



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Etude d'aménagement hydro agricole du périmètre de Guerrara (secteur sud) (100 ha) à partir d'un forage wilaya de Ghardaia.

Présenté par :

MEDJAHED ZINE EDDINE

Devant les membres du jury

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

Session Septembre 2023

Remerciement

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu pour m'avoir accordé la force, le courage et la volonté nécessaires pour accomplir mon mémoire.

Un immense merci à ma promotrice, Mme Saadoun Samra, qui m'a accompagné et conseillé avec une patience inestimable à chaque étape de la réalisation de ce travail.

Je suis également reconnaissant envers mes parents, qui sont une source constante d'encouragement et qui m'ont toujours poussé à viser plus haut. Mes amis ont joué un rôle essentiel en m'apportant leur précieuse aide pour mener à bien ce travail. Je souhaite également adresser des remerciements spéciaux à Mes sœurs, Malek et Nourhen, ainsi qu'à Djenene Belkisse pour leur soutien.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers l'ensemble de mes enseignants et du personnel de l'E.N.S.H pour leur contribution à ma formation en tant qu'ingénieur d'État en Hydraulique.

Enfin, je souhaite exprimer tout mon respect envers les membres du jury qui auront l'honneur d'évaluer notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents, ainsi qu'à mes sœurs Norhen et Malek, mes amis Azzouz , Hani et Khalile, et mes amies Amira et Samah, ainsi qu'à toute ma famille et mes proches.

Ce mémoire est également dédié spécialement à ma chère mère. avec une dédicace particulière a Djenene Belkisse pour son aide précieuse

ملخص

الهدف الرئيسي لهذا الرسالة هو تصميم شبكة توزيع مياه عبر منطقة القرارة التي تقع في ولاية غرداية، بهدف تحسين إنتاجية الزراعة مع الحفاظ على موارد المياه الثمينة. تأخذ طريقة السقي هذه في الاعتبار الظروف المناخية، وجودة التربة والمياه، وتستخدم أساليب نوعية لتحديد الاحتياجات المخصصة للزراعة ، مما يضمن استخدامًا فعالًا للمياه. تركز الرسالة على تنظيم الموارد المائية للزراعة في المناطق الجافة، من خلال اعتماد نظام السقي الجاذب، المعروف بفعاليتته في مثل هذه الظروف، بهدف تحقيق زيادة في إنتاجية الزراعة مع الحفاظ على موارد المياه الثمينة في المنطقة. بعد إجراء هذه الدراسة، تأكدنا من اختيار الطريقة الصحيحة للسقي ، من خلال توفير الضغط اللازم لعمل أنظمة السقي بأنواعها المختلفة، وضمان كفاءة عمل هذه الأنظمة.

Résumé

L'objectif central de ce mémoire est de concevoir un réseau de distribution d'eau à travers le périmètre de Guerrara, situé dans la wilaya de Ghardaïa, afin d'améliorer la productivité agricole tout en préservant les ressources hydriques. Cette approche d'irrigation prend en compte les conditions climatiques, la qualité du sol et de l'eau, et utilise des méthodes qualitatives pour déterminer les besoins spécifiques des cultures, assurant ainsi une utilisation efficace de l'eau. Le mémoire se focalise sur l'aménagement hydro-agricole en zone aride, en optant pour le système d'irrigation gravitaire, reconnu pour son efficacité dans de telles conditions, visant ainsi à concilier une productivité agricole accrue tout en préservant les précieuses ressources en eau de la région. Après avoir mené cette étude, nous sommes assurés d'avoir choisi la méthode appropriée pour l'irrigation en fournissant la pression nécessaire pour le fonctionnement efficace des différents systèmes d'irrigation, tout en garantissant leur bon fonctionnement.

Abstract

The primary objective of this thesis is to design a water distribution network across the Guerrara area, located in the Ghardaïa province, with the aim of enhancing agricultural productivity while preserving water resources. This irrigation approach takes into account climatic conditions, soil and water quality, and employs qualitative methods to determine the specific needs of crops, thereby ensuring efficient water usage. The thesis focuses on hydro-agricultural development in arid zones, opting for the gravity irrigation system, renowned for its effectiveness in such conditions, with the goal of achieving increased agricultural productivity while safeguarding the region's precious water resources. After conducting this study, we are confident that we have chosen the appropriate method for irrigation by providing the necessary pressure for the effective operation of various irrigation systems while ensuring their proper functioning.

Tables des matières

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des planches	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Introduction	3
I.1 Localisation et Presentation de la Zone d'Etude	3
I.1.1 Situation géographique.....	3
I.1.2 : Sitation du Périmètre	4
I.1.3 Caractéristiques topographiques de la zone	5
I.1.3.1 Relief	5
I.1.3.2 Hydrographie.....	5
I.1.3.3 Géologie	5
I.2 Caractéristiques Climatologiques de la zone d'Etude	6
I.2.1. Choix de la station de reference	6
I.2.2 Température	7
I.2.3 Précipitations	7
I.2.4 Humidité	8
I.2.5 Le vent	9
I.2.6 L'évaporation	10
I.2.7 Insolation.....	11
I.3 Indices Agro-Météorologiques.....	12
I.3.1 L'indice d'aridité de Martonne (1926)	12
I.3.2 L'indice de Bagnols et Gaussen	13
I.3.3 Quotient pluviométrique d'EMBERGER (1955).....	14
I.3.4 Comparaison des indices climatiques	15

Conclusion	16
------------------	----

Chapitre II :RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU

Ressources en sol.....	18
Introduction	18
II.1 Ressource en sol.....	18
II.1.1 Classification des sols.....	18
Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial: développés	19
Sols peu évolués d'apport alluvial	19
II.1.2 Caractéristiques Morphologiques	20
II.1.3 Analyse physico-chimique des sols	20
II.1.3 Perméabilité	21
II.1.4 Caractéristiques hydrodynamiques.....	21
II.1.5 L'aptitude culturale	22
II.1.6 Degré d'aptitude culturale.....	22
Conclusion	22
Ressource en eau	23
Introduction	23
II.1 Eaux de surface	23
II.2 Eaux souterraines.....	23
Nappes phréatiques ou nappe du complexe terminal	23
Nappes des continental intercalaire	23
II-2.1 - Mobilisation des eaux souterraines	24
II.2.2 Ressources en eau du périmètre	24
II.2.3 Étude de la qualité de l'eau d'irrigation.....	24
II.2.4 Classification des eaux pour l'irrigation.....	25
II.2.4.1 La conductivité électrique	25

II.2.4.2 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R.....	25
Conclusion	27

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction	29
III.1. Besoin en eau du périmètre	29
III.1.1 Calcul des besoins en eau	29
III.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence:(ET ₀).....	29
III.1.2.1 Les méthodes directes	30
III.1.2.2 Les méthodes indirectes.....	30
❑ Formule Modifiée de Penman_Monteith.....	30
III.2. Etude fréquentielle des pluies et détermination de l'année de calcul.....	31
III.2.1. Homogénéité de la série pluviométrique.....	32
III.2-2- Etude de l'échantillon et choix du type de loi	33
III -2-2-1- Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss	34
Test de validité de l'ajustement à la loi choisie	35
III -2-2-2- Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normal (loi de Galton)	36
Test de Khi carré pour la loi de Galton	37
III.3. Détermination de l'année de calcul	38
III.4. Calcul de la pluie efficace.....	38
III.5.1. Calcul de l'évapotranspiration maximale de culture (ETM)	39
III.5.2. La réserve facilement utilisable (RFU)	39
III.6. Choix des cultures.....	40
III.6.1. Les cultures proposées.....	40
III.6.2. Estimation des besoins en eau des cultures	41
III.6.3. Calcul des besoins en eau en mm	43
III.7. Calcul du débit spécifique	43
III.8 Evaluation du débit caractéristique.....	44
Conclusion	44

Chapitre IV : ETUDE DU SYSTEME DE DISTRIBUTION

Introduction.....	46
IV.1.Réseau d'irrigation	46
IV.2.Classification des réseaux d'irrigation.....	46
IV.3. Organisation et structure du périmètre	47
IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation	47
IV.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation	47
IV.3.3. Calcul hydraulique aux bornes.....	47
IV.3.4. Choix du diamètre et du type des bornes	48
IV.4. Description de l'aménagement du périmètre	51
IV.5. Dimensionnement de la bache de stockage	51
IV.6 Dimensionnement du réseau de distribution.....	52
IV.6.1. Vitesses admissibles.....	52
IV.6.2. Calcul des diamètres	52
IV.6.3. Estimation des pertes de charge.....	53
IV.6.4. Choix du matériau des conduites.....	53
Conduites en fonte	53
Conduite en PEHD.....	53
Conduite en PRV	53
IV.6.5. Points spéciaux d'une conduite.....	54
IV.6.6. Calcul de pression aux bornes et nœuds	54
Conclusion.....	58

CHAPITRE V : Choix de la technique d'irrigation

V.1. Introduction	60
V.2. Description des différents modes d'irrigation.....	60
V.2.1.Irrigation de surface	60
Irrigations par submersion	60
Irrigations par ruissellement.....	60
Irrigations par rigoles d'infiltration	60
V.2.2 Irrigation localisée (gout à gout)	61
V.2.3.Irrigation par aspersion	62
V.3. Choix des techniques d'irrigation	63
Conclusion.....	64

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1. Introduction.....	66
VI.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte.....	66
VI.2.1. Données générales.....	66
VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	66
Influence du taux de couverture du sol	66
VI.2.3. Dose nette pratique.....	67
VI.2.4. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)	68
VI.2.4.Calcul de la dose réelle	68
VI.2.5 La dose brute réelle	68
VI.2.6 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)	68
VI. 2.7 Durée d'arrosage journalier	68
VI.2.8 Nombre d'arbre par hectare	68
VI.2.9 Nombre d'arbre par rampe.....	69
VI.2.10 Nombre des goutteurs par rampe	69

VI.2.11 Débit d'une rampe.....	69
VI.2.12 Nombre de rampes.....	69
VI.2.13 Débit de la porte rampe.....	69
VI.3. Calcul hydraulique	69
VI.3.1 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes	70
Diamètre de la rampe.....	70
Diamètre de porte rampe	70
Vérification des pertes de charges	70
VI.3.2 La pression d'eau à la borne de distribution	71
VI.4 Dimensionnement d'un réseau d'aspersion	71
VI.4.1. Données agronomiques.....	71
VI.4.2. Calcul de la Dose pratique RFU	72
VI.4.3. Dimensionnement de l'aspersion.....	72
VI.4.3.2 Calcul de la portée du jet (L	72
VI.4.3.3 L'écartement entre les rampes et arroseurs.....	73
VI.4.4 Vérification de la pluviométrie (P<K)	73
VI.4.4.2 Vérification de la pluviométrie de l'aspersion.....	74
VI.4.5 Paramètres d'arrosage	74
VI.4.5.1 Calcul du tour d'eau	74
VI.4.5.2 Nombre d'irrigation par mois.....	74
VI.4.5.3 Calcul de la dose réelle.....	74
VI.4.5.4 Calcul de la dose brute	74
VI.4.5.5 Temps d'arrosage	75
VI.4.5.6 Calcul du débit d'équipement.....	75
VI.4.5.7 Nombre d'aspersion (à acheter)	75

VI.4.6 Calcul hydraulique	75
VI.4.6.1 Dimensionnement hydraulique des rampes	75
VI.4.6.2 Nombre d'aspenseurs par rampe.....	75
VI.4.6.3 Nombre de rampe.....	75
VI.4.6.5 Calcul du Diamètre de la rampe	75
VI.4.6.4 Débit de la rampe	75
VI.4.6.6 Dimensionnement de la porte rampe.....	76
Longueur de la porte Rampe	76
Débit de porte rampe	76
VI.4.6.7. Calcul du Diamètre de la porte rampe	76
VI.4.6.8 Calcul des pertes de charge	76
VI.4.6.9 Pertes de charge de la rampe.....	76
VI.4.6.10 Pertes de charge de la porte rampe	77
VI.4.6.11 Calcul de la pression en tête du réseau	77
Conclusion	77

CHAPITRE VII : Calcul technico-économique

Introduction	79
VII.1. Exécution des travaux de pose des canalisations	79
VII.1.1 Exécution des tranchées	79
VII.1.2 Pose du lit de sable	79
VII.1.3 Mise en place des canalisation.....	79
VII.1.4 Assemblage des conduites en PEHD	79
VII.1.5 Contrôle du compactage des tranchées.....	80
VII.2 Calcul des volumes des travaux de distribution.....	80
VII.2.1 Calcul du volume de terrassement	80
VII.2.2 Calcul du volume de déblai	81

VII.2.3 Calcul du volume de remblais	81
VII.2.4 Calcul du volume de sable	81
Coût des travaux de terrassement.....	81
VII.3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	82
VII.4.cout de réservoir de stockage	82
VII.5 Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales	82
Conclusion	83
CONCLUSION GENERALE.....	84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	85

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1: Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa.....	3
Figure I.2: Localisation de la zone de Guerrara et le périmètre à partir de Google Earth.....	4
Figure I.3: Modèle Numérique de Terrain (MNT)	6
Figure I.4 : Variation des températures mensuelles.....	7
Figure I.5 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles	8
Figure I.6 : Variation humidités relatives moyennes mensuelles par rapport a la somme annuelle des humidités	9
Figure I.7 : Distribution mensuelle de vitesse moyenne (m/s)	10
Figure I.8 : Variation d'évaporations moyennes annuelles (1995-2016)	11
Figure I.9 : Variation insolation moyennes mensuelles (heures/mois).....	12
Figure I.10 : Climagramme de GAUSSEN	14
Figure I.11 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER	15

Chapitre II :RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU

Figure II.1 : Carte et coupe géologique de la région de Gurrara	19
Figure II.2 : Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien)	23
Figure: II.3 Diagramme de classification des eaux d'irrigation	26

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

Figure. III -1: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss	35
---	----

Figure. III -2: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Galton.....	37
---	----

Chapitre IV : ETUDE DU SYSTEME DE DISTRIBUTION

Figure IV.1 : schéma explicatif qui décrit le réseau d'adduction.....	51
---	----

CHAPITRE V : Choix de la technique d'irrigation

Fig V.1 :L' irrigation des palmiers par rigoles	61
---	----

Fig V.2 : Irrigation gout a gout	62
--	----

Fig V.3 : irrigation par aspersion.....	63
---	----

CHAPITRE VII : Calcul technico-économique

Figure VII.1: Disposition de la conduite dans une tranchée	80
--	----

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Tableau I-1 : Moyennes mensuelles des températures (°C), période 1989-2016	7
Tableau I.2 : Les précipitations moyennes mensuelles (mm) (période 1989-2016)	8
Tableau I.3 : Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %, (période 1995-2016).....	8
Tableau I.4 : Vitesse moyenne et maximum des vents (m/s).....	9
Tableau I-5 : L'évaporation moyenne mensuelle en mm (1995-2016).....	10
Tableau I.6 : L'insolation moyenne mensuelle et journalière (1995-2016)	11
Tableau I.7 : Classification du climat selon MARTON	13
Tableau I.8 : Les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies.....	13

Chapitre II :RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU

Tableau N° II-1 : L'analyse des profils au laboratoire	20
Tableau II.2 : Différentes classes de perméabilité.....	21
Tableau N° II-3 : Propriétés hydrodynamiques des sols.....	21
Tableau II.6: Caractéristiques chimiques laboratoire de l'eau de forage	24
Tableau II.7 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	25
Tableau II.8 : Classification des eaux en fonction de SAR.....	25

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau III.1: Evapotranspiration de référence ET0 calculée.	31
Tableau III-2: Caractéristiques de la station pluviométrique (ANRH-Ghardaia)	31
Tableau III-3: Série des pluies moyennes mensuelles observées à la zone d'étude	32
Tableau III .4: Test d'homogénéité de la série pluviométrique.....	33
Tableau III.5: Ajustement à la loi de Gauss	34

Tableau III .6: la table de Khi carré	36
Tableau III .7: Ajustement à la loi de Galton	37
Tableau III .8 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)	38
Tableau III.9: pluies efficaces calculées	39
Tableau III.10 : Occupation de sol en fonction des cultures.....	40
Tableau III.11: le cycle végétatif des cultures envisagées.	40
Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour l'orge	41
Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour la tomate	41
Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre	41
Tableau III.15: Calcul des besoins en eau pour Oignon	42
Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau pour les oliviers.....	42
Tableau III.17: Calcul des besoins en eau pour les palmiers	42
Tableau III.18: Récapitulatif des besoins nets (mm)	43
Tableau III.12: Besoin en eau d'irrigation des cultures (mm).....	44

Chapitre IV : ETUDE DU SYSTEME DE DISTRIBUTION

Tableau IV.1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	48
Tableau IV.2 : Choix du diamètre de la borne.....	48
Tableau IV.3 : Type et diamètres des bornes en fonction de débit et surface des ilots.....	48
Tableur IV.4 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	55

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI.1 : Caractéristiques des rampes.....	71
Tableau.VI.2 : Caractéristiques des portes rampes.....	71
Tableau VI.3 : Asperseur de type Perrot (nouvelle gamme).....	73

CHAPITRE VII : Calcul technico-économique

Tableau VII.1 Quantité des travaux de terrassement	81
Tableau VII.2 Coût des travaux de terrassement.....	81
Tableau VII.3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.	82
Tableau VII.4 devis estimatif de bâche de stockage.....	82
Tableau VII.5 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.....	82
VII.6 Tableau des devis de projet	82

Liste des planches

Planche n°1 : Plan de masse

Planche n°2 : Plan d'occupation de sol

Planche n°3 : profil en long ;

Planche n°4 : plan du système d'irrigation goutte à goutte

Planche n°5 : plan du système d'irrigation aspersion

INTRODUCTION GENERALE

Dans les régions semi-arides, la rareté croissante et le coût élevé de l'eau disponible constituent un défi majeur pour les agriculteurs. En Algérie, l'agriculture reste principalement extensive, reposant sur des méthodes d'irrigation traditionnelles. Cette situation a eu un impact significatif sur l'économie nationale, se traduisant par une dépendance continue à l'importation de produits alimentaires, en particulier les céréales, malgré les ressources agricoles potentielles qui pourraient permettre des exportations.

L'expansion des zones irriguées et la modernisation de l'agriculture jouent un rôle crucial dans le processus de développement économique et social d'un pays. Cet objectif vise à augmenter le revenu national, à économiser des devises, à accroître les revenus des agriculteurs, à créer des emplois et à renforcer la sécurité alimentaire.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. En effet, la région de Guerrara, située dans la wilaya de Ghardaïa, représente une zone agricole riche où les pratiques agricoles sont relativement résilientes et adaptées aux conditions locales. En exploitant les ressources en eau provenant des forages existants dans cette zone, il est actuellement possible de mettre en place un système de distribution d'eau efficient couvrant l'ensemble du périmètre, ainsi qu'une irrigation moderne et économique capable de répondre aux besoins en eau de la région. Cela permettrait d'augmenter les rendements des cultures et de préserver les précieuses ressources en eau de la région.

Notre travail consiste donc à étudier la conception du réseau d'irrigation du périmètre de Guerrara en utilisant des techniques et des lois hydrauliques adaptées aux conditions naturelles et techniques qui prévalent dans cette région.

Après une introduction générale, le travail débutera par une analyse des conditions naturelles suivis par le calcul des besoins en eau d'irrigation et une estimation technico-économique du cout totale de projet pour une bonne réalisation des travaux à la fin.

Chapitre I

Analyse des Conditions Naturelles

Introduction :

Une compréhension et une analyse approfondies de différents facteurs sont essentielles pour élaborer avec succès un projet hydro-agricole. Cela comprend une prise en compte minutieuse de facteurs naturels tels que les conditions climatiques, le type de sol et les ressources en eau afin de caractériser efficacement la zone et maximiser le potentiel du périmètre étudié. À cet égard, nous présentons maintenant les paramètres pertinents et les facteurs naturels pour fournir un aperçu complet de la zone.

I.1 Localisation et Présentation de la Zone d'Etude :

I.1.1 Situation géographique :

Ghardaïa se trouve au cœur du Sahara septentrional en Algérie, à 600 km au sud de la capitale. Cette région s'étend sur une superficie de 86 560 km² et compte environ 387 880 habitants répartis sur 13 communes. (3)

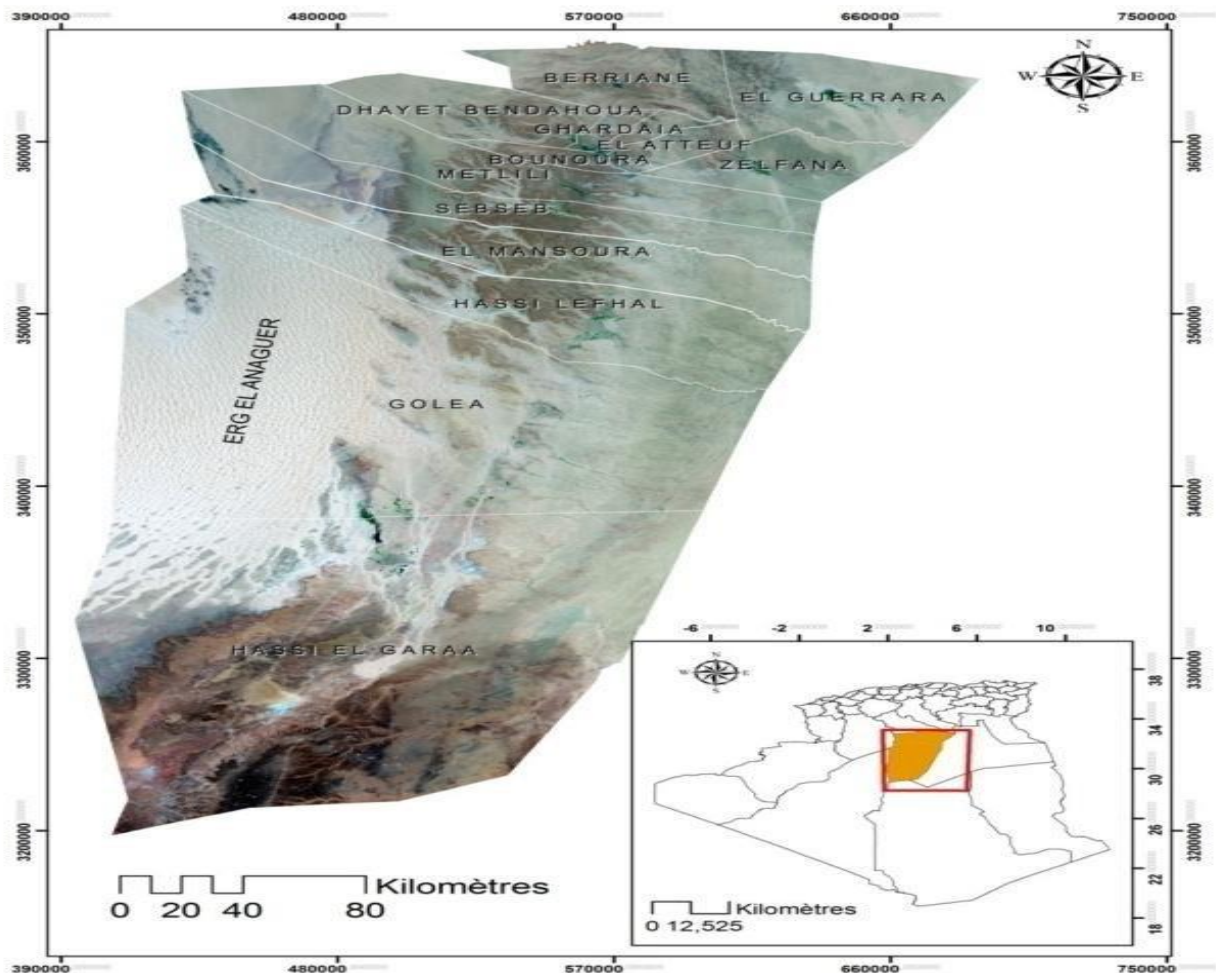


Figure I.1: Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa (1)

La région de Ghardaïa est bordée :

- Au nord, par la wilaya de Laghouat sur 200 km
- Au nord-est, par la wilaya de Djelfa sur 300 km
- À l'est, par la wilaya d'Ouargla sur 200 km
- Au sud, par la wilaya de Tamanrasset sur 1470 km
- Au sud-ouest, par la wilaya d'Adrar sur 400 km
- À l'ouest, par la wilaya d'El-Bayad sur 350 km

Les coordonnées géographiques du centre (chef lieu) sont :

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

(1)

I.1.2 : Sitation du Périmètre :

le périmètre de DRINE , situé à 115 km au Nord l'Est de Chef lieu de wilaya de Ghardaïa , entre les coordonnées 32° 47' 25'' Nord et 4° 29' 32'' Est , est sous forme d'un bloc des terres nu programmé des palmeraies s'étende sur une superficie de 10 ha sur répartie 100 parcelles dont les superficies sont fixes par 1ha .

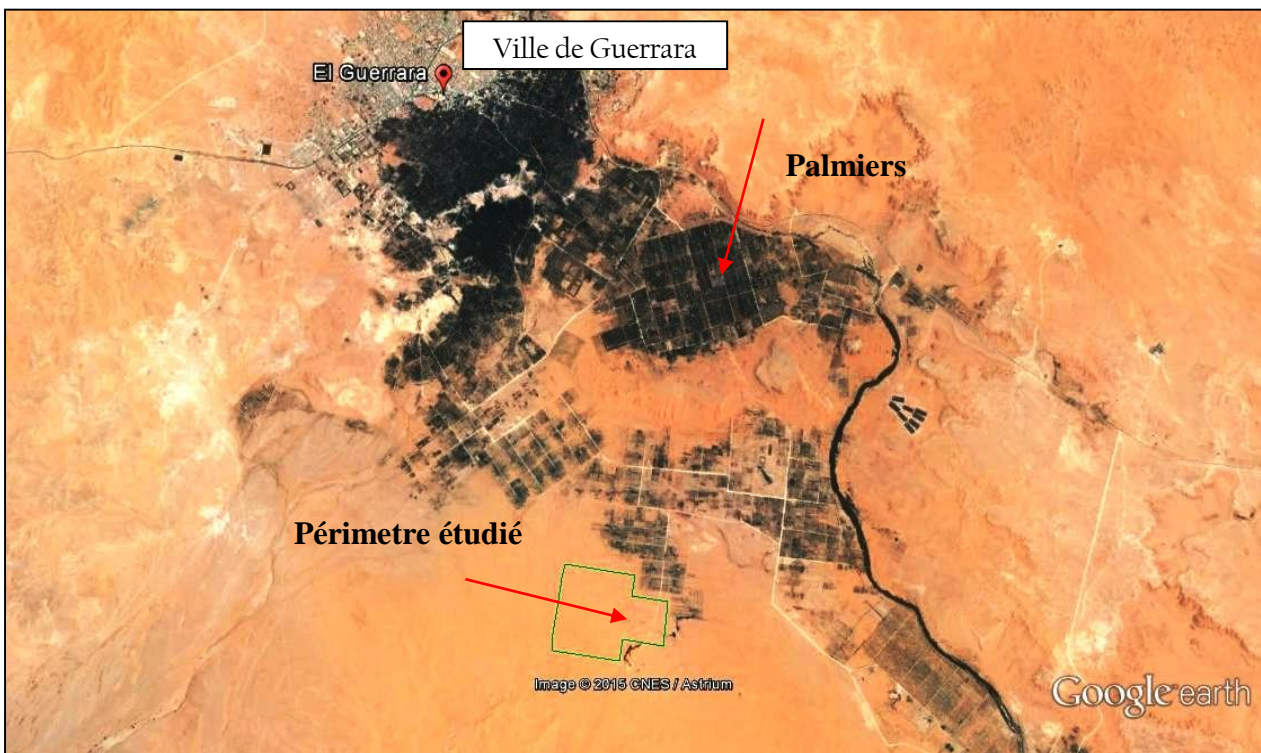


Figure I.2: Localisation de la zone de Guerrara et le périmètre à partir de Google Earth (16/03/2023)

I.1.3 Caractéristiques topographiques de la zone :

I.1.3.1 Relief :

La zone est caractérisée par un relief composé de plateaux, de montagnes et de plaines. Les montagnes du Hoggar et de l'Atlas saharien sont situées au sud de la région. Les plateaux sont parsemés de collines et de vallées sèches appelées "oueds", qui sont souvent utilisées comme routes carrossables. La région est également connue pour ses vastes étendues de dunes de sable, qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres de hauteur. (2) .

I.1.3.2 Hydrographie :

La zone est une région aride et désertique où les cours d'eau sont rares. possède également des nappes phréatiques qui alimentent les oasis et les cultures irriguées. Ces nappes phréatiques sont souvent exploitées pour l'agriculture et l'irrigation, mais elles peuvent également être utilisées pour la consommation d'eau potable.(4)

I.1.3.3 Géologie :

La région de Guerrara dans la wilaya de Ghardaia est caractérisée par une géologie complexe et variée, avec des formations sédimentaires composées principalement de grès, de calcaires et d'argiles datant de différentes périodes géologiques. Les montagnes du Hoggar et de l'Atlas saharien, situées au sud de la région, sont principalement composées de roches magmatiques et métamorphiques telles que des granites, des basaltes et des gneiss, formées lors d'un processus de collision tectonique entre les plaques africaine et eurasienne il y a environ 500 millions d'années. La région est également connue pour ses vastes étendues de dunes de sable (2)

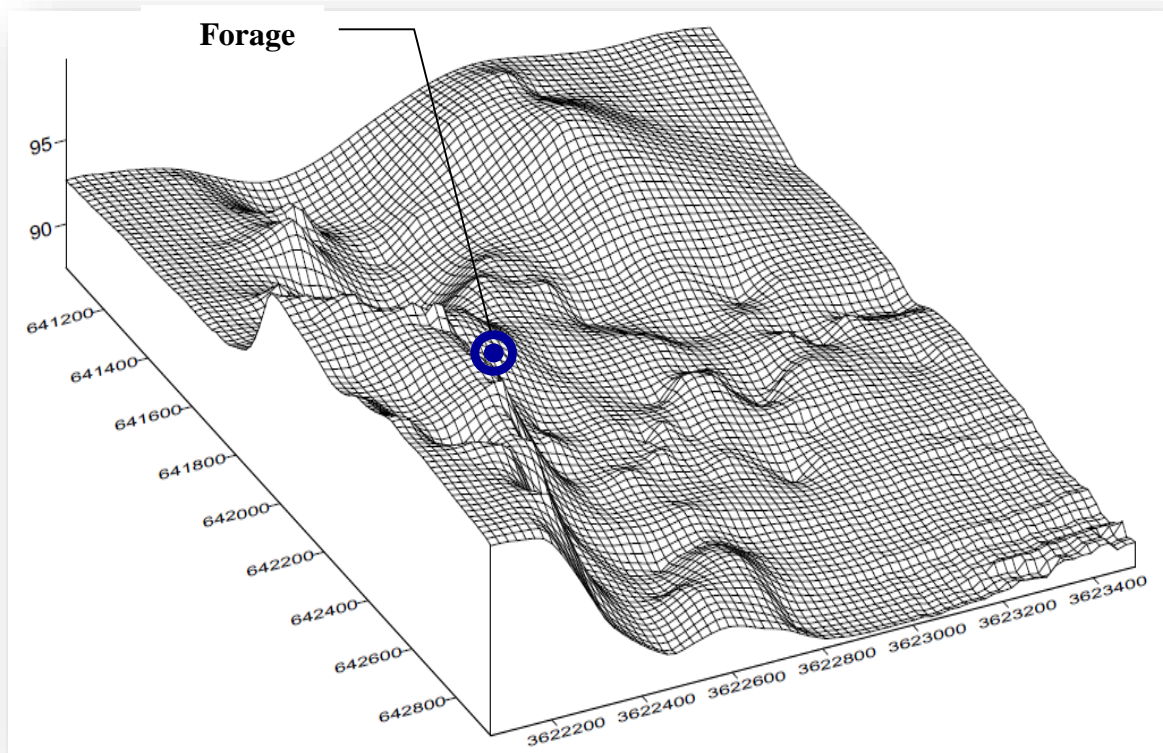


Figure I.3: Modèle Numérique de Terrain (MNT)

I.2 Caractéristiques Climatologiques de la zone d'Etude :

La caractéristique Clé du climat Saharien est sa nature aride, bien que les microclimats jouent un rôle important dans le désert, La région se trouve dans le Sahara septentrional, où le climat est caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers froids. (3)

I.2.1. Choix de la station de référence :

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

La présente caractérisation est faite à partir d'une synthèse climatique de 27 ans.

Station Météorologique	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observation	Durée d'obs.
Ghardaia	3,82°	32,38°	450 metres	1989-2016	27 ans

I.2.2 Température :

La température joue un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique. Les données de température moyenne mensuelle enregistrées pendant une période de 27 ans (1995-2016) à la station climatologique

Tableau I-1 : Moyennes mensuelles des températures (°C), période 1989-2016 :

T°c	Sep	Oct	Nov	Dec	janv	Fev	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	annuelle
T°min	24.1	17.8	7.4	4.4	2.2	3.6	8.5	13.3	19.5	25.2	28.6	26.7	15,2
T°max	41.01	32.6	27.8	19.5	19.6	22.9	28.6	30.4	35.9	45.6	45.6	43.8	32,7
Tmoy	31.8	25.6	17.4	12.2	10.9	18.9	18.9	22.3	28.4	37.6	37.6	33.3	24.6

(Source : ONM Alger)

Avec :

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

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

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

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

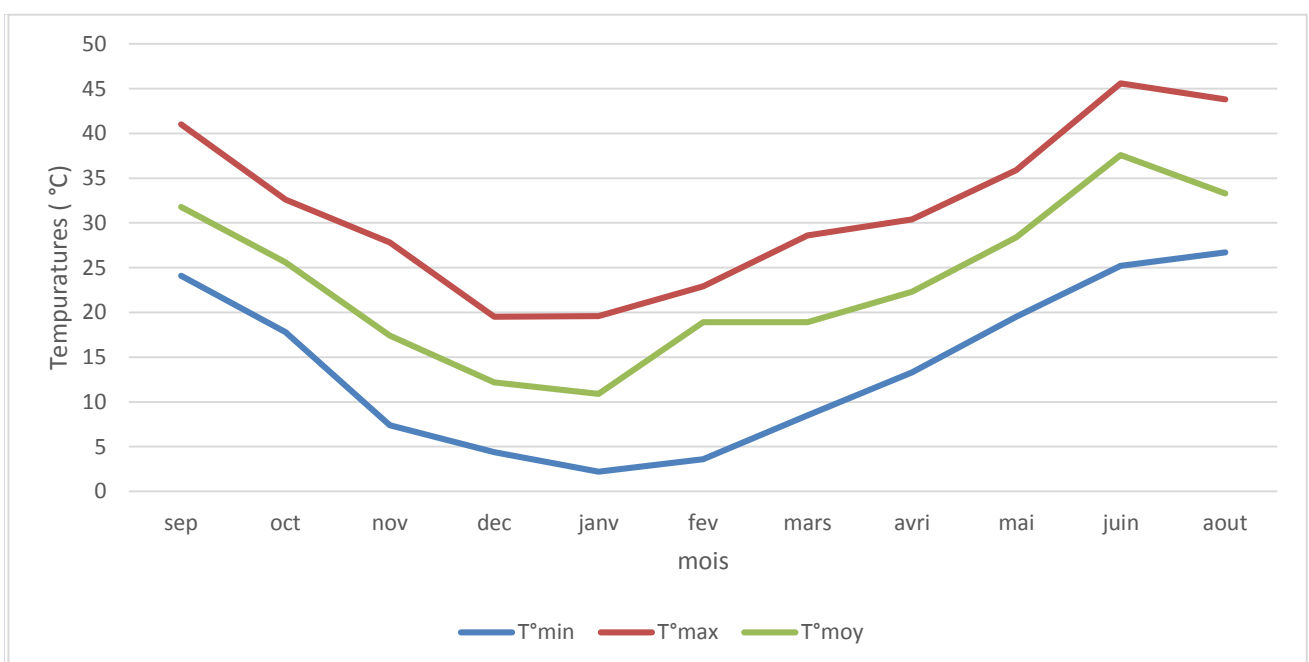


Figure I.4 : Variation des températures mensuelles

La période la plus chaude correspond aux mois de juillet , avec une température de 45.6°C, tandis que la période la plus froide correspond aux mois de janvier, avec une température moyenne de 2.2°C.

I.2.3 Précipitations :

La connaissance des précipitations mensuelles est primordiale pour comprendre les variations saisonnières du régime pluviométrique, ce qui revêt une importance capitale dans le domaine de l'irrigation.

Les pluies mensuelles sont présentées par le tableau I-2 :

Tableau I.2 : Les précipitations moyennes mensuelles (mm) (période 1989-2016)

Mois	Sep	oct	nov	dec	janv	fev	Mar	avril	mai	juin	juill	Aou	An
P(mm)	16,1	7.4	6.1	5,6	11.5	2.8	6.3	6.5	2.2	4.3	1.1	2.1	72.2

Source (ANRH Ghardaia)

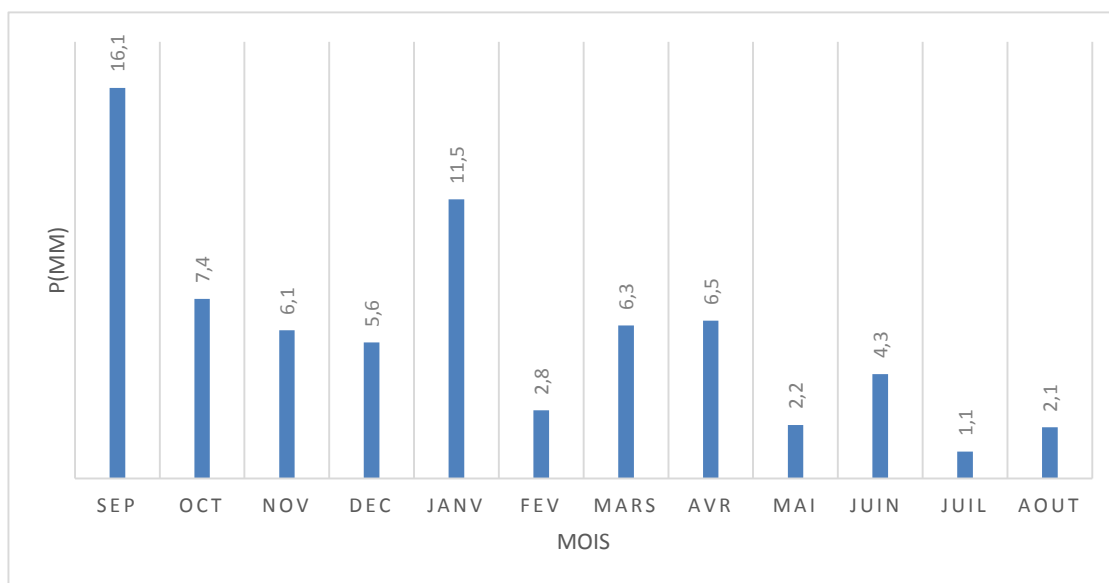


Figure I.5 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles

Il est constaté que les précipitations sont extrêmement faibles, ce qui implique que ce facteur n'a aucune incidence sur le calcul des doses d'irrigation requises pour les différentes cultures introduites.

I.2.4 Humidité :

L'humidité relative de l'air est un élément clé du cycle hydrologique, car elle joue un rôle dans la régulation de l'évaporation du sol et de la couverture végétale.

Tableau I.3 : Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %, (période 1995-2016)

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
H%	32	40	48	57	51	47	41	33	29	23	19	24

(source : ONM Alger)

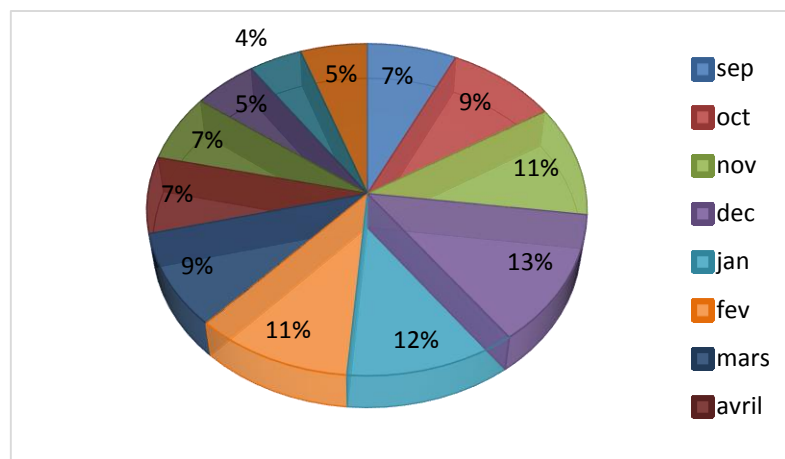


Figure I.6 : Variation humidités relatives moyennes mensuelles par rapport a la somme annuelle des humidités

D'après les informations fournies, décembre est le mois le plus humide, avec une forte humidité de 57 %, tandis que juillet est le mois le plus sec, avec une humidité faible de 19 %.

I.2.5 Le vent :

La connaissance de la direction et de la fréquence des vents est importante pour la mise en valeur d'un périmètre pour protéger contre les vents néfastes, de plus ils représentent un facteur important dans le cas de l'irrigation par aspersion. Elle est donnée par le tableau suivant :

Tableau I.4 : Vitesse moyenne et maximum des vents (m/s), (période 1995-2016)

mois	Sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Moyenne	3,8	3,3	2,8	2,5	3	3,8	4	4,6	4,7	4,1	3,2	3,4
Maximale	38	35	33	30	30	34	39	32	48	44	29	45 _[a1]

(source : ONM Alger)

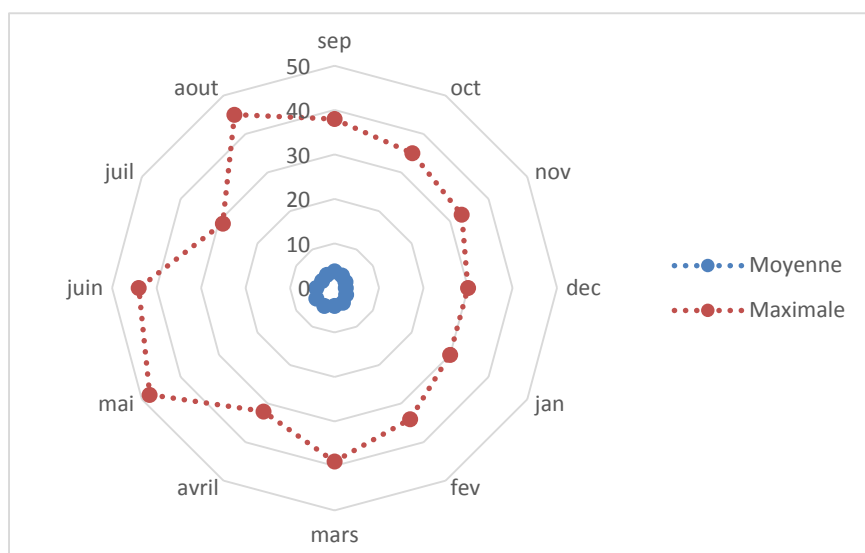


Figure I.7 : Distribution mensuelle de vitesse moyenne (m/s)

La vitesse de vent est relativement faible tout au long de l'année, avec une moyenne mensuelle qui varie entre 2,5 m/s en décembre et 4,7 m/s en mai. Les mois les plus venteux sont avril et mai, avec une moyenne mensuelle de 4,6 m/s et 4,7 m/s respectivement. Cependant, il y a des périodes où la vitesse de vent peut être très élevée, en particulier en mai où la vitesse maximale peut atteindre 48 m/s. Il est important de prendre en compte ces valeurs maximales dans la planification et la mise en place des infrastructures, des cultures et des activités qui pourraient être affectées par des vents violents.

I.2.6 L'évaporation :

L'évaporation est un processus progressif de transformation de l'état liquide en état gazeux, qui a pour effet de réduire la température de l'environnement.

Tableau I-5 : L'évaporation moyenne mensuelle en mm (1995-2016)

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Somme
Evapo	303,5	190,8	130,6	140,5	105,4	130,2	190,1	244,1	300,8	362,7	470,2	380,8	2949,7

(source : ONM Alger)

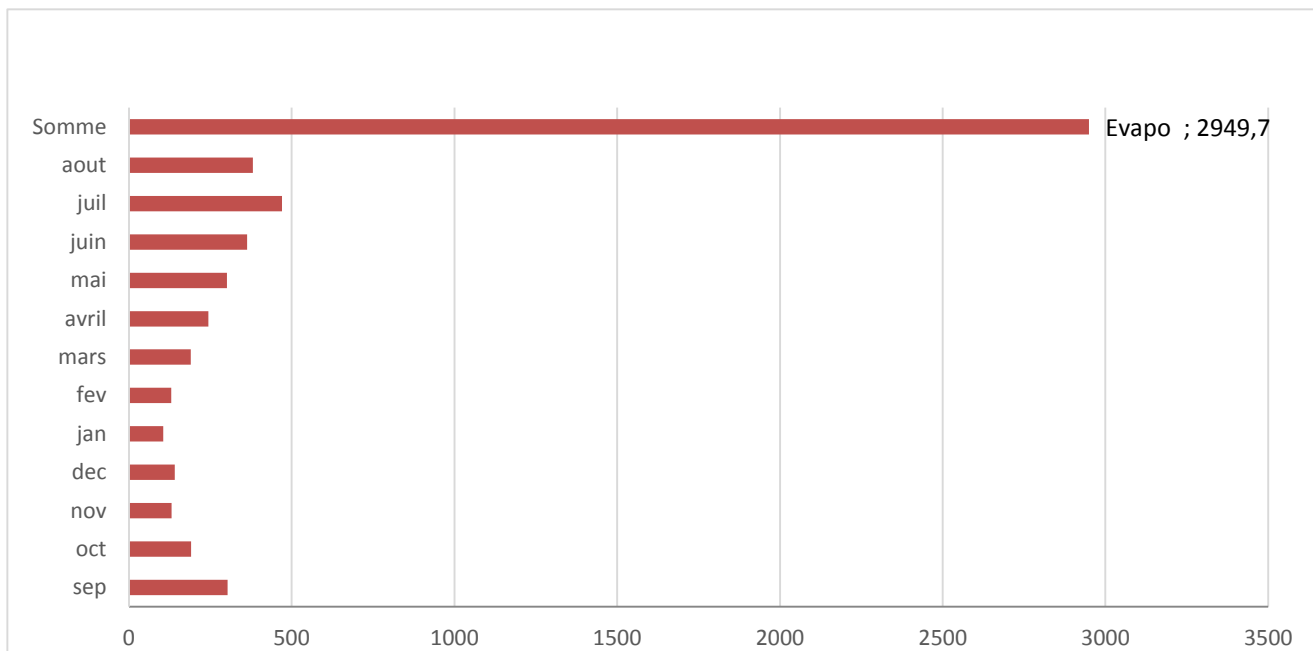


Figure I.8 : Variation d'évaporations moyennes annuelles (1995-2016)

Le taux d'évaporation est très élevé, en juillet (470.2 mm), et plus bas en janvier (105.4mm), ce qui peut être dû à plusieurs facteurs tels que la température, la pression atmosphérique, l'humidité de l'air et la vitesse du vent.

I.2.7 Insolation :

L'insolation est la durée pendant laquelle le sol est exposé au rayonnement solaire.

Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.6 : L'insolation moyenne mensuelle et journalière (1995-2016)

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	août
H/moi	288	275	250	224	263	261	272	310	340	354	336	331
H/jour	10,4	9,2	8,8	7,9	8,4	9,4	7,1	11,3	11,4	12,3	11,1	10,9

(source : ONM Alger)

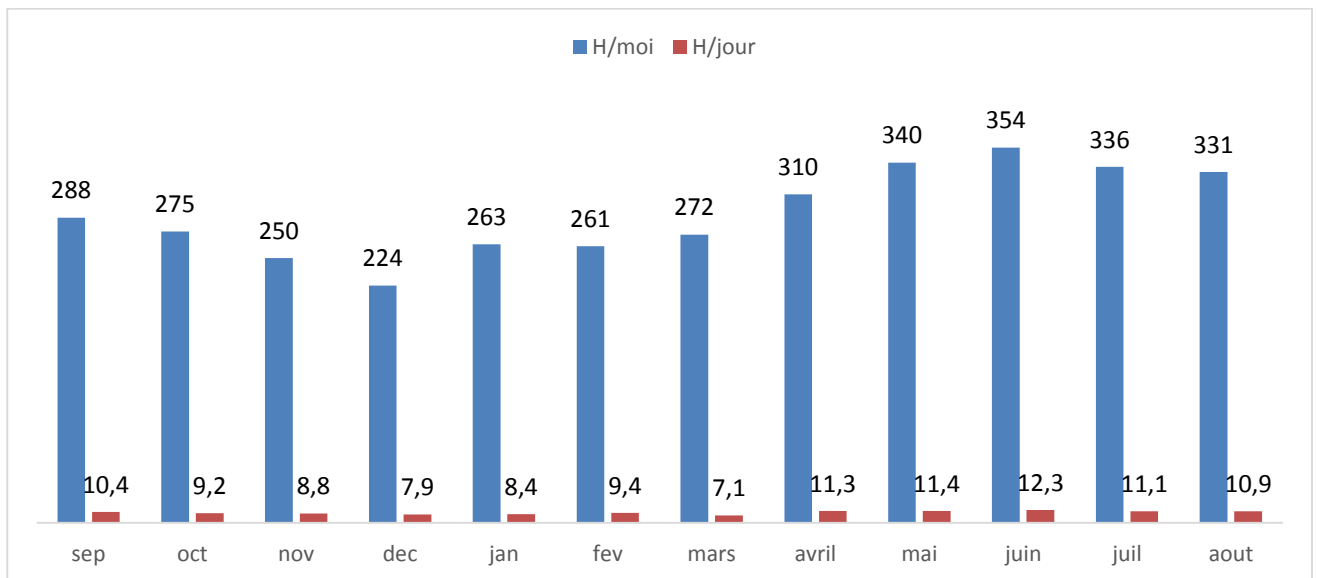


Figure I.9 : Variation insolation moyennes mensuelles (heures/mois)

L'isolation moyenne mensuelle fait référence à la quantité de rayonnement solaire reçue à la surface de la terre par unité de temps, généralement mesurée en heures par jour. Selon les données fournies, l'isolation moyenne mensuelle enregistrée varie entre 7,9 heures par jour en décembre et 12,3 heures par jour en juin. Les valeurs fournies indiquent une variation saisonnière significative dans la région étudiée, ce qui peut avoir des implications importantes pour divers secteurs tels que l'agriculture et l'énergie solaire.

I.3 Indices Agro-Météorologiques :

Pour déterminer le type de climat et comprendre son impact sur les plantes, la pluviométrie et la température, il faut une aide complémentaire de deux indices essentiels à prendre en compte.

« L'indice de Martonne le quotient ombrothermique d'Emberger »

ce sont les plus couramment utilisés pour évaluer le climat.

I.3.1 L'indice d'aridité de Martonne (1926):

Cet indice permet de fournir la précision de degré de sécheresse de la région, ce qui peut avoir des implications importantes pour l'irrigation, Utile pour planifier la production agricole et la gestion de l'eau.

$$I = P / (T + 10) \dots \dots \dots (I.1)$$

Tel que :

I : indice climatique ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm/an) ;

T : température moyenne annuelle (°C).

Application :

On a $P = 72.2$ mm/ans et $T = 24.6$ °C

Donc $I = 2.1$

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

Tableau I.7 : Classification du climat selon MARTON

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

On constate que l'indice d'aridité est inférieure à 5 ce qui se traduit que notre région est soumise par un climat désertique donc l'irrigation est indispensable

I.3.2 L'indice de Bagnols et Gaussen :

Le diagramme ombrothermique est un outil qui permet de visualiser les données climatiques, en particulier les précipitations et les températures, sur une période donnée. Ce diagramme peut être utilisé pour déterminer la période sèche dans une région donnée, on peut distinguer les périodes où on a besoin d'irriguer ; la méthode consiste à représenter dans le même graphique les mois en abscisses et les précipitations et les températures moyennes tout en respectant l'échelle $P=2T$.

Tableau I.8 : Les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies

mois	sep	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout
P(mm)	16,1	7,4	6,1	5,6	11,5	2,8	6,3	6,5	2,2	4,3	1,1	2,1
T(C)	31,8	25,6	17,4	12,2	10,9	18,9	18,9	22,3	28,4	37,6	37,6	33,3
2T	63,6	51,2	34,8	24,4	21,8	37,8	37,8	44,6	56,8	75,2	75,2	66,6

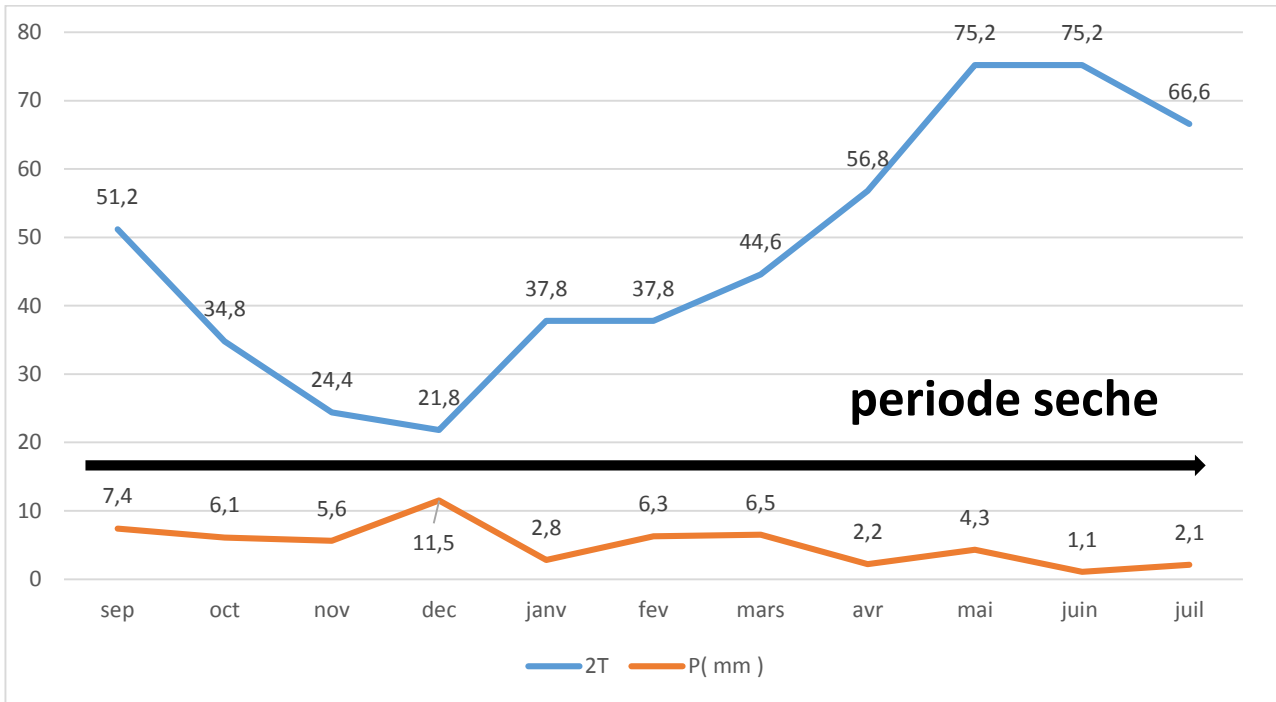


Figure I.10 : Climagramme de GAUSSEN

Description du graphe :

Notre climagramme montre une absence ou une très faible quantité de précipitations tout au long de l'année, cela suggère une période de sécheresse permanente dans cette zone géographique. Les températures peuvent également être élevées tout au long de l'année dans une région aride

I.3.3 Quotient pluviométrique d'EMBERGER (1955):

Le quotient pluviométrique d'Emberger sert à déterminer l'étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger. Ils exprime par la formule suivante

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

Tel que:

Q : quotient pluviométrique d'EMBERGER ;

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

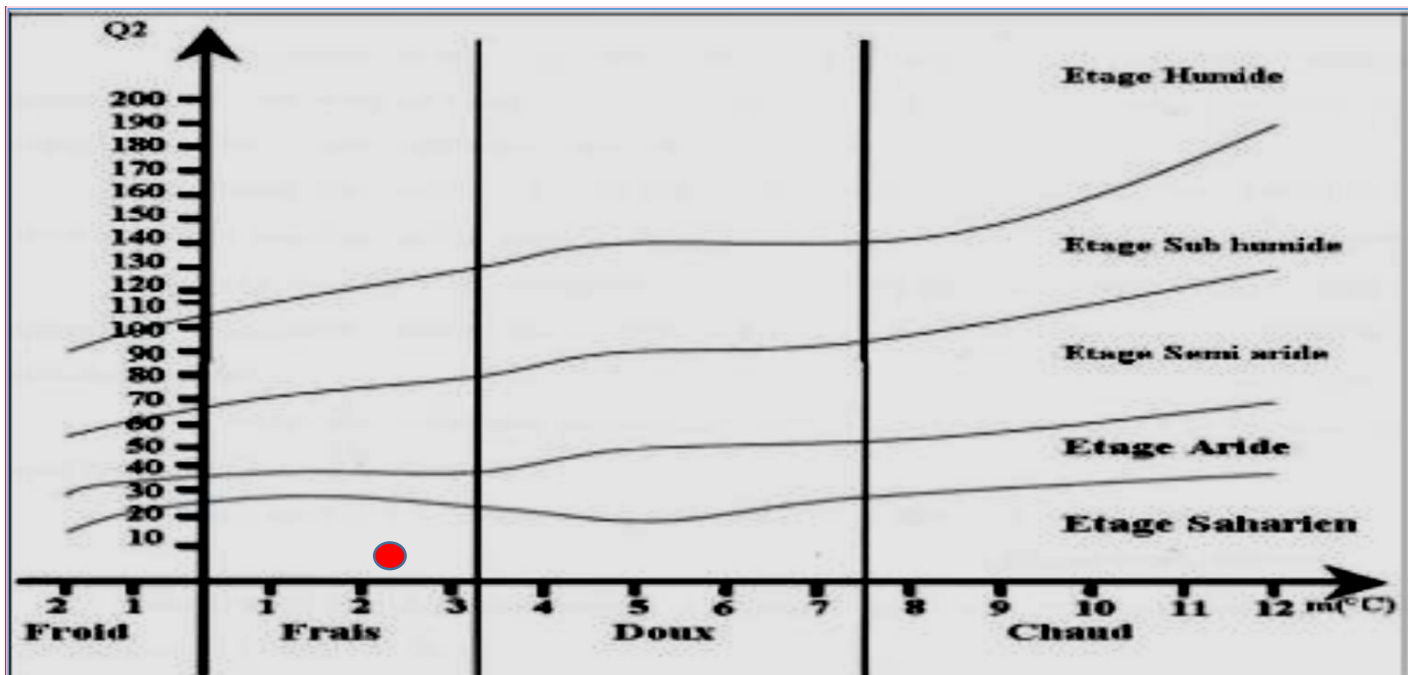
m : la moyenne des températures du mois le plus froid en kelvin ;

P : pluviométrie annuelle en mm.

Application :

On a : $P = 78.2 \text{ mm}$; $M = 45.6^\circ\text{C} + 273.15 = 318.75 \text{ }^\circ\text{K}$; $m = 2.2^\circ\text{C} + 273.15 = 275.35 \text{ }^\circ\text{K}$.

donc : $Q = 5.65 \text{ mm}$



[L2]

Figure I.11 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

Pour la région De Guerrara , si l'on trace la température moyenne minimale du mois le plus froid sur l'axe horizontal (2.2°C) et le quotient pluviométrique sur l'axe vertical (5.68 mm) , on trouve que ces valeurs se situent dans la zone correspondant à l'étage bioclimatique saharien.

I.3.4 Comparaison des indices climatiques :

Dans notre étude, l'indice de Martonne de 2.1 indique un climat relativement sec, tandis que l'indice d'Emberger de 5.65 confirme cette observation .

Conclusion :

On peut conclure dans ce chapitre que les caractéristiques climatiques de notre région sont résumées comme suit :

- ❑ La pluviométrie moyenne annuelle est de 78.6 mm/an.
- ❑ Une période peut pluvieuse commence au mois de septembre jusqu'à avril, les mois les plus secs sont juillet et Mai
- ❑ Pendant l'hiver la température arrive jusqu'à 2.2°C, et en été elle peut atteindre 45.6°C.
- ❑ Le climat de Guerrara est de type saharien avec un été chaud et un hiver froid et sec.
- ❑ L'irrigation est indispensable et nécessaire de tout activité agricole dans ce type de climat.

Chapitre II :RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU

Ressources en sol

Introduction

La pédologie est la science qui étudie la formation, la classification, la description et la cartographie des sols.

La connaissance approfondie des sols est essentielle pour une gestion durable des terres et des ressources naturelles. Elle permet de déterminer les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, telles que la texture, la structure, le pH, la teneur en matière organique et en nutriments.

II.1 Ressource en sol :

L'étude des ressources en sol a pour but de comprendre la nature et les propriétés des sols afin de déterminer leur potentiel et leurs limites pour une utilisation agricole, forestière ou de construction. Dans un projet de mise en valeur, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considération, notamment:

- La profondeur du sol qui régit l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui influe sur la rétention de l'eau.
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages.
- Les caractéristiques chimiques (PH, CE, SAR) qui influent sur les possibilités culturales de la zone à irriguer.

II.1.1 Classification des sols :

La classification utilisée dans le cadre de la présente étude est celle de la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S, 1967). La base de cette classification, repose essentiellement sur la détermination des unités supérieures (classe, sous-classe, groupe, sous-groupe) ainsi que les unités inférieures (famille et série) et donne aux utilisateurs un outil commode pour l'évaluation des caractères fonctionnels.

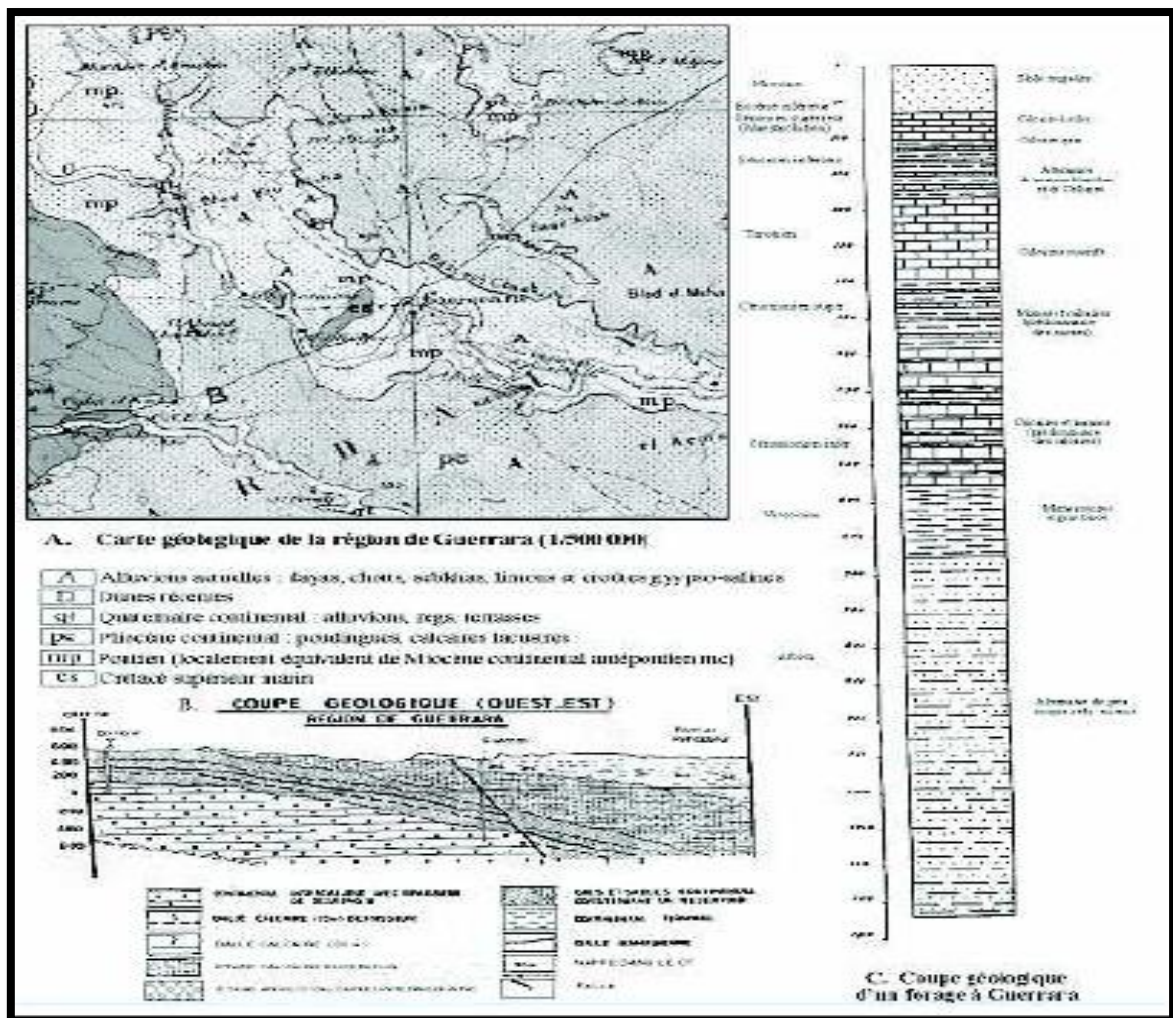


Figure II.1 : Carte et coupe géologique de la région de Gurrara [5]

- **Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial: développés** à partir de matériaux érodés, ou par gravité (colluvions) depuis des zones plus élevées, relativement fertiles en raison de leur richesse en matière organique et en nutriments. Il y a lieu de signaler que l'exploitation de ces sols à l'état initial est possible pour la plantation des palmiers dattiers
- **Sols peu évolués d'apport alluvial** : Ces sols sont généralement jeunes et peu développés, Les sols alluviaux sont souvent caractérisés par une texture fine et une bonne capacité de rétention d'eau, présentent une texture dans son ensemble moyenne sablo-limoneuse.

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

II.1.2 Caractéristiques Morphologiques :

Plusieurs profils ont été analysés, Un exemple est donné par le profil 01 suivant

Profil N°01:

- **Profondeur du profil** : peu profond, 30 cm à 95
- **Humidité** : sec à frais en profondeur
- **Couleur** : brun rougeâtre clair
- **Structure** : particulaire , très friable
- **La perméabilité** : se situe entre 0,8 et 3.5 cm/h.
- **L'infiltration** : est en corrélation avec la texture et la structure. Selon les résultats de mesures sur 78% des superficies irrigables.
- **La porosité du sol** : bonne porosité

II.1.3 Analyse physico-chimique des sols :

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire de l'ONID nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol. Les analyses physico-chimiques des sols sont résumées dans le tableau II.1 :

Tableau N° II-1 : L'analyse des profils au laboratoire

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-30	30-95	95-145
Granulométrie	Argile %	0.4	2	2.1
	Limon fin %	6.6	2.5	7.9
	Limon grossier %	1	0.3	54.4
	Sable fin %	82	84.5	19.4
	Sable grossier %	10	10.7	16.1
Matière organique	Matière organique %	0.75	0.82	0.64
	Carbone C ‰	-	-	-
	Azote N ‰	-	-	-
	C/N	-	-	-
Réserve minérales	CaCO ₃ TOTAL %	36.7	23.4	20
	CaCO ₃ ACTIF %	3.58	2.35	2.02
	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	-	-	-
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	0.6	0.604	1.149
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	0.275	0.276	0.470
	K ⁺ en méq /100 g	0.097	0.071	0.105
	Na ⁺ en méq /100 g	0.258	0.335	0.446
Solution du sol	pH Eau	8.4	8.4	7.8
	C.E. mmhos/cm	0.16	0.15	0.23

Source : ONID Ghardaia ,2016

❑ **Interprétation:**

L'analyse granulométrique montre la prédominance de la fraction sableuse sur l'ensemble du profil 1, avec un taux supérieure à 70 % du poids total de la prise d'essai, les limons présentent plus de 60%, la texture varie de sableuse à sableuse - limoneuse.

II.1.3 Perméabilité:

La perméabilité d'un sol se réfère à sa capacité à permettre le passage de l'eau, ce qui peut varier en termes de facilité. Elle est généralement mesurée par sa vitesse d'infiltration, qui représente la quantité maximale d'eau pouvant traverser le sol en un laps de temps donné. Cette mesure est généralement exprimée en millimètres par heure (mm/h)

On peut définir en fonction de la valeur de K exprimée suivant diverses unités différentes classes de perméabilité.

Tableau II.2 : Différentes classes de perméabilité

Nature de sol	K (mm. li)
Très argileux	>1.2
Argileux	1.2 à 1.5
Limoneux	5 à 7
Limono-Sableux	7 a 20
Sableux	120 à 250
Sables grossiers	250 à 1000

Source : ONID Ghardaia ,2016

II.1.4 Caractéristiques hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques du sol jouent un rôle un rôle crucial dans le calcul de la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation. Ces derniers sont répertoriés dans le tableau **Tableau N° II-3 : Propriétés hydrodynamiques des sols**

Texture	Sablo-limoneuse
Capacité au champ (%)	14%
Point de flétrissement (%)	6%
La perméabilité	7 mm/h
Densité apparente	1.4

Source : ONID Ghardaia ,2016

❑ **Interprétation :**

A partir des données de l'étude de terrain [ONID Ghardaia , 2016] on peut conclure que le sol agro pédologique étudié est de texture sablo-limoneuse, avec une capacité au champ de 14% et un point de flétrissement de 6%. La perméabilité du sol est de 23 mm/h, ce qui indique une bonne infiltration de l'eau. La densité apparente du sol est de 1.4, ce qui indique une compaction relativement faible. Ces caractéristiques du sol peuvent influencer le choix des cultures et des pratiques agricoles à mettre en place pour une meilleure utilisation des terres.

II.1.5 L'aptitude culturale :

L'exploitation des sols dans cette zone par le biais de cultures irriguées doit être planifiée en prenant en compte l'harmonie entre les propriétés naturelles du sol et les besoins spécifiques des cultures à être cultivées, notamment :

- la profondeur du sol.
- la texture.
- la structure.
- calcaire et du ph.
- l'hydromorphie et autre caractéristiques

Les différentes classes avec ces caractéristiques des sols et aptitudes culturales ainsi les espèces culturales sont données dans l'**Annexe 1** et **Annexe 2** .

II.1.6 Degré d'aptitude culturale :

a. Arboriculture : Aptitude bonne pour olivier, et Palmier

b. Cultures maraichères : Aptitude bonne pour l'oignon, tomate et choux

c. Cultures céréalières et fourragères : Actuellement ce sont les principales spéculations pratiquées. Les conditions du milieu sont relativement favorables pour les cultures céréalières et fourragères ; une seule aptitude est définie : Aptitude bonne pour toutes les cultures céréalières et fourragères

Conclusion :

Pour réussir en agriculture, il est impératif de bien comprendre les caractéristiques culturales du sol. Cela revêt une importance capitale pour prendre des décisions éclairées concernant les cultures à cultiver et les variétés de plantes à choisir. De plus, cette compréhension approfondie du sol est essentielle pour mettre en œuvre des pratiques agricoles adaptées. Les sols avec des caractéristiques culturales favorables sont plus susceptibles de produire des rendements élevés et de soutenir des cultures en bonne santé. En revanche, les sols présentant des limitations peuvent nécessiter des mesures d'amélioration ou des pratiques spécifiques pour les rendre plus propices à l'agriculture.

Ressource en eau

Introduction

L'eau est le principal élément nécessaire à la croissance des plantes car elle sert de support physique, de réserve d'eau et de source de nutriments. Pour évaluer les ressources en eau disponibles, une analyse approfondie sera menée pour déterminer la quantité suffisante d'eau nécessaire pour l'irrigation et la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation.

La région dispose principalement de ressources en eau souterraine contenues dans deux types d'aquifères, les nappes phréatiques superficielles d'inéoflux (Phréatique) et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albiennaise.

II.1 Eaux de surface :

Les ressources en eau de surface sont extrêmement limitées. Les rares sources d'eau de surface comprennent les oueds intermittents qui sont alimentés par les précipitations saisonnières.

II.2 Eaux souterraines :

- a) **Nappes phréatiques ou nappe du complexe terminal** : Elles sont formées lorsque l'eau s'infiltré à travers les couches du sol et s'accumule dans les espaces poreux et les fissures des roches sous-jacentes
- b) **Nappes des continental intercalaire** : Sont une série de roches sédimentaires qui ont été déposées il y a environ 100 à 200 millions d'années lors du Jurassique et du Crétacé. Elles sont situées dans la région du Sahara central en Algérie, et sont constituées principalement de grès, de calcaires, de schistes et de marbres.

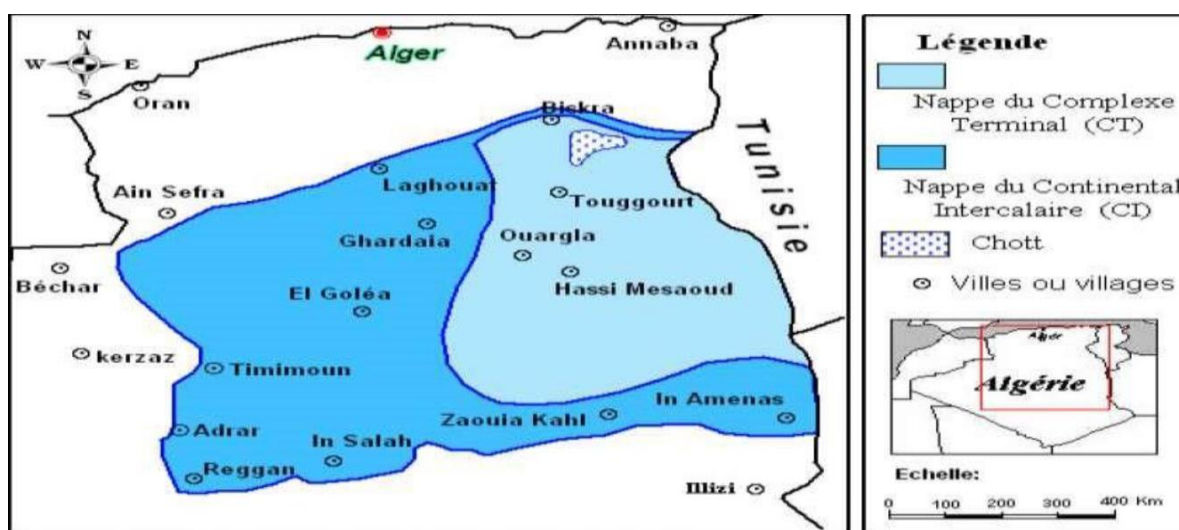


Figure II.2 : Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien) [6]

II-2.1 - Mobilisation des eaux souterraines :

La mobilisation des eaux souterraines fait référence à l'utilisation des réserves d'eau stockées dans les couches géologiques souterraines. Cette eau est extraite à l'aide de puits et de pompes pour diverses utilisations, telles que l'irrigation, l'alimentation en eau potable, l'industrie et l'énergie géothermique.

Cependant, la surexploitation des eaux souterraines peut entraîner des conséquences néfastes, telles que l'épuisement des réserves, l'abaissement des nappes phréatiques, la salinisation des sols et la dégradation de la qualité de l'eau.

II.2.2 Ressources en eau du périmètre :

Le périmètre est doté par un forage jaillissant dont le débit est 90 l/s avec une pression en tête de forage estimé sur place par 9 mce (0,9 bar). Le forage de 500 ml de profondeur sont situés en amont de périmètre commune de Guerrara

II.2.3 Étude de la qualité de l'eau d'irrigation :

Il est nécessaire d'étudier la qualité d'eau d'irrigation avant tout projet d'aménagement agricole.

Pour cela il faut vérifier certains facteurs plus importants qui sont :

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

Les données sur le tableau III.1 sont déterminées par l'ANRH (Ghardaïa) à partir des prélèvements effectués au forage

Tableau II.6: Caractéristiques chimiques laboratoire de l'eau de forage

Paramètres	Valeurs (mg/l)	Valeurs (meq/l)
Ca ⁺⁺	206.66	5.829
Cl	338.22	9.54
Na ⁺	174.69	4.927
Mg ⁺⁺	41	1.156
SO ₄	736.55	20.775
PH	8.1	8.1

Source : ONID ghardaia ,2016

II.2.4 Classification des eaux pour l'irrigation :

II.2.4.1 La conductivité électrique :

La mesure de la minéralisation totale de l'eau peut être obtenue rapidement en mesurant sa conductivité à 25°C et en l'exprimant en millisiemens par centimètre (mS/cm). On distingue quatre classes d'eau. La conductivité de l'eau de forage **CE = 0.47 mmhos/cm**.

Tableau II.7 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

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

☐ Selon le tableau ci-dessus, CE = 0.47 mmhos/cm, classe C2, qualité des eaux à un risque moyen de salinité.

II.2.4.2 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

Le SAR est important car une eau ayant un SAR élevé peut causer une dispersion des particules du sol, ce qui peut réduire la perméabilité du sol et affecter la croissance des cultures. Les sols argileux sont particulièrement sensibles à la dispersion causée par un SAR élevé.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}} \dots\dots (II. 1)$$

Avec :

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

☐ **Application** : $SAR = \frac{4.927}{\sqrt{\frac{5.829+1.156}{2}}} = 2.636$

Tableau II.8 : Classification des eaux en fonction de SAR

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible

S2	$10 \leq \text{SAR} \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 \leq \text{SAR} \leq 26$	Risque élevé
S4	$\text{SAR} \geq 26$	Risque très élevé

❑ Selon le tableau ci-dessus, $\text{SAR} = 2.63 \leq 10$, Classe S1, un risque faible d'alcalinité

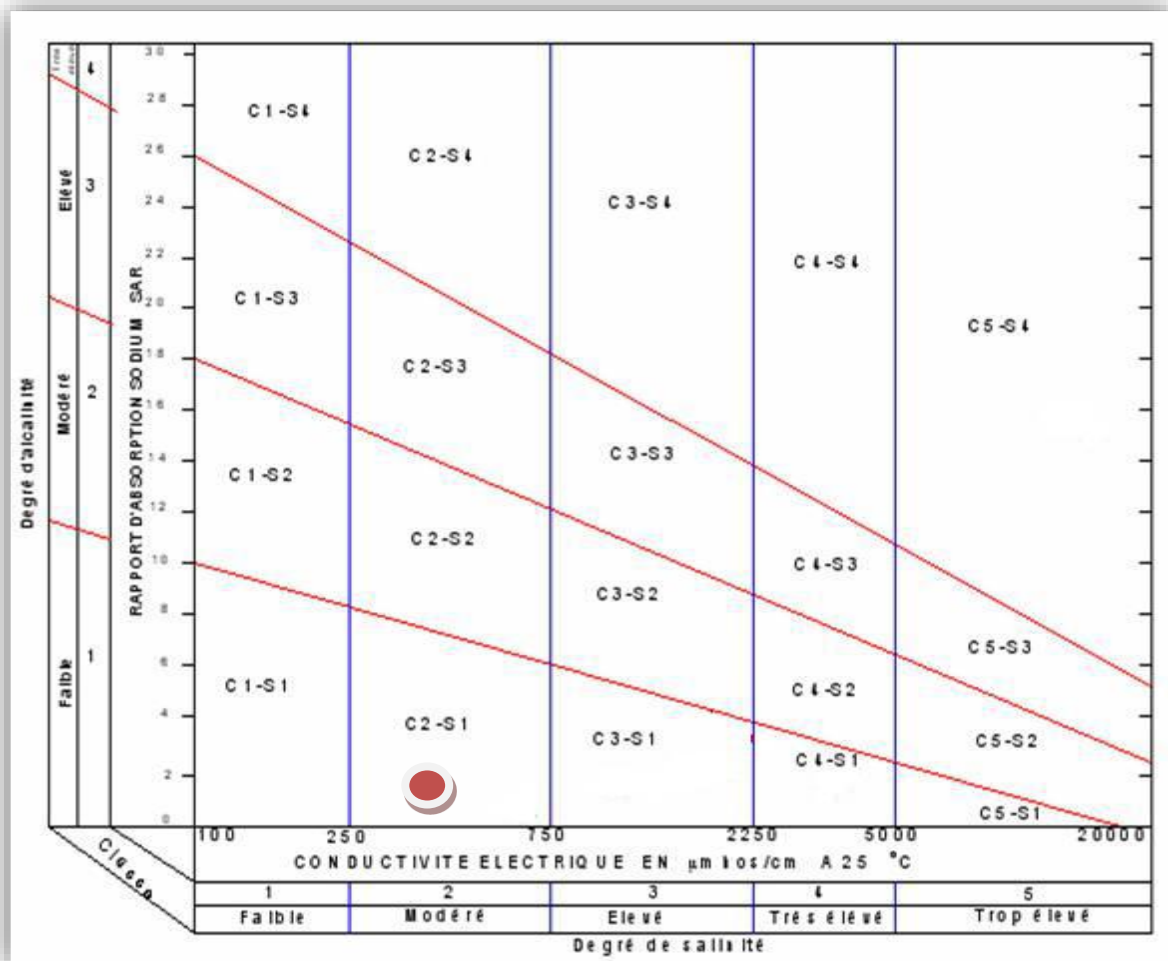


Figure: II.3 Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

❑ **Interprétation :**

L'eau de forage est caractérisée par une salinité moyenne $\text{CE} = 0.47 \text{ mmhos/cm}$ avec un degré d'alcalinité faible $\text{SAR} = 2.636$, Classe C2-S1, cela montre présence d'un risque moyen de salinité pour l'irrigation.

Des pratiques spécifiques peuvent être mises en place pour minimiser ce risque et maximiser la croissance des cultures.

Conclusion :

En conclusion, l'étude de terrain indique que le sol présente une texture sablo-limoneuse, une teneur élevée en sable fin, des taux relativement faibles en matière organique et une réserves minérales de CaCO_3 total et actif variables selon les horizons. Le complexe absorbant est principalement constitué de Ca^{++} et Mg^{++} , avec une teneur plus élevée en Na^+ dans l'horizon H3.

La solution du sol présente un pH élevé et une conductivité électrique faible. Ces caractéristiques peuvent avoir des implications pour l'utilisation du sol en agriculture ou en aménagement du territoire, notamment en ce qui concerne la gestion de la fertilité et la prévention de l'érosion

Puisque l'eau de notre forage à un SAR de 2.636 meq/l et une CE = 0.47 mmhos/cm, on peut dire que notre eau est caractérisée par une salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible (C2- S1), donc il y'a un risque moyen de salinité.

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction :

Le calcul des besoins en eau des cultures est un processus important pour déterminer la quantité d'eau nécessaire aux cultures afin d'assurer une croissance et un rendement optimaux, tout en évitant le gaspillage d'eau et la détérioration de la qualité des terres. Cela implique souvent l'utilisation de modèles mathématiques et de données météorologiques pour calculer la quantité d'eau requise pour une culture donnée à un moment donné. En comprenant les besoins en eau des cultures, les agriculteurs et les gestionnaires de l'eau peuvent planifier et mettre en œuvre des stratégies d'irrigation efficaces pour garantir des rendements optimaux des cultures tout en préservant les ressources en eau et en minimisant les coûts.

III.1. Besoin en eau du périmètre :

Le périmètre de la région de Guerrara est une région située au sud de l'Algérie, dans la province de Ghardaïa. Ce périmètre couvre une superficie d'environ 100 hectares et est principalement utilisée pour l'agriculture, en particulier pour la culture de céréales telles que le blé et l'orge. En raison de son emplacement aride et semi-aride, la région de Guerrara dépend largement de l'irrigation pour soutenir ses cultures. Les besoins en eau de la zone de Guerrara varient en fonction de plusieurs facteurs, notamment la surface cultivée, le type de culture, la qualité du sol, la météo et les techniques d'irrigation utilisées.

III.1.1 Calcul des besoins en eau :

Le calcul des besoins en eau est une étape cruciale pour une irrigation efficace et durable des cultures. Plusieurs facteurs sont pris en compte dans ce calcul, tels que la surface cultivée, le type de culture, les précipitations, la qualité du sol et les techniques d'irrigation utilisées. Des outils et des modèles sont utilisés pour estimer la quantité d'eau nécessaire pour chaque culture. Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période pour chaque stade végétatif le bilan hydrique suivant :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RFU_{i-1}) \dots\dots\dots(III.01)$$

Avec :

- **ETM**: est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à :

$$ETM = ET_0 * K_c \dots\dots\dots(III.02)$$

- **Kc** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **Peff** : est la pluie efficace.
- **RU** : La réserve utile.

III.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence:(ET₀)

L'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) est la quantité d'eau évaporée et transpirée par une culture de référence sous des conditions climatiques standardisées, on prend en compte la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et le rayonnement solaire. Les données d'ET₀ sont utilisées pour planifier et ajuster l'irrigation en fonction des besoins en eau des cultures afin d'optimiser le rendement et de minimiser les pertes d'eau et les coûts d'irrigation.

Pour le calcul de l'évapotranspiration de référence, il existe plusieurs méthodes, réparties en deux classes :

III.1.2.1 Les méthodes directes :

L'évapotranspiration ou cuve lysimétrique : Elle consistait à construire une cuve lysimétrique, à remplir le sol et à l'implanter avec la culture intercalaire, et équipée d'un système de drainage permettant de recueillir l'eau qui s'écoule pour traverser le sol. Cette méthode est considérée comme très précise, mais coûteuse et nécessite une surveillance régulière.

III.1.2.2 Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent de calculer l'ET₀ à partir de formules basées sur des paramètres climatiques.

Il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- **Formule de Turc (1960) :** Cette méthode utilise des données de température et d'humidité de l'air pour estimer l'ET₀.
- **Formule de Thornthwaite (1955) :** Cette méthode utilise des données de température pour estimer l'ET₀. Elle est basée sur l'hypothèse que la quantité d'eau évaporée dépend principalement de la chaleur disponible pour l'évaporation.
- **Formule de Blaney-Criddle (1959) :** Cette méthode utilise des données de température et d'humidité relative pour estimer l'ET₀. Il est souvent utilisé dans les régions où les données météorologiques sont limitées.
- **Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948):** Cette méthode utilise des données de température, d'humidité de l'air, de vitesse du vent et de rayonnement solaire pour estimer l'ET₀. Elle est considérée comme la méthode de référence pour le calcul de l'ET₀.
- **Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO :** Cette méthode utilise des données de température, d'humidité de l'air, de vitesse du vent et de rayonnement solaire pour estimer l'ET₀. Elle est souvent utilisée pour les cultures irriguées.

Dans notre cas nous nous sommes sur la formule Modifiée de Penman_Monteith.

□ Formule Modifiée de Penman_Monteith

$$ET_0 = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F (u) \times (e_a - e_d)] \dots \dots \dots (III.03)$$

Avec:

- ET₀: Représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour
- C : coefficient de correction
- w: Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitude
- R_n: Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.
- F (u) : Fonction liée au vent.
- e_a: Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars
- e_d: Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.
- La différence (e_a - e_d) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 selon la formule de Penman&Monteith, modifiée sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau III.2: Evapotranspiration de référence ET₀ calculée.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ET ₀ mm/day
January	2.2	19.6	51	259	8.4	12.9	2.95
February	3.6	22.9	47	329	9.4	16.5	4.19
March	8.5	28.6	41	346	7.1	16.7	5.82
April	13.3	30.4	33	398	11.3	25.0	7.97
May	19.5	35.9	29	407	11.4	26.6	9.89
June	25.2	45.6	23	355	12.3	28.3	12.01
July	28.6	45.6	19	277	11.1	26.3	10.79
August	26.7	43.8	24	294	10.9	24.8	10.36
September	24.1	32.7	32	329	10.4	21.8	7.97
October	17.8	41.0	40	286	9.2	17.1	7.30
November	7.4	32.6	48	242	8.8	13.8	4.72
December	4.4	27.8	57	216	7.9	11.6	3.31
Average	15.1	33.9	37	312	9.8	20.1	7.27

III.2. Etude fréquentielle des pluies et détermination de l'année de calcul

Nous avons utilisé la série de données pluviométriques de la station d'El Guerara pour notre étude sur les précipitations. Cette station bénéficie d'une série de données étendue et représentative de la zone d'étude.

Tableau III-2: Caractéristiques de la station pluviométrique (ANRH-Ghardaia)

Station pluviométrique	Code de la station	X	Y	Periode d'observation	Durée d'observation
Ghardaia	130427	502.895	201.917	1989-2016	27 ans

Tableau III-3: Série des pluies moyennes mensuelles (mm) observées à la zone d'étude

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Total
1989-1990	0	0	16,2	2,5	2,6	3,7	5,8	1,4	11,7	0,7	0	0	44,6
1990-1991	4,1	0,5	3,8	5,5	8	0	22,5	3,5	9,9	0	0	0	57,8
1991-1992	0	0	17,6	0	0	21,4	0,5	0	3	0	0	0	40,3
1992-1993	0,7	11,2	3,4	0	5,3	0	9,7	1,1	0	8,9	0	0	40,3
1993-1994	75,8	23,7	5,8	1,3	0	0	6,3	0	0	0	0	0	112,9

1994-1995	33,9	8,4	5,4	6,7	13,6	24,9	21,1	0,2	0	0	1,3	0	115,5
1995-1996	0	0,8	0	2,3	0,2	2,4	0	60,6	1,1	0	0	0	67,4
1996-1997	44,1	0	10,4	32,4	0	0	2,5	0,6	0	0	0	0	90
1997-1998	9,9	0	0	0,3	53,8	0,8	4,4	0	1,2	0	7,6	0	78
1998-1999	0,9	0	24,7	27,7	0	0	3,6	0	6,1	1,8	0	0	64,8
1999-2000	5,2	13,1	0	0	0	1,3	0,3	1,7	0	0	0	0	21,6
2000-2001	12,8	0,5	5,7	23,6	0,7	0	2,7	0,8	1,6	0,1	0	3,7	52,2
2001-2002	10,1	26,6	16,9	0	18,4	2,6	23,5	0,2	0	0,1	0	6,9	105,3
2002-2003	7,1	22,3	0	3,7	49	0,4	7,2	44,8	1	34,5	0	12,2	182,2
2003-2004	0	0	21,2	3,5	6,4	1,1	0	0	0	3,9	1,7	7,7	45,5
2004-2005	62,8	10,2	2,2	0	57,5	0	0,2	6,3	4,1	0	4,3	2,6	150,2
2005-2006	7,7	5,8	4,4	13,6	0,1	0	4,1	12,3	3,4	0	0	16,5	67,9
2006-2007	2,6	0	0	3,5	5,4	10,3	0	0	0,6	1,2	1,1	0	24,7
2007-2008	79,5	30,8	8,8	7,3	59,3	1	10,5	0,4	0	17,4	0	0	215
2008-2009	45,8	0	0	0	5,6	0	0	0	3,5	1,5	2	0	58,4
2009-2010	0,5	3,5	0	0	1,5	0	16,9	15	1,5	27	0	0	65,9
2010-2011	18	18	0	0	6,5	1	7,5	8,5	0	0	0	0	59,5
2011-2012	0	6	7	2	1,2	0	3,7	0,7	0	0	0,1	1,7	22,4
2012-2013	3,3	7,6	4,2	1,7	5,1	0	3,5	0,9	0	3,7	0,2	0	30,2
2013-2014	5,2	0	4,2	11,3	7,8	3,8	0	11,5	0,5	9,4	10,3	0	64
2014-2015	0,8	3,8	0	2,7	0,7	0	6,2	5,7	1,3	2,2	0	4,3	27,7
2015-2016	4,6	5,7	1,9	0,9	1,3	0	4,1	0	8,2	3,6	0	0	30,3
moyenne	16,13	7,4	6,1	5,6	11,5	2,8	6,3	6,5	2,2	4,3	1,1	2,1	71,8

Source : ANRH Ghardaia , 2016

III.2.1. Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique, on utilise le Test de Wilcoxon. Voici la méthode utilisée pour effectuer cette vérification :

1. Diviser la série complète en deux sous-séries, appelées X et Y, où N1 et N2 représentent respectivement les tailles de ces deux sous-séries, avec généralement N1 > N2.
2. Ensuite, on constitue la série X union Y en classant la série de pluie d'origine par ordre décroissant. À ce stade, chaque valeur de la série pluviométrique classée reçoit un rang, et on précise à quelle sous-série elle appartient.

Wilcoxon a démontré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004) si la relation suivante est vérifiée. (7)

Avec :

$$W_{min} < W_y < W_{max} \dots\dots\dots III.4$$

W_y : Somme des rangs de sous séries

$$W_{min} = \left[\frac{(N_1 + N_2 + 1) * N_1 - 1}{2} - 1.96 * \left(\frac{N_1 * N_2 * (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1) * N_1 - W_{min} \dots\dots III.6$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III .4: Test d'homogénéité de la série pluviométrique

rang	serie d'origin	Serie Y (mm)	Serie X (mm)	TRI (mm)	Y union X
1	44,6	44,6	105,3	215	X
2	57,8	57,8	182,2	182,2	X
3	40,3	40,3	45,5	150,2	X
4	40,3	40,3	150,2	115,5	Y
5	112,9	112,9	67,9	112,9	Y
6	115,5	115,5	24,7	105,3	X
7	67,4	67,4	215	90	Y
8	90	90	58,4	78	X
9	78	78	65,9	67,9	X
10	64,8	64,8	41,5	67,4	Y
11	21,6	21,6	22,4	65,9	X
12	52,2	52,2	30,2	64,8	Y
13	105,3		64	64	X
14	182,2		27,7	58,4	X
15	45,5		30,3	57,8	X
16	150,2			52,2	Y
17	67,9			45,5	X
18	24,7			44,6	Y
19	215			41,5	X
20	58,4			40,3	Y
21	65,9			40,3	Y
22	41,5			30,3	X
23	22,4			30,2	X
24	30,2			27,7	X
25	64			24,7	X
26	27,7			22,4	X
27	30,3			21,6	Y

Après les calculs on a : $W_y = 140$ $W_{\min} = 113.83$ $W_{\max} = 222.16$

Donc : $113.83 < W_y < 222.16$

D'après les calculs, on voit que la condition de Wilcoxon $W_{\min} < W_y < W_{\max}$ est vérifiée, donc la série des précipitations moyenne annuelle est homogène

III.2-2- Etude de l'échantillon et choix du type de loi:

La pluviométrie peut être ajustée à de nombreuses lois statistiques, et pour notre projet, nous choisirons celle qui assure le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus couramment utilisées pour les pluies annuelles sont les suivantes :

- La loi de Gauss, également appelée loi normale.
- La loi de Galton, également connue sous le nom de loi log-normale.

III -2-2-1- Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss :

Le processus de calcul implique les étapes suivantes :

1. Tri des valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
2. Attribution d'un numéro d'ordre à chaque valeur triée.
3. Calcul de la fréquence expérimentale (en utilisant, par exemple, la formule de Hazen).

Variable réduite de Gauss

$$U = \frac{x - \bar{X}}{\delta} \dots \dots \text{III.7}$$

Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} , Cv , Cs)

Le coefficient de variation $Cv = \frac{\delta}{\bar{X}} \dots \dots \text{III.8}$

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien:

$$XP\% = \bar{X} + \delta * Up\% \dots \dots \dots \text{III.9}$$

Avec :

- XP%: précipitation de probabilité P%.
- Up%: variable réduit de Gauss.
- \bar{X} : Moyenne arithmétique.
- δ : Écart type

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau III-5 et au Figure III-1

Tableau III.5: Ajustement à la loi de Gauss

T=l/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0,99	195	18,4	159	239
50	0,98	180	17,6	148	222
20	0,95	162	16,2	132	196
10	0,9	139	15,4	117	173
5	0,8	123	12,2	98,7	147
3	0,6667	102	11	80,2	123
2	0,5	82,6	9,7	59,1	100
1,25	0,2	37,9	14,3	12,5	60,5

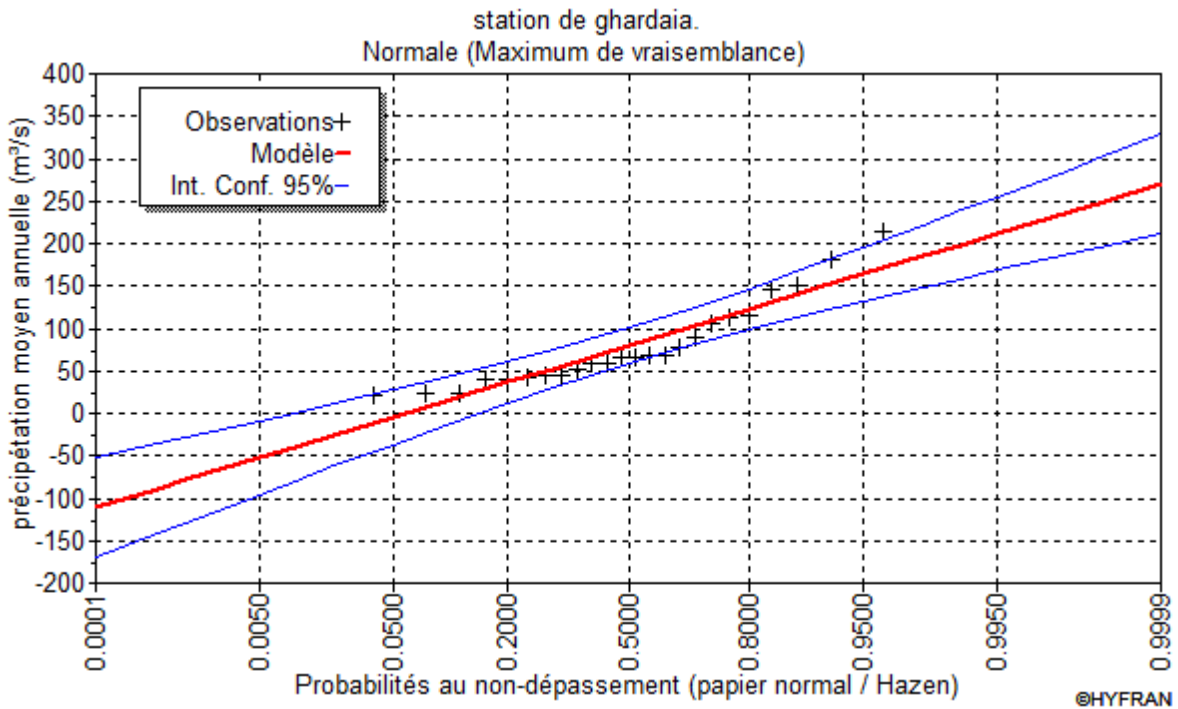


Figure. III -1: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss

Test de validité de l’ajustement à la loi choisie:

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon représente seulement une approximation de l'échantillon étudié. L'erreur commise en adoptant une loi spécifique est une erreur d'adéquation. Il est donc nécessaire de comparer l'adéquation de différentes lois afin de sélectionner la meilleure correspondance.

Le test le plus couramment utilisé pour effectuer cette comparaison est le test du Khi carré (χ^2). Supposons que nous ayons un échantillon de N valeurs, triées soit par ordre croissant, soit par ordre décroissant, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

Nous divisons cet échantillon en un certain nombre de classes K, où chaque classe contient ni valeurs expérimentales. Le nombre Vi représente le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs attribuées à la classe i par la loi de répartition. Cela peut être exprimé par la relation suivante :

$$Vi = N \int_{xi+1}^x F(x)dX = N [F(Xi) - F(Xi + 1)] \dots \dots \dots \text{III.10}$$

F (x) : la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire, dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l’expression suivante :

$$X^2 = \sum \frac{ni-vi}{vi} \dots \dots \dots \text{III.11}$$

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

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par Test de Khi carré pour la loi Normale

Tableau III .6: la table de Khi carré

α $\dot{\gamma}$	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
7	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:

X carré calculé=8.96 $\gamma=4$

D'après la table de Pearson du X carré on a :

X carré théorique = 13.277

X carré calculé =8.96 < X carré théorique= 13.277

Donc l'ajustement est à considéré

III -2-2-2- Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normal (loi de Galton):

L'ajustement par la loi log-normale se fait comme suit :

Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\ln(X_{p\%}) = \overline{\ln(X)} + \delta \ln^* U_p \dots\dots\dots\text{III.12}$$

Avec:

- $X_{p\%}$: précipitation probable à P%.
- $\mathbf{Ln(X)}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.
- δ_{Ln} : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique

$$\delta \ln = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\ln X_i - \overline{\ln x})^2} \text{ si } n < 30 \dots\dots\dots\text{III.13}$$

$$\delta \ln = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^{i=n} (\ln X_i - \overline{\ln x})^2} \text{ si } n > 30 \dots\dots\dots\text{III.14}$$

$U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

On a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau III-7 et au Figure III-2

Tableau III .7: Ajustement à la loi de Galton

T=l/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0,99	279	70	145	427
50	0,98	237	53,0	132	350
20	0,95	191	39,0	113	259
10	0,9	144	25	97,2	199
5	0,8	112	18,3	79,1	145
3	0,6667	86,6	12,4	63,7	109
2	0,5	62	9,20	49,3	82,6
1,25	0,2	40,6	6,52	27,4	50,3

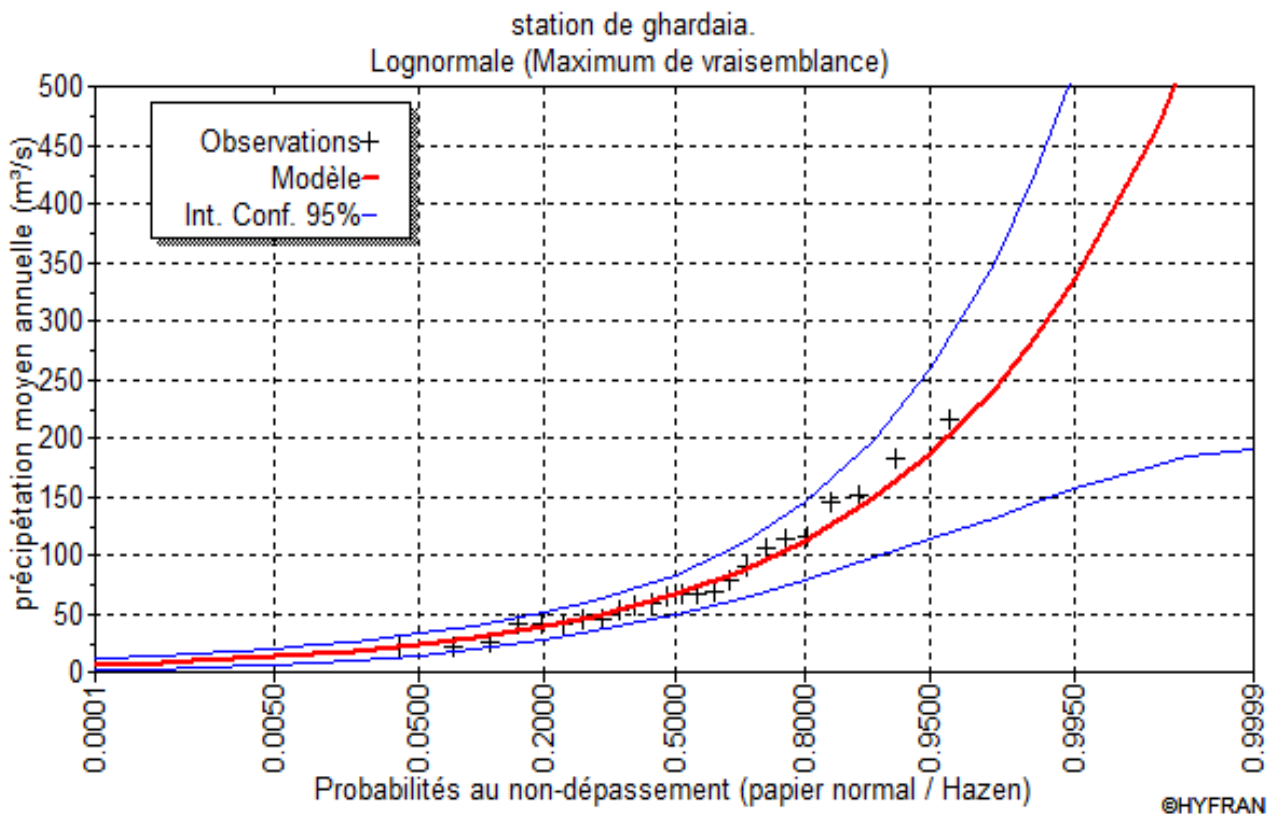


Figure. III -2: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Galton

Test de Khi carré pour la loi de Galton:

- On calcule $\chi^2_{calculé}$.
- On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- On détermine $\chi^2_{théorique}$ sur la table de Pearson III.

Avec : $\chi^2_{théorique} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$.

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

- χ^2 calculé= 3.96 $\gamma=4$
- D'après la table de Pearson du χ^2 on a :
- χ^2 théorique = 9.488
- χ^2 calculé=3.96 < χ^2 théorique = 9.488

D'après le test de Khi carré, la loi log-Normale s'ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi normale.

III.3. Détermination de l'année de calcul

Une loi log-normale est choisie comme la meilleure approximation pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon de pluviométrie. Ainsi, cette loi sera utilisée pour estimer la pluviométrie moyenne mensuelle de la région pendant l'année sèche, avec une fréquence de 80%. La formule adéquate sera employée pour effectuer cette estimation.

$$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} * \frac{P_{theo\ (80\%) \text{ annuelle}}}{P_{theo\ (50\%) \text{ annuelle}}} \dots\dots\dots III.15$$

Pthéorique de 50% = 65.2mm

Pthéorique de 80% =42.6 mm

Les pluies mensuelles servant au calcul et au dimensionnement du réseau de notre périmètre sont présentées comme suit

Tableau III .8 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)

Mois	sep	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Pmoy mm/mois	16,3	7,4	6,1	5,6	11,5	2,8	6,3	6,5	2,2	4,3	1,1	2,1
P80% mm/mois	10,7	4,9	4	3,7	7,5	1,8	4,2	4,3	1,4	2,9	0,8	1,4

III.4. Calcul de la pluie efficace :

L'efficacité de la pluie est la quantité de pluie qui est absorbée par le sol et qui est disponible pour les plantes. Elle est donc la différence entre la quantité totale de pluie qui tombe sur une zone et la quantité de pluie qui est perdue par ruissellement ou évaporation.

Dans notre cas, nous nous sommes référés sur la méthode du pourcentage, détaillée comme suit :

$$P_{eff} = A \times P80\% \dots\dots\dots (III.16)$$

Avec ;

$$P_{eff} = 0 \quad \text{si} \quad P80\% \leq 5mm$$

$$P_{eff} = A \times P_{moy} \quad \text{si} \quad P80\% > 5mm$$

A : coefficient estimé à 0,8. Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.9: pluies efficaces calculées

mois	P80%	Pe _{eff}
sep	10,7	8,56
oct	4,9	3,92
nov	4	0
dec	3,7	0
janv	7,5	6
fev	1,8	0
mars	4,2	3,36
avri	4,3	3,44
mai	1,4	0
juin	2,9	0
juil	0,8	0
aout	1,4	0
Total	47,6	25,28

☐ Comme les pluies efficaces sont très faibles, le calcul des besoins est donné comme suit :

$$B = ETM \dots \dots \dots (III.17)$$

III.5.1. Calcul de l'évapotranspiration maximale de culture (ETM) :

L'évapotranspiration maximale de culture (ETM) est une estimation de l'évapotranspiration totale qui peut être réalisée par une culture donnée dans des optimales de croissance.

La formule de calcul de l'ETM est la suivante :

$$ETM = ET_0 \times K_c \dots \dots \dots (III.18)$$

Avec ;

- ETM est l'évapotranspiration maximale de culture en millimètres
- ET₀ est l'évapotranspiration de référence en millimètres
- K_c est le coefficient de culture

Les valeurs du coefficient cultural (K_C) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante ; de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin FAO « irrigation et drainage ».

III.5.2. La réserve facilement utilisable (RFU) :

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

$$RFU=(Hcc-Hpf)Da.Z.....(III.19)$$

Avec :

- Y : degré de tarissement,
Y= 2/3 pour les cultures en général.
Y= 1/3 pour les cultures sensibles (Pastèque).
Y= 1/2 pour les cultures céréalières.
- Da : densité apparente.

On prend 1.4 car la texture du sol est sablo-limoneuse

- Z : profondeur d'enracinement mm ;
- Hcc : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend (14) ;
- Hpf : humidité au point de flétrissement, dans notre cas, on prend (6).

III.6. Choix des cultures :

Le choix de la culture doit prendre en compte les caractéristiques agro-climatiques de la région et les besoins du marché local ou régional pour assurer la viabilité économique de l'entreprise agricole.

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

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

III.6.1. Les cultures proposées :

Pour notre périmètre le choix des cultures est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau III.10 : Occupation de sol en fonction des cultures.

Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en Ha
Le maraîchage	40%	40
L'arboriculture	40%	40
La céréaliculture	20%	20
Total	100%	100ha

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau III-4 :

Tableau III.11: le cycle végétatif des cultures envisagées.

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	Aout
Tomate												
Pomme de terre												
Oignon												
Olivier												
Palmier												
orge												

III.6.2. Estimation des besoins en eau des cultures :

Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour l'orge :

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu	Bnettes
S	16,30	13,04	150,52						
O	6,51	5,22	133,9	0,6	80,34	300	59,4	39,64	80,34
N	6,61	5,28	115,84	0,8	92,67	300	59,4	39,65	92,67
D	5,82	4,64	99,02	1,1	108,92	300	59,4	39,64	108,92
J	15,93	12,72	141,1	0,5	70,55	500	99,3	66,22	70,55
F	3,62	0	215,27						
mars	7,95	6,32	278,36						
A	7,24	5,76	339,46						
mai	1,55	0	358,1						
J	3,86	0	290,93						
J	0,45	0	233,51						
O	3,14	0	175,75						

Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour la tomate :

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu	Bnettes
S	16,3	13,04	150,5						
O	6,5	5,2	133,9						
N	6,6	5,28	115,8						
D	5,8	4,64	99,02						
J	15,9	12,72	141,1						
F	3,6	0	215,3						
mars	7,9	6,32	278,4	0,5	139,2	600	118,8	79,23	139,18
A	7,2	5,76	339,5	0,6	203,7	600	118,8	79,23	203,67
mai	1,5	0	358,1	0,7	250,7	500	99	66,14	250,67
J	3,8	0	290,9						
J	0,4	0	233,5						
O	3,1	0	175,8						

Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre :

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu	Bnettes
S	16,3	13,04	150,5						
O	6,5	5,2	133,9	0,7	93,73	400	79,2	52,8	93,73
N	6,6	5,28	115,8	1	115,8	300	59,4	39,6	115,84
D	5,8	4,64	99,02	0,75	74,27	500	99	66	74,26
J	15,9	12,72	141,1						
F	3,6	0	215,3						
mars	7,9	6,32	278,4						
A	7,2	5,76	339,5						
mai	1,5	0	358,1						
J	3,8	0	290,9						
J	0,4	0	233,5						

O	3,1	0	175,8						
---	-----	---	-------	--	--	--	--	--	--

Tableau III.15: Calcul des besoins en eau pour Oignon :

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu	Bnettes
S	16,3	13,04	150,52						
O	6,5	5,2	133,9	0,6	80,34	300	59,4	39,6	80,34
N	6,6	5,28	115,84	0,8	92,67	300	59,4	39,6	92,67
D	5,8	4,64	99,02	1,1	108,92	300	59,4	39,6	108,92
J	15,9	12,72	141,1	0,5	70,55	500	99	66	70,55
F	3,6	0	215,27						
mars	7,9	6,32	278,36						
A	7,2	5,76	339,46						
Mai	1,5	0	358,1						
J	3,8	0	290,93						
J	0,4	0	233,51						
O	3,1	0	175,75						

Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau pour les oliviers :

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu	Bnettes
S	16,3	13,04	150,5	0,85	127,94	1500	29,7	19,8	127,94
O	6,5	5,2	133,9	0,85	113,81	1500	29,7	19,8	113,81
N	6,6	5,28	115,8	0,75	86,88	1500	29,7	19,8	86,88
D	5,8	4,64	99,02	0,65	64,36	1500	29,7	19,8	64,36
J	15,9	12,72	141,1	0,65	91,72	1500	29,7	19,8	91,72
F	3,6	0	215,3	0,65	139,92	1500	29,7	19,8	139,92
mars	7,9	6,32	278,4	0,65	180,93	1500	29,7	19,8	180,93
A	7,2	5,76	339,5	0,65	220,64	1500	29,7	19,8	220,64
mai	1,5	0	358,1	0,65	232,76	1500	29,7	19,8	232,76
J	3,8	0	290,9	0,8	232,74	1500	29,7	19,8	232,74
J	0,4	0	233,5	0,85	198,48	1500	29,7	19,8	198,48
O	3,1	0	175,8	0,85	149,38	1500	29,7	19,8	149,38

Tableau III.17: Calcul des besoins en eau pour les palmiers :

mois	Pmoy	Peff	ET0	Kc	Etm	Z(mm)	Ru	Rfu	Bnettes
S	16,3	13,04	150,52	0,8	120,41	4000	79,2	52,8	120,41
O	6,5	5,2	133,9	0,8	107,12	4000	79,2	52,8	107,12
N	6,6	5,28	115,84	0,8	92,67	4000	79,2	52,8	92,67
D	5,8	4,64	99,02	0,8	79,21	4000	79,2	52,8	79,21
J	15,9	12,72	141,11	0,8	112,88	4000	79,2	52,8	112,88
F	3,6	0	215,27	0,6	129,16	4000	79,2	52,8	129,16
mars	7,9	6,32	278,36	0,6	167,06	4000	79,2	52,8	167,01
A	7,2	5,76	339,46	0,6	203,67	4000	79,2	52,8	203,67
mai	1,5	0	358,11	0,6	214,86	4000	79,2	52,8	214,86
J	3,8	0	290,93	0,6	174,55	4000	79,2	52,8	174,55
J	0,4	0	233,51	0,6	140,10	4000	79,2	52,8	140,10
O	3,1	0	175,75	0,5	87,87	4000	79,2	52,8	87,87

III.6.3. Calcul des besoins en eau en mm :

Tableau III.18: Récapitulatif des besoins nets (mm) :

mois	tomate	ognion	orge	palmier	olivier	Pd terre	max	Total
sep				120,41	127,94		127,94	248,35
oct		80,34	80,34	107,12	113,81	93,73	113,81	475,34
nov		92,67	92,67	92,672	86,88	115,84	115,84	480,73
dec		108,92	108,92	79,216	64,36	74,265	108,92	435,68
jan		70,55	70,55	112,88	91,71		112,88	345,69
fev				129,16	139,92		139,92	269,08
mars	139,18			167,01	180,93		180,93	487,13
avri	203,67			203,67	220,64		220,64	628,02
mai	250,67			214,86	232,76		250,67	698,29
juin				174,55	232,74		232,74	407,30
juil				140,10	198,48		198,48	338,59
aout				87,875	149,38		149,38	237,26

III.7. Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont calculés en fonction des besoins en eau de chaque culture, évalués préalablement en fonction de la répartition des cultures. La dose maximale d'irrigation est exprimée en tant que débit continu fourni 24 heures sur 24 pour répondre aux besoins mensuels de consommation.

$$qs = \frac{Bnet \cdot 10 \cdot 1000}{Nj \cdot Ni \cdot 3600 \cdot Ei} \text{ l/s/ha} \dots \dots \dots (III.20)$$

Avec :

- Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- Ni: nombre d'heures de fonctionnement par jour
- Nj : nombre de jours de fonctionnement par mois
- Ei : Efficience d'irrigation (75%)

On calcul les besoins en eau du mois de pointe correspondent au mois de Mai,

$$Bnet = 698.295 \text{ mm/mois} \quad , \quad qs = 3.9186 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1,5 l/s/ha. Il y'a risque de surdimensionnement pour y remédier, On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

$$Bnet = 250.67 \text{ mm/mois} \quad , \quad qs=1.4067 \text{ l/s/ha}$$

Ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha et donc c'est un choix valable.

III.8 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, en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_c = q_s \cdot S \dots\dots\dots(III. 21)$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 100 ha

Alors;

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.4067 \cdot 100 = 140.67 \text{ l/s}$$

Tableau III.12: Besoin en eau d'irrigation des cultures (mm) :

Cultures	surface	Besoins mm	Besoin bruts (m3/ha)	besoin total
tomate	20	593,52	7913,68	158273,60
palmier	20	1629,55	21727,42	434548,53
ognion	10	352,48	4699,78	46997,86
orge	20	352,48	4699,78	93995,73
pd terre	10	283,83	3784,46	37844,66
olivier	20	1839,60	24528,06	490561,33
Totale	100	5051,49	67353,21	1262221,73

D'après le tableau précédent, On remarque que le volume total des besoins en eau des Cultures de notre périmètre est de **1262221,73** m³. Le volume extraie à partir de forage avec un débit de 90 l/s, est de **2128680** m³ pour un pompage de 22/24h, notre périmètre, le volume extraire suffit largement pour répondre aux besoins des cultures.

Conclusion

Le périmètre de Guerrara dispose de ressources hydriques importantes pour permettre un développement agricole important. Le choix des cultures proposé nécessite plus de 1.3 millions de mètres cubes d'eau, qui peuvent être fournis par l'eau de forage. Le projet d'irrigation est donc réalisable et offre une apport

Chapitre IV : ETUDE DU SYSTEME DE DISTRIBUTION

Introduction

La conception d'un périmètre requiert avant tout une gestion rationnelle et efficace du système d'irrigation, ainsi qu'une organisation appropriée de celui-ci. Un réseau d'irrigation représente l'ensemble des ouvrages, organes et appareils qui assurent la répartition et la distribution des eaux d'irrigation à chaque exploitation agricole ou parcelle.

IV.1.Réseau d'irrigation :

Globalement, un réseau d'irrigation se compose de trois types d'équipements :

- ❑ **Les ouvrages de transport** : représentent le premier type d'équipement et sont responsables de l'acheminement de l'eau d'irrigation depuis la prise d'eau jusqu'aux périmètres à desservir. Ces ouvrages sont conçus pour transporter des débits importants, allant de quelques mètres cubes à quelques dizaines de mètres cubes par seconde, sur de longues distances. Ils se composent à la fois d'ouvrages linéaires tels que les canaux et les galeries, ainsi que d'ouvrages ponctuels tels que les aqueducs, les siphons, les régulateurs, etc.
- ❑ **les réseaux de distribution** : est responsable de la répartition de l'eau amenée par les ouvrages de transport à l'intérieur du périmètre, et ce, jusqu'aux prises d'irrigation propres à chaque agriculteur. Ces réseaux adoptent généralement une structure ramifiée pour assurer une distribution efficace et équitable de l'eau aux différentes parcelles agricoles.
- ❑ **L'irrigation à la parcelle** : concerne la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du réseau. Chaque parcelle d'irrigation est une unité de surface disposant d'une prise individualisée sur le réseau de distribution, distincte des parcelles cadastrales ou culturales. Les équipements utilisés dépendent de la technique d'irrigation adoptée : irrigation de surface, par aspersion ou localisée.

IV.2.Classification des réseaux d'irrigation :

- ❑ **Les réseaux gravitaires** : sont caractérisés par un canal principal à très faible pente qui suit approximativement les courbes de niveau du terrain.
- ❑ **Les réseaux sous pression** : sont choisis lorsque le terrain présente des variations importantes de niveau. Dans ce contexte, l'objectif principal de ces systèmes est de fournir de l'eau à des pressions adéquates. Ils sont généralement classés en deux types : les réseaux maillés et les réseaux ramifiés.

- ❑ **Les réseaux mixtes** : sont utilisés lorsque des zones du système gravitaire sont alimentées par pompage. Ils combinent les avantages des systèmes gravitaires et des systèmes sous pression pour répondre aux besoins spécifiques de l'irrigation sur des terrains variés.

Pour notre périmètre, on a opté pour un réseau gravitaire car le périmètre se situe au-dessous de forage, il y a une dénivelé environ 0.08 (m/ml)

IV.3. Organisation et structure du périmètre :

L'organisation d'un périmètre sous pression est une première contrainte majeure dans son aménagement. Pour concevoir le réseau sous pression, le périmètre est discrétisé en plusieurs groupes de parcelles, appelés îlots d'irrigation. Le périmètre Guerrara, quant à lui, est composé de 100 parcelles d'une superficie de un hectare chacune.

IV.3.1. Îlots et bornes d'irrigation :

Le terme "îlot d'irrigation" désigne l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. L'organisation du périmètre en îlots résulte d'un compromis entre plusieurs facteurs tels que la topographie, les aspects technico-économiques, la taille et le nombre de parcelles, etc. Pour les zones de petites et moyennes exploitations, il est généralement admis que l'implantation des bornes doit répondre aux critères suivants : une prise par îlot d'exploitation, avec un maximum de quatre prises sur une même borne, et les bornes doivent être implantées en limites d'îlots ou au centre pour les grands îlots.

IV.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

La borne d'irrigation est un organe hydraulique qui fournit de l'eau sous pression aux irrigants depuis un réseau collectif. Chaque îlot dispose d'une borne d'irrigation avec une ou plusieurs sorties (prises) pour permettre des arrosages simultanés par plusieurs utilisateurs.

Effectivement, chaque borne, ainsi que chaque sortie, doit être capable d'assurer toutes les fonctions d'une prise d'irrigation, ce qui inclut :

- Régler le débit, en le limitant précisément au débit de l'îlot
- Régler la pression de l'eau
- Encaisser les chocs ou les perturbations accidentels
- Enregistrer les volumes d'eau distribués par la prise pour une meilleure gestion et suivi.

IV.3.3. Calcul hydraulique aux bornes :

Le débit de chaque borne pouvant desservir un îlot est :

$$Q_b = q_s * S \dots\dots\dots IV.1$$

Avec :

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

IV.3.4. Choix du diamètre et du type des bornes :

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles, généralement selon les critères suivants :

- Pour les îlots ayant entre 4 et 10 parcelles, avec une superficie inférieure à 15 ha, on opte pour la borne à quatre prises (Borne de type A4).
- Pour les îlots ayant deux parcelles et une superficie inférieure à 15 ha, on choisit la borne à deux prises (Borne de type A2).
- Pour les îlots ayant deux parcelles et une superficie supérieure à 15 ha, on utilise la borne à deux prises (Borne de type B).
- Pour les grands îlots avec une superficie supérieure à 50 ha, on prévoit des bornes de type C.

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

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$	1 Entrée D80,100	2 * D65
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100	4 * D65
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100,125	2 * D100
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100,125	1 * D150

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

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 (11.11) \text{ l/s}$	D= 65mm
$(11.11 \text{ l/s}) < Q < (22.22 \text{ l/s})$	D= 100mm
$(22.22 \text{ l/s}) < Q < (33.33 \text{ l/s})$	D= 150mm
$Q > (33.33 \text{ l/s})$	D= 200 mm

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

Tableau IV.3 : Type et diamètres des bornes en fonction de débit et surface des ilots

Ilots	Surface ha	q_s (l/s/ha)	Q_s (l/s)	Matériau	Diamètre mm	Type de borne
1	1	1,41	1,41	fonte	65	A2

2	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
3	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
4	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
5	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
6	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
7	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
8	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
9	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
10	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
11	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
12	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
13	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
14	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
15	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
16	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
17	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
18	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
19	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
20	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
21	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
22	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
23	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
24	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
25	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
26	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
27	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
28	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
29	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
30	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
31	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
32	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
33	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
34	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
35	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
36	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
37	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
38	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
39	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
40	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
41	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
42	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
43	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
44	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
45	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
46	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
47	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
48	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
49	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
50	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
51	1	1,41	1,41	fonte	65	A2

52	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
53	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
54	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
55	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
56	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
57	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
58	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
59	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
60	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
61	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
62	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
63	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
64	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
65	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
66	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
67	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
68	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
69	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
70	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
71	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
72	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
73	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
74	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
75	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
76	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
77	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
78	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
79	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
80	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
81	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
82	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
83	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
84	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
85	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
86	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
87	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
88	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
89	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
90	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
91	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
92	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
93	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
94	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
95	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
96	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
97	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
98	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
99	1	1,41	1,41	fonte	65	A2
100	1	1,41	1,41	fonte	65	A2

IV.4. Description de l'aménagement du périmètre :

L'étude concerne un réseau gravitaire sans pompage. Une conduite enterrée en PEHD est utilisée pour acheminer l'eau depuis un forage vers une bache de stockage, qui assurera l'alimentation en eau du périmètre. Avec deux pompes pour l'irrigation par aspersion

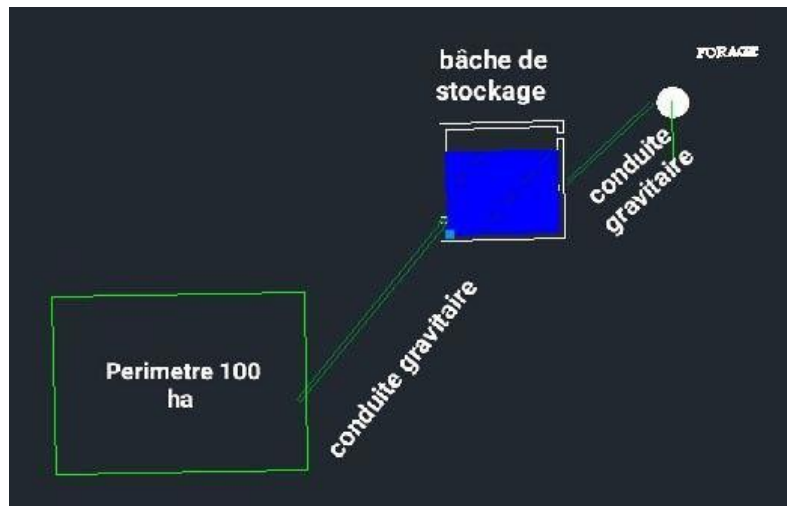


Figure IV.1 : schéma explicatif qui décrit le réseau d'adduction

IV.5. Dimensionnement de la bache de stockage :

Les critères à prendre en compte pour choisir l'emplacement d'une bache de stockage d'eau sont les suivants :

1. Élévation supérieure au périmètre du réseau de distribution : La bache de stockage doit être positionnée à une altitude plus élevée que le périmètre du réseau de distribution pour permettre un approvisionnement par gravité.
2. Emplacement en extrémité ou près du centre du réseau : En cas de besoin de plusieurs baches de stockage, il est recommandé de les placer soit à l'extrémité du réseau, soit à proximité du centre de la zone à alimenter.
3. Cote du radier au-dessus de la cote piézométrique la plus élevée requise dans le réseau : Le fond de la bache de stockage (radier) doit être situé à une altitude supérieure à la cote piézométrique la plus élevée nécessaire dans le réseau.
4. Sélection stratégique de l'emplacement pour assurer une pression adéquate : L'emplacement de la bache de stockage doit être soigneusement choisi pour garantir une pression suffisante dans le réseau.

Le volume de la bête de stockage doit correspondre au volume d'eau nêcessaire pour satisfaire les besoins de la tranche de culture la plus exigeante.

$$V=Q \times T \dots \dots \dots (IV.2)$$

Avec :

- V : volume de la bête.
- Q : Dêbit caractêristique.
- T : Temps de remplissage du rêservoir : 2 H

$$Q \text{ caractêristique} = Q_{sp} \times \text{surface} \dots (IV.3)$$

Surface totale= 100 ha

Q caractêristique = 141.1/s

Donc :

$$V = 141.1 \times 10^{-3} \times 2 \times 3600 = \mathbf{1015.92 \text{ m}^3}$$

On peut prend V= 1200 m³

$$V = S \times H$$

H : La hauteur de rêservoir : 5m

S : section de rêservoir :

$$S = 1200/5 = 240 \text{ m}^2$$

On prend :

$$\mathbf{L = 24m}$$

$$\mathbf{B = 10m.}$$

IV.6 Dimensionnement du rêsseau de distribution :

IV.6.1. Vitesses admissibles :

La vitesse admissible dans le rêsseau d'irrigation est dêtterminêe pour êviter les risques associês à des vitesses excessives (êrosion) ou insuffisantes (dêpôts solides). Cette vitesse admissible est gênêralement êtablie entre 0,5 m/s (minimum) et 2,5 m/s (maximum). Pour le prêsent rêsseau, la vitesse admissible choisie est de 1,5 m/s.

IV.6.2. Calcul des diamêtres :

Le calcul des diamêtres de conduite dans le rêsseau d'irrigation est basê sur les dêtbits véhiculês par chaque tronçon et les vitesses d'êcoulement. La formule de "LABYE" est utilisêe pour obtenir une approche normalisêe du diamêtre êconomique optimal des conduites, en trouvant un êquilibre entre les cêufts d'investissement et les pertes de charge dans le rêsseau.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{ad}}} \times 1000 \dots \dots \dots \text{IV.4}$$

Avec :

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

IV.6.3. Estimation des pertes de charge :

On a utilisé la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3,592}{C_{HW}} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,852} \dots\dots\dots IV.5$$

- J : perte de charge en m
- Q : débit dans la conduite en (m³/s)
- CHW : Coefficient de Hazen-Williams , on a prend 120
- D : Diamètre en m

V.6.4. Choix du matériau des conduites :

Pour choisir le matériau de canalisation, il faut tenir compte de l'agressivité du sol, des conditions hydriques (débit, pression, etc.) et surtout de la disponibilité sur le marché. Parmi les matériaux couramment utilisés, on trouve l'acier, la fonte, le PVC, etc.

a) Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est

- coût relativement important

b) Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

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

c) Conduite en PRV :

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

□ Dans notre cas, les conduites seront en **PEHD**

IV.6.5. Points spéciaux d'une conduite :

- Les points hauts, où seront installées des ventouses trifonctionnelles d'entrée et de purge d'air pour évacuer l'air emprisonné dans la conduite.
- Les points bas, où, dans certains cas, des dérivations seront installées pour permettre le vidage exceptionnel de la conduite si nécessaire.
- Les dérivations vers les branches qui permettent de diriger l'eau vers des zones spécifiques ou des extensions du réseau.
- Les sectionnements intermédiaires pour diviser la conduite en tronçons et faciliter l'entretien, les réparations ou les réglages de pression dans différentes parties du réseau.

IV.6.6. Calcul de pression aux bornes et nœuds :

La pression au point X est donnée par la relation suivant :

$$P=H-\Delta H-Z \dots\dots\dots IV.6$$

Avec :

- **H** : Cote piézométrique (m);
- **ΔH** : Perte de charge Totale (m/m);
- **Z** : Cote terrain aval (m) de point X.

Les calculs sont détaillés dans le tableau IV.4 :

Tableur IV.4 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution

N° tronçon	Long L (m)	L (km)	Surface (Ha)	Débit (m³/S)	Diamètre (mm)	D. Norm (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain Z(m)	C. Piézo (m)	Pression (m)
F-Bd	100,0	0,1000	100	0,141	346,04	400	PEHD	0,89	0,38	97,50	115,00	17,50
bd-N02	106	0,1060	100	0,141	346,04	400	PEHD	0,89	0,40	93,88	114,60	20,72
N2-N03	138,0	0,1380	72	0,102	293,63	315	PEHD	0,77	0,92	93,13	113,68	20,55
N02-B06	293,0	0,2930	28	0,039	183,11	200	PEHD	0,80	3,09	93,00	111,50	18,50
N03-N04	265	0,2650	60	0,085	268,04	315	PEHD	0,92	1,26	88,00	112,42	24,42
N03-N08	92,00	0,0920	24	0,034	169,53	200	PEHD	0,93	0,73	92,8	112,95	20,15
N4-B5	265,00	0,2650	36	0,051	207,63	250	PEHD	0,97	1,50	92,0	110,92	18,92
N4-N19	92,0	0,0920	24	0,034	169,53	200	PEHD	0,93	0,73	88,85	111,69	22,84
N5-B30	93,00	0,0930	24	0,034	169,53	200	PEHD	0,93	0,74	90,0	110,18	20,18
N6-N7	264	0,2640	28	0,039	183,11	200	PEHD	0,80	2,79	92,00	108,71	16,71
N6-N41	83,0	0,0830	17	0,024	142,68	160	PEHD	0,84	1,03	91,45	110,47	19,02
N7-N50	83	0,0830	11	0,016	114,77	160	PEHD	1,30	0,46	90,5	110,20	25,03
N8-N9	78	0,0780	22	0,031	162,31	200	PEHD	1,01	0,53	92,5	112,42	19,92
N9-N10	81	0,0810	20	0,028	154,75	200	PEHD	1,11	0,46	91,9	111,96	20,06
N10-N11	91	0,0910	18	0,025	146,81	160	PEHD	0,79	1,26	91,3	110,71	19,41
N11-N12	83	0,0830	16	0,023	138,42	160	PEHD	0,89	0,92	90,45	109,78	19,33
N12-N13	81	0,0810	14	0,020	129,48	160	PEHD	1,02	0,70	90	109,08	19,08
N13-N14	79	0,0790	12	0,017	119,87	160	PEHD	1,19	0,51	89,5	108,57	19,07
N14-N15	89	0,0890	10	0,014	109,43	160	PEHD	1,43	0,41	88,8	108,15	19,35
N15-N16	86	0,0860	8	0,011	97,88	110	PEHD	0,84	1,64	89,9	106,51	16,61
N16-N17	80	0,0800	6	0,008	84,76	110	PEHD	1,12	0,90	89,4	105,62	16,22
N17-N18	80	0,0800	4	0,006	69,21	110	PEHD	1,68	0,42	89,3	105,19	15,89
N19-N20	79	0,0790	22	0,031	162,31	200	PEHD	1,01	0,53	87,9	111,16	23,26
N20-N21	81	0,0810	20	0,028	154,75	200	PEHD	1,11	0,46	90,2	110,70	20,50

N21-N22	91	0,0910	18	0,025	146,81	160	PEHD	0,79	1,26	90,1	109,44	19,34
N22-N23	84	0,0840	16	0,023	138,42	160	PEHD	0,89	0,93	90	108,51	18,51
N23-N24	81	0,0810	14	0,020	129,48	160	PEHD	1,02	0,70	91,1	107,81	16,71
N24-N25	79	0,0790	12	0,017	119,87	160	PEHD	1,19	0,51	91,5	107,29	15,79
N25-N26	89	0,0890	10	0,014	109,43	160	PEHD	1,43	0,41	91,7	106,88	15,18
N26-N27	86	0,0860	8	0,011	97,88	110	PEHD	0,84	1,64	91,3	105,24	13,94
N27-N28	79	0,0790	6	0,008	84,76	110	PEHD	1,12	0,88	90,8	104,35	13,55
N28-N29	81	0,0810	4	0,006	69,21	110	PEHD	1,68	0,43	90,3	103,92	13,62
N30-N31	78	0,0780	22	0,031	162,31	200	PEHD	1,01	0,53	89	109,65	20,65
N31-N32	81	0,0810	20	0,028	154,75	200	PEHD	1,11	0,46	90	109,19	19,19
N32-N33	91	0,0910	18	0,025	146,81	160	PEHD	0,79	1,26	91,4	107,94	16,54
N33-N34	84	0,0840	16	0,023	138,42	160	PEHD	0,89	0,93	92,1	107,00	14,90
N34-N35	81	0,0810	14	0,020	129,48	160	PEHD	1,02	0,70	93,5	106,30	12,80
N35-N36	79	0,0790	12	0,017	119,87	160	PEHD	1,19	0,51	94,6	105,79	11,19
N36-N37	89	0,0890	10	0,014	109,43	160	PEHD	1,43	0,41	93,4	105,37	11,97
N37-N38	86	0,0860	8	0,011	97,88	110	PEHD	0,84	1,64	92,25	103,73	11,48
N38-N39	80	0,0800	6	0,008	84,76	110	PEHD	1,12	0,90	91,5	102,84	11,34
N39-N40	79	0,0790	4	0,006	69,21	110	PEHD	1,68	0,42	91	102,42	11,42
N41-N42	89	0,0890	15	0,021	134,02	160	PEHD	0,95	0,88	90,95	109,59	18,22
N42-N43	89	0,0890	13	0,018	124,77	160	PEHD	1,10	0,67	90,8	108,92	18,12
N43-N44	79	0,0790	11	0,016	114,77	160	PEHD	1,30	0,44	89,2	108,48	19,28
N44-N45	80	0,0800	9	0,013	103,81	160	PEHD	1,58	0,31	91,3	108,18	16,88
N45-N46	86	0,0860	7	0,010	91,55	110	PEHD	0,96	1,28	89,2	106,89	17,69
N46-N47	90	0,0900	5	0,007	77,38	110	PEHD	1,35	0,72	90,1	106,18	16,08
N47-N48	79	0,0790	3	0,004	59,94	110	PEHD	2,25	0,25	90,33	105,93	15,60
N48-N49	83	0,0830	2	0,003	48,94	110	PEHD	2,12	0,12	89,9	105,81	15,91
N50-N51	90	0,0900	9	0,013	103,81	160	PEHD	1,58	0,34	90,3	105,46	15,16
N51-N52	88	0,0880	7	0,010	91,55	110	PEHD	0,96	1,31	91,02	104,15	13,13
N52-N53	79	0,0790	5	0,007	77,38	110	PEHD	1,35	0,63	89,8	103,52	13,72
N53-N54	81	0,0810	3	0,004	59,94	110	PEHD	2,25	0,25	89,7	103,27	13,57

N54-N55	81	0,0810	2	0,003	48,94	110	PEHD	2.43	0,12	88,419	103,15	14,73
---------	----	--------	---	-------	-------	-----	------	------	------	--------	--------	-------

Interprétation :

Selon les données du tableau VI.4 , on constate que les vitesses de circulation de l'eau sont acceptables, généralement autour de 1.5 m/s. De plus, les pressions obtenues sont tout à fait adaptées à la mise en place d'un réseau gravitaire. Elles sont également suffisantes pour approvisionner les parcelles, par irrigation goutte à goutte, avec une pression minimale de 11.34. Ces résultats sont prometteurs pour la conception et la mise en œuvre du réseau d'irrigation, garantissant ainsi un approvisionnement adéquat en eau pour les cultures.

Il est effectivement essentiel d'installer des ventouses pour purger l'air du réseau d'irrigation. Les ventouses permettent d'éliminer l'air emprisonné dans les conduites, ce qui pourrait entraver le bon fonctionnement du système. De plus, l'installation de vannes de régulation et de contrôle est recommandée pour permettre la gestion efficace de l'écoulement de l'eau dans le réseau. Ces vannes facilitent le contrôle de la pression, le réglage du débit et la fermeture sélective de sections du réseau en cas de maintenance ou de réparation. Elles sont donc des composants importants pour assurer la performance et la durabilité du système d'irrigation.

Remarque :

Les pressions ne sont pas vraiment suffisantes pour faire l'aspersion , pour irriguer par aspersion il faut qu'une pression environ 3 bars , on peut faire le Pivot)

Conclusion :

Pour ce projet, le périmètre de 100 hectares a été divisé en 100 îlots d'irrigation distincts pour faciliter la distribution des bornes, chacun alimenté par sa propre borne d'irrigation. Étant donné le dénivelé du terrain entre le forage et le périmètre, la décision a été prise d'opter pour un réseau gravitaire sans recourir à des pompes pour l'acheminement de l'eau.

Les pressions obtenues sont parfaitement adaptées à la création d'un réseau gravitaire, ce qui simplifie grandement la distribution de l'eau dans le système d'irrigation. De plus, ces pressions sont suffisantes pour garantir un approvisionnement adéquat des parcelles, que ce soit par le biais de l'aspersion ou de l'irrigation goutte à goutte

CHAPITRE V : Choix de la technique d'irrigation

V.1. Introduction

Le choix de la méthode d'irrigation dépend de facteurs techniques tels que le type de culture, le sol, la topographie et la qualité de l'eau, ainsi que de considérations socio-économiques comme les coûts d'investissement, les frais d'entretien et le niveau technique de l'exploitant. La distribution de l'eau aux bornes d'irrigation sous pression et à la demande peut également influencer cette décision.

V.2. Description des différents modes d'irrigation :

Les principaux modes d'irrigation existant sont :

- Irrigation de surface.
- Irrigation localisée (goutte à goutte).
- Irrigation par aspersion

V.2.1. Irrigation de surface :

les irrigations de surface regroupent toutes les techniques d'irrigation dans lesquelles l'eau disponible en amont de la parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface, ne nécessitant pas d'aménagements spécifiques du sol.

Ces techniques d'irrigation de surface sont généralement classées en trois groupes principaux :

Irrigations par submersion : L'eau est directement déversée sur le terrain et couvre la surface des cultures temporairement. Cette méthode est souvent utilisée pour les rizières.

Irrigations par ruissellement : L'eau est conduite dans des rigoles ou des canaux peu profonds, et elle s'écoule naturellement sur le terrain en suivant les pentes.

Irrigations par rigoles d'infiltration : L'eau est acheminée dans des rigoles peu profondes, où elle s'infiltré progressivement dans le sol pour atteindre les racines des cultures.

Avantage

- Matériel d'irrigation simple.
- Cout faible.
- Pas d'équipement pour la mise sous pression de l'eau.
- Protège contre le gel

Inconvénients

- Tassement du sol

- Pertes en d'eau importantes
- Nécessite une évacuation de l'eau
- Erosion du sol
- Diminution de la perméabilité du sol.

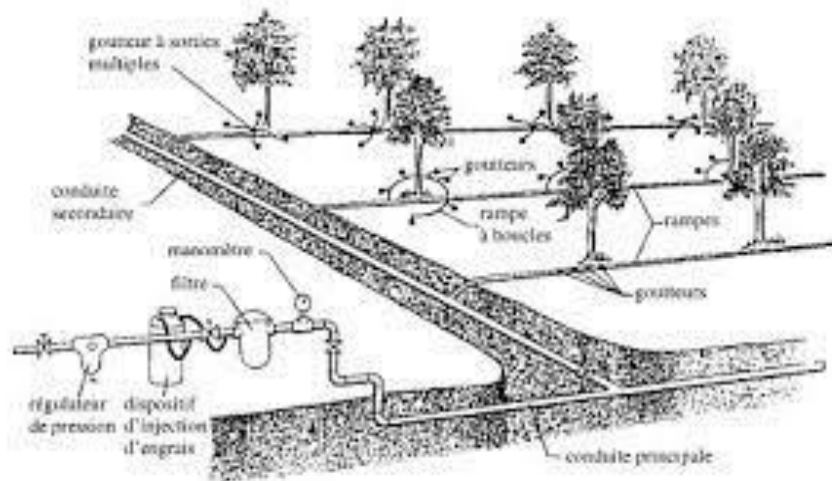


Fig V.1 :L'irrigation des palmiers par rigoles

V.2.2 Irrigation localisée (gout à gout) :

L'irrigation goutte à goutte est un système à très faible débit (1 à 4 l/h) permettant un arrosage précis au niveau des racines des plantes. Cette méthode réduit considérablement les pertes d'eau dues à l'infiltration ou à l'évaporation, ce qui en fait un système efficace et économe en eau. Adaptée aux cultures spécifiques et aux sols arides, elle améliore la productivité agricole tout en optimisant l'utilisation de l'eau, ce qui en fait une pratique durable et économique. (8)

Avantage :

- L'irrigation goutte à goutte est peu coûteuse et économique pour les agriculteurs.
- Elle permet une économie de 40 à 50 % d'eau par rapport à l'irrigation en planche grâce à une distribution précise de l'eau.
- Le système fonctionne à basse pression voire par gravité, ce qui réduit les dépenses énergétiques.
- Il réduit la main d'œuvre nécessaire pour l'arrosage et le désherbage.
- L'installation et la réparation sont faciles et rapides, et le stockage est pratique.
- Le système s'adapte à toutes les cultures agricoles et respecte la structure du sol existant.
- Il peut être utilisé avec des eaux légèrement salées ou calcaires, élargissant les sources d'approvisionnement en eau. (8)

Inconvénients :

- Adapté principalement aux terrains plats ou à légère pente (maximum 2 %), nécessitant une orientation appropriée des T-Tapes dans le sens de la pente.
- Nécessite une certaine compétence de la part des agriculteurs pour assurer un pilotage précis des arrosages, l'entretien du système et les soins culturaux sans endommager les tubes.
- Moins adapté aux vergers, car ces derniers nécessitent des tubes plus résistants et durables, ce qui entraîne des coûts supplémentaires par rapport aux T-Tapes.



Fig V.2 : Irrigation gout a gout

V.2.3.Irrigation par aspersion

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est dispersée sous forme de pluie artificielle grâce à des appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. Les asperseurs sont disposés en carré avec des écartements normalisés pour une distribution uniforme de l'eau sur une grande superficie agricole. Cette méthode permet d'assurer un arrosage efficace et adaptable aux besoins des cultures.

Avantage

Possibilité d'automatisation du système.

Nécessite moins de main d'œuvre.

Économie d'eau.

Pas d'aménagement préalable

Inconvénients

Le cout relativement élevé en particulier les premiers investissements.

Tassement du sol.

Une évaporation intense si les goutte d'eau sont fines.

Non homogénéité de l'arrosage en cas de vent.



Fig V.3 : irrigation par aspersion

V.3. Choix des techniques d'irrigation :

Effectivement, le choix des techniques d'irrigation et de leur emplacement dépend de plusieurs facteurs clés :

1. Topographie : La pente du terrain, le relief et la géométrie de la parcelle influencent le type d'irrigation qui peut être utilisé efficacement.
2. Ressource en eau : Le débit d'eau disponible est un facteur déterminant pour choisir la technique d'irrigation appropriée.
3. Nature du sol : La perméabilité du sol joue un rôle crucial dans la répartition de l'eau et l'efficacité de l'irrigation.
4. Nature des cultures : Différents types de cultures ont des besoins en eau spécifiques, ce qui peut influencer le choix de la méthode d'irrigation.
5. Rentabilité : Il est essentiel d'évaluer la viabilité économique de l'opération d'irrigation en tenant compte des coûts d'installation, d'entretien et des bénéfices potentiels pour l'agriculteur.

Les cultures **marâchères** sont favorables aux techniques d'irrigation de surface et par aspersion. Les **céréales** sont principalement irriguées par aspersion, tandis que **les arbres** sont bien adaptés à l'irrigation localisée.

Conclusion :

En conclusion, après avoir évalué les différentes techniques d'irrigation et leurs avantages et inconvénients, nous avons fait le choix des méthodes modernes spécifiques pour notre étude. Le système goutte à goutte a été sélectionné pour l'arboriculture et les cultures maraîchères, tandis que le système par aspersion a été préféré pour les cultures céréalières et maraîchères. Ces techniques nous permettent de viser une meilleure efficacité d'irrigation, des économies d'eau et des résultats agricoles optimaux pour notre étude.

Chapitre VI :

Dimensionnement à la

parcelle

VI.1. Introduction

Ce chapitre se concentrera sur le dimensionnement à la parcelle en fonction de la technique d'irrigation sélectionnée par les agriculteurs, tout en tenant compte des critères et contraintes spécifiques à la zone du périmètre étudié. La méthode d'irrigation choisie joue un rôle déterminant dans l'efficacité de l'utilisation de l'eau, la gestion responsable des ressources et l'optimisation des rendements agricoles pour le périmètre en question.

VI.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte :

Nous allons nous concentrer sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation localisée, en particulier le système goutte à goutte. Pour mener à bien ce dimensionnement, nous aurons besoin de données de base, telles que la superficie de la parcelle, les besoins en eau quotidiens des cultures, ainsi que le temps maximum de travail disponible par jour.

VI.2.1. Données générales :

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle P40 par une borne A2, et les pressions calculées seront d'environ 1.81 bars. La superficie de l'exploitation est de 1 hectare.

- **Culture** : Palmier : Besoin de pointe : 214.86 mm
- **Organisation du réseau goutte à goutte** : Avec un écartement de 4*4m
 - Surface: **1** ha
 - Longueur: **125** m.
 - Largeur: **80** m.

- **Caractéristiques du gouteur** :
 - Débit nominal: 4 l/h;
 - Pression nominale: 10 m.c.e
 - Le nombre de gouteurs par arbre: 2
 - Espacement des gouteurs \approx 1-2 m

VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

Influence du taux de couverture du sol :

Dans le système d'irrigation goutte à goutte, les apports d'eau sont localisés sur une petite portion de la surface, ce qui réduit la part d'évaporation directe à partir du sol. Pour prendre en compte cette particularité, on applique à l'ETM (Évapotranspiration Maximale) un coefficient de réduction

Kr. Ce coefficient permet de mieux ajuster les besoins en eau réels des cultures, en considérant l'efficacité accrue de l'irrigation localisée qui minimise les pertes dues à l'évaporation, contribuant ainsi à une gestion plus efficace de l'eau pour les cultures dans le périmètre étudié.

Le coefficient de réduction « Kr » dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) cas de jeunes palmiers. et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

b) Keller et Karmeli (1974) :

$$Kr = \frac{C_s}{0.85} \dots\dots\dots VI.1$$

c) La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = C_s + 0.5*(1 - C_s) \dots\dots\dots VI.2$$

On considère que le taux un taux de couverture pour jeunes palmiers égale à 40% donc :

- Kr = 0.705 selon Keller et Karmeli
- Kr = 0.8 selon Freeman et Garzoli

On prendra un coefficient **Kr = 0.8**

Donc :

$$B_{jm} = B_j * Kr \dots\dots\dots VI.3$$

$$B_j = ETM_c = B_{pointe} / 30 = 7.162 \text{ mm/j}$$

On trouve $B_{jm} = 5.73 \text{ mm/j}$

VI.2.3. Dose nette pratique :

Une fois les besoins journaliers en eau calculés, il est nécessaire de déterminer une fraction ou un pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. La dose d'humidification (RFU) est définie par la hauteur d'eau P, qui représente la quantité d'eau requise pour maintenir le sol à une humidité optimale pour la croissance des cultures

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) * Y * Z * da * P\% = RFU * P\% \dots\dots\dots VI.4$$

Avec :

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ (14%)
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement (6%)
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- Z : profondeur d'enracinement en (4000 mm)
- P : Pourcentage du sol humidifié $P = \frac{n * Spd * Sh}{Sa * Sr} \dots\dots\dots VI.5$
- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre = 2
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)
- Sh : Largeur de la bande humidifiée d'après la table, on a Sh = 1m.

- Sr : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.
- Sa : espacement des arbres sur les rangs= 4m

$$P = \frac{2 * 2 * 1}{4 * 4} = 0.25 = 25\%$$

$$D_p = 0.08 * 2/3 * 4000 * 1.4 * 0.25 = 74.66 \text{ mm}$$

VI.2.4. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

$$Tr = \frac{\text{Dose nette}}{B_j} \dots\dots\dots \text{VI.6}$$

$$Tr = \frac{74.66}{6} = 12.44$$

On prend Tr = 13 jours

VI.2.4. Calcul de la dose réelle:

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$Dr = B_{jm} * Tr \dots\dots\dots \text{VI.7}$$

$$Dr = 6 * 13 = 78 \text{ mm}$$

VI.2.5 La dose brute réelle :

$$D_{brutte} = \frac{Dr}{Eff * Cu} \dots\dots\dots \text{VI.8}$$

Avec :

Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%, Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

$$D_{brutte} = 96.3 \text{ mm}$$

VI.2.6 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = \frac{D_{brutte} * S_d * S_r}{n * Q_g} \dots\dots\dots \text{VI.9}$$

$$\theta = 96.3 \text{ h / mois}$$

VI. 2.7 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{Fr} \dots\dots\dots \text{VI.10}$$

$$D_j = \frac{96}{6} = 14 \text{ heures/jour}$$

VI.2.8 Nombre d'arbre par hectare :

$$N \text{ d'arbre} = \frac{1 \text{ ha}}{s} = \frac{1 \text{ ha}}{Ea \cdot Er} \dots\dots\dots \text{VI.11}$$

$$N \text{ d'arbre} = \frac{10000}{4 * 4} = 625 \text{ arbres}$$

VI.2.9 Nombre d'arbre par rampe:

$$Na \text{ rampe} = \frac{Lr}{Ea} \dots\dots\dots \text{VI.12}$$

$$Na \text{ rampe} = \frac{125}{4} = 30 \text{ arbres}$$

VI.2.10 Nombre des goutteurs par rampe:

$$Ng = \frac{lr}{Ea} \times 2 \dots\dots\dots \text{VI.13}$$

$$Ng = \frac{80}{4} \times 2 = 60 \text{ goutteures}$$

VI.2.11 Débit d'une rampe:

$$Qr = Ng \times qg \dots\dots\dots \text{VI.14}$$

$$Qr = 60 \times 4 = 240 \text{ l/h}$$

VI.2.12 Nombre de rampes:

$$Nrampe = \frac{Lpr}{Er} \dots\dots\dots \text{VI.15}$$

$$Nrampe = \frac{80}{4} = 20, \text{ rampes}$$

VI.2.13 Débit de la porte rampe :

$$Qpr = Qrampe \times Nrampe \dots\dots\dots \text{VI.16}$$

$$Qpr = 240 \times 20 = 4800 \text{ l/h}$$

VI.3. Calcul hydraulique :

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

$q = K \cdot H^x$ 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

X= 0.5

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

Donc selon la règle de Christensen 10% ΔH singulières = 0.2 m, et ΔH linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes 2/3. 1.8 = 1.2 m et Pour le porte rampe = 1/3. 1.8 = 0.6 m.

VI.3.1 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes :

a. Diamètre de la rampe :

Le diamètre d'une rampe est calculé comme suit :

$$D = \left[\frac{P.d.c^r \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} \dots\dots\dots \text{VI.17}$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- \varnothing_r (cal) : le diamètre de rampes
- \varnothing_{pr} (cal) : le diamètre de porte rampe

$$D = \left[\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 240^{1.75} \times 125} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} = 13.85 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé : **DN = 16 mm.**

b. Diamètre de porte rampe :

$$D = \left[\frac{P.d.c^r \times 2.75}{0.478 \times Q_{pr}^{1.75} \times L_{pr}} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} \dots\dots\dots \text{VI.18}$$

$$D = \left[\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 4800 \times 80} \right]^{(-\frac{1}{4.75})} = 44.01 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé : **DN = 50 mm.**

c. Vérification des pertes de charges :

On recalcule les pertes de charges pour un **D = 16 mm.**

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ Rampe} &= \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} \dots\dots\dots \text{VI.18} \\ &= \frac{0.478 \times 125 \times 16^{-4.75} \times 240^{1.75}}{2.75} = 0.61 \text{ m} \end{aligned}$$

$\Delta H \text{ rampe} = 0.61 \text{ m} < 1.2 \text{ m} .$

On recalcule les pertes de charges pour un **D = 50 mm.**

$$\Delta H \text{ Porte rampe} = \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 80 \times 50^{-4.75} \times 4800^{1.75}}{2.75} = 0.32m$$

$$\Delta H \text{ porte rampe} = 0.32m < 0.6m .$$

Tableau VI.1 : Caractéristiques des rampes.

Culture	Surface (m ²)	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	pdc(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Pdc' calc (m)
Palmier	10000	125	60	240	1.2	13.8	16	0,61

Tableau.VI.2 : Caractéristiques des portes rampes.

Culture	Surface (m ²)	Lpr(m)	Nr	Qr (l/h)	pdc(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Pdc' calc (m)
Palmier	10000	80	20	4800	0,6	44,01	50	0,32

VI.3.2 La pression d' eau à la borne de distribution :

C'est la somme de la pression nominale de 10 mce et des pertes de charge accumulées sur le parcours de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur présentant le déficit le plus important.

$$P(m) = 0.61 + 0.32 + 10 = 10.93m$$

$$\Rightarrow P = 1.093 \text{ bar}$$

P = 1.093bar est la pression d'eau nécessaire ce qui est largement suffisante qu'il faut fournir pour irriguer l'îlot choisi.

VI.4 Dimensionnement d'un réseau d'asperseur :

L'irrigation par aspersion repose sur le principe de l'alimentation de rampes équipées de dispositifs d'aspersion à partir d'un point de prélèvement d'eau, via un réseau de canalisations. Avant de concevoir le système, il est essentiel d'évaluer des facteurs tels que le choix de la culture à irriguer et les caractéristiques spécifiques de la parcelle. Ces données guident la configuration des asperseurs, garantissant une répartition uniforme de l'eau sur la surface cultivée. L'objectif premier est d'optimiser l'irrigation pour répondre aux besoins précis des cultures, favorisant leur développement tout en préservant les ressources hydriques. Ce procédé permet une gestion précise de l'irrigation, augmentant ainsi l'efficacité de l'agriculture.

VI.4.1. Données agronomiques :

Avant le dimensionnement des ouvrages cités, il est utile de déterminer certains paramètres qui sont, le choix de la culture et de la parcelle, les besoins de pointe et le temps du travail :

- **Choix de la culture :** Tomate

- **Choix de parcelle** ; La parcelle sélectionnée pour l'irrigation par aspersion est la P50, qui a une superficie d'1 hectare. Cette parcelle est de forme rectangulaire avec des dimensions de 125 mètres sur 80 mètres. Elle est alimentée par la borne numéro 4, bénéficiant d'une pression de 2.5 bars.
- **Besoins de pointe** : les besoins de la pomme de terre sont de **250.67mm** pour le mois de pointe.
- **Perméabilité du sol** : le sol est de type texture sablo-limoneuse avec une perméabilité estimée à: $K= 7 \text{ mm/h}$.
- **Temps de travail** : 18 heures par jour, et 26 jours par mois

VI.4.2.Calcul de la Dose pratique RFU :

$$\text{RFU} = Y * (\text{Hcc} - \text{Hpf}) * \text{Da} * \text{Z} \dots\dots\dots \text{VI.19}$$

- Y: degré de tarissement : égal à 2/3
- Da: densité apparente : égale à 1.2
- Z: profondeur d'enracinement mm (50 cm)
- Hcc: humidité à la capacité au champ (14%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (6%).
- $\text{RFU} = 1.2 * 2/3 * 0.5 * 0.08 = 32 \text{ mm}$

VI.4.3.Dimensionnement de l'asperseur :

VI.4.3.1 Diamètre de l'ajutage :

On pose : $p \leq k$

tel que

p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul, par la relation :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04} \dots\dots\dots \text{VI.20}$$

Donc ;

$$d = \frac{p \times 1.04}{1.5} \Rightarrow d = \frac{7 \times 1.04}{1.5} = 4.85 \text{ mm.}$$

Le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de **5 mm**.

VI.4.3.2 Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots\dots\dots \text{VI.21}$$

Où :

- d : diamètre de la buse (mm)
- h : pression à la buse (m), dans notre cas **P= 2.5 bars, h=25 m**.

$$L = 2.5 \times 5^{0.5} \times 25^{0.25} = 12.5 \text{ m}$$

En se référant à la nouvelle fiche technique de l'asperseur de type Perrot (actualisé) on prend un diamètre de 5 mm sous une pression nominale de 2.5 bars :

Tableau VI.3 : Asperseur de type Perrot (nouvelle gamme)

Diamètres des buses mm	P (bar)					P (bar) 2,5												P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar) 4,5	
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	15x13		12x12		15x13		12x12		15x13		12x12		15x13		12x12		15x13		12x12	
	Portée en m					Distance entre arroseurs PR 24																			
3,5	13,8	14,2	14,7	15,1	15,4	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12		
4,2	14,3	14,9	15,5	15,9	16,3	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12	15x13	12x12		
4,5	14,6	15,2	15,8	16,3	16,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18		
4,8	14,8	15,5	16,0	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18		
5,0	15,1	15,8	16,4	16,9	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18		
5,2	15,3	16,0	16,6	17,1	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18		
6,0**	15,9	16,4	17,2	17,5	17,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18		
7,0**	16,3	16,8	17,6	18,3	18,7	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18		
Consommation d'eau du PR 24 W																									
	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)																				
3,5	0,77	0,84	0,91	0,97	1,03																				
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33																				
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53																				
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74																				
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89																				
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04																				
Consommation d'eau du PR 24						Précipitations																			
	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)		
3,5x2,4	1,09	1,20	1,29	1,38	1,47	5,2	7,0	5,7	7,7	6,2	8,3	6,6	8,9	7,0	9,4										
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	6,8	9,2	7,4	10,0	8,0	10,8	8,5	11,5	9,1	12,3										
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0	5,3	4,3	5,7	4,5	6,0										
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4	5,9	4,7	6,3	5,0	6,7										
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7	6,3	5,1	6,8	5,4	7,2										
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0	6,7	5,4	7,2	5,7	7,6										
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4	8,6	6,9	9,2	7,3	9,7										
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,5	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7										

VI.4.3.3 L'écartement entre les rampes et arroseurs :

Selon les normes américaines, l'écartement maximum entre les lignes d'arrosage, qui dépend de la vitesse du vent, est recommandé comme suit :

- Pour un vent faible : 1,3 fois la distance L.
- Pour un vent fort : 1,02 fois la distance L.

De même, l'écartement entre les arroseurs sur la rampe, en fonction du vent, est recommandé comme suit :

- Pour un vent faible : 0,8 fois la distance L.
- Pour un vent fort : 0,6 fois la distance L.

Dans notre zone d'étude, en tenant compte des conditions de vent, nous avons choisi les valeurs suivantes :

- Pour l'écartement entre les lignes d'arrosage (El) : 16,25 mètres.
- Pour l'écartement entre les arroseurs sur la rampe (Ea) : 10 mètres.

Ces valeurs normalisées d'écartement sont donc les suivantes : El = 18 mètres et Ea = 12 mètres. Elles sont essentielles pour déterminer la disposition et la configuration des asperseurs dans le système d'irrigation par aspersion.

VI.4.4 Vérification de la pluviométrie (P<K) :

VI.4.4.1 Débit de l'asperseur :

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots \text{VI.22}$$

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times (5 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 25}$$

$$Q = 0.0004129 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.486 \text{ m}^3/\text{h}$$

VI.4.4.2 Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$P = \frac{Q}{Er \times Er} \dots\dots\dots \text{VI.23}$$

$$P = \frac{1.486 \times 1000}{18 \times 12} = 6.88 \text{ mm}$$

Donc le diamètre de la buse choisi va assurer une pluviométrie $P \leq K = 7.0 \text{ mm/h}$.

VI.4.5 Paramètres d'arrosage :

VI.4.5.1 Calcul du tour d'eau :

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{dose } p \times N_j}{Bbp} \dots\dots\dots \text{VI.24}$$

Tel que :

- Dose nette pratique = 32mm
- $N_j = 26$ jours
- Besoin de pointe = 250.67mm

Donc :

$$T_{\text{eau}} = \frac{32 \times 26}{250.67} = 3.3 \text{ jours} = 4 \text{ jours}$$

VI.4.5.2 Nombre d'irrigation par mois :

$$N_i = 30/4 = 8 \text{ fois par mois}$$

On irrigue **8 fois** par mois.

VI.4.5.3 Calcul de la dose réelle :

$$\text{Dose réelle} = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière} \dots\dots\dots \text{VI.25}$$

$$\text{Dose réelle} = 4 \times \frac{250.67}{30} = 33.42 \text{ mm}$$

VI.4.5.4 Calcul de la dose brute :

L'efficience (μ) = **0.75**

$$\text{Dose brute} = \frac{Dr}{\mu} \dots\dots\dots \text{VI.26}$$

Dose brute = 44.56 mm

VI.4.5.5 Temps d'arrosage :

$$T = \frac{\text{dose-brute}}{p} \dots\dots\dots \text{VI.27}$$

$$T = \frac{44.56}{6.88} = 7 \text{ Heures}$$

VI.4.5.6 Calcul du débit d'équipement :

$$Q = \frac{S \times B \times 10}{Ta \times Nj \times n \times \mu} \dots\dots\dots \text{VI.28}$$

$$Q = \frac{1 \times 250.67 \times 10}{18 \times 26 \times 8 \times 0.75} = 0.9 \text{ m}^3/\text{h}$$

VI.4.5.7 Nombre d'asperseurs (à acheter) :

$$\text{Nasp} = (\text{surface à arroser (m}^2\text{)}) / (\text{implantation}) \dots\dots \text{VI.30}$$

$$\text{Nasp} = \frac{Su \times 10000}{18 \times 18} = \frac{1 \times 10000}{18 \times 12} = 47 \text{ asperseurs}$$

VI.4.6 Calcul hydraulique :

VI.4.6.1 Dimensionnement hydraulique des rampes :

- La longueur du terrain est de **125 m**.
- La largeur du terrain est de **80 m**.

VI.4.6.2 Nombre d'asperseurs par rampe :

$$\text{Nasp/r} = \frac{Lr}{Ea} \dots\dots\dots \text{VI.31}$$

$$\text{Nasp/r} = \frac{80}{18} = 7.45 = 5 \text{ asperseurs}$$

VI.4.6.3 Nombre de rampe :

$$\text{Nrampes} = \frac{Lr - \frac{Er}{2}}{Er} \dots\dots\dots \text{VI.32}$$

Nrampes = 6 rampes

VI.4.6.4 Débit de la rampe :

$$Q_{\text{rampe}} = Q_{\text{asp}} \times \text{Nasp} \dots\dots\dots \text{VI.33}$$

$$Q_{\text{rampe}} = 0.9 \times 5 = 4.5 \text{ m}^3/\text{h} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.4.6.5 Calcul du Diamètre de la rampe :

$$Dr = \sqrt{\frac{4 \times Qr}{\pi \times V}} \dots\dots\dots \text{VI.34}$$

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe, $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.5 : 2.5]$ m/s

On suppose que $v=1.5$ m/s

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 1.25 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.0325 \text{ m} = 32.5 \text{ mm}$$

On prend $D_r = 50$ mm

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 1.25 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.05^2} = 0.636 \text{ m/s} \leq V_{adm}$$

VI.4.6.6 Dimensionnement de la porte rampe :

a. Longueur de la porte Rampe :

$$L_{pr} = L - \frac{Er}{2} = 125 - \frac{12}{2} = 119 \text{ m}$$

b. Débit de porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times N_{asp/rampe} \times N_{rampe} \dots\dots\dots \text{VI.35}$$

$$Q_{pr} = 135 \text{ m}^3/\text{h.} = 0.0375 \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.4.6.7. Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \dots\dots\dots \text{VI.36}$$

Avec:

V : vitesse de l'écoulement à travers la porte rampe ou $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.:2.5]$ m/s.

On suppose que $v=1.5$ m/s et on calcule D_{pr} .

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0175}{\pi \times 1.5}} = 0.178 \text{ m} = 178 \text{ mm.}$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr} = 200$ mm).

Donc ;

$$V = \frac{4 \times 0.0175}{\pi \times 0.125^2} = 0.56 \text{ m/s} \leq V_{adm}$$

VI.4.6.8 Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charges seront calculées selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{Ch}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \dots\dots\dots \text{VI.37}$$

Avec :

- J=Perte de charges linéaire en m ;
- CH : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

VI.4.6.9 Pertes de charge de la rampe :

On a: $L_{rampe} = 80$ m, $D_r = 0.05$ m, $Q_r = 1.25 \times 10^{-3}$ m³/s

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{119}{0.05^{4.87}} \times 0.00125^{1.852} = 1.32 \text{ m}$$

VI.4.6.10 Pertes de charge de la porte rampe :

On a: $L_{pr} = 119\text{m}$, $D_{pr} = 0.2 \text{ m}$, $Q_{pr} = 0.0375 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{119}{0.2^{4.87}} \times 0.0375^{1.852} = 1.3 \text{ m}$$

VI.4.6.11 Calcul de la pression en tête du réseau :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H1 + H2 + H3 \dots \dots \dots \text{VI.38}$$

Avec :

- H : pression à la tête de la parcelle.
- H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5bar).
- H2 : perte de charge totale.
- H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H = 25 + 2.62 + 0 = 27.62 \text{ m}$$

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue le processus de conception de deux systèmes d'irrigation : le goutte-à-goutte pour la culture des oliviers et l'aspersion pour la culture du blé. L'adoption de ces systèmes répond à un double objectif : la préservation des ressources en eau d'irrigation et l'amélioration des rendements agricoles. Ces approches modernes visent à maximiser l'efficacité de l'irrigation tout en répondant aux besoins spécifiques de chaque culture, contribuant ainsi à une utilisation plus durable des ressources hydriques et à une productivité accrue dans l'agriculture.

CHAPITRE VII : Calcul technico-économique

Introduction :

Pour évaluer la viabilité financière de notre projet et estimer le coût global de sa mise en œuvre, nous devons analyser en détail le devis estimatif. Cette analyse implique la quantification de toutes les activités sur le terrain en multipliant le volume des travaux par le prix unitaire approprié. Ainsi, cette section se concentre sur une étude économique approfondie, qui nous permettra de mieux comprendre la dimension financière du projet, y compris les bénéfices potentiels et les pertes, en prenant en compte diverses dépenses, qu'il s'agisse des coûts d'investissement initiaux ou des coûts d'exploitation continus. Pour mener cette évaluation de manière précise, nous devons quantifier de manière exhaustive toutes les tâches à entreprendre, notamment la mise en place du réseau de distribution et la réalisation de divers travaux requis pour la réussite du projet.

VII.1. Exécution des travaux de pose des canalisations :

VII.1.1 Exécution des tranchées :

L'opération de terrassement dépend étroitement des caractéristiques du terrain. L'excavation est réalisée mécaniquement à l'aide d'une pelle mécanique. La profondeur minimale de la tranchée à creuser est fixée à 1 mètre, tandis que la largeur de la tranchée doit être dimensionnée de manière à permettre à un ouvrier de travailler sans difficulté. Cette largeur augmente proportionnellement aux diamètres des conduites à installer. L'excavation des tranchées est réalisée de manière successive par sections, pour garantir un travail efficace et sûr.

VII.1.2 Pose du lit de sable :

La pose du lit de sable revêt une importance primordiale. Son rôle principal est d'assurer une répartition uniforme des charges sur toute la zone d'appui, en évitant tout appui linéaire ou ponctuel. Avant de poser les conduites, plusieurs étapes préliminaires sont nécessaires :

- Élimination des grosses pierres présentes sur les talus de la tranchée.
- Respect scrupuleux des cotes du profil en long.
- Nivellement minutieux du fond de la tranchée.
- Création d'une couche de lit de pose (utilisant du sable) qui doit être soigneusement établie sur toute la longueur du fond de la fouille.

VII.1.3 Mise en place des canalisations :

L'organisation d'un site de construction est essentielle pour coordonner efficacement les ressources et garantir une exécution rapide des tâches. Dans le cadre de la mise en place du réseau de distribution, des étapes clés telles que l'excavation des tranchées, la pose du lit de sable, l'installation des conduites, les tests d'étanchéité, le remblayage des tranchées, et le nivellement du terrain sont minutieusement planifiées et exécutées pour assurer la qualité et l'efficacité du projet.

VII.1.4 Assemblage des conduites en PEHD:

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) sont disponibles en barres de 6 à 12 mètres ou en couronnes de 50 à 100 mètres. Deux méthodes de raccordement sont utilisées : jusqu'à un diamètre de 63, le raccordement est mécanique par emboîtement. Au-delà de ce diamètre, on utilise

des raccords électro-soudables en PEHD à emboîtement femelle. Ces derniers intègrent une résistance chauffante, ce qui permet un processus de soudage rapide d'environ une minute, suivi d'une période de refroidissement d'environ une heure. Ce système élimine le besoin de butées supplémentaires, réduisant ainsi les coûts d'installation et l'encombrement souterrain.

VII.1.5 Contrôle du compactage des tranchées :

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement joue un rôle crucial dans la répartition des charges autour du tuyau, affectant ainsi sa stabilité. Il est impératif de contrôler la qualité de cette opération. Un moyen pratique et économique pour effectuer cette vérification est l'utilisation d'une "sonde battue". Cet outil permet d'obtenir une estimation assez précise de la densité du sol et de détecter rapidement les éventuels défauts de compactage dans une tranchée. C'est un dispositif efficace pour garantir la solidité des installations.

VII.2 Calcul des volumes des travaux de distribution :

VII.2.1 Calcul du volume de terrassement :

a. Largeur du fond de la tranchée :

Il est obtenu par la formule :

$$B = d + 0.6 \dots \dots \dots (VII.1)$$

Avec :

- B : largeur de la tranchée (m)
- d : diamètre de la conduite (m)

b. Profondeur de la tranchée :

Il est essentiel de planifier avec précision la profondeur de la canalisation pour faciliter l'installation des raccordements spécifiques et éviter toute interférence avec les autres conduites. Cette approche assure une mise en place optimale du réseau.

$$H = e + d + h \text{ (m)} \dots \dots \dots (VII.2)$$

Avec :

- H : profondeur de la tranchée. (m)
- e : hauteur du lit de pose. (m)
- d : diamètre de la conduite. (m)
- h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite. Comprise entre 0.1 et 0.2 m.

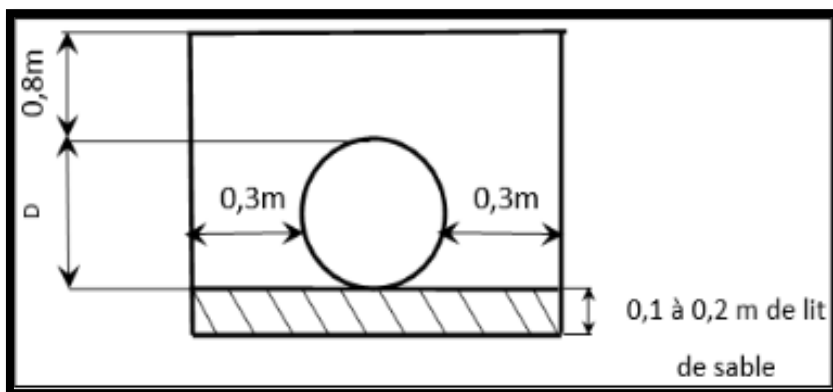


Figure VII.1: Disposition de la conduite dans une tranchée

VII.2.2 Calcul du volume de déblai :

Le volume de déblai sera égale à :

- $V_{deb} = L \times H \times b$ (m3).... VII.3
- L : Longueur de la tranchée en (m) ;
- H : profondeur de la tranchée (m).
- b : largeur de la tranchée (m).

VII.2.3 Calcul du volume de remblais :

$$V_{remb} = V_{deb} - V_{cond} \dots\dots\dots VII.4$$

Tel que : $V_{cond} = \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \cdot L \dots\dots\dots VII.5$

Donc ; $V_{remb} = V_{deb} - \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \cdot L \dots\dots VII.6$

VII.2.4 Calcul du volume de sable :

Il est calculé comme suivant :

$$V_{sable} = h_{sable} \times L \times b \dots\dots\dots VII.7$$

a- Calcul des différents volumes :

Tableau VII.1 Quantité des travaux de terrassement

D(mm)	b(m)	h(m)	L(m)	Vdebl	S conduites	V cond	V rembl	Vsable
400	0,95	1,4	206	273,98	0,394384	81,243104	192,7369	39,14
315	0,9	1,315	403	476,9505	0,2445797	98,56562	378,38488	72,54
250	0,85	1,25	265	281,5625	0,1540563	40,824906	240,73759	45,05
200	0,8	1,2	1312	1259,52	0,098596	129,35795	1130,162	209,92
160	0,75	1,16	1864	1621,68	0,0631014	117,62108	1504,0589	279,6
110	0,7	1,11	1324	1028,748	0,0298253	39,488684	989,25932	185,36
Somme			5374	4942,441			4435,3396	831,61

b- Coût des travaux de terrassement:

Tableau VII.2 Coût des travaux de terrassement.

Type des travaux	unité	prix unitaire (da)	Quantité	prix des Tva
Deblais	M3	1200	4943	5931600
remblais	M3	800	4436	3548800
Lis de sable	M3	1400	832	1164800
Total				10645200 da

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

Les tarifs pour les conduites sont comme suivants :

Tableau VII3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduite	type	Unité de mesure	prix unit en da	Quantité ml	prix da
400	PEHD	ml	9320	206	1919920
315	PEHD	ml	6881,4	403	2773204,2
250	PEHD	ml	1458,59	265	386526,35
200	PEHD	ml	1183,05	1312	1552161,6
160	PEHD	ml	1786,5	1864	3330036
110	PEHD	ml	844,1	1324	1117588,4
Totat HT					11079436,55
TVA 19%					2105092,945
TOTAL TTC					13184529,49

VII.4. cout de réservoir de stockage :

Les travaux du terrassement, bétonnage, maçonnerie, et corps d'états secondaire ainsi que les matériaux entrent dans la réalisation du réservoir de stockage.

- V= 1200 m3
- L= 24 m
- B= 10 m
- H = 5 m

Tableau VII.4 devis estimatif de bache de stockage

Les travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Prix total DA
Deblai	M3	480	400	192000
Beton armé	M3	300	12000	3600000
Peinture	M3	250	2500	625000
Prix HT				4417000
Prix TTC				5256230

VII.5 Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales

Tableau VII.5 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.

Désignation	unité	Quantité	prix unitaire	prix Total (DA)
borne type A2	u	100	18500	185000
Forage	u	1	66667	66667
abris de forage	u	1	1200000	1200000
équipement de	u	1	6000000	6000000
Ventouse	u	5	3800	19000

vannes	u	8	12000	96000
Prix HT				7566667
Prix TTC				9004333,73

VII.6 Tableau des devis de projet :

Travaux	Prix Da
Terrassement	10645200
Conduites	13184529,49
Bache de stockage	5256230
Bornes et equip de forage	9004333,73
Prix TTC	38090293,22

Le coût global du projet, en tenant compte de l'ensemble des transactions financières, se situe approximativement à : 38090293.22 **da**

Conclusion :

La réalisation de l'étude des volumes de travail nous a permis d'établir une estimation du coût total du projet. La planification détaillée des travaux est essentielle pour assurer une exécution efficace du projet. Selon notre analyse, le coût total du projet est estimé a 38090293.22 da , Trente-huit millions neuf cent neuf mille deux cent quatre-vingt-treize dinars et vingt-deux centimes.

C'est suffisant pour faire ce projet

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre du projet d'aménagement hydro-agricole dans la wilaya de Ghardaia où nous avons abordé le dimensionnement du réseau de distribution d'un secteur, de périmètre de Guerrara alimenté à partir de forage , qui a effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

En premier lieu, nous avons commencé par la présentation de la zone d'étude ainsi une étude climatique et hydrologique nous a indiqué que la région jouit d'un étage bioclimatique Saharien qui nécessite une irrigation permanente.

Par la suite nous avons abordé l'étude agro-pédologie où l'analyse du sol montre que le périmètre est dominé par des sols à texture Sableuse limoneuse et pour cela on a choisi les cultures adaptés avec ces sols.

Dans le but d'améliorer le rendement agricole de la wilaya il est préalable d'implanter de nouvelles cultures comme les cultures d'oliviers , les tomates , les oignons et d'orge

Après le choix des cultures nous avons fait des analyses sur la qualité des eaux de ANRH et on a trouvé que cette eau est caractérisé par une conductivité électrique CE de 0.47 mmhos/cm et un SAR égal à 2.64 ce qui montre qu'on a un risque moyen de salinité et une alcalinité bonne , donc on peu dire que ces eaux sont de bonnes qualité pour l'irrigation, après on a déterminé les besoins en eau totaux du périmètre ainsi de chaque ilots et connaitre le débit spécifique pour permettre de dimensionner le réseau de distribution.

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

- **100** parcelles avec 100 bornes d'irrigation
- Des conduites dont le diamètre varie entre 110 mm et 400 mm.

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

- La vitesse d'écoulement varie entre 0.5 et 2.5 m/s
- La pression varie entre 1 et 2.5 bars

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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] **Oulad heddar meriem** ,Evaluation de la sensibilité à l'ensablement par l'approche medalus dans la région de ghardaïa (Algérie) , P42

[2] A. Boughrara , Géologie de l'Algérie", publié par Editions ANEP en 2008 P48

[3] Atlas des wilayas d'Algérie" publié par l'Office National des Statistiques (ONS) P136

[4]Atlas des ressources en eau en Algérie , publié par ANRH en 2008 P55

[5] S.C.G., 1952 GAUTIER et GOUSkOv, 1951

[6](Sahara algérien) (Helal et Ourihane, 2003)

[7] **Touibia, B,(2004)**. Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.

[8] **Ollier, Ch, Poirée, M (1983)**. Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris. 500P p117

ANNEXE

ANNEXE 1

Caractéristiques des sols et aptitudes culturales

Paramètre de classification Classe d'aptitude à l'irrigation	Profondeur (cm)	Texture	Salinité mmohs/cm	Topo	Perméabilité (cm/h)	drainage	Aptitudes culturales	Observations
Classe I	> 120	-Texture moyenne (Sablo argileuse, limoneuse)	-Pas de problème de salinité <1 -Calcaire actif < 5%	Plane	2-6 (bonne)	Ne nécessite pas un drainage	Bonne aptitude pour toutes les cultures arbustives, industrielles, céréalières, maraîchères	Leur aptitude à l'irrigation est bonne Aucune contrainte majeure pour la mise en valeur.
Classe II	> 80	-Sablo-limoneuse -Limono-sableuse et limono argileuse	-La salinité varie de 4 à 8 -Teneur en calcaire actif ≤ 7%	Plane	-Pour les sols à texture fine 0,5-2 -Texture grossière 6-12,5	Nécessite un drainage	-Moyennement apte à toutes les cultures industrielles céréalières fourragères et maraîchères	-Les travaux d'aménagement nécessaires sont mineurs, notamment l'apport d'engrais minéraux et organique
Classe III	40 à 80	-Salo -limoneuse (à forte teneur en sable) -Argilo- sableuse, argilo limoneuse	Présente dans les endroits à texture fine 8-12 calcaire actif entre 7 et 12%	Pente faible	-Pour les sols à textures fine (0,1-0,5) -Pour les sols à texture grossière (12,5-25)	Nécessite un drainage	-Moyenne aptitude aux cultures maraîchères céréalières et fourragères et peu aptes aux cultures arbustives et industrielles	Labours profonds, apport de matières organiques, plantation des brises vents

Paramètre de classification Classe d'aptitude à l'irrigation	Profondeur (cm)	Texture	Salinité mmohs/cm	Topo	Perméabilité (cm/h)	drainage	Aptitudes culturales	Observations
Classe IV	40 à 80	-Texture fine argileuse ou très légère sableuse -Présence de croûtes calcaires	-Varie de 12 ÷ 16 -Teneur en calcaire actif > 12%	Par endroit la pente est forte	Variable	Nécessite un drainage	Faible aptitude aux cultures maraichères et fourragères et inaptes à l'arboriculture	-Lessivage localisé -Des engrais organiques et minéraux -Labour profond et assainissement de surface.
Classe V	< 40	-Affleurement de la dalle calcaire par endroits -Charge caillouteuse >50%	Salinité > 16	Pente supérieure à 20%	Très faible	Nécessite un drainage	-Inapte à toutes les cultures -Aptitude moyenne pour l'olivier, la vigne, le figuier et les céréales en sec	Inapte à l'irrigation

Les espèces culturales

N°	Espèces: Arboriculture	N°	Espèces: Cultures maraichères	N°	Espèces: Céréales et fourrages	N°	Espèces: Cultures industrielles
1	Agrumes	1	Artichaut	1	Luzerne	1	Betterave sucrière
2	Pêcher/Franc	2	Tomate	2	Bersim	2	Cotton
3	Pêcher/Amandier	3	Oignon	3	Sorgho	3	Tournesol
4	Pêcher/Prunier	4	Pomme de terre	4	Mais	4	Tabac
5	Abricotier/Franc	5	Carotte	5	Fétuque	5	Lin
6	Abricotier/Prunier	6	Navet	6	Vesce avoine		
9	Olivier	7	Chou-fleur	7	Ray gras		
10	pommier/Franc	8	Chou pommé	8	Blé dur		
11	pommier/Doucine	9	Epinard	9	Blé tendre		
12	pommier/Pa radja	10	Laitue	10	Orge		
13	Poirier/Franc	11	Ail				
14	Poirier/Cognassier	12	Aubergine				
15	Figuier	13	Pastèque				
		14	Melon				
		15	Piment poivron				
		16	Haricot vert				
		17	Concombre				
		18	Pois				

ANNEXE 3

Prix PEHD en fonction de diamètre

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

TUBES PEHD : PN 06					TUBES PEHD : PN 10						
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML		
13003	Ø25	-	38,28	42,45	PE80	P3513000	Ø20	-	29,07	34,01	PE80
13006	Ø32	-	49,35	56,67	PE80	P3513004	Ø25	2,5	38,28	44,79	PE80
13009	Ø40	2,0	64,6	75,58	PE80	P3513007	Ø32	2,5	55,48	64,81	PE80
13012	Ø50	2,4	98,25	114,93	PE80	P3513010	Ø40	3,0	84,10	98,40	PE80
13015	Ø63	3,0	160,25	187,49	PE80	P3513013	Ø50	3,7	135,28	168,25	PE80
13018	Ø75	3,6	225,21	263,49	PE80	P3513016	Ø63	4,7	209,69	245,34	PE80
13022	Ø90	4,3	298,93	346,35	PE80	P3513019	Ø75	5,6	300,60	351,59	PE80
13025	Ø110	4,0	357,86	418,70	PE80	P3513023	Ø90	5,4	359,09	420,14	PE80
13030	Ø125	-	473,08	553,60	PE100	P3513026	Ø110	6,6	540,50	632,39	PE100
13030	Ø160	5,8	770,65	901,89	PE100	P3513028	Ø125	7,4	680,13	772,35	PE100
13044	Ø200	7,2	1 163,39	1 381,17	PE100	P3513031	Ø160	9,5	1 142,25	1 336,43	PE100
13056	Ø250	9,1	1 850,00	2 281,5	PE100	P3513033	Ø200	11,9	1 650,94	1 931,43	PE100
13042	Ø315	11,4	3 080,00	3 603,6	PE100	P3513035	Ø250	14,8	2 595,00	3 036,15	PE100
13039	Ø400	14,5	6 134,24	6 007,08	PE100	P3513041	Ø315	18,7	4 093,67	4 789,47	PE100
13051	Ø500	19,1	8 938,13	8 117,61	PE100	P3513058	Ø400	23,7	6 898,74	7 837,53	PE100
13052	Ø630	24,1	12 682,50	14 838,53	PE100	T011043	Ø500	29,7	10 152,61	11 576,44	PE100
						P3513048	Ø630	37,4	16 738,79	18 414,38	PE100

TUBES PEHD : PN 16					TUBES PEHD : PN 20						
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML		
1301	Ø20	2,3	32,18	37,66	PE80	P3513101	Ø20	2,3	38,01	44,47	PE100
1303	Ø25	2,8	50,88	59,48	PE80	P3513102	Ø25	3,0	63,29	62,35	PE100
1306	Ø32	3,6	78,51	91,86	PE80	P3513103	Ø32	3,6	82,22	96,20	PE100
1301	Ø40	4,5	120,95	141,51	PE80	P3513104	Ø40	4,5	128,15	149,94	PE100
1304	Ø50	5,6	188,28	220,29	PE80	P3513105	Ø50	5,6	200,7	234,82	PE100
1307	Ø63	7,1	297,95	348,60	PE80	P3513106	Ø63	7,1	338,73	395,31	PE100
1308	Ø75	8,4	407,8	477,13	PE80	P3513107	Ø75	8,4	447,35	523,40	PE100
1309	Ø90	8,2	510,71	597,63	PE100	P3513108	Ø90	10,1	627,09	733,70	PE100
1310	Ø118	10,0	787,19	885,91	PE100	P3513109	Ø110	12,3	948,86	1 110,17	PE100
1311	Ø125	11,4	957,90	1 132,44	PE100	P3513110	Ø125	14,0	1 202,75	1 407,22	PE100
1312	Ø160	14,6	1 660,00	1 828,20	PE100	P3513111	Ø160	17,9	1 947,69	2 278,66	PE100
1313	Ø200	18,2	2 472,00	2 892,24	PE100	P3513112	Ø200	22,4	3 121,70	3 652,39	PE100
1314	Ø250	22,7	3 818,00	4 463,66	PE100	P3513113	Ø250	27,9	4 848,33	5 670,21	PE100
1315	Ø315	28,6	6 850,00	8 044,50	PE100	P3513114	Ø315	35,2	7 588,86	8 875,48	PE100
1316	Ø400	36,3	9 320,00	10 904,40	PE100	P3513115	Ø400	44,7	12 110,03	14 168,74	PE100
1317	Ø500	45,4	14 911,00	17 445,87	PE100	P3513034	Ø500	55,8	19 083,81	22 304,66	PE100
1318	Ø630	57,2	23 123,50	27 064,50	PE100		Ø630				PE100

Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Couronnes (Rookaux) de 100 ML.
 Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des tubes de 12 ML.
 Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm en 630 mm sont des tubes de 26 mm.

SARL K - PLAST
 Transformation de Plastiques

ANNEXE 4

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 sans sarclage						0.65-0.75 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).

