 Introduction

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, et de créer des conditions les plus favorables pour la croissance des plantes. le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon, à ce que les plantes en tirent le maximum de profit.

nous avons divisé le périmètre en **unités** (50unités), chaque unité d'un superficie de 80-90 ha.

IV.2 Donnés générale

Dans notre parcelle, l'irrigation localisée représente la technique la plus utilisé dans la région , vu leur avantage sur les rendements des cultures.

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessité la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

L'irrigation localisée, concerne les cultures en ligne, nous l'appliquons dans notre cas à la parcelle contenant d'olivier . La surface de l'exploitation est de 4 ha et présente une forme relativement rectangulaire ($L=250m, l=160m$).

Culture : Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoin de pointe : 263,065mm (Juillet).

Caractéristique du goutteur

- Débit nominal : 4 l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 1 m
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

IV.3 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

IV.3.1 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 située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite :

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

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après [Ollier et Poirre, 1983]:

- **KELLER et KARMELI (1974) :**

$$K_r = \frac{C_s}{0.85}$$

- **La formule de Freeman et Garzoli :**

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$$

- **La formule de Decroix (CTGREF) :**

$$K_r = 0.1 + C_s$$

Dans notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0.71$ selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient : $K_r = 0.70$

$$B_{jl} = B_j * K_r$$

$$B_{jl} = ETM_c = 8.76 * 0.7 = \mathbf{6.13 \text{ mm/j.}}$$

IV.3.2 Dose nette pratique :

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

La dose (RFU) étant définie comme suit :

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

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

Tel que : Hcc : humidité à la capacité au champ (9%) (Annexe n°4)

Hpf : humidité au point de flétrissement (4%) (Annexe n°4)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (1/3)

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié. (Annexe n°6)

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre : 2 goutteurs.

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

Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après le catalogue elle est de 1m.

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre 4m

Sa : espacement des arbres sur les rangs 4m

$$P = 20\%$$

Donc :

$$RFU = (0.09 - 0.04) \cdot 1500 \cdot 1/3 \cdot 1,24 = 31.1 \text{ mm}$$

$$Dp = RFU \cdot P\% = \mathbf{6.23 \text{ mm.}}$$

IV.3.3 Calcul de la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{Dp}{Cu \cdot \text{eff}} = \frac{6.3}{0.9 \cdot 0.9} = \mathbf{7.65 \text{ mm}}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

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

IV.3.4 Fréquence des arrosages :

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{D_{brute}}{B_{jl}} = \frac{6.23}{6.13} = \mathbf{1.01 \text{ jours}}$$

Donc on prend : Fr = 1 jours.

IV.3.5 Durée d'arrosage:

$$\theta = \frac{Dp \cdot Sr \cdot Sd}{n \cdot qg}$$

• Sd : L'espacement des distributeurs sur le même arbre.

• Sr : L'écartement entre les rampes ;

- qg: Débit du distributeur en l/h.
- n : nbre de goutteurs sur même arbre

$$\theta = \frac{6.23 * 4 * 1}{2 * 4} = \mathbf{3.12 \text{ heures}}$$

On prend 4 heures.

IV.3.6 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{3.12}{1} = \mathbf{4 \text{ heures/jour}}$$

IV.3.7 Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{16}{4} = \mathbf{4 \text{ postes}}$$

On prend 3 postes

IV.3.8 Surface du poste :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{4}{4} = \mathbf{1 \text{ ha}}$$

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

IV.4 Calculs hydrauliques :

IV.4.1 Conditions hydrauliques de base :

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

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

La variation maximale de la pression :

$q = K.H^x$ avec : $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

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

Telle que : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

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

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

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

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression alors :

$$P_{dcs} = 2 * 0,1 = 0,2\text{mce}$$

$$P_{dcl} = 2 - 0,2 = 1,8\text{mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$1/3 \text{ sur les porte- rampes } P_{dc}(\text{pr}) = 1.8 * 1/3 = 0,6 \text{ m c e}$$

$$2/3 \text{ sur les rampes } P_{dc}(\text{r}) = 1.8 * 2/3 = 1,2 \text{ m c e}$$

1) Le débit :

$$Q_r = Q_g * N_r$$

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

Avec:

- Q_r : Débit de rampe.
- Q_g : Débit du goutteur
- $N_{g/r}$: Nombre des goutteurs par rampe
- N_r : Nombre des rampes
- Q_{pr} : Débit de porte rampe
- ✓ La longueur de la rampe : 124 m.
- ✓ La longueur de la porte rampe : 152 m.
- ✓ La longueur de la conduite secondaire : 120m.

2) Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{\text{arbres}} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{124}{4} = 31 \text{arbres}$$

$$N_{\text{arbres}} = 31 \text{arbres}$$

3) Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 31 * 2 = 62 \text{goutteurs}$$

$$N_g = 62 \text{goutteurs}$$

4) Le nombre des rampe

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{152}{4} = 76 \text{ rampes}$$

$$N_{\text{rampe}} = 76 \text{ rampes}$$

Nombre de rampes par poste :

$$N_r = L_{pr} / E_r = 19 = 19 \text{ rampes}$$

5) Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 62 * 4 = 248 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 248 \text{ l/h}$$

6) Débit de la porte rampe :

$$Q_{Pr} = Q_r * N_r = 248 * 19 = 4712 \text{ l/h}$$

$$Q_{Pr} = 4712 \text{ l/h}$$

7) Nombre de porte Rampe :

Nombre de porte rampe = 1 (1 seul porte rampe).

8) Débit de la conduite secondaire :

$$Q_{Cs1} = Q_{Pr} * N_{Pr} = 4712 * 1 = 4712 \text{ l/h}$$

$$Q_{Cs1} = 4712 \text{ l/h}$$

IV.5 Dimensionnement des canalisations du réseau d'irrigation localisée :

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

1) La conduite tertiaire (conduite d'approche) :

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

2) Porte-rampes :

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

3) Les rampes :

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

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

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

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

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
- \varnothing_r (cal) : le diamètre de rampes

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

- Pdc(pr) : la perte de charge dans la porte rampe
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe

$D_{rampe} = 13.48\text{mm}$, on prend un diamètre normalisé : DN = 20mm

$D_{porte-rampe} = 41.65 \text{ mm}$, on prend un diamètre normalisé : DN =50mm

IV.6 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 = 20mm.

Perte de charge selon Hazen-williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Ou : L : la longueur de la conduite.

Q : débit (m³/s).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

$C_w = 140$ PEHD, $L = 124\text{m}$, $D = 0.020 \text{ m}$, $Q = 6.88 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

$\Delta H_{Rampe} = 0.51 \text{ m} < 1.2\text{m}$

IV.6.1 Calcul du diamètre de la rampe :

Tableau IV.1: Diamètre de la rampe

Culture	Surface (m ²)	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m) P. charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	ΔHcal (m)
Olivier	40000	124	62	256	1.2	13.48	20	0.51

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max).

IV.6.2 Calcul de Diamètre de la porte rampe :

On applique le même procédé que les rampes, et on trouve :

Tableau IV.2: Diamètre de la porte rampe

Culture	Surface m ²	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	hcal(m)
Olivier	40000	152	46	4712	0.6	41.65	63	0.55

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

D'après les deux tableaux précédents, on constate que les pertes de charges totales (1.06m) n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

IV.6.3 Calcul des diamètres des conduites tertiaire :

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

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

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

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Tableau IV.3: Diamètre des conduites tertiaires

Culture	Surface m ²	L(m)	Q (m ³ /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	40000	130	0.00138	1.05	41	63	0.51	0.49

IV.7 La pression d'eau :

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

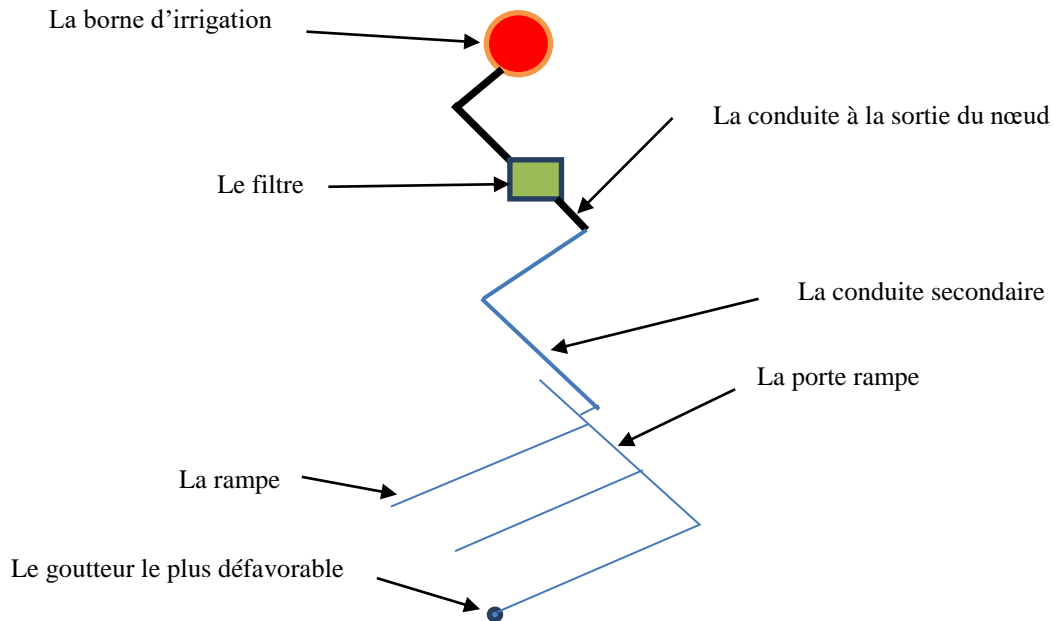


Figure IV.1 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs

Tableau IV.4: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	124	152	120
Diamètre(m)	0.020	0.063	0.063
Débit (m ³ /s)	6.888. 10 ⁻⁵	0.00138	0.00138
Pertes de charge(m)	0.55	0.51	0.49

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable, Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10 + 0.55 + 0.51 + 0.49 = 11.5 \text{ m.}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.2bars ce qui est largement suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

IV.8.Calcul des dimensions du bassin

$$V_B = Q_c * T$$

$$Q \text{ caractéristique} = Q_{sp} * \text{surface}$$

$$\text{Surface partielle} = 84 \text{ ha}$$

donc :

Qc: débit caractéristique .

T : on a T=4h

Donc : $V_b=84*0.00135*3600*4=1612$

$V=1600 \text{ m}^3$

Donc : dimension du bassin en m (L=21.3,l=21.3,h=3.5)

IV.9.Dimensionnement de la réseau de distribution

on va irriguer 21 parcelles d'une surface 84 ha (1 unité) au même temps par un bassin de 1600 m³ qui alimente à partir de 2 forages du débit de 11 l/s pendant 20 h.

il existe quatre paramètres qui interviennent pour le dimensionnement de la réseau :

- Le débit Q.
- La perte de charge.
- La vitesse V.
- Le diamètre D.

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

Avec : Q : débit de la conduite considérée

on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.05 m/s

Tableau IV.5 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	débit Q(l/s)	débit Q(m ³ /S)	Diametre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Cote de terrain (m)
B -N1	343	28.35	0.02835	185.3232	200	80.55
N1-B1	10	5.4	0.0054	80.88169	90	80.52
N1-B2	10	5.4	0.0054	80.88169	90	80.51
N1-N2	321	17.55	0.01755	145.8115	140	79.59
N2-B3	10	5.4	0.0054	80.88169	90	79.56
N2-B4	10	5.4	0.0054	80.88169	90	79.54
N2-N3	162	6.75	0.00675	90.42848	110	79.33
N3-B5	10	2.7	0.0027	57.19199	63	79.39
N3-B6	10	1.35	0.00135	40.44084	50	78.51
N3-B7	180	2.7	0.0027	57.19199	63	78.07

Vérification avec Epanet :

1-Des vitesses :

On assurer le vitesse entre 0.8 et 1.2 m/s .

Tableau IV.6 : Vérification des vitesses

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	débit Q(l/s)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse (m/s)
B1-N1	343	28.35	200	0.9
N1-B1	10	5.4	90	0.85
N1-B2	10	5.4	90	0.85
N1-N2	321	17.55	140	1.14
N2-B3	10	5.4	90	0.85
N2-B4	10	5.4	90	0.85
N2-N3	162	6.75	90	1.06

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

N3-B5	10	2.7	63	0.87
N3-B6	10	1.35	40	1.07
N3-B7	180	2.7	63	0.87

2-Des pressions :

On assurer la pression entr entre 1.2 et 1.7 m .

Tableau V.7 : Vérification des pressions

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	débit Q(l/s)	Diamètre Normalisé (mm)	Pression (m)
B1-N1	343	28.35	200	15.88
N1-B1	10	5.4	90	15.8
N1-B2	10	5.4	90	15.8
N1-N2	321	17.55	140	14.39
N2-B3	10	5.4	90	14.31
N2-B4	10	5.4	90	14.31
N2-N3	162	6.75	90	13.01
N3-B5	10	2.7	63	12.89
N3-B6	10	1.35	40	13.2
N3-B7	180	2.7	63	11.77

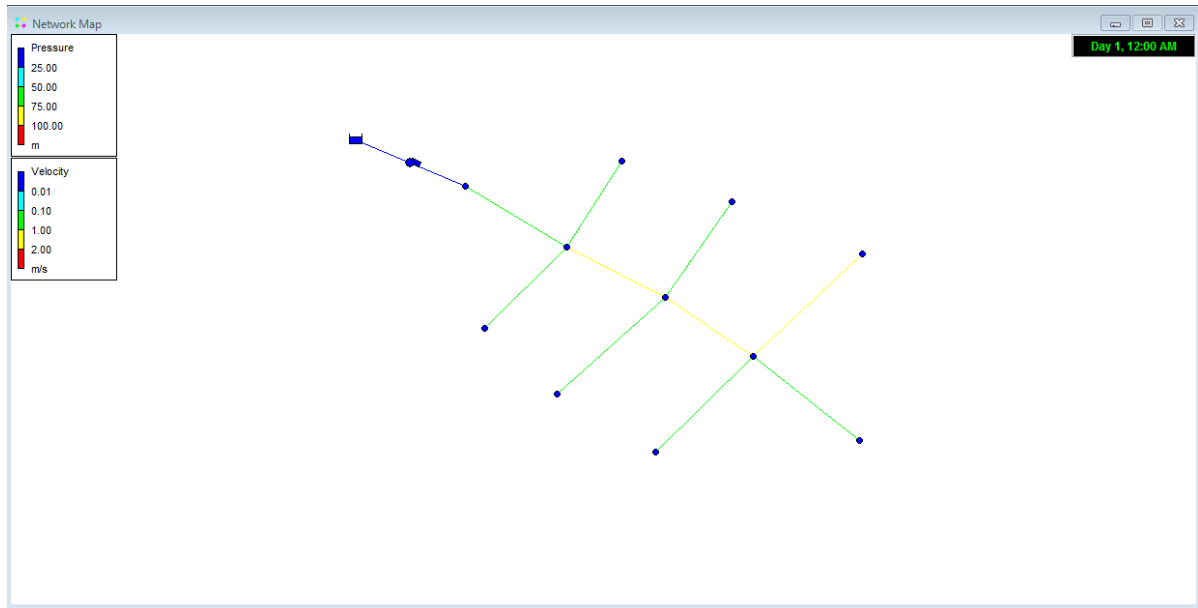


Figure. IV.2.Schéma de la réseau de distribution (Epanet)

3-Les caractéristiques de la pompe de réseau :

Debit = 28.35 l/s

HMT = 20.51 m

IV.10Choix de pompe

Nombre de pompes principales :

Il faut prévoir une, ou deux pompes de secours, pour les utiliser en cas de panne.

Le nombre de pompes doit être plus restreint possible, voir les recommandations ci-dessous :

$Q < 1 \text{ m}^3/\text{s}$ (1 - 2) pompes.

$Q = 1 - 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (3 - 5) pompes.

$Q > 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (4 - 6) pompes.

Dans notre cas le débit ($Q = 0.011 \text{ m}^3/\text{s}$) est inférieur à $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Donc on a une (1) pompe principale et une autre pompe de secours.

Calcul des pertes de charge et de la HMT (forage 01):

Le calcul de la HMT indispensable pour le choix des pompes est fonction des pertes de charges et du débit d'exploitation.

Pour le cas du forage N 01, la pompe sera placée au dessous du niveau dynamique du forage à une hauteur de -13m, donc elle sera à une cote de: 45m.

La hauteur manométrique totale de la pompe sera comme suit :

Chapitre IV: Dimensionnement à la parcelle

$$\text{HMT} = 45 \text{ m} + \text{Pch} + \text{Alt} + \text{Pr}$$

- **Pc** : perte de charge (m/m) de la colonne de refoulement (45 m) ; la longueur totale de refoulement est de 456 m.

- **Alt** : différence d'altitude entre la tête de forage et l'extrême point d'alimentation en eau ; en m exprimé en bar avec $5\text{m} = 0.5 \text{ bar}$.

- **Pr** : pression demandée au niveau de robinet ou vanne finale ; 1 bars équivaut 10 m.

Le diamètre de refoulement est calculé par la formule de Bonin :

$$D = \sqrt{Qp}$$

Qp : débit unitaire d'une pompe (11 l/s), on trouve **D = 0.076 mm, on prend = 90 mm**

Débit unitaire de forage 1 : 11 l/s.

➤ Longueur de refoulement de la colonne de forage (acier) : 44m.

➤ Longueur de refoulement tête de forage 1-bassin d'irrigation(PEHD) : 456m.

On résume le calcul de perte de charge de la colonne de refoulement (P ch) dans le tableau ci dessous :

Tableau IV.8: pertes de charges de la colonne de refoulement (forage 01).

Conduite	L ref (m)	rugosité (mm)	D (mm)	λ	Pch linéaire (m)	Pch totale (m)
Colonne de forage (acier)	45	0.1	110	0.011	0.201	0.221
Conduite de ref forage bassin (PEHD)	456	0.01	110	0.01	1.867	2.05

Donc **Pch=2.271 m**

$$\text{HMT} = 45 + 5 + 10 + 2.271 = 62.271 \text{ m.}$$

La HMT est de 62.271 m, soit donc 63 m.

Nous avons effectué le choix des pompes à l'aide du logiciel CAPRARI pour un système de pompes immergées (cas des forages).

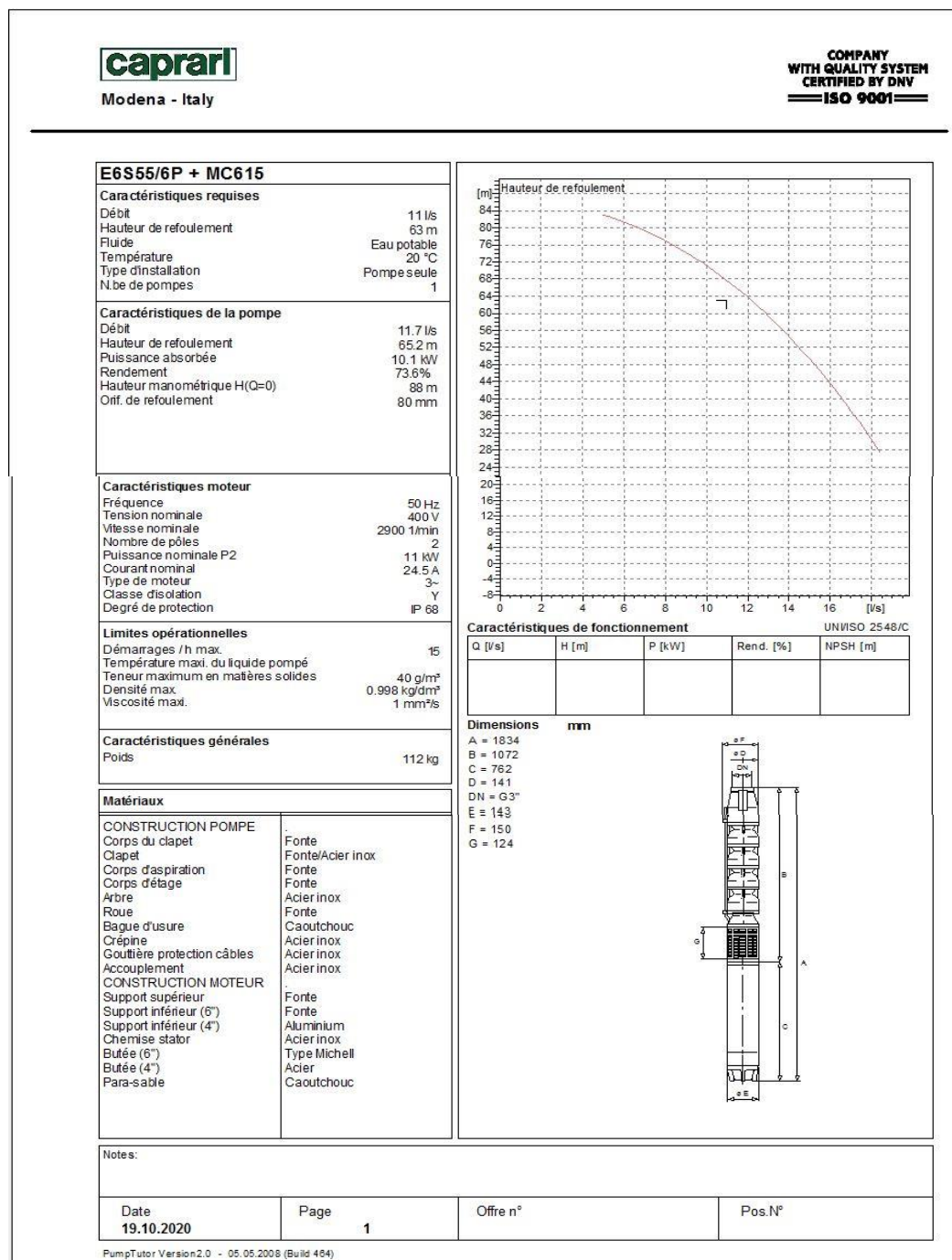


Figure. IV.3 : caractéristique de la pompe

IV.11 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement des différentes parties du réseau localisé, à savoir : le goutteur, la rampe, le porte-rampe, la conduite secondaire, le bassin et le réseau. Et ce, en tenant compte de la choix de la pompe.

Chapitre V: Calcul technico-économique

V.1 Introduction

L'évaluation économique et financière permet d'apprécier la rentabilité du projet par comparaison des coûts calculés et des avantages tirés. Elle consiste en l'estimation du coût du projet, des recettes du projet ou chiffre d'affaire, les résultats prévisionnels de l'exploitation, l'appréciation de la rentabilité financière et l'analyse économique.

V.2 Présentation d'aménagement de périmètre

A la lumière des potentialités et contraintes identifiées dans l'autres chapitres de l'étude, et prenant en compte des objectifs du programme de concessions, on propose un programme d'actions de mise en valeur comme suite :

- Actions de mobilisation et de distribution de la ressource en eau .
- Actions de mise en valeur et de protection des terres .

V.2. 1 Actions de mobilisation et de distribution de la ressource en eau

Ces actions sont indispensables à la réalisation de ce périmètre qui ne peut être conçu que par un aménagement hydro-agricole.

La carte d'implantation des actions fait apparaître les constituants de ce chapitre et leur répartition dans l'espace à mettre en valeur.

Il s'agit dans le cas de ce périmètre de fonçage de puits pour pouvoir faire face aux besoins nécessaires à la concrétisation de cet aménagement hydro-agricole.

V.2. 1.1- Fonçage de forages

la surface à aménager aurait besoin de **100** forages d'un débit minimum de 11 l/s chacun.

Théoriquement la profondeur de ces forages serait de 80 m/linéaire, et ce en corrélation aux caractéristiques des forages réalisés dans les environs immédiats du site du projet .

V.2. 1.2-Equipements des forages (100U)

Une moto pompe et les accessoires nécessaires accompagneront chaque forage réalisé.

V.2. 1.3 Réseau d'irrigation par goutte à goutte (4328 ha)

l'irrigation localisée représente la technique la plus utilisée dans la région, vu leur avantage sur les rendements des cultures, destinée pour le Palmier Dattier et L'Olivier...etc , intéressera 4328 ha .

.Elle fera l'objet d'une étude spécifique après connaissance des débits relatifs à chaque concession.

V.2. 1.4 Bassin de stockage en géo membrane (1600m³)

50 Bassins de 1600 m³ chacun, sont prévus pour relier l'amenée d'eau et le réseau de distribution.

V.2. 1.5 Système de Réseau de distribution (100U)

chaque système de réseau de distribution est composée d'éléments suivants :

- une pompe de débit 25-35 l/s et Hmt 60-80 m .
- les conduites de réseau .
- les bornes .

V.2.2 Actions de mise en valeur et de protection des terres

L'investigation sur terrain a permis de dégager les actions structurantes du projet avec détermination et évaluation des types d'actions et mesures à entreprendre pour la lutte contre l'érosion, de la protection et de l'amélioration des sols ,de l'ouverture des voies dedésenclavement (pistes rurales et agricoles).

V.2.2.1 Nivellement par Engins (5000 has)

Il consiste à niveler toute la surface à concéder, d'une manière mécanique pour préparer le terrain à planter ou à ensemer. Autrement-dit aplanir la topographie de la parcelle à gérer, car c'est une opération importante et préalable à la mise en valeur de chaque concession.

V.2.2.2 Ouverture de piste améliorée sur 5Km :

Un réseau de piste améliorée d'une largeur de 07 mètres est prévu pour relier la zone de périmètre appelée « Houd etaine » et la route allant nationale nemro 16 au coté amant du périmètre ; elle desservira les trois périmètres inscrits dans la commune de M'Nagueur.La distance globale est répartie proportionnellement sur les trois périmètres .Pour le périmètre de Houd etaine la distance est de 5 Km, le contournant par sa limite Sud.

V.2.2.3 Ouverture de piste secondaire sur 70Km

Ce tracé de pistes reliera d'une part les parcelles entre elles, et d'autre part desservira les concessions en les ceinturant. Le réseau compte une longueur de **70 Km** pour tout le périmètre.

V.2.2.4 Brise-vent périmétral en Casuarina (585 Km)

Une ligne de brise-vent est prévue sur une longueur de 585 Km, constituée essentiellement d'espèces forestières à savoir « Casuarina » pour le cas de ce périmètre.

V.2.2.5 Confection de «Tabia» plantée en palmes sèches (djerid) 324 Km

Cette fixation mécanique adaptée à la région a permis de meilleurs résultats dans ce domaine. Cette opération est prévue sur les pourtours, comptant une longueur totale de 324Km.



Figure V.1 : Dispositif de lutte mécanique contre l'ensablement et l'action des vents.

Confection de Tabia le long du pourtour de la parcelle, puis fixation par une ligne ou deux en palmes sèches (Djerid).

V.2.2.6 Electrification (M.t) -55Km

Pour cette opération nécessaire au fonctionnement des motopompes, une amenée en énergie électrique est projetée à partir de la première périmètre de Oumik-kabch vers le périmètre .avec une distance de 55 kms de longueur .

V.2.2.7 Electrification (B.T)-25 kms

C'est ce type de tension qui est directement exploitable par les concessionnaires. 25 Km de distance en B.T seront projetés pour interconnecter la ligne de la M.T et les différents équipements d'irrigation (pompes électriques, etc.).

V.2.2.8 Implantation des concessions ou parcellisation sur 5000 has

Cette opération permet l'organisation de l'espace à mettre en valeur .Autrement-dit la matérialisation du terrain en parcelles de 04 ha par concession .Elle s'appliquera sur les **4328** ha concessibles.

V.3 Fiche d'actions

1 Action de mobilisation et de distribution de la ressource en eau :

- * Fonçage de forages améliorés (80 ml de profondeur, d'un débit de 11 l/s)100U
- * Equipements de forages (pompe et accessoires)100U
- * Réseau d'irrigation par goutte à goutte.....4328Ha
- *Système Réseau de distribution50U
- * Bassin d'accumulation (1600 m3).....50 U

2 Action de mise en valeur et de protection des terres :

- * Nivellement par Engins.....4328 Has
- * Ouverture de piste (12 mètres de largeur+ pose de tout-venant)5 Km
- * Ouverture de piste secondaire (07 mètres de largeur)70 Km
- * Brise-vent périmètre en « Casuarina ».....585Km
- * Confection de « Tabia » en pourtour des parcelles (plantée en palmes sèches) 324Km
- *Electrification (moyenne tension MT).....50Km

Chapitre V: Calcul technico-économique

* Electrification (basse tension BT) 25 Km

* Implantation des concessions ou parcellisation.....4328 Ha

Taille de la concession =04Ha

Nombre de concessions =1082

V.4 Evaluation du coût du projet

Tableau n° 01 : Evaluation du coût du projet.

NATURE DES ACTIONS	Unité	Quantité	Coût unitaire (DA)	Montant global (DA)	%
1- Aménagement					%
Nivellement	Ha	4328	150 000	649200000	
Brise vents "Tabia"	Km	324	127 500	411642000	
Brise vents "Casuarina"	Km	585	86 400	50544000	
Ouverture de piste	Km	05	2 000 000	10000000	
Ouverture de piste secondaire	Km	70	1 500 000	105000000	
Electrification (MT)	Km	55	2 800 000	154000000	
Electrification (BT)	Km	25	3 200 000	80000000	
Cadastre	Ha	5000	1 000	5000000	
Sous total 1				1.463.754.000	53%
2- Ouvrages de mobilisation de l'eau					
Fonçage de forages	Unité	100	1000 000	100000000	
Equipement et abris puits	Unité	100	100 000	10000000	

Chapitre V: Calcul technico-économique

Bassins d'accumulations 1600 m³	Unité	50	60 0000	30000000	
Réseau d'irrigation par goutte à goutte	Ha	4328	250 000	1082000000	
Système de Réseau de distribution	Unité	50	1500000	75000000	
Sous total 2				1297.000.000	47%
Coût global des investissements				2760754000	100%
Coût: DA/concession				2551528.65	
Coût: DA/ha				637882.163	

Cela consiste à évaluer physiquement et financièrement les actions et opérations de mise en valeur retenues. Le coût de chaque composante du projet a été évalué à partir de fiches techniques de base et des prix actuels pratiqués sur le marché des biens et services. Le coût global du projet s'élève à **2.760.754.000DA**, soit **2.551.528DA/concession** et **637.163 DA/ha**.

Cet investissement est destiné à la composante agricole pour un montant de **1.463.754.000DA**, soit 53 % du coût global du projet, et aux aménagements hydrauliques pour un total de **1297000000 DA** (47%) .

V.5 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons évalué le coût de notre projet d'irrigation pour le périmètre de houe etain , avec un coût total d'investissement **2.760.754.000DA**, soit **2.551.528 DA** pour chaque concession et **637.163 DA** pour chaque hectare .

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif fondamental visé par l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude est de proposer un aménagement hydroagricole par le biais de la concession concerne le périmètre de Houd Etain localisé dans la commune de M'Nagueur (Wilaya Délégué de Tougourt) d'une superficie de 5000 ha tel que la taille de concession est 4 hectare .

Pour atteindre cet objectif , en premier lieu nous avons commencé par une étude détaillée de la région et sous différents angles a permis de classer son climat comme étant saharien avec une période sèche tout l'année.

Deuxièmement nous avons abordé l'étude agro-pédologie, il a été question de l'identification des ressources en sol et en eau disponibles dans notre région afin de les exploiter au mieux dans la réalisation du projet.

Puis vient alors l'estimation et le calcul des besoins en eau des cultures et utilisez-le pour dimensionner de parcelle .

A la fin nous avons proposé un d'un programme d'actions de mise en valeur et Evaluation économique et financière.

A la lumière des résultats trouvés, nous avons évalué du coût de notre projet pour le périmètre de Houd etain , avec un coût total d'environ **2.760.754.000DA** DA, soit **2.551.528DA** pour chaque concession et **637.163** DA pour chaque hectare .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

«1» ANRH, Données Pluviométrique. Document interne. Ouaregla.

«2» GHEDJATI, M, (2015). Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du perimetre Kechem errih w.Ouargla a partir d'un forage (100HA)

«3» Touaibia, B., (2004) Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida.Algérie.

«4» Société ERRACHED, (2016) Etude de faisabilité technico-économiques de projets de mise en valeur par la concession .

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1

Tableau III.7 : la table de Pearson du χ^2

α γ	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

ANNEXES

Annexe 2

Coefficients culturaux (Kc)

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

Premier chiffre: avec forte humidité (HR min > 70%) et vent faible (U < 5 m/s).

Second chiffre: avec faible humidité (HR min < 20%) et vent fort (> 5 m/s).

ANNEXES

Annexe 3

Tableau خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند. **Pluies mensuelles (Station : Tougourt).**

Source : ANRH Ouaregla

Années Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jun.	Juil.	Aout.	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
1975	50.2	12.9	0	39	0	0	0	0	1.4	0	12.7	1.9
1976	19.7	16.5	34.5	0	1.6	0	0	0	7	5.3	21.4	1
1977	16	0	11.8	0.6	5.6	0	0	0	0.3	0	10.4	8
1978	12.6	18	0	32	1.8	0	0	3	0	1.5	0	0
1979	7.9	22.8	1.8	3.5	0.8	0	0	0	4.8	8	2.3	0
1980	10.1	14	64.7	10	0	0	0	0	0	0	50.2	4
1981	0	1.02	5.08	6.1	0.51	0	0	0	0	0	6.6	1.02
1982	0	2.03	7.11	0	2.03	1.02	0	0	0	0.25	2.03	13.97
1983	0	0	5.59	0.51	0	0	0	0	0	0	6.09	1.53
1984	0	0	5.59	0.51	0	0	0	0	0	0	6.09	1.53
1985	57.6	0	1.02	3.05	1.53	0	0	0	0	0	0	6.1
1986	1.02	0.25	19.3	9.91	3.3	0	0	0	0.51	6.09	6.1	9.15
1987	4.06	1.27	1.53	0	2.04	5.207	2.03	0	0	13.97	0	1.53
1988	0	0	2.03	0	1.78	4.57	0	0	5.04	6.096	83.32	51.3
1989	1.52	0	0	2.04	0	0	0	0	0	0	5.33	0
1990	56.13	0	6.61	10.42	30.21	0	0	16.15	0	0	0	0
1991	0	0	12.96	0	20.06	2.03	0	0	4.58	16	5.59	0.25
1992	34.7	0	48.01	12.95	22.35	0	11.41	0	0	0	2.03	9.91
1993	0	14.99	6.1	0	1.02	0	0	1.02	62.7	32.7	17.27	4.06
1994	0	0	16.51	3.05	0.51	1.02	0	0	8.89	10.16	0	0
1995	3.05	0	0	0	0	0	0	0.51	29	1.02	2.04	25.15
1996	40.39	12.45	17.28	0	0	0	1.09	0	4.07	0.25	0	0
1997	0	0	0	18.03	0	1.02	0	0	14	0	12.95	8.13
1998	0	0	1.02	0	0	7.87	0	0	3.05	19.3	2.03	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	1.25
2000	0	0	1.25	1.52	14.99	1.02	0	0	1.52	19.31	0	1.78
2001	4.07	0	2.04	1.02	0	0	0	0	5.08	1.02	2.03	27.17
2002	5.08	0	0	0	4.06	0	9.39	3.55	3.56	7.11	8.65	0
2003	18.28	4.57	11.94	0	0	0	0	5.08	0	12.7	4.06	4.07
2004	59.94	0.76	16.52	11.94	0	1.53	0	0	10.9	0	39.12	7.12
2005	0	3.56	0.76	0	0	3.05	0	6.1	6.1	3.05	0	2.03
2006	19.82	1.02	0	2.03	0	0	0	2.04	15	13.97	2.03	6.1
2007	0	1.02	0.76	40.13	0	0	0	20.07	0	1.02	0	11.18

ANNEXES

2008	7.11	1.02	0	0	1.02	2.79	0	0	4.07	8.89	3.05	6.1
2009	89.66	0	25.66	11.94	5.33	0	0	0	23.4	1.02	0	1.02
2010	7.12	0.76	0	10.16	2.03	0	0	0	5.08	1.27	2.03	0
2011	1.02	0	7.87	2.04	6.09	0	0	2.03	0	6.1	0	0.51
2012	2.04	0	0	7.87	0	0	0	0	3.3	3.05	2.04	0
2013	3.56	1.53	0	16	0	0	0.51	8.13	0	0.25	6.1	19.31
2014	2.03	0	4.06	0	0.25	0.25	0	0	5.33	0	7.12	1.78
2015	0	29.97	12.19	0	0	0	0	1.02	8.13	1.02	0	0
2016	0	2.54	3.05	11.68	4.57	0.25	0	0	5.08	0	1.78	6.1

Annexe 4

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 5

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur

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

ANNEXES

Annexe 6

Guide d'estimation du pourcentage du sol humidifiée (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 _i 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, Sd 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	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	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	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40	40