



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE
DU PERIMÉTRE DES PLAINES SETIFIENNES SECTEUR 10**

Présenté par :

CHENNAFI Amira

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms

Grade

Qualité

Mr MEDDI Mohamed

Professeur

Président

SADDOUN Samra

M.C.A

Membre

MAZOUZI Sabra

M.A.A

Membre

YAHIAOUI Samir

M.A.A

Promoteur

Septembre - 2024

Dédicace

Je consacre cette humble réalisation :

À mes chers parents : mon père, soutien indispensable qui m'a toujours permis de rester debout, et ma mère, qui a toujours eu confiance en moi. Je vous exprime toute ma reconnaissance pour tout ce que vous m'avez apporté.

A toute ma famille

à tous mes amis, spécialement Ilham , qui m'a aidé et encouragé à réaliser ce travail.

A tous ceux que j'aime .

Remerciements

Je tiens à remercier ALLAH tous puissant qui m'a donné la force pour achever cet objectif

Je remercie mon promoteur Ms Yahiaoui Samir de m'avoir orienté durant la rédaction de ce travail.

Je remercie également tous les enseignants de l'ENSH qui ont fait tous leur effort pour former les étudiants.

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

ملخص

هدف هذه الدراسة هو تحضير التربة للزراعة في منطقة سهول سطيف – قطاع 10 بواسطة نظام ري يضمن وصول المياه من سد مهوان إلى النباتات. لتحقيق هذا الهدف، قمنا بجمع وتحليل البيانات اللازمة والعوامل والموارد المرتبطة بدراستنا. استنادًا إلى دراسة تقديرية، قمنا بتخطيط وتحديد حجم شبكة الري لضمان وصول المياه بتدفق وضغط كافيين. ومن أجل ضمان استخدام المياه بكفاءة عالية، اقترحنا استخدام تقنيات الري الحديثة التي تعزز الإنتاجية وتقلل من فقد المياه، كل ذلك بأقل تكلفة ممكنة.

Résumé :

Le but de cette étude est l'aménagement hydro-agricole de périmètre des plaines Sétifiennes secteur 4- par un réseau d'irrigation pour s'assurer l'arrivée des eaux d'irrigation du barrage de Mahouane jusqu'aux cultures. Pour cela nous avons collecté et analysé les données nécessaires et les différents facteurs et ressources liés à notre étude, et basant sur une étude estimative nous avons projeté et dimensionné un réseau d'irrigation qui assure l'arrivée de l'eau avec un débit et une pression suffisants, et pour garantir une utilisation optimale des eaux, on a suggéré l'utilisation des techniques modernes d'irrigation qui permet d'avoir plus de rendement et des pertes d'eau minimales, tout cela avec le moindre coût possible.

Mots clés : irrigation, cultures agricoles, réseau d'irrigation

Abstract:

The aim of this study is the hydro-agricultural development of the area of the Sétifian plains (sector 10) by ensuring the delivery of irrigation water from the Mahouane dam to the crops, we collected and analyzed essential data and factors related to our study. Based on this analysis, we conducted an estimation study to plan and size an irrigation network. This network is designed to ensure sufficient water flow and pressure, thereby optimizing water use. We recommended modern irrigation techniques to maximize yield and minimize water losses, all while striving for cost efficiency."

Keywords: irrigation, agricultural crops, irrigation techniques .

sommaire

Introduction Générale	2
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	5
I.1) Introduction :	5
I.2) localisation de la zone d'étude :	5
I.3) voies de communication :	6
I.4) Réseau hydrographique :	6
I.5) Climat :	7
I.5.1) Précipitations :	8
I.5.2) Température :	8
I.5.3) Humidité relative :	9
I.5.4) Le vent :	9
I.5.5) Le sirocco :	9
I.5.6) La gelée :	9
I.5.7) La neige :	9
I.5.8) Duré d'insolation :	10
I.6) Indices agro-météorologique :	10
I.6.1) Indice de MARTONE :	10
I.6.2) DIAGRAMME D'EMBERGER :	10
I.6.3) L'indice de Bagnouls et Gaussen :	11
I.7) Conclusion :	12
Chapitre II : Ressources en sol	15
II.1) Introduction :	15
II.2) Aptitudes culturales des sols :	15
II.4) Caractéristique morphologique des différent types de sol :	16
II.4.1) Les sols calsimagnésique :	16
II.4.2) Sols peu évolués :	18
II.5) Interprétation des résultats analytiques des profils.	19
II.6) Caractéristique hydrodynamique de sol :	20
II.7) Conclusion :	20
Chapitre III : Ressources en eau	22
III.3) Introduction :	22
III.2) Approvisionnement en eau du périmètre à partir du barrage de Mahouane : ..	22
III.2.1) Présentation de barage :	22
III.2.2) Caractéristique hydraulique de barrage de Mahouane :	22

III.3) Qualité des eaux d'irrigation de barrage :	23
III.3.1) Classification de eaux d'irrigation :	23
III.3.2) Composition chimique de l'eau d'irrigation :	25
III.4) L'occupation des sols :	26
III.4.1) situation actuelle :	26
III.4.2) Situation future :	26
III.4.4) Assolement	27
III.5) Conclusion :	28
Chapitre IV : Estimation des besoins en eau	30
IV.1) Introduction :	30
IV.2) Étude Hydrologique :	30
IV.2.1) Introduction :	30
IV.2.2) Choix de la station pluviométrique :	30
IV.2.3) Etude statistique des précipitations	32
IV.2.4) Ajustement statistique des pluies:	33
IV.2.5) Calcul des moyennes mensuelles des précipitations :	36
IV.2) Besoin en eau du périmètre :	36
IV. 2.1) Calcul des besoins en eau :	37
IV.4) Les besoins nets en eau d'irrigation pour une culture:	39
IV.4.1) Définition :	39
IV.4.2) Calcul de besoin en eau d'irrigation :	39
IV.4) Calcul des besoins en eau des assolements :	46
IV.5) Calcul des débits :	47
IV.5.1) Calcul des débits spécifiques :	47
IV.5.2) Calcul de débit caractéristique :	47
IV.5.3) Estimation des Besoins annuels totaux des cultures en m 3 :	48
IV.6) Conclusion :	48
Chapitre V : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION.	50
V.1) Introduction :	50
V.2) Le réseau d'irrigation :	50
V.2.1) Réseau d'adduction :	50
V.2.2) Réseau de distribution :	51
V.3) Calculs hydrauliques:	53
V.3.1) Calcul hydraulique des débits des bornes :	53
V.3.2) Choix du diamètre de la borne :	53
V.3.3) dimensionnement du réservoir :	54
V.3.4) Dimensionnement des conduites du réseau de distribution:	54

V.5) Conclusion :	54
Chapitre VI : Techniques d'irrigation	56
VI.1) Introduction :	56
VI.2) Présentation des différentes techniques d'irrigation :	56
VI.2.1) Irrigation de surface :	56
VI.2.2) Irrigation par aspersion :	57
VI.2.3) Irrigation localisée (Goutte a goutte) :	57
VI.3) Choix de la technique d'arrosage :	58
VI.4) Conclusion :	58
Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle	60
VII.1) Introduction :	60
VIII.2.1 Données générales :	60
VII.2.2) Dimensionnement théorique:	60
VII.2.3) Dimensionnement hydraulique des rampes :	62
VII.2.4) Calcul la pression en tête de réseau:	64
VII.3) Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée :	64
VIII.3.1 Données générales :	64
VII.3.2) Calcul des besoins en eau des cultures:	65
VII.3.3) Calculs hydrauliques:	67
VII.3.4) Dimensionnement des canalisations du réseau :	68
VII.3.5) Calcul du diamètre du porte rampe et vérification de la perte de charge : 69	
VII.3.6) Calcul du diamètre de la conduite tertiaire :	70
VII.3.7) La pression d'eau à la borne de distribution :	70
VII.4) Conclusion :	70
Chapitre VIII : Calcul technico-économique	72
VIII.1) Introduction :	72
VIII.2) Exécution des travaux de pose de canalisation :	72
VIII.2.1) Exécution des tranchées	72
VIII.2.2) Pose de lit de sable :	72
VIII.2.3) Remblayage des tranchées	72
VIII.2.4) Nivellement et compactage	72
VIII.3) Volume des travaux du réseau d'irrigation :	72
VIII.4) Evaluation du cout de projet :	73
VIII.4.1) Coût des conduites de distribution :	73
VIII.4.2) Coût Des travaux d'excavation :	74
VIII.4.3) Coût du réservoir :	75
VIII.4.4) Devis estimatif du projet :	75

VIII.5) conclusion :	76
<i>Conclusion Générale</i>	77

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
Tableau I.1: Précipitations mensuelles de la station de Sétif (1980 - 2012).....	06
Tableau I.2: Données de températures recueillis dans la station de Sétif en °C.....	07
Tableau I.3: Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %	08
Tableau I.4: Les valeurs moyennes des vitesses du vent en m/s.....	08
Tableau I.5: Nombre de jours de sirocco.....	08
Tableau I.6: Nombre moyen de jours de gelée	09
Tableau I.7: Distribution mensuelle de la durée d'insolation journalière.....	09
Tableau I.8: Caractéristiques climatiques.....	10
Chapitre II : Ressources en sol	
Tableau II.1: Zones Homogènes de mise en valeur et superficie de sols irrigables.....	14
Tableau II.2: Résultat analytique du profil 1.....	17
Tableau II.3: Résultat analytique du profil 2.....	19
Chapitre III : Ressources en eau	
Tableau III.1: caractéristiques hydrauliques du barrage Mahouane.....	23
Tableau III.2: Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	25
Tableau III.3: Composition chimique de l'eau du barrage.....	26
Tableau III.4: Caractéristiques de la station pluviométrique.....	28
Tableau III.5: Pluie moyenne mensuelle de la station de FERMATO.....	28
Tableau III.6: Test de Wilcoxon de la station de FERMATO.....	30
Tableau III.7: Ajustement à la loi normale.....	32
Tableau III.8: Ajustement à la loi log normale.....	34
Tableau III.9: Test de validité de l'ajustement.....	35
Tableau III.10: Année de calcul.....	36
Chapitre IV : Estimation des besoins en eau	
Tableau IV.1: Occupation agricole actuelle.....	38
Tableau IV.2: Gamme de cultures proposées.....	39
Tableau IV.3: Calendrier d'occupation des sols.....	39
Tableau IV.4: Les assolements proposés.....	40
Tableau IV.5: Calcul de l'évapotranspiration.....	42
Tableau IV.6: Calcul de la pluie efficace.....	43
Tableau IV.7: Calcul des besoins en eau de blé et avoine.....	44
Tableau IV.8: Calcul des besoins en eau de l'orge grain.....	45
Tableau IV.9: Calcul des besoins en eau de pomme de terre arrière-saison.....	45
Tableau IV.10: Calcul des besoins en eau de pomme de terre saison.....	46
Tableau IV.11: Calcul des besoins en eau de tomate.....	46
Tableau IV.12: Calcul des besoins en eau de pomme de l'oignon vert et l'Ail.....	47
Tableau IV.13: Calcul des besoins en eau de concombre.....	47
Tableau IV.14: Calcul des besoins en eau de carotte.....	48
Tableau IV.15: Calcul des besoins en eau de l'haricot.....	48
Tableau IV.16: Calcul des besoins en eau de petit pois.....	49
Tableau IV.17: Calcul des besoins en eau de choux.....	49
Tableau IV.18: Calcul des besoins en eau de pêcher.....	50
Tableau IV.19: Calcul des besoins en eau de l'olivier.....	50
Tableau IV.20: Calcul des besoins en eau de pommier.....	51
Tableau IV.21: Besoin en eau de l'assolement 1	51
Tableau IV.22: Besoin en eau de l'assolement 2	52
Tableau IV.23: Besoins annuels totaux des cultures en m^3	53
Chapitre V : Etude du système d'adduction	
Tableau V.1: Superficie des secteurs du périmètre.....	56
Tableau V.2: Les paramètres de perte de charge.....	59

Tableau V.3:choix du diamètre de la borne.....	61
Tableau V.4:Calcul des débits des ilots et choix du diamètre des bornes.....	61
Tableau V.5:Dimensionnement des conduites et calcul des pressions.....	67
Chapitre VI : Techniques d'irrigation	
Tableau VI.1:Analyse multicritère du choix de la technique d'irrigation.....	74
Chapitre VII : Dimensionnement a la parcelle	
Tableau VII.1:Résultat du calcul pratique d'aspersion.....	81
ChapitreVIII:Calcul technico-économique	
Tableau VIII.2:coût des conduites.....	94
Tableau VIII.2:calcul des différents volumes.....	94
Tableau VIII.3:coût des travaux de terrassement.....	95
Tableau VIII.4: Estimation du cout du réservoir.....	95
Tableau VIII.5:Devis estimatif du projet.....	95

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I. 1: Carte de situation de la zone de projet	3
Figure I. 2: Plan de situation de la zone de projet	4
Figure I. 3 : Chevelu hydrographique des plaines Sétifiennes	6
Figure I. 4 : Température mensuelle.....	7
Figure I. 5: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	11
Figure I. 6: Climogramme pluviométrique de Gaussien.....	12

Chapitre III Ressources en eau

Figure III.1 Barrage de MAHOUANE.....	24
Figure III.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon Riverside).....	27
Figure III.3: Ajustement a la loi normale.....	33
Figure III.4: Ajustement a la loi log normale.....	34

Chapitre VIII: Calcul technico-économique

Figure VIII. 1: Schéma d'une tranchée.....	93
--	----

Liste des planches

Planche 1: Plan de situation du secteur 10 .

Planche 2: Réseau d'irrigation de secteur 10.

Planche 3: Levé topographique du secteur 10

Planche 4: Plan d'un réseau d'aspersion (Ilot N°19)

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

L'objectif de l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre consiste à améliorer le rendement des cultures en sélectionnant la région la plus appropriée et en mettant en place le système adéquat après avoir analysé toutes les conditions nécessaires dans le cadre du projet.

L'activité agricole et l'activité humaine en général dépendent étroitement de la disponibilité de l'eau. Pour favoriser la prospérité agricole, diversifier les produits et accroître l'efficacité, il est crucial de fournir des ressources pour l'irrigation des cultures, surtout dans les régions arides et semi-arides. Dans ce cadre, nous avons entrepris cette étude visant à aménager le périmètre des hautes plaines de Sétif et à équiper son environnement agricole d'un réseau d'irrigation reliant le barrage de Mahouane, assurant ainsi un approvisionnement en eau pour les cultures.

Le périmètre d'irrigation couvre une superficie de 15 000 hectares, alimentée exclusivement par le barrage de Mahouane. Cette étude a pris en compte tous les facteurs influençant le processus d'irrigation, analysant les données pour concevoir un réseau d'irrigation efficace conforme aux normes techniques et optimisé en termes de coûts.

Les étapes suivantes ont été suivies dans ce travail :

- ✚ Présentation et description de la zone d'étude.
- ✚ Les ressources en sol.
- ✚ Les ressources en eau
- ✚ Estimations des besoins eau
- ✚ Etude du système d'adduction
- ✚ Technique d'irrigation
- ✚ Dimensionnement à la parcelle
- ✚ Calcul technico-économique

Chapitre I

Représentation et description de la zone d'étude

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1) Introduction :

Lors de la réalisation d'une étude technique, il est essentiel de comprendre et d'analyser les différents facteurs qui y sont liés. Pour mener à bien une étude hydro-agricole, il est crucial de maîtriser les divers aspects climatiques. Ce chapitre traitera de la localisation de la zone d'étude, de son hydrographie et de son climat.

I.2) localisation de la zone d'étude :

La zone d'étude se trouve à l'est de l'Algérie, à 300 km d'Alger, dans les Hautes Plaines Sétifiennes. Cette région, située entre les wilayas de Sétif et de Bordj Bou Arreridj, se caractérise par une altitude variant entre 800 et 1000 mètres, couvrant une superficie brute de 28 288 hectares.



Figure I. 1: Carte de localisation du site du projet
(source ONID).

Echelle : 1/ 20 000 000 ème

Le périmètre est délimité au nord par les villes de Khelil, Mahdia, Ain Arnat et Sétif, et plus loin par les montagnes de la Petite Kabylie. À l'est, il est bordé par la RN 75, au sud par les crêtes des montagnes de Hodna, et à l'ouest par une ligne imaginaire reliant les villes de Bir Kased Ali et Ain Tesra.



Figure I. 2: Plan de localisation du site du projet (Source O.N.I.D).

Echelle : 1/1 000 000 ème

On distingue deux plaines dans la région :

a) La plaine de Mezloug :

Elle se situe entièrement dans la Wilaya de Sétif, à une altitude de plus de 1 000 mètres. Cette plaine est délimitée à l'est par Ain Arnat - Mezloug, à l'ouest par Bir Kasd Ali, au nord par les monts de la chaîne des Babors, et au sud par les crêtes du Hodna.

b) La plaine d'Ain Taghrout :

Elle se trouve à la limite est de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj. Cette plaine est bordée au nord par les monts des Babors et à l'est par Ain Arnat et Mezloug.

I.3) voies de communication :

La zone d'étude est desservie par un réseau de voies de communication reliant les différentes villes, notamment la RN 5 d'Alger à Constantine, le CW 64 a de Bir Kased Ali à Ain Melila la RN 28 reliant Sétif à Mezloug et Ain Oulmane, ainsi que la CW 113 reliant Guellal et Guidjel. De plus, l'autoroute Est-Ouest traverse la zone au sud, passant par Bir Kased Ali jusqu'au barrage de Ain Zada, et une voie ferrée relie Alger à Sétif, passant au sud du barrage de Tixter et au nord de Mezloug.

I.4) Réseau hydrographique :

Un réseau dense d'oueds et de chaabas traverse la zone d'étude, se drainant tous finalement dans l'oued Bou Sellam, que ce soit directement ou par le biais de ses affluents.

Les principaux oued qui parcourent la région étudiée sont les suivants :

- 1- Zone de Mezloug :
 - Oued Bou Sellam
 - Oued Ben Diab
 - Oued Guellal

- Oued F'Taissa
- 2- Zone intermédiaire :
 - Oued Tixter
- 3- Zone d'Ain Taghrouit :
 - Oued Laouinet
 - Oued El Djouaher
 - Oued Bir Kasdali
 - Oued Sidi Bounab
 - Oued Ammari
 - Oued Medjid
 - Oued Bir Bensjahia

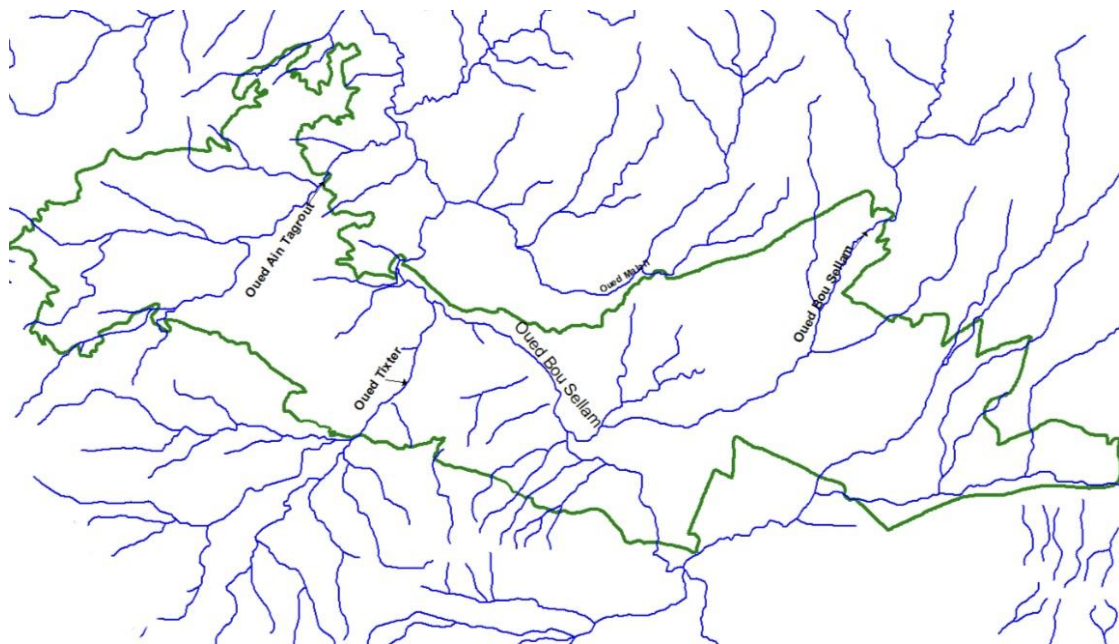


Figure I. 3 : Chevelu hydrographique des plaines Sétiennes

(Source O.N.I.D).

Echelle : 1/ 500 000 ème

Dans le bassin versant, des retenues de faible capacité ont été construites, mais plusieurs d'entre elles sont maintenant abandonnées et envahies par la sédimentation.

I.5) Climat :

Les données relatives aux conditions météorologiques et climatiques sont cruciales pour organiser et superviser les activités humaines, notamment dans l'agriculture, en aidant à identifier les zones agro-pédoclimatiques idéales pour chaque type de culture.

Dans un projet d'irrigation, certains éléments climatiques revêtent une importance capitale, tels que les températures, l'humidité relative, la force et la direction des vents, ainsi que la fréquence des gelées et des périodes de sirocco. Leur prise en compte est essentielle pour la réussite du projet.

La région des plaines Sétiennes se distingue par un climat continental semi-aride, avec des étés secs et chauds ainsi qu'un hiver froid.

I.5.1) Précipitations :

La précipitation annuelle revêt une importance cruciale en agriculture, car elle influence directement le besoin en irrigation. Avec une estimation de 409.8 mm, elle représente un facteur déterminant pour la production agricole. Les précipitations estivales sont notablement inférieures à celles des autres saisons.

Tableau I. 1: Données sur les précipitations mensuelles de la station de Sétif (1980 - 2012).

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Pluies (mm)	33.8	30.1	38	60.6	46.4	45.4	36.8	43	37.9	17.7	9.4	10.9	409.8

Source : O.N.M

I.5.2) Température :

La température est cruciale pour déterminer les besoins en eau d'irrigation et sélectionner le type et le système d'irrigation adéquats. Les données de température de la zone examinée sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau I. 2: Données de température recueillies à la station de Sétif en degrés Celsius (°C).

Statistique	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Min(°C)	1,2	1,8	3,9	6,3	10,5	15,1	18,7	18,7	14,8	10,8	5,6	2,3
Max(°C)	9,9	11,2	14,5	18	23,4	29,6	33,8	33,2	27,4	21,9	14,85	10,7
Moy(°C)	5,5	6,5	9,2	12,1	17	22,3	26,2	26	21,2	16,5	10,2	6,4

Source : A.N.R.H

Min : la moyenne de tous les minima .

Max : la moyenne de tous les maxima.

Moy : la moyenne mensuelle.

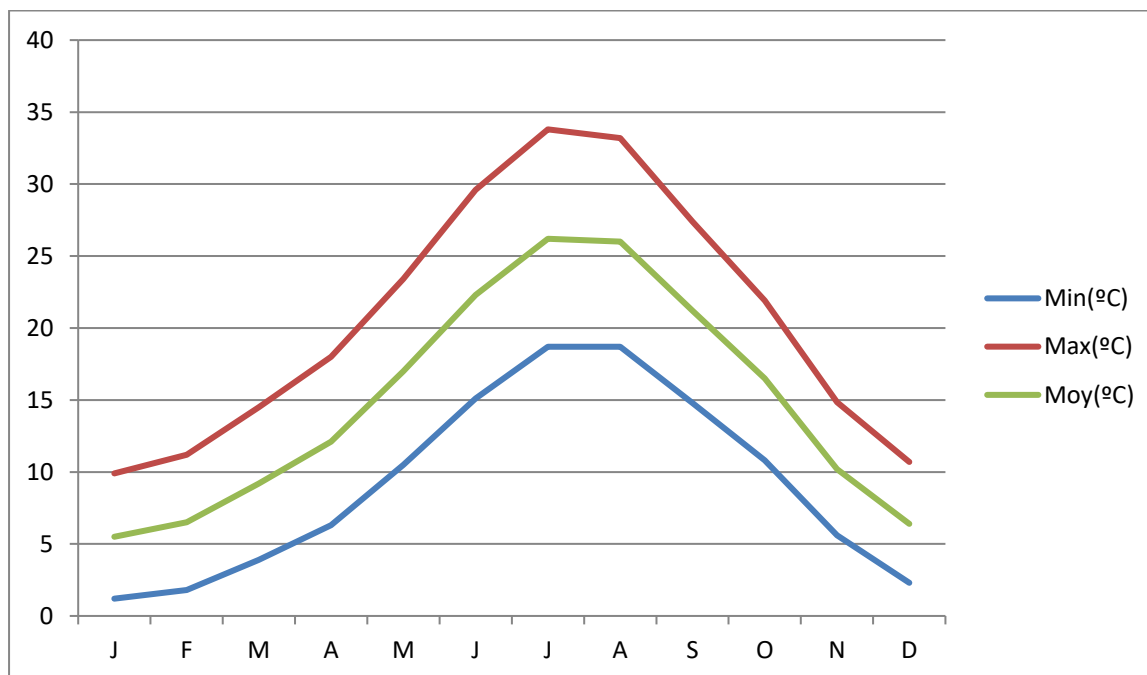


Figure I. 4 : Graphique descriptif de la variation des températures.

D'après le graphique, il est observable que les mois les plus chauds sont juillet et août, présentant une moyenne de 26,2 °C, tandis que la période la plus froide correspond aux mois de janvier et février (5,5°C).

I.5.3) Humidité relative :

L'humidité relative représente le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air et la quantité maximale de vapeur d'eau que ce même volume d'air peut contenir à la même température. Les valeurs d'humidité relative enregistrées par la station météorologique de Sétif sont fournies dans le tableau ci-dessous :

Tableau I. 3: Les données de température collectées à la station de Sétif sont exprimées en degrés Celsius (°C).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité	83	77	76	72	65	62	52	50	85	73	81	85

Source : O.N.M

I.5.4) Le vent :

L'étude du vent est essentielle en raison de son impact sur la sélection du type d'irrigation et sur le processus d'évapotranspiration.

Ce tableau présente les moyennes mensuelles de la vitesse du vent à Sétif.

Tableau I. 4: Les valeurs moyennes de la vitesse du vent sont exprimées en mètres par seconde (m/s).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V(m/s)	3.9	3.8	3.9	4.2	4.6	3.6	3.8	4	3.8	3.2	3.7	4.2

Source : O.N.M

I.5.5) Le sirocco :

Il s'agit d'un vent chaud et sec, provenant du Sahara, qui peut nuire aux plantes et entraîner une baisse des rendements en raison de l'élévation de la température et de l'assèchement du sol. Ce phénomène est courant dans les plaines de Sétif.

Le nombre moyen de jours de sirocco est de 40,8 à Bir Kased Ali et de 15,8 jours à Sétif. Le tableau suivant présente le nombre moyen de jours de sirocco par mois.

Tableau I. 5: Nombre de jours de sirocco

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Jours	0.21	0.51	1.81	1.71	1.21	2.41	2.61	1.81	1.61	0.71	0.81	0.00

Source : ONID

I.5.6) La gelée :

C'est un phénomène destructeur pour les plantes et les arbres, se produisant lorsque la température minimale moyenne descend en dessous de 10°C. La période de gel s'étend de novembre à fin mars.

Le tableau ci-dessous représente le nombre moyen mensuel de jours de gelée :

Tableau I. 6: Nombre moyen de jours de gelée.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Jours	7.81	6.41	4.21	1.81	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	3.61	9.3	33.51

Source : ONID

I.5.7) La neige :

La période d'enneigement dans la zone d'étude s'étend de novembre à fin avril, avec une moyenne de 17 jours par an.

I.5.8) Duré d'insolation :

Ce paramètre a un rôle crucial dans le processus d'évaporation et d'évapotranspiration.

Tableau I. 7 : Répartition mensuelle de la durée d'insolation quotidienne.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (heurs)	6.31	7.85	7.54	8.62	8.51	11.12	11.91	10.15	9.32	7.15	5.72	4.00

Source : ONID

I.6) Indices agro-météorologique :

Les indices agro-météorologiques sont précieux pour identifier le type de zone climatique. Parmi les plus couramment utilisés figurent les indices de MARTONE (1926) et EMBERGER (1932).

I.6.1) Indice de MARTONE :

L'indice d'aridité est un paramètre climatique qui exprime la relation entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles. Il sert à classer le climat et offre des informations sur la nécessité d'introduire l'irrigation en fonction des conditions climatiques. En effet, cet indice permet d'estimer la quantité d'eau disponible dans une zone donnée par rapport aux besoins en eau des plantes cultivées, ce qui permet de déterminer la viabilité de la production agricole dans cette région sans recourir à une irrigation supplémentaire :

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

Avec :

I : indice d'aridité.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle de l'air (°C).

Donc :

$$I = 409.8/(14.9+10)$$

$$I = 16.46 .$$

Le tableau suivant présente les limites des zones climatiques selon l'indice de MARTONE.

Tableau I. 8 : Classification des climats

Valeur de l'indice d'aridité	Type de climat	Irrigation
I<5	Hyperaride	Indispensable
5<IA<10	Aride	Indispensable
10<IA<20	Semi-aride	Souvent indispensable
20<IA<30	Relativement humide	Parfois utile
IA >30	Humide	Inutile

Selon l'indice de MARTONE, la zone d'étude est semi-aride.

I.6.2) DIAGRAMME D'EMBERGER :

L'indice climatique d'EMBERGER, aussi appelé quotient pluviométrique, est utilisé pour définir les cinq types de climat méditerranéens, du plus aride à celui de haute montagne. Il s'exprime comme suit :

$$Q = \frac{1000 \times p}{\frac{M+m}{2} \times (M-m)} \dots \dots \dots (I.2)$$

$$Q = \frac{2000 \times p}{(M \times 2 - m \times 2)}$$

Avec :

Q : coefficient pluviothermique d'EMBERGER.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud (Kelvin).

m: la moyenne des températures minima du mois le plus froid (Kelvin).

Pour :

- p= 408.8 mm
- M= 33.8 °C
- m= 1.2 °C

On a :

- M = 33.8+273= 306.8 °K
- m = 1.2+273= 274.2 °K

on obtient :

Q = 43.27

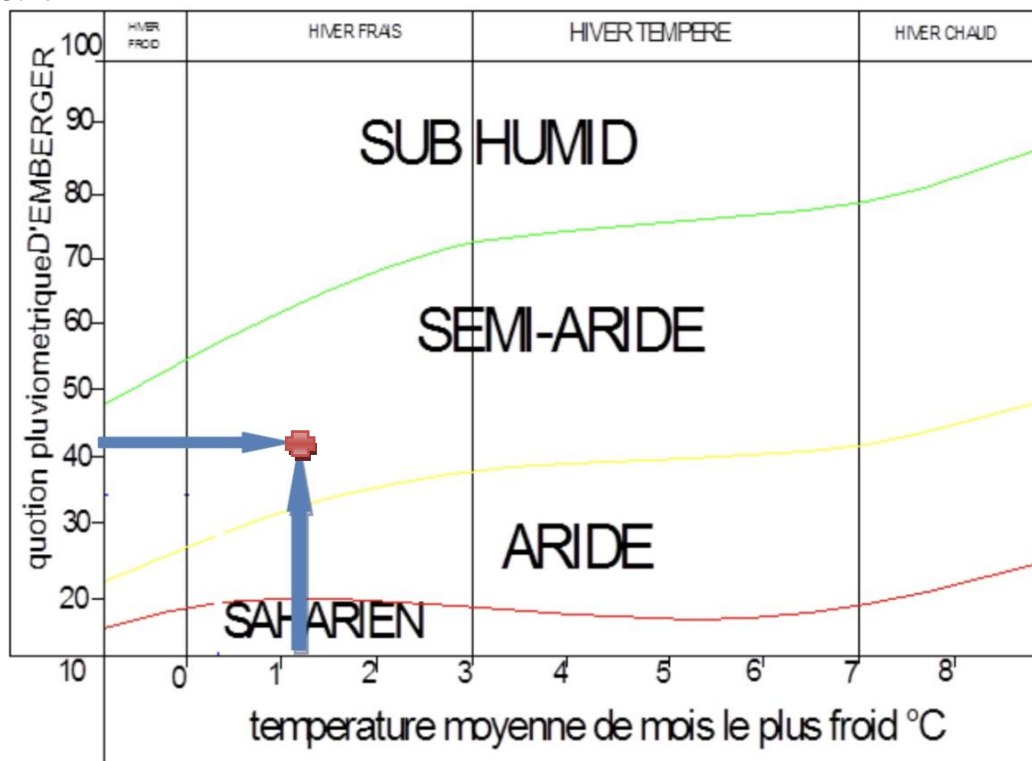


Figure I. 5: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

D'après le diagramme bioclimatique d'Embergerger on peut dire que le climat de la zone des plaines Sétifiennes est un climat semi-aride avec des hivers frais

I.6.3) L'indice de Bagnouls et Gausson :

Le test se base sur la délimitation d'une période sèche où la somme moyenne des précipitations mensuelles est inférieure ou égale au double de la température moyenne ($P <$

2T). À l'inverse, la période humide est définie lorsque cette somme est supérieure au double de la température moyenne ($P > 2T$). Pour illustrer ce principe, on établit un diagramme représentant les précipitations et les températures en fonction des mois de l'année. Ce diagramme utilise une échelle où P est égal à deux fois T sur l'axe des ordonnées s'étend du mois de Mai jusqu'à Octobre.

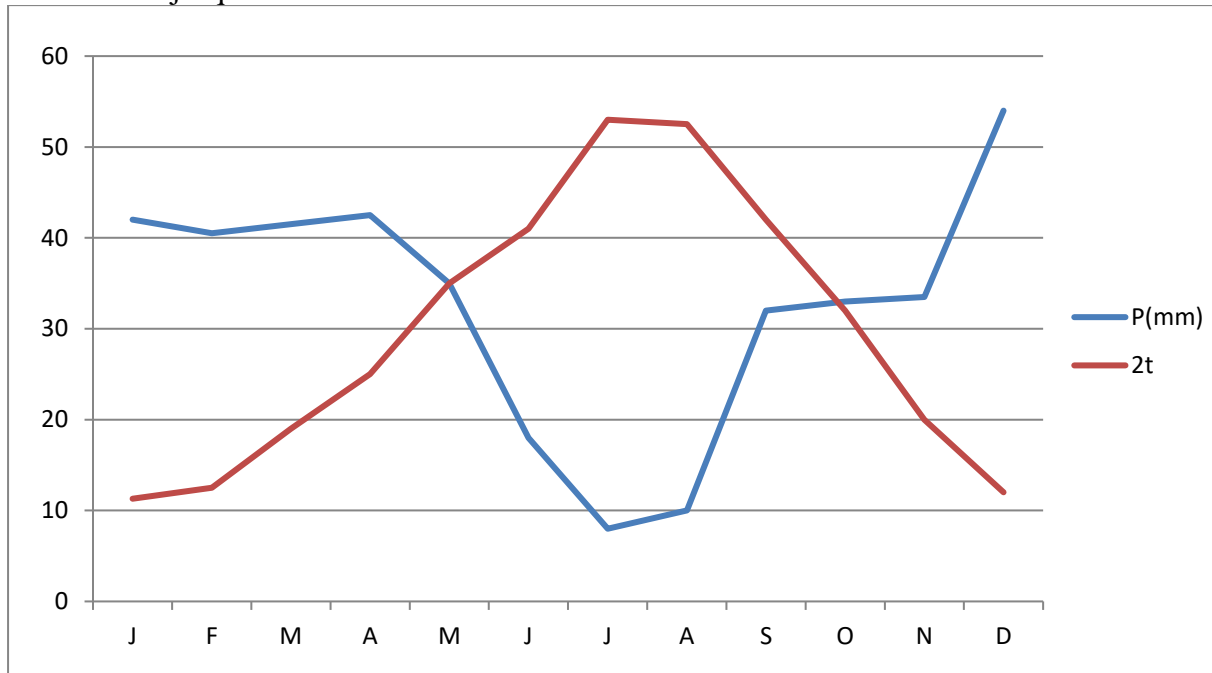


Figure I. 6: Climogramme pluviométrique de Gausson

I.7) Conclusion :

Après avoir analysé les principales caractéristiques climatiques de notre région d'étude, nos conclusions indiquent un climat semi-aride avec un réseau hydrographique significatif. Les conditions climatiques évaluées et les indices obtenus confirment que cette zone est favorable à l'agriculture.

Chapitre II
RESSOURCES EN SOL

Chapitre II : Ressources en sol

II.1) Introduction :

Le rôle fondamental de l'eau et du sol dans le domaine de l'agriculture est crucial pour répondre à la demande croissante en aliments engendrée par la croissance démographique.

En Algérie, le climat aride confère à l'eau un rôle essentiel en tant que moteur du développement socio-économique, tandis que le sol est considéré comme une ressource non renouvelable à l'échelle humaine. Ainsi, trouver des solutions pour étendre les terres agricoles tout en préservant la qualité des sols devient impératif.

L'objectif principal de ce chapitre est d'approfondir notre compréhension de la couverture du sol, en distinguant ceux qui seront aménagés pour l'irrigation de ceux qu'il faut préserver contre la dégradation. Pour ce faire, il est crucial de quantifier et de classer les ressources hydriques disponibles pour l'irrigation dans le bassin versant concerné par notre étude. Cette approche doit tenir compte des besoins des parties prenantes impliquées.

II.2) Aptitudes culturales des sols :

Pour optimiser l'utilisation des terres agricoles, il est crucial de mener une étude visant à évaluer la valeur agronomique des sols pour différentes cultures. Cette analyse repose sur plusieurs paramètres, notamment les caractéristiques morphologiques des sols, en particulier leur profondeur, ainsi que la topographie.

Le tableau suivant présente la répartition des surfaces selon les catégories d'aptitudes à l'irrigation, ainsi que la superficie des terres irrigables.

Tableau II.1 : Zone homogène de mise en valeur et superficie des sols irrigables

Zone Homogène	Superficie par catégorie (ha)	Superficie par catégorie (%)	Superficie irrigable(ha)	Superficie irrigable(%)
1	960,59	3,4	21113,56	74,80
2	10059,69	35,64		
3	10093,28	35,76		
4	5373,60	19,04	5547,96	25,20
5	1741,36	6,16		
Total	28.228,52	100	28.228,52	100

Source : ONID

Pour chaque catégorie, une priorité de développement a été recommandée en fonction des aptitudes des sols pour les cultures irriguées, des défis liés à leur exploitation et des travaux supplémentaires d'aménagement nécessaires.

CATEGORIE I

La priorité d'irrigation est accordée à des zones caractérisées par des sols d'une profondeur excédant 80 cm, dotés d'une structure généralement favorable et ne présentant pas d'obstacles majeurs à leur exploitation. Leur aptitude à l'irrigation est élevée pour les cultures industrielles, céréalières et fourragères, ainsi que pour les cultures maraîchères et arbustives.

CATEGORIE II

Il s'agit de sols de profondeur moyenne à profonde, nécessitant toutefois des travaux préliminaires tels que des labours profonds ou du sous-solage avant toute irrigation. Leur structure est généralement favorable. Leurs capacités agricoles varient généralement de bonnes à moyennes pour les cultures industrielles et maraîchères, et de moyennes pour les cultures céréalières et fourragères.

CATEGORIE III

Il s'agit de sols de profondeur moyenne à profonde qui nécessitent des aménagements avant toute exploitation. Ces sols reposent généralement sur une croûte ou un encroûtement calcaire, parfois avec une couche marneuse entre 50 et 80 cm de profondeur. Leurs capacités agricoles varient généralement de adaptées pour les cultures industrielles et maraîchères, ainsi que pour les cultures céréalières et fourragères dans la plupart des cas. Ils sont généralement inadaptés aux cultures arboricoles

CATEGORIE IV

C'est une zone non propice à l'irrigation, avec une présence notable de croûte ou d'encroûtement calcaire, ou une couche marneuse située à une profondeur très faible (0-30 cm). Ces sols sont inadéquats pour toutes les cultures nécessitant une irrigation.

CATEGORIE V

Les zones exclues comprennent les agglomérations, les infrastructures, la topographie accidentée et le lit des oueds.

II.3) Classification des sols :

La classification du sol dans la zone d'étude a été réalisée en utilisant le système CPCPS établi en 1967 par la communauté française des spécialistes des sols. Ce système repose sur plusieurs critères, notamment la profondeur du sol, le type d'altération, la répartition de la matière organique, l'ambiance physico-chimique, ainsi que des caractéristiques secondaires ou associées.

L'étude pédologique révèle que les classes principales dans le périmètre des plaines Sétifiennes sont principalement deux :

- Classe des sols peu évolués
- Classe des sols calsimagnésiques

Les sols hydromorphes sont également présents, mais ils sont peu représentés, représentant seulement 3% de la superficie totale du périmètre.

II.4) Caractéristique morphologique des différent types de sol :

II.4.1) Les sols calsimagnésique :

Ces sols se forment lorsque les roches calcaires ou magnésiennes libèrent des quantités significatives de calcaire actif. Ils deviennent très collants dès les premières pluies et trop secs pendant l'été. Ils sont généralement composés de trois horizons principaux :

Les rendzines.

Les sols bruns calcaires et calciques.

Les sols humo-calcaires, humo-calciques et litho-calciques.

Profil n° 1 o

*Situation :

- Localisation : à 25 m de la route menant à ouled Boutara
- Coordonnées Lambert : X= 731.200 Y= 308.650 Z=900 m
- Site : bord de la parcelle
- Topographie : plane

- Géomorphologie : plaine
- Utilisation du sol : labourée
- Charge de surfaces : 20-25% de cailloux et gravier calcaire
- Drainage externe : nul - Erosion : nulle
- Microrelief : plat
- Aptitude : bonne
- Roche mère : alluvions anciennes
- Classification : sols calsimagnésique, carbonatée, sol brun calcaire peu différencié, modal, formé sur des alluvions anciennes, profond, avec une texture limono argileuse.

* Description des horizon :

0-25cm : à l'état sec, couleur 10YR 4/6 (brun jaunâtre foncé), humide, texture limono-argileuse, présence de 5-8% de cailloux et graviers calcaires, structure polyédrique fine a particulière, collant (trempé), plastique (à l'état humide), meuble, poreux, activité biologique moyenne, réaction forte à l'HCL(+++), transition nette.

25-50cm : à l'état sec, couleur 10YR 5/4 (jaune brunâtre), humide, texture argileuse, 10-15% de cailloux et graviers calcaires, structure massive avec sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (à l'état humide), cohérent, assez compact, non poreux, activité biologique moyenne, réaction forte à l'Hcl(+++), transition nette.

50-110cm : à l'état sec, couleur 10 YR 6/6 (jaune brunâtre), humide, texture argileuse, 15-20% de cailloux et graviers calcaires, structure massive avec sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (à l'état humide), cohérent, compact, peu poreux, activité biologique faible.

Tableau II. 2: Analyse du profil 1

Profondeur	0 – 25	25 – 50	50 – 110 >
Granulométrie :			
Argil %	33	50	51
Limons fins %	28	33	32
Limons grossiers %	18	4	5
Sables fins %	12	4	5
Sables grossiers %	5	5	2
Matière organique :			
Matière organique %	1.37	0.97	0.68
C%	8.02	5.6	3
N%	1.02	0.64	0.53
C/N	7	8	6
Reserve minérales :			
CaCo3 total	23	44.7	46.5
CaCo3 actif	15.10	18.20	17.75
P205 total a P%	1.93	2.86	2.52
P205 assimilable (ppm)	53	21	31
K2o%	1.87	1.49	1.46
K2o% assimilable (mg/100g)	23	11.6	12.6
Complexe absorbant :			
Ca++ en meq/100g	23	17	16
Mg++ en meq/100g	3.15	4.51	6.41
K+ en meq/100g	0.72	0.25	0.31
Na+ en meq/100g	0.35	0.42	0.51
T en meq/100g	26	24	25
Solution en sol :			

PH	8.81	7.71	8.11
CE mmhos/cm	0.86	0.82	0.86
<i>Caractéristiques physiques :</i>			
pF 4.3	18.7	21.8	—
pF3	24	25.8	—
K Henin	10.3	5.9	—
Is	—	—	3.8

Source : ONID

II.4.2) Sols peu évolués :

Ces sols couvrent une vaste étendue dans les pays semi-arides et d'autres régions. Ils présentent généralement un profil de type AC, se caractérisant par une altération minérale limitée et une faible teneur en matière organique. Les sols peu évolués sont couramment observés sur divers types de substrats, tels que les alluvions récentes et anciennes, les encroûtements calcaires et les dalles calcaires.

Profil n°2

*Situation :

- Localisation : à 15 m d'un forage
- Coordonnées Lambert : X= 740.150 Y=310.655 Z= 925.00m
- Site : bord de la parcelle
- Topographie : plane
- Géomorphologie : terrasse alluviale
- Utilisation du sol : culture maraichère
- Charge de surface : 10-15.01% de cailloux et graviers calcaire
- Drainage externe : nulle
- Erosion : nul
- Microrelief : plate
- Aptitude : bon
- Roche mère : alluvions récente
- Classification : sols peu évolué - non climatique- d'apport alluvial- modal- alluvions récentes- profond- texture argileuse.

* Description des horizons :

0-30 cm : Sol frais, couleur 10YR 5/3.6 (brun), humide, texture argileuse, structure massive avec sous-structure polyédrique moyenne, collante (trempée), plastique (humide), cohérente, compacte, non poreuse, activité biologique faible à nulle, réaction au HCl+++ , transition nette.

30-115 cm : Sol frais, couleur 10YR 5/3.6 (brun), humide, texture argileuse, structure massive avec sous-structure polyédrique prismatique, fiabile, collante (trempée), plastique (humide), peu cohérente, peu poreuse (micropores), activité biologique faible (présence de restes de coquille d'escargot, gastéropode et quelque radicelle), réaction au HCl relativement importante.

Tableau II.3: Analyse du profil 2

Profondeur (cm)	0 – 30	30 – 115
-----------------	--------	----------

Granulométrie :		
Argile %	56	57
Limons fins%	27	27
Limons grossiers%	9	9
Sables fins%	4	4
Sables grossiers%	2	2
Matière organique :		
Matière organique%	2.42	1.94
C%	15	11.3
N%	1.43	1.18
C/N	11	8
Reserve minérales :		
CaCo3 total	26	27.5
CaCo3 actif	14.75	15.36
P205 total a P%	4.84	4.23
P205 assimilable (ppm)	211	96
K2o%	3.15	3.60
K2o assimilable mg/100g	41	25
Complexe absorbant		
Ca++en meq/100g	35	34
Mg++ en meq/100g	3.78	3.21
K+ en meq/100g	0.86	1.64
Na+ en meq/100g	-	-
T en meq/100g	32	34
Solution du sol :		
pH	7.91	7.81
CE mmhos/cm	1.68	1.56
Caractéristiques physiques :		
pF 4.2	24	24.3
pF3	30.7	28
K Henin	4.2	12.5
Is	3.7	1.7

Source : ONID

II.5) Interprétation des résultats analytiques des profils.

- La texture :

Les sols présentent des textures fines à très fines à la fois en surface et en profondeur, principalement constituées de limon argileux et d'argile.

- Matière organique :

La matière organique du sol englobe les éléments organiques d'origine végétale, animale ou microbienne, qu'ils soient vivants ou morts, et qu'ils aient subi ou non une transformation, présents dans le sol. Elle représente généralement entre 1 et 10 % de la masse totale du sol. Sa présence revêt une importance capitale, car elle assure le stockage et la libération, par minéralisation, des éléments nutritifs essentiels pour les plantes, tout en stimulant l'activité biologique du sol. Dans notre cas, le pourcentage de matière organique varie entre 1,38 % et 2,41 % dans la couche superficielle du sol, avec un rapport C/N faible à normal pour les sols

calsimagnésiques, oscillant entre 7 et 9, indiquant ainsi une décomposition relativement rapide de la matière organique. En revanche, pour les sols peu évolués, ce rapport est compris entre 9 et 10, favorisant ainsi une décomposition plus efficace de la matière organique.

Le PH:

Les valeurs de pH varient généralement entre 7,7 et 8,8, indiquant des horizons faiblement à moyennement alcalins.

II.6) Caractéristique hydrodynamique de sol :

Les mesures hydrodynamiques réalisées dans les hautes plaines Sétifiennes ont été réalisées sur les sols aptes à l'irrigation, couvrant environ 15 800 hectares.

Les sols étudiés se distinguent par une infiltration variant de lente à moyenne, selon la classification du Manuel de Cartographie des Sols. Cette infiltration se situe entre 0,45 et 3,35 cm/heure.

La conductivité hydraulique, évaluée sur le terrain par la méthode de Porchet (en l'absence de nappe), est considérée comme très lente à moyenne, avec des valeurs moyennes se situant dans la zone intermédiaire entre Ain-Taghrout et Mezloug.

D'une manière générale, les densités apparentes des sols sont faibles, variant entre 1,10 et 1,50 g/cm³. Les valeurs des densités réelles se situent entre 2,35 et 2,55 g/cm³.

42.5 et 54 % pour les horizons 0-30 cm (horizon de surface)

42 et 54 % pour les horizons 30-50 cm

38 et 55 % pour les horizons 50-100 cm

II.7) Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de définir les caractéristiques morphologiques et hydrodynamiques du sol, ainsi que ses deux classes selon le CPCS. Les résultats démontrent que le sol est propice à l'activité agricole en raison de sa texture argilo-limoneuse, de sa teneur en matière organique et de ses propriétés hydrodynamiques.

Chapitre III

Ressources en eau

Chapitre III : Ressources en eau

III.3) Introduction :

La région où se trouve le périmètre des plaines Sétifiennes est caractérisée par un climat semi-aride, ce qui nécessite une analyse des ressources en eau pour évaluer la disponibilité des eaux destinées à l'irrigation.

Dans notre étude, le Barrage de Mahouane est identifié comme une structure de stockage d'eau destinée à approvisionner le périmètre. Les précipitations sont également considérées comme une source d'eau.

Ce chapitre se concentrera donc sur la présentation et l'analyse des ressources en eau disponibles pour l'irrigation dans notre périmètre.

III.2) Approvisionnement en eau du périmètre à partir du barrage de Mahouane :

III.2.1) Présentation de barrage :

Le barrage de Mahouane est situé à 14 km au nord du périmètre des plaines Sétifiennes, constitue la seule source d'eau d'irrigation pour cette zone. Il fonctionne en tant que réservoir d'eau, recevant la majorité de ses eaux du barrage d'Aghil Emda, situé à 20 km au nord, avec un apport annuel de 121 hm³.

III.2.2) Caractéristique hydraulique de barrage de Mahouane :

Le barrage de Mahouane est une digue en enrochement avec un noyau étanche en argile, ayant une capacité de stockage de 147,9 million de mètre cube (147,9 hm³).

voici les caractéristiques hydrauliques du barrage de Mahouane sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : composition chimique des eaux du barrage

Volume de la tranche morte	Mm³	0,61
Capacité utile d'exploitation	Mm³	147,42
Capacité totale	Mm³	147,92
Cote du fond de la vallée au droit du barage	NGA	1073,15
Cote minimal d'exploitation	NGA	1083,15
Cote de la limit d'utilisati	NGA	1088,65
Superficie du plan d'eau à la limite d'utilisation	Ha	38,00
Cote de la retenu normale	NGA	1146,35
Superficie du plan d'eau à la retenu normal	Ha	535,05
Cote de plus haute eaux	NGA	1146,72
Volume régularisé	Mm³	122,00



Figure III. 3: Barrage MAHOUANE. (source :ONID)

III.3) Qualité des eaux d'irrigation de barrage :

La qualité de l'eau revêt une importance cruciale pour la croissance des plantes et peut avoir un impact significatif sur la santé publique, l'équilibre écologique et l'efficacité globale du système d'irrigation. C'est pourquoi, lors de la planification d'un projet hydro-agricole, il est impératif d'évaluer rigoureusement la qualité de l'eau en utilisant des critères spécifiques.

III.3.1) Classification de eaux d'irrigation :

Selon la classification américaine (USDA), nous prendrons en compte deux paramètres.

- ✓ La Conductivité électrique CE (à 25°).
- ✓ le rapport d'absorption de Sodium SAR
- ✓ la minéralisation

La Conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique est une propriété liée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

Il existe quatre classes de risque de salinité de l'eau basées sur la conductivité électrique.

Tableau III.2 : Classification des eaux selon leur conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0.25$	Eau de risque faible (salinité)
C2	$0.25 < CE \leq 0.75$	Eau de risque moyen
C3	$0.75 < CE \leq 2.25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2.25$	Eau de risque très élevé

Le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R) :

Le SAR (Sodium Adsorption Ratio) est un paramètre qui évalue la proportion des ions sodium par rapport aux ions calcium et magnésium dans les réactions d'échange qui se produisent dans les sols. Il quantifie la concentration relative de sodium par rapport à celle des autres ions. Cette mesure est couramment exprimée au moyen d'une formule mathématique

- Na : sodium en mg équiv /l
- Ca : Calcium en mg équiv/l
- Mg : Magnésium en mg équiv/l

Il convient de souligner qu'il est envisageable d'améliorer le taux d'infiltration pour un rapport sodium adsorbé (SAR) donné en augmentant la conductivité de l'eau. Ainsi, il est recommandé d'utiliser à la fois le SAR et la conductivité pour une évaluation exhaustive des problèmes éventuels liés à la qualité de l'eau.

Le S.A.R est calculé par la formule suivante :

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

Avec : Na^+, Ca^{2+} et Mg^{2+} en meq/l
 S1 : S.A.R < 10

Une eau présentant une faible teneur en sodium peut être utilisée pour l'irrigation de la plupart des sols sans risque d'alcalinisation.

S2 : $10 < S.A.R < 18$

Les eaux présentant une concentration moyenne en sodium peuvent rencontrer des difficultés dans les sols à texture fine, mais elles peuvent être utilisées sans problème sur des sols à texture grossière.

S3 : $18 < S.A.R < 26$

Les eaux riches en sel peuvent entraîner des problèmes dans la plupart des sols et ne doivent être utilisées qu'avec des mesures préventives particulières.

S4 : S.A.R > 26

Les eaux riches en sodium sont souvent inadéquates pour l'irrigation.

Caractéristique de l'eau : D'après les résultats des analyses, l'eau est caractérisée par :

Tableau III.3 : Caractéristique de l'eau

Minéralisation	SAR	Conductivité électrique
0.7 g/l	2.05	1.22 mmhos/cm

III.3.2) Composition chimique de l'eau d'irrigation :

Les analyses réalisées au laboratoire de l'ANRH révèlent la composition chimique moyenne de l'eau suivante :

Tableau III.4: Composition chimique de l'eau de barrage

Elément	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO3 (mgN/l)	SO4 (mg/l)	CE (Mmhos/cm)	Alcalinité total (mg/CaCO3)	PH
Barrage	71	25	16	0.4	166	0.761	131	7.8

En appliquant la formule de calcul du SAR, on obtient la valeur suivante :

$$S.A.R = \frac{17}{\sqrt{\frac{70+26}{2}}} = 2.45$$

Ce résultat confirme que l'eau du barrage de Mahouane présente une faible teneur en sodium, excluant tout risque d'alcalinité. Avec une conductivité électrique de 0,76 mmhos/cm, elle est classée comme moyennement saline.

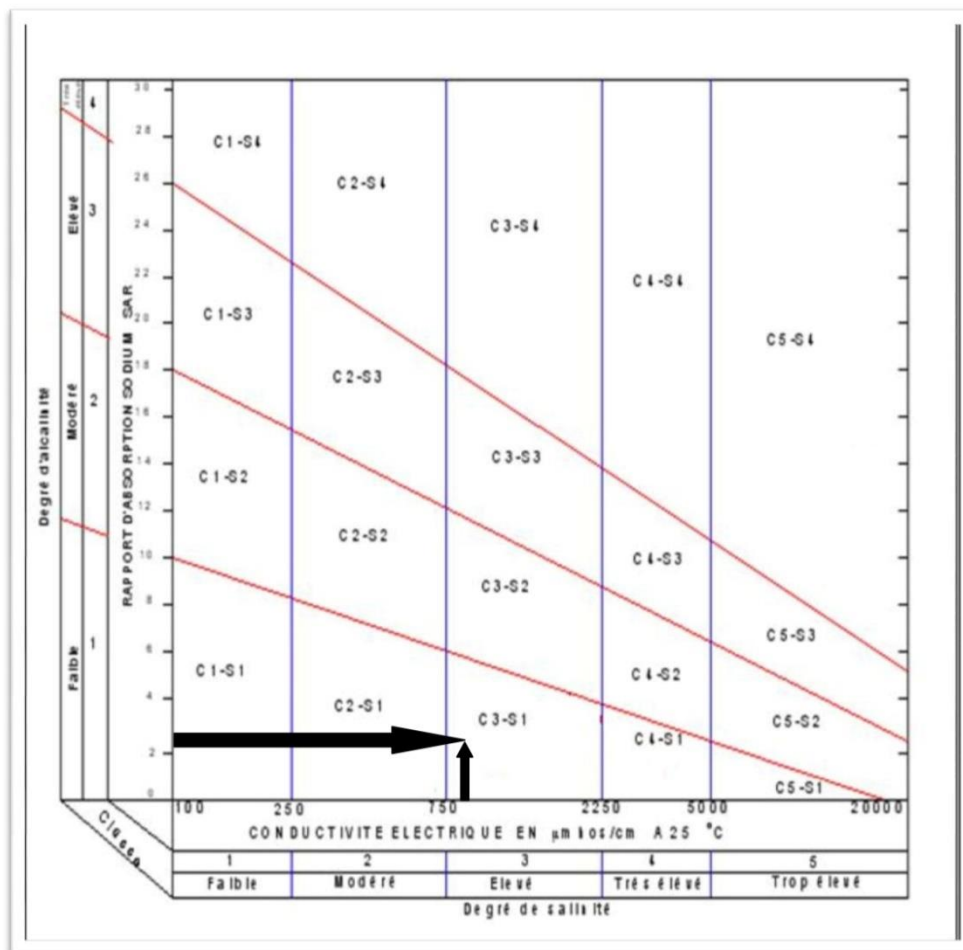


Figure III.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation selon RIVERSIDE.

D'après RIVERSIDE, la qualité de l'eau d'irrigation du barrage Mahouane est classée C3-S1. L'article de la FAO, intitulé "Évaluation de la qualité de l'eau", confirme que le degré de restriction d'utilisation pour cette classification est légère à modérée.

Ainsi, l'eau d'irrigation provenant du barrage de Mahouane est adaptée à l'irrigation.

III.4) L'occupation des sols :

Pour évaluer les besoins en irrigation, il est essentiel d'analyser la situation actuelle et future, incluant l'occupation du sol et la répartition des cultures.

Le choix des cultures se fait en tenant compte de ces critères :

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

III.4.1) situation actuelle :

La culture des céréales prédomine dans la région des plaines sétifiennes, mais on y trouve également des cultures maraîchères et fruitières, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.5: Occupation agricole actuelle

Occupation	Surface agricole(ha)	Répartition (%)
Maraichères	101.89	6.33 %
Céréale	1443.49	89.68 %
Improductif	3.86	0.24 %
Foret	0.32	0.02 %
Terrain de parcours	22.53	1.40 %
Autres	37.50	2.33 %
Total	1609.6	100 %

Source : ONID

III.4.2) Situation future :

Dans cette étude, il est crucial d'anticiper la situation future en raison des plans d'expansion des terres agricoles dans notre région. Le tableau ci-dessous illustre les cultures envisagées :

Tableau III.6: Gamme de cultures proposées.

Céréaliculture	Blé
	Orge grain
Cultures fourragère	Avoine
Maraichère	Pomme de terre saison
	Pomme de terre arrière-saison
	Tomate
	Oignon vert
	Ail
	Concombre
	Carotte
	Haricot
	Petit pois
	Choux
Arboriculture	Pêche (pleine production)
	Pommier (plein production)
	Olivier (plein production)

III.4.3) Calendrier d'occupation du sol :

Tableau III.7 : Calendrier d'occupation des sols.

	sep	Oct	Nov	déc	jan	Fév	mar	Avr	Mai	Jui	jui	Aou	
Blé													
Orge													
Avoine													
Pomme de terre arrière saison													
Pomme de terre saison													
Tomate													
Oignon vert													
Ail													
Concombre													
Carotte													
Haricot													
Petit pois													
Choux													

III.4.4) Assolement

On propose l'assolement suivant dans le but de réaliser deux objectifs principaux : prévenir les maladies et fournir des quantités adéquates de nutriments essentiels aux cultures, grâce à la rotation des cultures.

Tableau III.8: Les assolements proposés

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge grain
Blé	Pomme de terre (S)
Ail +oignon	Tomate
Pomme de terre (S)	Haricot
Tomate	Oignon
Choux	Petits pois
Pomme de terre (S)	Carotte
Concombre	Avoine
Pécher,olivier,pommier	Pécher,olivier,pommier

III.4.4.a Avantages de la rotation des cultures :

L'assolement agricole présente plusieurs avantages, notamment :

- Diversification des cultures.
- Gestion de la fertilité du sol.
- Contrôle des mauvaises herbes, des ravageurs et des maladies.

- Utilisation efficace des ressources.
- Stabilité économique.

En combinant ces bénéfices, la rotation des cultures peut favoriser l'amélioration de la durabilité, de la productivité et de la résilience des exploitations agricoles.

III.5) Conclusion :

L'irrigation joue un rôle crucial dans la compensation des précipitations limitées pendant la saison sèche, favorisant ainsi le développement optimal des cultures et améliorant les rendements agricoles.

Dans cette section consacrée à l'analyse des ressources en eau, les eaux provenant du barrage de Mahouane, qui alimentent notre zone, sont catégorisées comme C3S1, présentant une faible alcalinité et un risque élevé de salinité.

Après avoir examiné les ajustements réalisés, il est apparu que la série des précipitations annuelles à la station de FERMATO s'ajuste bien à une distribution normale.

Chapitre IV

Estimation des besoins en eau

Chapitre IV : Estimation des besoins en eau

IV.1) Introduction :

Les précipitations revêtent une importance cruciale en contribuant à une part essentielle de l'eau nécessaire pour répondre aux besoins en évapotranspiration des cultures. Dans les régions au climat humide, une partie des précipitations est absorbée par le sol et reste disponible pour les cultures en cas de nécessité. Toutefois, dans les zones arides ou lors de périodes prolongées de sécheresse, il est impératif de recourir à l'irrigation pour compenser les pertes en eau causées par l'évapotranspiration.

IV.2) Étude Hydrologique :

IV.2.1) Introduction :

L'analyse hydrologique revêt une importance capitale dans les projets d'irrigation et de drainage, car elle permet de déterminer les niveaux de précipitations à fréquence spécifique, ce qui est essentiel pour notre projet d'aménagement hydro-agricole. Voici quelques aspects clés de cette analyse :

*Calcul des besoins des cultures prévues dans le périmètre :

L'analyse hydrologique nous aide à évaluer les besoins en eau des différentes cultures cultivées dans la zone d'irrigation. Ceci implique de considérer des facteurs tels que les exigences en eau propres à chaque culture, les conditions climatiques locales et les propriétés du sol.

*Calcul des pluies extrêmes de 1jr, 2jrs, 3jrsetc. pour différentes périodes de retours :

Cette étude nous permet d'identifier les niveaux de précipitation susceptibles de causer des problèmes tels que la remontée de la nappe phréatique ou la formation de nappes perchées, entraînant ainsi la pourriture des racines des cultures et, par conséquent, une diminution des rendements ou une perte totale des cultures.

Par conséquent, l'analyse hydrologique revêt une importance cruciale pour assurer une gestion efficace de l'eau dans notre projet, en maximisant l'utilisation des ressources disponibles tout en répondant aux besoins spécifiques et aux exigences de chaque culture.

IV.2.2 Choix de la station pluviométrique :

Les stations pluviométriques ont été sélectionnées dans le bassin versant en considérant deux critères principaux : leur position géographique et la durée d'observation disponible. Ces critères sont essentiels pour assurer une représentation précise des conditions de précipitations dans la zone d'étude.

Le choix stratégique des emplacements géographiques des stations pluviométriques revêt une importance capitale, car il garantit une couverture adéquate de l'ensemble du bassin versant et capture les variations spatiales des précipitations de manière efficace. Sélectionner soigneusement les sites des stations est essentiel pour obtenir une vision globale précise des conditions pluviométriques régionales.

Nous avons également pris en compte la durée d'observation des stations. Une période d'observation prolongée fournit des données pluviométriques plus fiables et permet une caractérisation plus précise des variations saisonnières et interannuelles des précipitations. Cette approche favorise une meilleure compréhension des régimes pluviométriques locaux et une évaluation plus précise des ressources en eau disponibles.

La station de Fermato est utilisée comme référence pour cette étude, dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous :

Tableau IV.1: Caractéristiques de la station météorologique

La station pluviométrique	Code	Coordonnées Lambert			altitude	Période d'observation	Nombre d'années d'observation
		X (km)	Y (km)	Z (km)			
FERMATO	150610	742	328.6	1030	1030	1980/2012	33

Source : ANRH

le tableau présente la série de précipitations pour cette station :

Tableau IV.2: Pluie moyenn mensuelle de la station de FERMATO.

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Somme
1980	10,8	15,3	24,6	97,8	23,6	22	45,2	27,3	16,2	25,7	0	26,6	335,3
1981	30,7	23,2	10,3	63,6	96	54	57,7	80,8	68,8	30,7	0	13,9	530,6
1982	62,1	53,2	59,8	51	5,6	9,8	14,3	26,5	19	6,5	11,8	25	344,5
1983	0,4	25,4	13,6	29,4	78,8	84	0	51,5	19,7	8	2,4	6,2	319,1
1984	7,6	112,6	11,6	116,6	54,6	25	94,6	32,5	42,2	0,8	24,5	0,4	524
1985	39	48,6	30,6	39,6	38,6	35	70,4	23,7	32,5	31,6	9,8	12,8	410,8
1986	6,5	40,8	52,4	42,4	30,2	92	28,8	15,8	38,8	0	19	4,8	360,8
1987	8,4	22,9	49,5	39,5	24,4	6	45,3	40,2	49,2	28,7	8,6	1,2	322,7
1988	26,6	2,6	30	136,6	29,2	42	33,3	72,2	31,5	41,4	23,9	19,6	489,2
1989	39,4	8,9	10,2	14,2	34	0	22,8	66,4	51,5	21	6,8	14,9	306,5
1990	31,8	3,9	96,9	83,2	15,3	53	93,7	41,6	120,3	6	25,5	5	564,2
1991	37,4	77,7	30,7	19,3	52	30,9	29,4	104,6	61,7	0	46,7	3,6	525
1992	56,7	14,7	30,3	111,2	46,7	54,2	3	18,8	45,9	0	1,3	23,6	446
1993	33,7	11,1	46,2	63,4	30,6	64,6	16,2	36,4	3,6	35,8	14,9	8	341
1994	62,8	60	6,6	31,2	68,5	38,3	65,2	42,1	2,5	9,9	0,6	1,4	438,6
1995	41,9	34	14,8	35,4	60,8	138,6	28,8	33,9	59,4	34,3	1,8	9,1	495
1996	18,8	15,3	12,6	48,9	35,8	15,1	5	37,4	23,4	3,8	11,5	23,6	265
1997	43,9	33,4	89	65,3	26,6	56,6	16,7	62,9	98,2	21,4	0	8,8	526,9
1998	148,	23,6	103,4	45,3	65,8	54,4	27,4	12,5	3,9	5,1	3,1	2,5	510,3
1999	61,1	36,4	24,5	100,7	11,4	8,2	13	17,1	34,5	5,6	0	6,8	320,6
2000	39,5	35,5	18,6	77,5	95	27,7	9,3	18,9	22,6	30,5	0	1,8	345,5
2001	55,9	6,1	23,9	9,9	26	39,7	31,7	18,6	20,2	28,4	29,8	0	262,8
2002	5,2	9,2	130,1	142,1	165,1	43	32,4	82,6	38,6	16,6	16,5	26,1	626,8
2003	14,4	66,1	13,5	137,9	39,4	19,6	30,7	74,9	105,4	0,6	1	56,6	609,4
2004	26	24,9	50,1	122,2	32,6	54,7	20	49,1	1,5	63,1	1,8	6,3	423,5
2005	28,4	8,4	67,9	50,3	66,1	34,1	16,8	24,7	63,1	14,5	4,5	2,3	360,4
2006	49,2	0,3	2,5	55,9	7	22,9	90,1	67,1	14,5	45,2	0	0,9	331,8
2007	29,8	22,8	17	24,8	12,6	14,1	51	19,2	45,2	2,8	22,1	15,1	268,8
2008	21,5	66	32,6	43,8	83,9	42,8	43,8	75,2	2,8	46,6	11,2	0	438,3
2009	62,6	6,8	36,6	34,7	38,4	34,7	52,3	35,2	46,6	15,9	3,6	10,6	392,6
2010	8	45,3	34,5	27,4	9,5	106,5	18,4	37,5	15,9	9,4	0	11,9	343,6
2011	2,5	15,5	37,5	20,7	38,5	74,5	8,6	49,7	9,4	31,6	0	2,4	266
2012	3	8,4	39,8	9,4	67,3	96,9	34	26	31,6	1,5	6,2	8,6	331,9

Source : ANRH

Les données du tableau présenté mettent en évidence une irrégularité marquée dans la répartition des précipitations, ainsi qu'une variabilité mensuelle notable sur la période de 1980 à 2012

IV.2.3) Etude statistique des précipitations

Etude de l'homogénéisation de la série pluviométrique:

Le test de Wilcoxon est souvent utilisé pour vérifier l'homogénéité des données de la série pluviométrique.

Considérons deux populations X et Y de tailles respectives N1 et N2, avec Y étant la série à étudier et X la série de référence telle que N2 > N1. Si l'échantillon Y est tiré de la même population que l'échantillon X, alors l'échantillon combiné Y ∪ X est également issu de la même population. Les éléments de ce nouvel échantillon Y ∪ X sont classés par ordre décroissant, et à chaque valeur est associé le rang qu'elle occupe dans cette série. On calcule ensuite les quantités Wy et Wx.

: la somme des rangs des Y qui nous intéressent et est égale à

$$W_y = \sum \text{rang } y$$

$$W_x = \sum \text{rang } x$$

L'hypothèse est vérifiée si : $W_{\min} < W_y < W_{\max}$

Avec :

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - u \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) * \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \dots \dots \dots (IV.1)$$

Et $W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{\min}$

$u\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$ elle représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1 - \frac{\alpha}{2}$

Tableau IV.3: Test de Wilcoxon pour la station de FERMATO.

Rang	Série	X	Y	Tri	X U Y
1	335.2	335.2	320.7	726.8	Y
2	530.5	530.5	345.5	609.4	Y
3	344.7	344.7	262.8	574.1	X
4	319.2	319.2	726.8	530.5	X
5	523	523	609.4	526.9	X
6	410.6	410.6	423.5	524	X
7	370.5	370.5	370.4	523	X
8	322.6	322.6	331.8	510.3	X
9	489.1	489.1	278.8	495	X
10	306.4	306.4	438.3	489.1	X
11	574.1	574.1	392.7	445	X
12	524	524	343.3	438.7	X
13	445	445	276	438.3	Y
14	341	341	331.9	423.5	Y
15	438.7	438.7		410.6	X
16	495	495		392.7	Y
17	265	265		370.5	X
18	526.9	526.9		370.4	Y
19	510.3	510.3		345.5	Y
20	320.7			344.7	X
21	345.5			343.3	Y

22	262.8			341	X
23	726.8			335.2	X
24	609.4			331.9	Y
25	423.5			331.8	Y
26	370.4			322.6	X
27	331.8			320.7	Y
28	278.8			319.2	X
29	438.3			306.4	X
30	392.7			278.8	Y
31	343.3			276	Y
32	276			265	X
33	331.9			262.8	Y

$W_y = 274$;

On prend $\alpha=5\%$ $\mu_{0.975} = 1.96$ donc

$W_{min} = 183,69$.

$W_{max} = 292,31$

Selon les résultats de calcul, L'hypothèse vérifiée, et notre série est homogène.

$W_{min} < W_y < W_{max}$ est

IV.2.4) Ajustement statistique des pluies:

Pendant l'analyse des données de précipitations annuelles, il est habituel de les ajuster à diverses lois statistiques afin de déterminer celle qui correspond le mieux. Parmi les distributions statistiques les plus fréquemment utilisées pour modéliser les précipitations annuelles, on compte :

Bas du formulaire

- La loi de Gauss ou loi normale
- La loi de Galton ou loi log-normale

➤ Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale :

On considère qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition suit la forme :

$$F(x) = \frac{n-0.5}{N}$$

Avec :

- n : numéro d'ordre
- N : nombre d'années observées

u Est la variable réduite de Gauss, Elle est donnée par :

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Attribuer un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale.
- Calculer la variable réduite de Gauss, u .

- Calculer les caractéristiques empiriques de la loi, telles que moyenne arithmétique \bar{x} , la variance σ , le coefficient de variation Cv , et le coefficient d'asymétrie Cs .
- Tracer la droite de Henry sur un papier de probabilité gaussien.

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

$x_{p\%}$: Précipitation de probabilité P%

Le logiciel Hyfran simplifie les calculs et produit des résultats fiables, comme illustré dans le tableau suivant :

Tableau IV.4: Ajustement a la loi normale.

T	Q	Xt	Ecart-type	intervalle de confiance
20	0.95	593.5	30.082	534 – 652
10	0.9	552.91	26.415	501 – 604
5	0.8	503.76	22.708	459 – 548
3	0.6667	457.85	20.342	417 – 497
2	0.5	409.81	19.436	371 – 447
1.5	0.3333	361.77	20.342	321 – 401

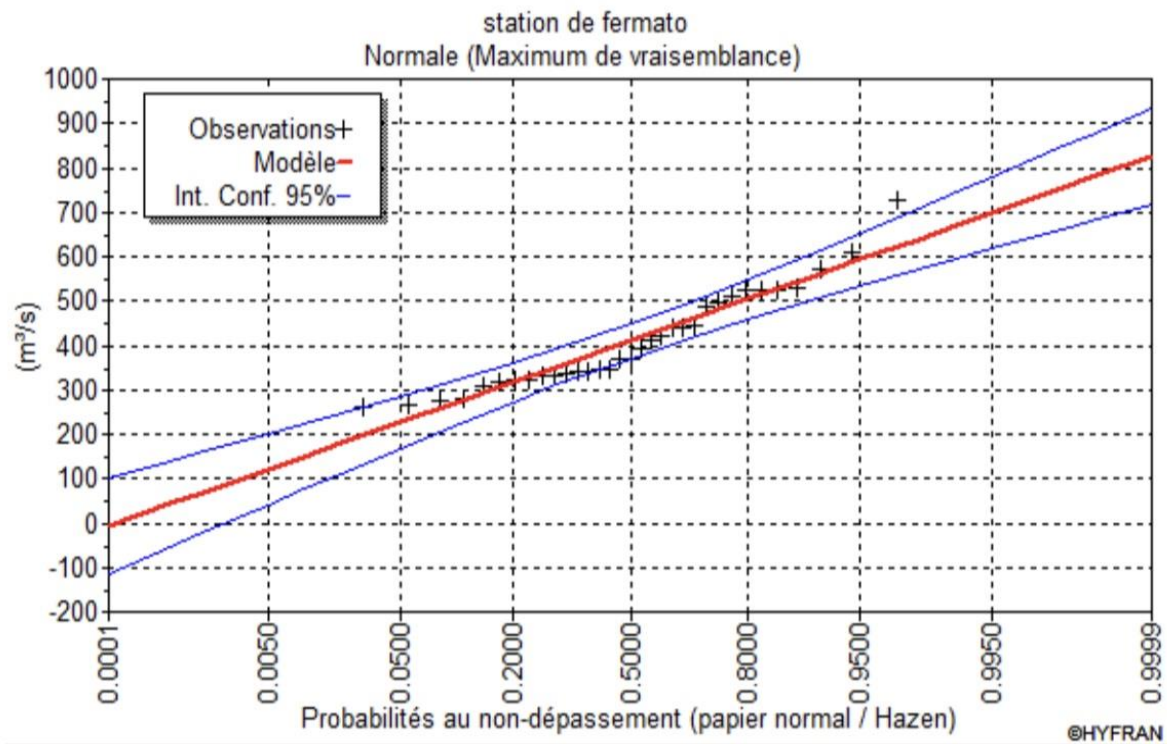


Figure 4.1: Ajustement a la loi normale.

- Ajustement des pluies annuelles a la loi log normale :
L'ajustement selon la loi log-normale s'effectue en suivant les étapes suivantes :

- Les données statistiques des précipitations sont transformées à l'échelle log-normale

L'équation de la droite de Galton s'écrit de la manière suivante :

Avec :

Précipitation probable à P%.

Moyenne arithmétique du logarithme des précipitations observées.

La variance calculée pour les précipitations observées selon l'échelle logarithmique s'exprime par la formule suivante :

U_p % : variable réduite de Gauss

Selon le logiciel Hyfran, les résultats de l'ajustement à la loi log-normale sont les suivants :

Tableau 4.5 : Ajustement la loi log normale

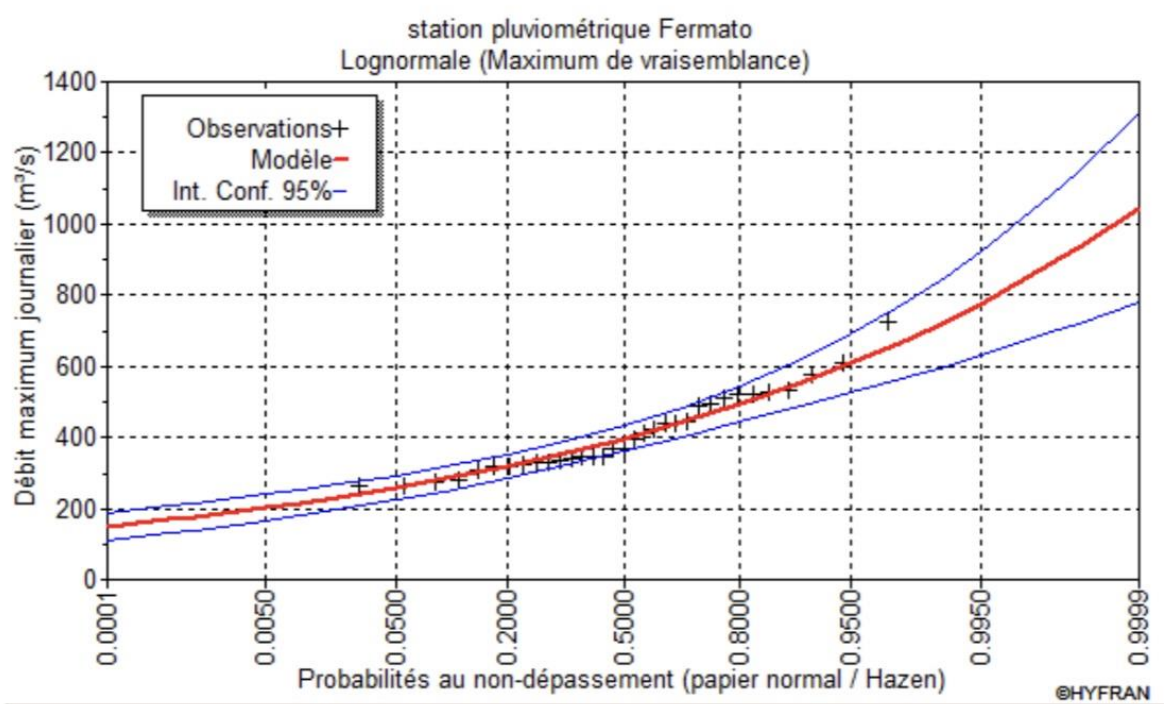


Figure 4.2: Ajustement a la loi log normale.

➤ Test de validité d'un ajustement :

Le test de validité d'un ajustement vise à évaluer la compatibilité des données observées avec une distribution théorique prédéterminée, telle que la loi binominale, la loi de Poisson, la loi normale ou toute autre loi de probabilité. Il est donc nécessaire de comparer l'adéquation de ces différentes lois pour sélectionner le meilleur ajustement. Parmi les tests les plus couramment utilisés figure le test du khi-deux (χ^2).

:

À partir du logiciel HYFRAN, les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 4.6: Test de validité de l'ajustement.

	Loi normal	Loi log-normal
χ^2 calculée	11.85	5.06
α	0.05	0.05
γ	5	5

À partir du tableau de Pearson, on peut obtenir la valeur théorique comme suit :

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

Sur la table de Pearson khi-deux (χ^2) théorique = 11.0705, pour : $\alpha = 0.05$ et $\gamma = 5$

Donc :

Pour la loi normale : χ^2 calculée > χ^2 théorique

Pour la loi log normale : χ^2 calculée < χ^2 théorique

Après analyse d'ajustement des deux lois, il est conclu que la loi log-normale est plus adaptée à la série annuelle des précipitations pour la station de Fermato.

IV.2.5) Calcul des moyennes mensuelles des précipitations :

En utilisant les résultats de l'ajustement à la loi log-normale, nous allons calculer les pluies moyennes mensuelles pour une probabilité de 80%, en utilisant cette relation ::

$$P_{i,80\%} \text{ de chaque mois} = P_{i,\text{moy}} \text{ de chaque mois} *$$

Pthéorique 20% (annuel)

Pthéorique 50% (annuel)

Selon le tableau d'ajustement à la loi log-normale, on obtient :

$$P_{20\%} = 318.15 \text{ mm} \quad P_{50\%} = 396.21 \text{ mm} \quad \text{d'où: } \frac{P_{20\%}}{P_{50\%}} = 0.804$$

Donc $P_{i,80\%}$ La quantité de chaque mois est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 4.7: Année de calcul.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
PMOY (mm)	33.75	30.07	37.99	60.61	46.37	45.4	36.75	43	37.86	17.73	9.38	10.89
P80% (mm)	27.01	24.15	30.51	48.67	37.24	36.46	29.51	34.53	30.4	14.24	7.53	8.74

IV.2 Besoin en eau du périmètre :

L'irrigation consiste à apporter de l'eau au sol afin de favoriser la croissance et le développement des cultures, compensant ainsi les déficits en eau causés par le manque de précipitations. Les besoins hydriques varient selon le type de culture et sont affectés par divers paramètres climatiques tels que les précipitations, la vitesse du vent, la température, l'ensoleillement et l'humidité atmosphérique.

IV. 2.1 Calcul des besoins en eau :

Pour estimer les besoins en eau d'une culture spécifique, il est essentiel de considérer la différence entre l'évapotranspiration maximale potentielle, influencée par le climat et les caractéristiques des plantes (ETM), et l'apport effectif en eau provenant des précipitations. Afin d'évaluer les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation, il est crucial de réaliser un bilan hydrique régulier à chaque étape de croissance des plantes :

Où :

- ETM: est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à : $ET_0 * K_c$
- K_c : le coefficient culturel de la culture considérée.
- P_{eff} : est la pluie efficace du mois $i-1$
- RFU : La réserve facilement utilisable du mois $i-1$

IV. 2.1.a Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) :

L'évapotranspiration de référence représente la quantité d'eau évaporée par une culture correctement irriguée lorsque le sol est saturé en eau. Elle constitue une valeur indicative maximale de l'évapotranspiration.

Pour améliorer la précision de l'estimation de l'évapotranspiration, une référence a été définie. Cette référence est basée sur le taux d'évapotranspiration observé sur une pelouse d'herbe verte, dont la hauteur est uniforme entre 8 et 15 cm, en pleine croissance, couvrant entièrement le sol et recevant une irrigation adéquate.

Plusieurs méthodes sont disponibles pour calculer cette évapotranspiration de référence, pouvant être regroupées en deux catégories distinctes :

IV. 2.1.a.1 Les méthodes directes :

- L'évapotranspiration par cuve lysimétrique
- Le bac évaporant

IV. 2.1.a.2 Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent de calcul l'ET₀ à partir de formules basées sur des paramètres climatiques. Il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- Formule de Turc
- Formule de Banney-Criddle
- Formule de Thornthwaite
- Formule de Penman.

IV. 2.1.a.3 Formule Modifiée de Penman-Monteith :

La formule la plus utilisée et recommandée par la FAO est la formule de PenmanMonteith modifiée, détaillée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{c_{ste}}{T+273} u^2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u^2)}$$

Avec :

- ET₀ : évapotranspiration de référence [mm/ jour].

- Rn : Rayonnement net reçu à la surface de la culture [MJ m-2/ jour].
- G : Flux de chaleur volumique dans le sol [MJ m-2 /jour].
- T : Température moyenne quotidienne de l'air une hauteur de 2.00 m [°C].
- u2 : vitesse de vent à une hauteur de 2.00 m [m/s].
- es : pression de vapeur saturant [kPa].
- ea : pression de vapeur réelle [kPa].
- Es - ea : déficit de pression de vapeur saturante [kPa].
- D : Pent de la courb de pression de vapeur saturant [kPa °C-1].
- g : constante psychrométrique [kPa °C-1].

Nous avons utilisé le logiciel CROPWAT pour effectuer les calculs, en y entrant les données mensuelles provenant de la station météorologique de FERMATO.

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles.
- Humidité de l'air : L'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : Mesurée en heures d'insolation.
- Vitesse du vent : La vitesse du vent peut être exprimée en m/s. Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET0, calculés avec le logiciel CROPWAT 8.0 en utilisant la formule modifiée de Penman-Monteith,

IV. 2.1.2 L'évapotranspiration maximale (ETM) :

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET0), également connue sous le nom d'ET de référence (ETP), on utilise des coefficients cultureux (Kc) qui varient en fonction du type de culture, de son stade de développement et des conditions climatiques locales.

L'ETM est évaluée à l'aide de mesures expérimentales, puis comparée à l'évapotranspiration de référence (ET0). Cette comparaison permet de calculer le coefficient culturel (Kc) selon la formule suivante :

$$ETM = ET0 \times Kc \dots \dots \dots (IV.2)$$

IV. 2.1.3 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace représente la part des précipitations qui répond réellement aux besoins d'évapotranspiration de la culture, après avoir déduit les pertes dues au ruissellement en surface, à la percolation en profondeur et à d'autres facteurs similaires. Ces pertes sont habituellement estimées à environ 20% du volume total des précipitations.

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy} \dots \dots \dots (IV.3)$$

$$P_{eff} = A * P80\%$$

$$P80\% = A * P_{moy}$$

- Peff : Pluies efficaces (en mm/mois)
- P80% : Pluies de l'année sèche (mm/mois)
- A : coefficient du pourcentage fixe estimé à 0,8 dans notre cas d'étude.

Les valeurs moyennes mensuelles de Peff sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 4.8 : calcul des pluies efficaces

Mois	sep	Oct	Nov	Déc	jan	Fév	Mar	avr	mai	Jui	jui	aou
P80%(mm)	27.02	24.16	30.52	48.66	37.25	36.47	29.52	34.54	30.44	14.22	7.54	8.75
Peff(mm)	21.62	19.33	24.42	38.95	29.78	29.16	23.62	27.63	24.31	11.38	6.03	6.993

IV.4) Les besoins nets en eau d'irrigation pour une culture:

IV.4.1) Définition :

Il s'agit de la quantité d'eau nécessaire pour répondre aux besoins hydriques d'une culture pendant l'intégralité de son cycle de croissance, excluant les apports de précipitations, les eaux souterraines, l'eau stockée dans le sol, ainsi que les débits entrant en surface ou souterrains.

IV.4.2) Calcul de besoin en eau d'irrigation :

$$B = ETM - (Peff + K \cdot RFU_{i-1}) \dots \dots \dots (IV.4)$$

Avec :

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

E.T.M : évapotranspirations (mm/mois).

Peff : pluies efficace

RFU : il s'agit de la réserve facilement utilisable par les culture , qui exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux plantes .

Le calcul de la RFU comme suit :

$$RFU = Y \cdot (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \dots \dots \dots (IV.5)$$

Avec :

H_{cc} : Humidité a la capacité aux champs (25.00%)

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement (15.00%)

D_a : densité apparente (1.4)

Y : degré de tarissement (2/3)

Z : profondeur d'enracinement en mm

Tableau IV.9 : Calcul de besoin en eau de blé et avoine

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.66	117.67						
Oct	19.31	92.02						
Nov	24.42	49.85	0.3	28	6.44	0.4	19.94	0
Déc	38.95	33.86	0.5	46.67	9.34	0.78	26.42	0
Jan	29.78	36.04	0.5	46.67	15.56	0.86	31.00	0
Fév	29.16	48.15	0.6	56	15.56	0.93	44.77	0
Mar	23.62	74.45	0.6	56	18.67	1	74.46	32.18
Avr	27.63	102.56	0.6	56	0	1.04	106.67	79.05
Mai	24.32	148.4	0.6	56	0	0.87	129.02	104.70
Jui	11.38	185.62	0.6	56	0	0.37	68.676	57.28
Jui	6.02	237.53						
Aou	6.992	229.94						

Tableau IV.10: Calcul des besoins en eau de l'orge grain

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.0.8						
Oct	19.32	92.01						
Nov	24.41	49.84	0.3	28	6.44	0.4	19.95	0
Déc	38.94	33.87	0.5	46.67	9.33	0.64	22.03	0
Jan	29.79	36.05	0.5	46.67	15.56	0.9	32.46	0
Fév	29.17	48.14	0.6	56	15.56	0.9	43.34	0
Mar	23.61	74.46	0.6	56	18.67	0.9	67.03	24.74
Avr	27.62	102.57	0.6	56	0	0.86	87.17	59.56
Mai	24.32	148.3	0.6	56	0	0.6	88.65	64.66
Jui	11.39	185.61	0.6	56	0	0.36	64.97	53.57
Jui	6.02	237.52						
Aou	6.992	229.93						

Tableau IV.11: Calcul des besoins en eau pour la culture de pommes de terre en fin de saison

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.68						
Oct	19.32	92.01	0.4	37.33	0	0.5	46.00	0
Nov	24.41	49.84	0.6	56	12.45	0.7	34.89	26.69
Déc	38.94	33.87	0.6	56	18.68	1	33.87	0
Jan	29.79	36.05	0.6	56	18.68	0.75	27.04	0
Fév	29.17	48.14						
Mar	23.61	74.46						
Avr	27.62	102.57						
Mai	24.32	148.3						
Jui	11.39	185.61						
Jui	6.02	237.52						
Aou	6.992	229.93						

Tableau IV.12: Calcul des besoins en eau de pomme de terre saison

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.68						
Oct	19.32	92.01						
Nov	24.41	49.84						
Déc	38.94	33.87						
Jan	29.79	36.05						
Fév	29.18	48.15	0.40	37.34	18.04	0.51	24.08	0
Mar	23.62	74.4	0.60	56	12.43	0.84	63.28	27.25
Avr	27.62	102.57	0.60	56	18.66	1.05	106.66	60.38
Mai	24.32	148.31	0.60	56	18.66	0.88	131.98	89.10
Jui	11.39	185.61						
Jui	6.02	237.52						
Aou	6.992	229.93						

Tableau IV.13: Calcul des besoins en eau de tomate

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.68						
Oct	19.32	92.01						
Nov	24.41	49.84						
Déc	38.94	33.87						
Jan	29.79	36.05						
Fév	29.17	48.14						
Mar	23.62	74.45	0.7	65.32	16.06	0.5	37.24	0
Avr	27.63	102.56	0.9	84.00	21.79	0.85	87.19	37.78
Mai	24.32	148.3	1.2	112	0	1.15	170.56	146.24
Jui	11.39	185.61	1.2	112	0	0.9	167.06	155.65
Jui	6.02	237.52						
Aou	6.992	229.93						

Tableau IV.14: Calcul de besoin en eau de pomme de l'oignon vert et l'Ail

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.68						
Oct	19.32	92.01	0.4	37.33	7.2	0.5	46.01	
Nov	24.41	49.84	0.4	37.33	12.44	0.75	37.38	
Déc	38.94	33.87	0.4	37.33	12.44	0.95	32.18	
Jan	29.79	36.05	0.4	37.33	12.44	0.95	34.25	
Fév	29.17	48.14	0.4	37.33	12.44	0.7	33.70	
Mar	23.61	74.46						
Avr	27.62	102.57						
Mai	24.32	148.3						22.35
Jui	11.39	185.61						65.58
Jui	6.02	237.52						125.32
Aou	6.992	229.93						102.58

Tableau IV.15: Calcul des besoins en eau de concombre.

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.68						
Oct	19.32	92.01						
Nov	24.41	49.84						
Déc	38.94	33.87						
Jan	29.79	36.05						
Fév	29.17	48.14						
Mar	23.61	74.46						
Avr	27.62	102.57						
Mai	24.32	148.3	0.40	37.33	9.21	0.38	56.35	22.83
Jui	11.39	185.61	0.45	42	0	0.57	105.80	94.41
Jui	6.02	237.52	0.50	46.67	0	0.85	201.89	195.87
Aou	6.992	229.93	0.60	56	0	0.85	195.44	188.45

Tableau IV.16: Calcul des besoins en eau de carotte.

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.62	117.6	0.3	28	0	0.42	49.42	27.82
Oct	19.33	92.02	0.4	37.34	0	0.7	64.42	45.08
Nov	24.42	49.85	0.5	46.66	0	0.81	40.36	15.97
Déc	38.95	33.86	0.6	56	0	0.77	26.09	27.83
Jan	29.78	36.06	0.7	65.34	19.46	0.57	20.55	45.08
Fév	29.17	48.14						
Mar	23.61	74.46						
Avr	27.62	102.57						
Mai	24.32	148.3						
Jui	11.39	185.61						
Jui	6.02	237.52						
Aou	6.992	229.93						

Tableau IV.17: Calcul des besoins en eau de l'haricot

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.68	0.7	65.33	0	0.9	105.91	84.30
Oct	19.32	92.01	0.7	65.33	0	0.85	78.21	58.89
Nov	24.41	49.84						
Déc	38.94	33.87						
Jan	29.79	36.05						
Fév	29.17	48.14						
Mar	23.61	74.46						
Avr	27.62	102.57						
Mai	24.32	148.3						
Jui	11.39	185.61	0.5	46.67	8.1	0.5	92.81	73.31
Jui	6.02	237.52	0.5	46.67	0	0.65	154.39	148.37
Aou	6.992	229.93	0.7	65.33	0	0.95	218.43	211.44

Tableau IV.18: Calcul des besoins en eau de petit pois

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.61	117.68						
Oct	19.32	92.01						
Nov	24.41	49.84						
Déc	38.94	33.87	0.4	37.32	12.204	0.45	15.2414	0
Jan	29.78	36.06	0.7	65.32	19.46	0.8	28.8300	0
Fév	29.16	48.15	0.7	65.32	14.894	1	48.1300	4.0
Mar	23.60	74.45	0.7	65.32	9.71	0.95	70.7360	37.41
Avr	27.61	102.56	0.6	56	0	0.5	51.2840	23.66
Mai	24.32	148.3						
Jui	11.39	185.61						
Jui	6.02	237.52						
Aou	6.992	229.93						

Tableau IV.19: Calcul des besoins en eau de choux.

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.63	117.67	0.3	28.01	2.32	0.5	58.83	34.91
Oct	19.31	92.02	0.4	37.32	9.32	0.7	64.42	35.74
Nov	24.40	49.85	0.5	46.66	12.43	0.85	42.35	5.52
Déc	38.93	33.86	0.6	56.00	15.55	0.8	27.11	0
Jan	29.79	36.05						
Fév	29.17	48.14						
Mar	23.61	74.46						
Avr	27.62	102.57						
Mai	24.32	148.3						
Jui	11.39	185.61						
Jui	6.02	237.52						
Aou	6.992	229.93						

Tableau IV.20: Calcul des besoins en eau de pêcher

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.60	117.69	1.51	140.01	0	0.551	64.723	43.12
Oct	19.31	92.011	1.51	140.01	46.65	0.551	50.62	0
Nov	24.42	49.841	1.51	140.01	46.65	0.551	27.41	0
Déc	38.95	33.871	1.51	140.01	46.65	0.751	25.40	0
Jan	29.78	36.051	1.51	140.01	46.65	0.751	27.038	0
Fév	29.16	48.141	1.51	140.01	46.65	0.751	36.11	0
Mar	23.62	74.461	1.51	140.01	46.65	0.751	55.85	0
Avr	27.61	102.571	1.51	140.01	46.65	0.551	56.4135	0
Mai	24.31	148.31	1.51	140.01	0	0.551	81.57	57.24
Jui	11.38	185.611	1.51	140.01	0	0.551	102.09	90.71
Jui	6.03	237.521	1.51	140.01	0	0.551	130.64	124.61
Aou	6.98	229.931	1.51	140.01	0	0.551	126.46	119.46

Tableau IV.21: Calcul des besoins en eau de l'olivier

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.62	117.69	1.51	140.01	0	0.851	100.02	78.41
Oct	19.33	92.02	1.51	140.01	46.65	0.851	78.22	12.21
Nov	24.42	49.85	1.51	140.01	46.65	0.751	37.36	0
Déc	38.95	33.86	1.51	140.01	46.65	0.651	22.03	0
Jan	29.78	36.06	1.51	140.01	46.65	0.651	23.42	0
Fév	29.17	48.16	1.51	140.01	46.65	0.651	31.28	0
Mar	23.621	74.45	1.51	140.01	46.65	0.651	48.41	0
Avr	27.62	102.56	1.51	140.01	46.65	0.651	66.66	0
Mai	24.33	148.36	1.51	140.01	0	0.651	96.41	72.09
Jui	11.38	185.66	1.51	140.01	0	0.81	148.48	137.11
Jui	6.03	237.56	1.51	140.01	0	0.91	213.76	207.74
Aou	6.993	229.96	1.51	140.01	0	0.91	206.93	199.94

Tableau IV.22: Calcul des besoins en eau de pommier

Mois	Peff	ETP	Z	RFU théorique	RFU Réel	Kc	ETM	B
Sep	21.62	117.6	1.51	140.01	0	0.71	82.39	60.76
Oct	19.31	92.02	1.51	140.01	46.65	0.71	64.42	0
Nov	24.42	49.85	1.51	140.01	46.65	0.71	34.88	0
Déc	38.93	33.86	1.51	140.01	46.65	0.71	23.72	0
Jan	29.78	36.06	1.51	140.01	46.65	0.71	25.25	0
Fév	29.16	48.16	1.51	140.01	46.65	0.71	33.71	0
Mar	23.62	74.45	1.51	140.01	46.65	0.81	59.56	0
Avr	27.61	102.67	1.51	140.01	46.65	0.86	87.19	12.91
Mai	24.31	148.36	1.51	140.01	0	0.86	126.05	101.75
Jui	11.38	185.66	1.51	140.01	0	0.71	129.94	118.54
Jui	6.03	237.56	1.51	140.01	0	0.71	166.21	160.25
Aou	6.991	229.96	1.51	140.01	0	0.71	160.96	153.95

IV.4 Calcul des besoins en eau des assolements :

Assolement 1

Tableau IV.23: Besoin en eau de l'assolement 1.

Mois	Blé	Ail+oignon	Pomme de terre(s)	Tomate	Choux	Pomme de terre (as)	Concombre	pécher	Olivier	Pommier	Bes-max	Somme
Sep					34.90			43.11	78.42	60.77	78.42	217.2
Oct		19.48			35.75			0	12.22	0	35.75	67.45
Nov		0.52			5.51	26.69		0	0	0	26.69	32.72
Déc								0	0	0	0	0
Jan								0	0	0	0	0
Fév								0	0	0	0	0
Mar	32.16		27.25					0	0	0	32.16	59.43
Avr	79.04		60.36	37.78				0	0	12.91	79.06	190.12
Mai	104.6		89.01	146.24			22.84	57.26	72.06	101.75	146.24	593.84
Jui	57.25			155.65			94.42	90.71	137.11	118.54	155.65	653.69
Jui							195.86	124.63	207.76	160.25	207.76	688.49
Aou							188.46	119.46	199.96	153.95	199.96	661.84

Assolement 2 :

Tableau IV.24: Besoin en eau de l'assolement 2.

Mois	Avoine	Oignon	Pomme de terre(s)	Tomate	Haricot	Petit pois	Carotte	pécher	Olivier	Pommier	Bes-max	Somme
Sep					84.30		27.81	43.11	78.42	60.77	84.30	294.41
Oct		19.48			58.89		45.09	0	12.22	0	58.89	135.68
Nov		0.51					15.95	0	0	0	15.95	16.45
Déc							27.81	0	0	0	27.81	27.81
Jan							45.08	0	0	0	45.08	45.08
Fév						4.09		0	0	0	4.09	4.09
Mar	32.19		27.25			37.41		0	0	0	37.41	96.81
Avr	79.06		60.38	37.78		23.66		0	0	12.91	79.06	213.79
Mai	104.70		89.00	146.23				57.25	72.08	101.74	146.23	571
Jui	57.28			155.66	73.31			90.70	137.10	118.53	155.66	632.58
Jui					148.37			124.62	207.75	160.24	207.75	640.98
Aou					211.44			119.47	199.95	153.96	199.95	684.82

IV.5) Calcul des débits :

IV.5.1) Calcul des débits spécifiques :

Les calculs précédents sont effectués pour déterminer les débits nécessaires afin de répondre aux besoins des cultures. À partir de ces calculs, on peut déterminer le débit spécifique à l'aide de la relation suivante :

$$Q_{spé} = \frac{B_m}{T \times t \times 3.6 \times K} \text{ (l/s/ha)} \dots\dots\dots \text{(IV.6)}$$

B_m Besoin net maximum mensuel:, en m³/ha ;

T : Temps d'irrigation par jour;

t : Nombre de jours d'irrigation par mois, exprimé en jours; égale à 30 J

K : Coefficient global d'efficience du système d'irrigation ≈ 0.75

$$q_s = \frac{688.48 \times 10 \times 1000}{30 \times 24 \times 3600 \times 0.75} = 3.55 \text{ (l/s/ha)}$$

Si le débit spécifique obtenu dépasse 1,5 l/s/ha, alors les besoins de pointe de la culture la plus exigeante (l'olivier) sont pris en compte :

$$q_s = \frac{207.75 \times 10 \times 1000}{30 \times 24 \times 3600 \times 0.75} = 1.0689 \text{ (l/s/ha)}$$

IV.5.2) Calcul de débit caractéristique :

le débit caractéristique, qui représente le débit maximal fourni au périmètre, est calculé selon la formule suivante : Q caractéristique = Q_{sp} × surface.

Avec :

Surface de secteur 10 est égale à 300 ha
 Débit caractéristique du périmètre :
 $Q_c = 1.068 \times 300 = 320.4 \text{ l/s.}$

IV.5.3) Estimation des Besoins annuels totaux des cultures en m³ :

Une fois cette estimation établie, nous pouvons déterminer si les ressources en eau, notamment celles du barrage de MAHOUANE, sont adéquates pour répondre aux besoins du périmètre.

Tableau IV.25: Besoins annuels totaux des cultures en m³

Culture	Superficie (ha)	Besoin net (mm)	efficience	Besoin brutes (m ³ /ha)	Besoins totaux
Blé	40.258	273.21	0.75	3642.8	146651.84
Orge grain	20.258	202.53	0.75	2700.4	54704.70
Avoine	18.321	273.21	0.75	3642.8	667389.73
Pomme de terre saison	15.364	176.61	0.75	2354.8	36179.14
Pomme de terre arrière-saison	5.664	26.69	0.75	355.87	2015.64
Tomate	9.211	339.68	0.75	4529.07	41717.26
Oignon vert	14.991	20	0.75	266.67	3997.64
Ail	20.258	20	0.75	266.67	5402.20
Concombre	12.256	501.56	0.75	6687.47	81961.63
Carotte	25.951	161.77	0.75	2156.93	55974.49
Haricot	25.296	576.31	0.75	7684.13	194377.75
Petit pois	20.864	56.15	0.75	748.67	15620.25
Choux	18.841	76.16	0.75	1015.47	19132.47
Pécher	20.758	435.15	0.75	5802	120437.91
Pommier	15.741	608.14	0.75	8108.53	127636.37
Olivier	15.968	707.52	0.75	9433.6	150635.72

IV.6) Conclusion :

Dans ce chapitre, l'évaluation des besoins en eau du périmètre des plaines Sétifiennes (secteur 10) a été effectuée à l'aide de formules empiriques et de divers calculs.

Ce secteur, couvrant une superficie de 300 hectares, nécessite un volume annuel d'eau de 1.52 millions de mètres cubes, puisé dans le barrage de Mahouane. Étant donné que la capacité de stockage du barrage Mahouane est de () millions de mètres cubes, il est envisageable de répondre aux besoins en eau de ce secteur en utilisant les ressources de ce barrage.

Chapitre V

ETUDE DE SYSTEME D'ADDUCTION

Chapitre V : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION.

V.1) Introduction :

Le réseau d'adduction et de distribution alimentant le périmètre des plaines Sétifiennes en eau depuis le barrage Mahouane dessert 13 Secteurs. Ce chapitre a pour objectif d'optimiser ce réseau d'irrigation afin d'améliorer sa performance économique.

V.2) Le réseau d'irrigation :

Le réseau d'irrigation englobe toutes les conduites, ouvrages et équipements nécessaires pour transporter l'eau depuis la source jusqu'aux cultures. Il se divise en deux parties distinctes :

- le réseau d'adduction,
- le réseau de distribution.

L'objectif est de mettre en place une conduite reliant le périmètre d'irrigation au barrage de Mahouane, ainsi qu'un réseau d'irrigation assurant une distribution efficace de l'eau aux îlots agricoles avec une pression adéquate.

V.2.1) Réseau d'adduction :

Le barrage de Mahouane, situé à 14 km nord de périmètre des plaines Sétifiennes, est la seule source d'eau d'irrigation pour cette zone. Le périmètre est divisé en 13 secteurs totalisant une superficie totale de 15,764.8 hectares. Chaque secteur est subdivisé en îlots dont la superficie n'excède pas 100 hectares. La délimitation des îlots tient compte des propriétés, des routes, des pistes, des infrastructures existantes et de la topographie.

Ci-dessous, le tableau illustre la superficie de chaque secteur :

Tableau V.1: Superficie des secteurs du périmètre

Secteur	Superficie (ha)
1	1609.6
2	1677.4
3	1753.7
4	1189.4
5	1122.7
6	1966.0
7	1195.2
8	1303.2
9	964.6
10	693.4
11	828.4
12	460.7
13	1000.5

Pour déterminer le tracé optimal de la conduite d'adduction, il est essentiel de prendre en considération certains impératifs.

- ❖ Rechercher un profil en long aussi uniforme que possible afin d'éliminer les contre-pentes
- ❖ Minimiser la longueur totale du tracé.
- ❖ Éviter les zones boisées, les forêts et les marécages.
- ❖ Limiter au maximum les traversées d'obstacles tels que routes, voies ferrées et canaux.

V.2.1.a) Le réservoir :

Le barrage de Mahouane, avec une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 1 106 m, et le secteur ayant une altitude variant entre 950 m et 918 m, pose un problème de pression. Même en tenant compte des pertes de charge, la pression dépasse les 10 bars. Afin de résoudre cette problématique, nous avons opté pour la réalisation d'un réservoir de stockage. Ce réservoir doit être situé à une altitude assurant une pression adéquate sur le réseau de distribution. La cote choisie pour ce réservoir est de 990 m.

V.2.2) Réseau de distribution :

Ce réseau est composé de conduites enterrées qui garantissent un débit et une pression suffisants jusqu'aux bornes d'irrigation.

V.2.2.a) plan de bornage :

Les bornes d'irrigation sont des équipements hydrauliques qui connectent le réseau de distribution au réseau tertiaire de chaque îlot. Elles représentent le point de transition où l'administration du réseau peut être impliqué dans la gestion de l'eau. En aval de la borne, la responsabilité de la gestion de l'eau incombe à l'exploitant ou à un groupe d'exploitants.

Chaque îlot est une unité hydro-agricole alimentée par une seule borne d'irrigation. La division du secteur en îlots doit tenir compte des points suivants :

- le débit d'équipement de chaque borne,
- la superficie des unités foncières déjà établies,
- la distance maximale entre chaque borne et les parcelles.

La borne d'irrigation remplit plusieurs fonctions essentielles, telles que :

- Contrôle de l'ouverture et de la fermeture de l'alimentation en eau.
- Ajustement du débit.
- Régulation de la pression en aval.
- Mesure et enregistrement du volume d'eau consommé.

V.2.2.b) Vitesse admissible :

. Pour déterminer le tracé optimal de la conduite d'adduction, il est crucial de tenir compte de certains impératifs.

V.2.2.c) Dimensionnement des conduites :

Le dimensionnement des conduites repose sur la vitesse admissible de l'eau. Nous utiliserons la formule de "LABYE" pour calculer le diamètre des conduites, qui sera ensuite normalisé

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times v}} \times 100 \dots\dots\dots (V.1)$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D: diamètre exprimé en mm.

V : vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s

V.2.2.d) Calcul des pertes de charges :

La formule de Lechapt et Calmon, qui permet d'estimer les pertes de charge unitaires, est donnée par l'expression suivante :

$$H_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots\dots\dots (V.2)$$

Avec :

Hpu : perte de charge unitaire en mm/ml.

Q : débit en m³/s.

D : diamètre de conduite considérée en m

L, M et N: Paramètres dépendant de la rugosité absolue (Ks) des canalisations .

C: le coefficient inclut une majoration 10 % pour les pertes de charges singulières.

$$J = L \times Q^M / D^N \dots \dots \dots (V.3)$$

Tableau V.2: Les paramètres des pertes de charge

K(mm)	L	M	N
0.11	1.22	1.892	5.012
0.51	1.42	1.962	5.192
1.02	1.62	1.972	5.252

V.2.2.e) Sélection de matériau des conduites :

Le choix du matériau est déterminé par les critères suivants :

- Le matériau doit satisfaire aux exigences hydrauliques (débit, pression).
- Disponibilité du matériau sur le marché local.
- Critères économiques.
- Compatibilité avec le type de sol.

V.2.2.f) Caractéristiques des matériaux des conduites :

a) Conduite en PEHD:

Avantages :

- Longue durée de vie.
- Résistance à la corrosion.
- Disponibilité sur le marché à un coût relativement bas.
- Réduction du nombre de joints grâce à la soudure, minimisant ainsi les risques de fuites.
- Souplesse relative, parfois évitant l'utilisation de pièces supplémentaires en milieu urbain.

Inconvénients :

- Sensibilité à certains traitements chlorés.
- Vulnérabilité aux variations de température.
- Difficulté de détection avec les outils de géo-détection classiques (problème qui peut être résolu en ajoutant des boules ou des câbles marqueurs).

b) Conduite en fonte :

Avantages :

- Grande résistance mécanique.
- Bonne détection avec les outils de géo-détection classiques, même si le signal diminue à chaque joint.
- Matériau solide et rigide.

Inconvénients :

- Sensible à la corrosion.
- Vulnérable aux chocs lors de la pose.
- Nécessité de joints tous les 6 mètres, augmentant les risques de fuites.

V.2.2.g) choix du matériau:

Dans notre étude, le choix du matériau dépend du diamètre de la conduite : la fonte est sélectionnée pour

les conduites ayant un diamètre supérieur à 400 mm, tandis que le PEHD est préféré pour celles de diamètre inférieur à 400 mm.

V.3) Calculs hydrauliques:

V.3.1) Calcul hydraulique des débits des bornes :

La formule suivante permet de calculer le débit de chaque borne pouvant desservir un îlot :

$$Q_b = q_s \times S \dots \dots \dots (V.4)$$

Tel que :

Q_b : Débit de chaque ilot en l/s

q_s : Débit spécifique en l/s/ha

S : Superficie de l'îlot en ha

V.3.2) Choix du diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes correspondant aux débits sont précisés dans le tableau suivant :

Tableau V. 3: Choix du diamètre de la borne

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40m^3 /h$ (11.11) l/s	D = 65mm
$40m^3 /h$ (11.11)l/s < $Q < 80m^3 /h$ (22.22)l/s	D = 100mm
$80m^3 /h$ (22.22)l/s < $Q < 1200 m^3 /h$ (33.33)l/s	D = 150mm
$Q > 1200 m^3 /h$ (33.33)l/s	D = 200mm

Ci-dessous, le tableau représente le calcul des débits des bornes :

Tableau V. 4: Calcul des débits des îlots et sélection du diamètre des bornes

N° de la borne	N° des îlots	Surface planimétrique(ha)	Débit brute	Débit de borne	Diamètre de la borne
01	01	16.60	17.72	17.72	100
02	02	15.58	16.63	16.63	100
03	03	15.26	16.29	16.29	100
04	04	18.65	19.91	19.91	100
05	05	16.52	17.64	17.64	100
06	06	13.07	13.95	13.95	100
07	07	16.30	17.40	17.40	100
08	08	13.44	14.35	14.35	100
09	09	14.48	15.46	15.46	100
10	10	17.13	18.29	18.29	100
11	11	17.86	19.07	19.07	100
12	12	11.75	12.54	12.54	100
13	13	13.97	14.91	14.91	100
14	14	19.68	21.01	21.01	100
15	15	18.92	20.20	20.20	100
16	16	16.93	18.08	18.08	100
17	17	18.54	19.80	19.80	100
18	18	10.64	11.36	11.36	100
19	19	2.12	9.41	9.41	65

V.3.3) dimensionnement du réservoir :

Pour dimensionner le réservoir, on applique la méthode suivante :
Le volume du réservoir est calculé de la manière suivante

:

$$V = Q \cdot T_f \dots\dots\dots (V.5)$$

Q est le besoin maximum journalier = 320.4 l/s = 1153.44 m³ /h

T_f : 2h

On aura :

$$V = 1153.44 \cdot 2 = 2306.88 \text{ m}^3.$$

La forme choisie pour le réservoir est rectangulaire avec les dimensions comme suit:

Hauteur : 5m

Longueur : 50m

Largeur : 40m

Donc le réservoir aura :

Une forme rectangulaire.

Un volume de 40×50×5= 10000 m³

Une altitude de 897.00 m.

V.3.4) Dimensionnement des conduites du réseau de distribution:

Tableau V. 5 : Dimensionnement des conduites et estimation des pressions

Tronçon	L (m)	Débit (m ³ /s)	Diam.calculé (mm)	Diam.normalisé (mm)	Vitesse (m/s)	Perte de charge totale (m)	Cote du terrain aval (m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
RS-S10	2450.5	1.25042	1130.58	1200	1.12	3.52	957	980.25	26.28
S10-N1	326.6	0.82760	919.19	1000	1.08	0.10	946	980.05	39.34
N1-B10	1000	0.40282	882.58	900	1.01	0.60	938.2	979.54	42.04
B10-B9	783.4	0.56720	600.30	700	1.20	0.50	938.7	979.01	44
B9-B8	100.4	0.38005	650.27	700	1.17	5.3	934.9	976.96	45.55
B8-N2	129.4	0.08552	622.20	700	1.00	3.00	937.8	978.44	42.06
N2-B6	281.3	0.63970	625.15	700	1.10	0.60	936.6	976.51	40.44
B7-B4	96.9	0.67791	532.17	600	1.30	0.15	935.2	979.63	43.80
N2-B5	178.2	0.05345	540.50	600	0.99	0.75	934.5	977.23	44.36
B5-B3	419.6	0.03106	312.3	315	0.96	0.18	931.9	975.83	52.83
B3-B2	514.5	0.29453	442.5	500	1.18	0.2	930	974.04	48.52
B2-B1	275.9	0.59446	330.15	400	0.76	1.8	929.8	978.11	48.78
N2-B11	296	0.57742	302.1	315	1.11	1.83	929.8	979.08	43.61
B11-B12	690.1	0.56258	240.15	250	1.02	0.78	928.5	973.68	47.68
B12-B13	150.8	0.11226	582.40	600	1.08	1.40	929.1	976.76	52.03
B13-B14	230.3	0.35448	185.15	200	1.15	1.79	929	979	52.10
B14-B16	163	0.07646	385.7	400	1.12	1.33	928.9	978.68	52.91
B16-B15	135.4	0.04976	310.18	315	1.17	4.42	927.9	973.11	54.91
B15-N3	91.2	0.20554	230.56	250	1.13	1.62	922.6	975.83	54.73
N3-B19	125.1	0.28200	100.15	125	0.98	2.05	926.9	974.04	53.83
N3-B17	86.4	0.07646	103.2	125	1.37	0.42	926.4	972.92	53.64
B17-B18	164.3	0.01755	195.2	200	1.02	0.25	921.6	971.82	53.22

V.5) Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons étudié le réseau d'irrigation de notre périmètre, allant du réservoir jusqu'aux bornes d'irrigation. Le périmètre est divisé en 19 ilots après avoir calculé le débit de chaque borne, choisi les matériaux des conduites et projeté le tracé des schémas d'adduction, nous avons pu dimensionner les conduites de manière à garantir une pression suffisante tout en minimisant les couts

Chapitre VI

Techniques d'irrigation

Chapitre VI : Techniques d'irrigation

VI.1) Introduction :

Au fil du temps, les agriculteurs ont perfectionné les techniques d'irrigation et ont conçu de nouvelles approches pour optimiser l'arrosage, assurant ainsi une meilleure distribution de l'eau aux plantes à moindre coût.

Le choix de la méthode d'irrigation est influencé par de nombreux paramètres techniques tels que le type de culture, le sol, la qualité de l'eau, la topographie et le climat, ainsi que par des considérations économiques telles que les coûts d'investissement, de main-d'œuvre et d'entretien. Par conséquent, afin de sélectionner les techniques les plus appropriées, une analyse approfondie de ces divers facteurs est nécessaire, ce qui constitue l'objectif principal de ce chapitre.

VI.2) Présentation des différentes techniques d'irrigation :

VI.2.1) Irrigation de surface :

Ce mode d'irrigation englobe toutes les techniques où l'eau est distribuée sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire en surface. La topographie du terrain et les caractéristiques hydriques du sol, telles que le ruissellement, l'infiltration et la capillarité, assurent la répartition de l'eau.

Les techniques d'irrigation de surface se divisent en 3 groupes principaux

✚ Irrigation par Submersion :

Cette approche implique l'introduction de la quantité d'eau nécessaire à l'intérieur de planches horizontales délimitées par des diguettes d'une hauteur minimale et d'une pente minimale de 10 cm. Elle est principalement employée sur des terrains presque plats, avec une inclinaison inférieure à 0,1 %. L'efficacité de cette méthode varie généralement entre 45 % et 70 %.

✓ Avantage :

- Faible investissement par parcelle pour l'agriculteur.
- Aucune nécessité d'énergie externe.
- Recharge des nappes phréatiques.

✓ Inconvénients :

- Compression du sol.
- Réduction de la porosité entraînant une diminution de la perméabilité.
- Requiert un système d'assainissement.
- Perte significative d'eau.

✚ Irrigation par planches :

Cette méthode implique le ruissellement d'une fine couche d'eau le long d'une planche délimitée par deux diguettes longitudinales ou des levées. L'eau est versée au sommet de la planche. Le terrain doit être parfaitement nivelé. L'efficacité observée de cette technique varie entre 45 % et 85 %.

- ✓ Avantages de cette technique :
 - Les coûts d'équipement sont abordables.
 - Aucun frais lié à la mise sous pression de l'eau.
 - Risque d'érosion minimisé lors du lessivage.
 - Utilisation d'un matériel d'irrigation relativement simple.
- ✓ Inconvénients de cette technique :
 - Durée d'irrigation prolongée.
 - Obligation de nivellement et de maintenance.
 - Pertes d'eau significatives.

✚ c- Irrigation à la raie :

Cela implique d'acheminer l'eau jusqu'à la plante à travers une série plus ou moins dense de petits fossés à ciel ouvert, avec un espacement d'environ 0,75 à 1 mètre. Ces fossés présentent une pente faible et régulière. Les sections des raies peuvent avoir des formes triangulaires, trapézoïdales ou paraboliques, avec une largeur comprise entre 25 et 40 cm et une profondeur de 15 à 30 cm. L'efficacité de cette méthode varie généralement entre 40 % et 70 %.

VI.2.2) Irrigation par aspersion :

Cette méthode implique la distribution de l'eau aux cultures sous forme de précipitations artificielles., grâce à des appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. L'irrigation par aspersion est adaptée à un large éventail de cultures, notamment les céréales et les fourrages.

- ✓ Avantages de l'irrigation par aspersion :
 - Aucun besoin d'aménagement préalable de la zone à irriguer.
 - Réduit le besoin en main-d'œuvre.
 - Économie d'eau réalisée.
 - Possibilité d'automatiser le système d'irrigation.
- ✓ Inconvénients de l'irrigation par aspersion :
 - Elle accroît l'évaporation, qui est plus intense lorsque les gouttelettes sont fines et que l'air est sec.
 - Elle encourage la prolifération des mauvaises herbes.

VI.2.3) Irrigation localisée (Goutte à goutte) :

C'est un système d'irrigation qui approvisionne en eau directement le système racinaire des plantes cultivées. L'eau est distribuée aux cultures à travers des tuyaux équipés de goutteurs, permettant un écoulement à faible débit sous forme de gouttes.

- ✓ Avantages de l'irrigation localisée:
 - Économies d'eau réalisées.
 - Précision dans la distribution de l'eau.
 - Réduction des pertes dues à l'évaporation.
 - Adaptabilité à tous les types de sols et de reliefs.
 - Réduction des besoins en main-d'œuvre.
- ✓ Inconvénients de l'irrigation localisée :
 - Investissement initial élevé.
 - Gestion complexe des goutteurs.

- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Risque de salinisation du sol.
- Requiert une main-d'œuvre qualifiée.

VI.3) Choix de la technique d'arrosage :

Pour sélectionner les techniques d'irrigation les plus adaptées, il est essentiel d'évaluer les contraintes spécifiques à chaque type d'arrosage à travers une analyse multicritère. Cette approche vise à identifier la méthode d'irrigation la mieux adaptée à la zone d'étude. Voici un aperçu détaillé de cette analyse :

Tableau VI. 1: Analyse Choix multicritère de la technique d'irrigation

Contraintes	Irrigation de surface par rigol	Irrigation de aspersion	par Irrigation localisée
• Evaporation	+	++	+++
• Vent (1.9 m/s)	+++	+	+++
• Texture (argileux-limoneuse)	++	++	+++
• Perméabilité (bonne)	++	+++	+++
• Pente	+	++	+
• Qualité d'eau (moyenne) cultures	++	++	+
• Maraichage	+++	+++	+++
• Céréales	x	++	x
• Arbres	+++	+++	+++
• contraintes économique			+++
• Economie d'eau	X	++	

Avec :

- x: inadéquat ou déconseillé.
- +: Adapté avec réserve.
- ++: Adapté.
- +++ : Très adapté.

VI.4) Conclusion :

En se référant à l'analyse antérieure et en tenant compte des caractéristiques climatiques et agro-pédologiques de la zone d'étude, la technique d'irrigation par aspersion peut être sélectionnée pour les cultures céréalières, tandis que l'irrigation au goutte-à-goutte peut être privilégiée pour certaines cultures maraîchères et arboricoles. Ces choix présentent de nombreux avantages par rapport à d'autres techniques d'irrigation.

Chapitre VII

DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

VII.1) Introduction :

Les progrès des techniques d'irrigation modernes et l'automatisation des dispositifs agricoles, ainsi que leur télé contrôle, ont grandement favorisé l'essor de l'agriculture et ont augmenté la diversité et la disponibilité des produits agricoles.

Il est reconnu que l'implémentation des systèmes de transport de l'eau au niveau de la parcelle requiert une analyse afin de garantir une distribution efficace et économique de l'eau, sans gaspillage.

Dans cette section, nous sélectionnerons une parcelle représentative pour effectuer les calculs requis pour l'installation des conduites et déterminer les paramètres nécessaires pour deux méthodes d'irrigation : l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée.

Dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion :

VIII.2.1 Données générales :

Parcelle	Ilot N°19
Dimensions	212x100 (mxm)
Surface	2.12 ha
Culture	Blé
Temps de travail	22heure/jours ; 26jours/mois
Besoins de pointe	104.70 mm
Perméabilité du sol	K = 7 mm/h
Débit caractéristique	9,41 l/s

La dose pratique : La RFU est calculée comme suit :

$$RFU = Y * (H_{cc} - H_{pf}) * D_a * Z \dots\dots\dots (VII.1)$$

Y : degré de tarissement : égal à 2/3.

D_a : densité apparent : égale à 1.4

Z : profondeur d'enracinement en mm : 60 cm

H_{cc} : humidité à capacité au champ (25%).

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (15%).

Donc :

$$RFU = \frac{(25-15)}{100} \times 1.4 \times 0.6 \times \frac{2}{3} \times 1000 = 56mm$$

VII.2.2) Dimensionnement théorique:

A. Calcul du diamètre de l'ajutage :

On pose $p \leq k$ avec :

P : la pluviométrie de la bus.

K : perméabilité de sol égale à 7mm/h.

Le diamètre de la bus est calculé par la relation suivante :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04} \dots\dots\dots (VII.2)$$

D'où :

$$d = \frac{1.04 \times 7}{1.5} = 4.85mm$$

Selon la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (Annexe 3), nous sélectionnons la buse ayant un diamètre normalisé de 4.8 mm.

B. calcul de la portée du jet (L) :

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

$$L = 3 \cdot d^{0.5} \cdot h^{0.25} \dots\dots\dots (VII.3)$$

Avec :

d : diamètre de la buse en mm

h : pression de la buse en (m) , h = 30 m.

$$L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 30^{0.25} = 15.38m$$

En théorie, la formule précédente pourrait être employée, cependant, selon le catalogue du fournisseur Perrot (voir Annexe 3), pour une buse de diamètre de 4,80 mm et une pression minimale de service de 3,0 bars, la portée calculée est de 16,0 m.

C. Ecartement entre les rampes et arroseurs :

norme américaine recommandent l'écartement maximum suivant :

L'écartement entre les lignes d'arrosage égal a 1,25 L pour un vent faible et a 1,02 L pour un vent fort.

L'écartement entre les arroseurs sur la rampe égal a 0,8 L pour un vent faible et a 0,5 L pour un vent fort.

Notre zone d'étude présente des vitesses de vent correspondant à des conditions peu violentes, donc nous utilisons les valeurs suivantes ::

$$El = 1.25 \times 16 = 20m$$

$$Ea = 0.8 \times 16 = 12.8m$$

On prend les valeurs normalisé suivantes :

$$El = 18.00m$$

$$Ea = 12.00m$$

D. Calcul de débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur calcule, par la relation suivante :

$$qa = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (VII.4)$$

$$qa = 0.95q = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8)^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 30} = 4.17 \times \frac{10^{-4}m^3}{s} = 1.50m^3/h$$

E. Vérification de la pluviométrie de la buse :

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

$$p = \frac{qa}{Ea \times El} \dots\dots\dots (VII.5)$$

$$p = \frac{1.50 \times 1000}{12 \times 18} = 6.94 \text{ mm/h}$$

Donc diamètre de la bus choisi vérifie la condition : $P \leq K = 7\text{mm/h}$.

F. Calcul du tour d'eau :

$$T_{eau} = \frac{\text{dose RFU} \times N_j}{B_{poite}} \dots\dots\dots(\text{VII.6})$$

Avec :

Dose RFU = 56mm

J = 26 jours/mois

Bpoite = 104.60 mm

$$T_{eau} = \frac{56 \times 26}{104.7} = 13.9 \text{ jours}$$

On va iriguer chaque 13 jour (2 fois par mois).

Efficiencie d'irrigation = 0.74

Besoin journalier = $104.6/30 = 3.48 \text{ mm}$

La nouvelle dose réelle = $13 \times 3.48 = 45.36 \text{ mm}$

La nouvelle dose brute = $45.37/0.75 = 60.49 \text{ mm}$

Le temps d'arrosage par position tout en respectant la capacité d'infiltration :

$$T_a = \frac{\text{dose brute}}{P} \dots\dots\dots (\text{VII.7})$$

Pour $P = 7 \text{ mm/h}$ on aura comme temp d'arrosage :

$T_a = 60.51 / 7.01 = 8.65 \text{ h}$ le temp d'arrosage est de 9 heures.

Donc on pourra adopter deux position par jour pour chaque asperseur .

G. Calcul de l'unité d'arrosage S_u :

La surface unitair arosée se calcule comme suit ::

$$S_u = \frac{S}{T \times n} \dots\dots\dots (\text{VII.8})$$

$$S_u = \frac{2.12}{13 \times 2} = 0.0815 \text{ Ha}$$

H. Nombre d'asperseurs requis :

$$N_{asp} = \frac{\text{surface a arroser (m}^2\text{)}}{\text{implantation}} \dots\dots\dots (\text{VII.9})$$

$$N_{asp} = \frac{0.0815 \times 10000}{18 \times 12} = 4 \text{ asperseurs}$$

I. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

$V = \text{nombre de position par jours} \times \text{nombre d'irrigation par mois} \times \text{dose} \times E_l \times E_a$

$$V = \frac{2 \times 2 \times 60.5 \times 18 \times 12}{1000} = 52.27 \text{ m}^3$$

VII.2.3) Dimensionnement hydraulique des rampes :

La parcelle a une superficie de 2,12 hectares, mesurant 212 mètres de longueur sur 100 mètres de largeur.

a) La longueur de la rampe :

$$L_r = \frac{\text{largeur du terrain}}{2} - \frac{E_a}{2} \dots\dots\dots (\text{VII.10})$$

$$Lr = \frac{100}{2} - \frac{12}{2} = 44m$$

On prend

$$Lr = 42.0m$$

b) Le nombre d'asperseurs par rampe :

$$N_{asp/ramp} = \frac{Lr}{Ea} \dots\dots\dots (VII.11) .$$

$$N_{asp/ramp} = \frac{42}{12} = 4 \text{ asperseurs}$$

c) Nombre de rampes :

$$N_{rampes} = \frac{N_{asp}}{N_{asp/ramp}} = 1 \text{ rampe} \dots\dots\dots (VII.12)$$

Donc une seule rampe est adéquate.

d) Débit d'une rampe :

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times n_{mbr \text{ d'asperseur par rampe}} \dots\dots\dots$$

(VII.13)

$$Q_{rampe} = 1.50 \times 4 = \frac{6m^3}{h}$$

e) Débit de la porte rampe :

$$Q_{porte \text{ rampe}} = Q_{rampe} \times N_{rampes} \dots\dots\dots (VII.14)$$

$$Q_{porte \text{ rampe}} = 6 \times 1 = 6m^3 /h$$

f) Dimensionnement de la porte rampe et la rampe :

La méthode utilisée pour le dimensionnement de conduite consiste à déterminer une vitesse

Où : $V \leq V_{adm}$ $V_{adm} \in [0.5 \div 2.5]$

Nous allons calculer le diamètre en utilisant une vitesse admissible de $V=1.5$ m/s.

$$D_{pr} = D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.67 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.038m$$

g) Calcul des pertes de charge :

La formule habituellement utilisée pour calculer l'expression générale des pertes de charge linéaire dans les conduites est de type Hazen Williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{Ch}\right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \dots\dots\dots (VII.15)$$

Avec :

ΔH : Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Debit de la conduite en m³/s .

Ch: coefficient équivaut à 130.

D : diamètre de conduite en m.

Pour la rampe on a : L=42.01 m, D= 0.042 m, Q= 0.00165 m³/s

Pour le porte rampe on a : L= 205.01 m, D=0.042 m, Q=0.00165 m³/s

Les résultats est présentés dans le tableau suivant :

Conduite	longueur	Diamètre	Débit (m ³ /s)	Porte de charge (m/m)	Porte de charge totale (m)
Rampe	44	40	0.00167	0.0598	2.63
Porte rampe	205	40	0.00167	0.0598	12.24

Tableau VII.1: Résultat de calcul pratique d'aspersion.

VII.2.4) Calcul la pression en tête de réseau:

Il s'agit de la pression requise pour garantir le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \dots\dots\dots (VII.16)$$

H : pression à la tête de la parcelle

H₁: Pression nécessaire pour un bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).

H₂ : Perte de charge totale de la rampe et porte rampe.

H₃ : La dénivelée. (0 m. terrain relativement plate)

$$H = 30 + 14.76 + 0 = 44.76 \text{ m.}$$

H= 44.76 mce,

cela est largement suffisant, étant donné que la pression aux bornes est de 5 bars.

VII.3) Dimensionnement du réseau d'irrigation localisée :

Le système d'irrigation localisée, également connu sous le nom de goutte-à-goutte, représente le choix prédominant et le plus efficace pour l'arboriculture et les cultures maraîchères en raison de sa consommation énergétique réduite et de ses faibles pertes d'eau par rapport à d'autres méthodes d'irrigation.

Pour dimensionner ce système, nous utiliserons la même parcelle type, avec des caractéristiques et des paramètres identiques, en prenant comme exemple la culture du pêcher.

VIII.3.1 Données générales :

Parcelle	Ilot N°19
Dimensions	212x100 (m*m)
Surface	2.12 ha
Culture	Pêcher
Ecartement	4*4 m
Besoins de pointe	124.62 mm (juillet)
Espacement des gouteurs	2m
Nombre des gouteurs pour un arbre	2
Débit nominale d'un goutteur	9,41L/h
Pression nominale	10 m.c.e

VII.3.2) Calcul des besoins en eau des cultures:

a. Impact du taux de couverture du sol :

En optant pour la technique d'irrigation localisée, l'intégralité de la parcelle ne sera pas arrosée. Les apports en eau seront ciblés pour irriguer uniquement une petite partie du sol, à proximité des plantes. Ainsi, la proportion d'évaporation directe à partir du sol sera considérablement diminuée :

On applique alors à l'ETM un coefficient réduction : K_r

K_r dépend de taux de couverture de sol par les plantes ($C_s = 60\%$) et peut être calculé à l'aide de différentes formules décrites dans [Ollier et Poirre, 1983].

KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \quad \dots\dots\dots \text{(VII.17)}$$

La formule de Freeman et Garzoli : $\neg \dots\dots\dots$

$$K_r = C_s + 0.51(1 - C_s) \quad \text{(VII.18)}$$

La formule de Decroix (CTGREF) : $\neg \dots\dots\dots$

$$K_r = 0.1 + C_s \quad \text{(VII.19)}$$

Pour un taux de couverture prévu de 60%, les résultats varient entre 0.71 et 0.80 selon les 3 formules.

On prend un coefficient $K_r = 0.80$ avec des besoins maximales de 124.61mm en juillet

b. Les besoins journalières :

Les besoins journalières sont calculés comme suit :

$$B_j = \frac{\text{besoins mensuelles}}{\text{nombre de jours du mois}}$$

$$\text{Donc } B_j = \frac{124.62}{30} = 4.01 \text{ mm/j}$$

En tenant compte de K_r , cette formule est utilisée pour calculer les besoins journaliers :

$$B_{jl} = B_j * K_r \quad \dots\dots\dots \text{(VII.20) mm/j}$$

$$B_{jl} = 4.15 * 0.8 = 3.32 \text{ mm/j}$$

c. Calcul la dose nette :

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times D_a \times P\% = RFU \times P\% \quad \dots\dots\dots \text{(VII.21)}$$

Tel que :

H_{cc} : humidité a la capacité au champ (25.00%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (15.00%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)

Z : profondeur d'enracinement (1500 mm)

D_a : Densité apparente 1.41

P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n.Spd.Sh}{S_a.S_r} \quad \dots\dots\dots \text{(VII.22)}$$

Avec :

- P : pourcentage du sol humidifié.
- n : Nombre point de distribution par arbre
- Spd : Distance entre deux points de distribution voisin du même arbre
- Sh: Largeur de la band humidifié
- Sr : Ecartement entre rangs d'arbre
- Sa : espacement des arbre sur le rang.

$$P\% = \frac{2 \times 2 \times 1}{4 \times 4} = 25\% \quad \dots\dots\dots (\text{VII.23})$$

Donc :

$$Dp = (25 - 15) \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.4 \times 0.25 = 35mm$$

d. Calcul de la dose brute :

$$Db = \frac{Dp}{Cu \times Eff}$$

Avec :

Cu : coefficient d'uniformité égal a 90%

Eff : efficience du réseau d'irrigation qui est egal a 90 %

D'où :

$$Dbrute = \frac{35}{0.9 \times 0.9} = 43.21$$

e. Calcul de la fréquence d'arrosage :

La fréquence d'arrosage varie selon le besoin quotidien à satisfaire ainsi que la dose réelle nette, ce qui peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{dose nette}}{Bjl} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.24})$$

$$Fr = \frac{35}{3.32} = 10.5 \text{ jours}$$

Donc on prend Fr = 10 jours , et on recalcule la nouvelle dose réelle nette tel que :

$$Dr = 10 \times 3.32 = 33.2 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.25})$$

La nouvelle dose brute est égale a :

$$Dbrute = \frac{33.2}{0.9 \times 0.9} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.26})$$

f. La durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{Dbrute \times Sd \times Sr}{n \times Qg} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.27})$$

Avec :

Sd : Espacement entre les distributeurs.

Sr: Espacement entre les rangs.

n : le nombre des goutteurs.

Qg : Débit des goutteurs.

$$\theta = \frac{41 \times 2 \times 4}{4 \times 2} = 41 \text{ heurs}$$

g. Durée d'arrosage journalier :

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} \dots\dots\dots (\text{VII.28})$$

$$Dj = \frac{41}{10} = 4.1 \text{heurs /jours}$$

h. Nombre de postes :

Le nombre de postes par jour est déterminé comme suit :

$$N = \frac{\text{temps de travail}}{\text{durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{4.1} = 5.37 \text{ postes} \dots\dots (\text{VII.29})$$

On prend 5 postes

i. La surface de poste :

La surface de poste est définie par la relation suivante :

$$Sp = \frac{\text{la surface totale}}{\text{le nombre de postes}} = \frac{2.2}{5} \dots\dots\dots (\text{VII.30})$$

À partir de cette surface, il est possible d'inférer les dimensions requises pour les rampes et les portes des rampes.

VII.3.3) Calculs hydrauliques:

Conditions hydrauliques de base :

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots\dots\dots (\text{VII.31})$$

La variation maximale de la pression :

$$q = K \times H^X \dots\dots\dots (\text{VII.32})$$

Avec :

K : constante dimensionnelle donnée par le fabricant.

H : la pression dans la rampe en m.c.e

X : exposant caractérisant le goutteur

X= 0.31 pour les goutteurs non autorégulants la valeur de a est de 0.8 , pour les goutteurs autorégulant X est proche de 0, dans notre cas nous utilisons X=0.5.

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

Avec :

q(g): Débit nominal du goutteur

H(n) : Pression nominale

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

$$\Delta H(\text{ max}) = \frac{0.1 \times 10}{0.5} = 2 \text{ m. c. e}$$

Le débit :

$$Qr = Qg \times Ng \dots\dots\dots (\text{VII.33})$$

$$Qpr = Qr \times Nr \dots\dots\dots (\text{VII.34})$$

Avec :

Qr :débit de la rampe (l/s)

Qpr : débit de porte rampe (l/s)

Qg : débit de goutteur (l/s)

Nr : nombre de rampe

Ng : nombre de goutteurs

Le porte rampe traverse la surface du terrain au centre de la parcelle, ce qui donne :

La longueur de la rampe est de : 50.01 m

La longueur de la porte rampe est de : 212.01 m

Le nombre d'arbres par rampe :

$$N \frac{\text{arbre}}{\text{rampe}} = \frac{Lr}{Er} = 12 \text{ arbres} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.35})$$

Le nombre de goutteurs par rampe :

$$N \frac{\text{goutteurs}}{\text{rampe}} = N_{\text{arbre}} \times n = 12 \times 2 = 24 \text{ goutteurs} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.36})$$

Le nombre des rampes :

$$Nr = \frac{Lpr}{Er} = \frac{212}{4} \times 2 = 106 \text{ rampes} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.37})$$

Débit de la rampe :

Les débits des goutteurs varient de 1 à 8 l/h et leur pression est de 1 bar. En pratique, on utilise généralement 2 l/h pour les cultures maraîchères la valeur est de 4 l/h, tandis que pour les cultures pérennes, elle est de

$$Qr = Qg \times Ng \quad \dots\dots\dots (\text{VII.38})$$
$$Qr = 4 \times 24 = 96 \text{ l/s}$$

Débit de la porte rampe :

$$Qpr = Qr \times Nr \quad \dots\dots\dots (\text{VII.39})$$
$$Qpr = 96 \times 106 = 10176 \text{ l/s}$$

VII.3.4) Dimensionnement des canalisations du réseau :

Les rampes et les portes rampes sont habituellement conçues en PEBD ou en PEHD, avec une pression nominale PN4 ou PN6.

Porte-rampes :

La conduite alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés, pouvant être fabriquées en polyéthylène de moyenne densité (PEMD) ou en chlorure de polyvinyle rigide (PVC). Le diamètre de la porte rampe est calculé selon la formule suivante :

$$\varnothing_{pr} = \left[\frac{P.d.c(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.40})$$

Avec :

Pdc (pr) : la perte de charge dans porte rampe.

- Q (pr) : le débit de porte rampe en l/h.
- L (pr) : la longueur de la porte rampe en m.
- \varnothing_{pr} : le diamètre de la porte rampe.

La répartition de perte de charge est :

Sur les portes rampes p.d.c (pr) = 0.61 mce

Sur les rampes p.d.c (r) = 1.21 mce

Les rampes :

Toujours constituées de PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de rares installations où du PVC rigide de petit diamètre a été utilisé, les rampes voient leur diamètre calculé selon les formules suivantes :

$$\varnothing_r = \left[\frac{P.d.c(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad \dots\dots\dots (\text{VII.41})$$

Avec :

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

Q(r) : le débit de la rampe en l/h

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

Ør (cal) : le diamètre de la rampes

Øpr (cal) : le diamètre de la porte rampe

VII.3.4.a) Vérification des pertes de charges :

Une fois le diamètre choisi, on procède à la réévaluation des pertes de charge pour les différents tronçons de la canalisation, en prenant comme exemple un diamètre de 16 mm et en utilisant la méthode de calcul des pertes de charge selon Hazen-Williams.

$$\Delta H = \left(\frac{3.591}{C_w}\right)^{1.851} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.851} \dots\dots\dots(VII.42)$$

Avec:

L : longueur de conduite

Q : débit en (l/h)

D : diamètre intérieur de canalisation

VII.3.4.b) Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charge

a) Calcul du diamètre :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P. d. c(r) * 2.758}{0.478 * L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.6675}}$$

$$\varnothing r(cal) = 8.141 \text{ mm}$$

On prend le diamètre normalisé de 16.01 mm.

b) Vérification de la perte de charge :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w}\right)^{1.853} \cdot \frac{L}{D^{4.875}} \cdot Q^{1.853}$$

CW =140.01 PEBD, L= 50.01 m, D=0.0165 m, Q= 96.01 l/ h = 2.68×10⁻⁵ m³ /s

Rampe= 0.12 m

La perte de charge est en deçà de 1,2 m.c.e (hauteur manométrique maximale) et il est observé qu'elle reste dans les limites fixées par la règle de Christiansen.

VII.3.5) Calcul du diamètre du porte rampe et vérification de la perte de charge :

a) Calcul du diamètre :

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

$$\varnothing pr = 71.27 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé 75 mm

b) Vérification de la perte de charge :

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

=140 PEBD, L= 212 m, D=0.074 m, Q= 10175 l/ h = 2.83×10⁻³ m³ /s

$\Delta H_{\text{Porte rampe}} = 1.38 \text{ m}$

Les pertes de charge totales dans le réseau s'élèvent à 1,49 m, ce qui est inférieur à 1,8 m, donc elles ne dépassent pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

VII.3.6) Calcul du diamètre de la conduite tertiaire :

Le dimensionnement de la conduite tertiaire est effectué selon la méthode de la vitesse admissible, qui est de 1.05 m/s, comme suit :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad (\text{VII.43})$$

Avec :

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

V : vitesse d'écoulement (m/s)

on aura :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0028}{3.14 \times 1.5}} = 58 \text{ mm}$$

On choisit un diamètre normalisé 75 mm.

La formule de Lechapt et Calmon est utilisée pour calculer la perte de charge dans cette conduite:

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

On obtient : $H_p = 5 \text{ m}$

VII.3.7) La pression d'eau à la borne de distribution :

La pression d'eau requise pour faire fonctionner ce système est la somme de la pression nominale (10 mce) et des pertes de charge accumulées depuis la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus éloigné ou le plus élevé. Les calculs antérieurs permettent de déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation et le goutteur le plus défavorable.

$$P(\text{m}) = 10 + 1.49 + 5 = 16.49 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{VII.44})$$

La pression d'eau à la borne d'irrigation est adéquate pour assurer le fonctionnement de ce système.

VII.4) Conclusion :

À travers ce chapitre, nous avons dimensionné le réseau d'irrigation à la parcelle, en utilisant deux systèmes d'irrigation : l'aspersion et le goutte-à-goutte, en prenant comme référence une parcelle type.

Pour le réseau d'irrigation par aspersion, il est crucial de prendre en compte certains paramètres tels que la perméabilité du sol et la vitesse du vent. Après avoir choisi le blé comme culture, nous avons dimensionné le réseau d'irrigation par aspersion.

L'irrigation localisée est un excellent système qui contribue à réduire les pertes d'eau et d'énergie. Le dimensionnement de ce réseau a été réalisé en utilisant une parcelle de pêchers comme référence.

Chapitre VIII

CALCUL TECHNIQUE - ECONOMIQUE

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

VIII.1) Introduction :

Une fois les différentes étapes de l'étude achevées, il est crucial de réaliser une évaluation des coûts du projet, englobant les travaux, la préparation et le coût des diverses commodités nécessaires à sa concrétisation.

VIII.2) Exécution des travaux de pose de canalisation :

VIII.2.1) Exécution des tranchées

Cette opération est effectuée de manière mécanique (à l'aide d'une pelle mécanique), et les dimensions des tranchées varient en fonction du diamètre de la conduite dans chaque tronçon.

VIII.2.2) Pose de lit de sable :

Avant de poser la conduite, il est essentiel de suivre les étapes suivantes pour garantir une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, avec le rôle du lit de sable.

- Retirer les grosses pierres des talus de la tranchée ;
- Observer scrupuleusement les côtes du profil en long ;
- Nivelier avec précaution le fond de la tranchée.

VIII.2.3) Remblayage des tranchées

Cette opération de terrassement implique l'enfouissement de la conduite en utilisant le remblai provenant de l'excavation.

VIII.2.4) Nivellement et compactage

Après le remblayage, on effectue le nivellement pour étaler les terres en monticule, puis on procède au compactage du sol afin d'augmenter sa densité et de prévenir tout tassement ultérieur.

VIII.3) Volume des travaux du réseau d'irrigation :

Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la tranchée doit être suffisante pour permettre la réalisation correcte des branchements spécifiques et pour éviter tout contact avec les autres conduites.

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)} \dots \text{(VIII.1)}$$

Avec :

H_{tr} : Profondeur de la tranchée.

e: hauteur du lit de pose.

d: diamètre de la conduite.

h: la hauteur du remblai au-dessus de la conduite

Largeur du fond de la tranchée

Pour la largeur de la tranchée, un espace de 30 cm est laissé de chaque côté de la conduite. Ainsi, la largeur est calculée comme suit :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(VIII.2)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

Volume à excaver :

Le volume d'excavation est :

$$Vd = Str * L = (B * Htr) * L \dots\dots\dots \text{(VIII.3) :}$$

Vd : Volume du déblai (m3)

Vd : La section de la tranchée (m2).

Str : la section de la tranchée (m2)

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

Htr : La hauteur de la tranchée (m)

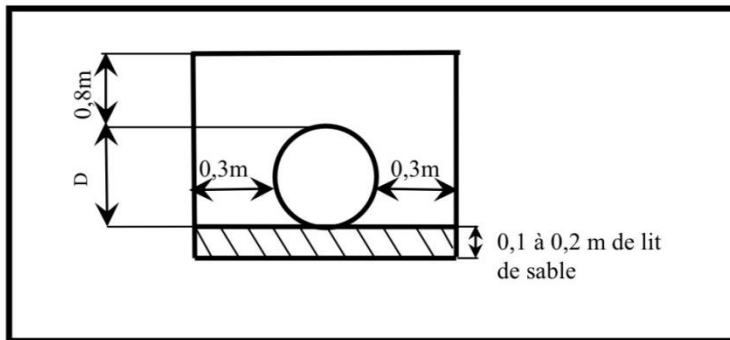


Figure VIII. 2: Schéma d'une tranchée.

Volume de remblai

Ce volume est calculé comme suit :

$$V_{remblai} = V_{déblai} - \left(\frac{\pi}{2} D^2 \times L \right) - V_{sable} \dots\dots\dots \text{(VIII.4)}$$

Avec :

D : diamètre de la conduite.

L : longueur de la conduite

VIII.4) Evaluation du cout de projet :

VIII.4.1) Coût des conduites de distribution :

Voici la phrase reformulée :

"Le tableau suivant représente les quantités, les prix unitaires et totaux des conduites :

Conduite	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
125	MI	200.1	738.43	147759.843
200	MI	102.2	1892.38	193401.23
250	MI	612.8	2937.81	1800289.96
315	MI	46.8	4684.62	219240.21
400	MI	224.8	14910.06	3351781.48
500	MI	320.5	17885.15	5732190.57
600	MI	311.5	22831.78	7112099.47
700	MI	620	27777.32	17221938.4
800	MI	243.5	31722.86	7724516.41
900	MI	501.9	35668.4	17901969.96
1000	MI	236.6	39613.94	9372658.204
1200	MI	1256.5	53684.35	67454385.78
			total	138232231.5

Tableau VIII.1: coût des conduites

VIII.4.2) Coût Des travaux d'excavation :

Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.2: Calcul des volumes variés .

conduite	longueur	Largeur	Hauteur	V déblai	V Sable	V remblai
125	200.1	0.725	1.025	412.831	50.32	482.220
200	102.2	0.800	1.100	132.816	30.256	280.678
250	612.8	0.850	1.150	2412.25	208.762	2081.374
315	46.8	0.915	1.215	2079.815	171.162	1762.843
400	224.8	1.000	1.300	1176.140	85.780	967.539

500	320.5	1.100	1.400	1973.910	140.920	1580.923	
600	311.5	1.200	1.500	2242.800	140.520	1540.982	
700	620	1.300	1.600	5807.360	362.960	7279.912	
800	243.5	1.400	1.700	1981.350	132.256	1446.340	
900	501.9	1.500	1.800	3928.230	218.235	2782.428	
1000	236.6	1.600	1.900	2512.864	116.550	1731.398	
1200	1256.5	1.800	2.100	16860.690	802.890	1013.083	
				Somme	40811.680	2474.385	30220.840

Le tableau suivant représente le coût des travaux de terrassement.

Tableau VIII.3: coût des travaux de terrassement.

Désignation	Unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	m^3	40811.680	250	10202920
Lit de sable	m^3	2474.385	1000	2474385
Remblai	m^3	30220.840	150	4533126
Total				17210431

VIII.4.3) Coût du réservoir :

Tableau VIII. 4: Estimation du cout du réservoir

Désignation	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Réservoir 10 000 m3	U	1	138035000,00	138035000,00
Total				138035000,00

VIII.4.4) Devis estimatif du projet :

Tableau VIII.5 : Estimation budgétaire du projet

VIII.5) conclusion :

Ce chapitre présente en détail les travaux de terrassement et de pose de canalisation, ainsi que l'estimation du volume des travaux et du devis estimatif du projet. Le coût total du projet est relativement modéré, s'élevant à 349 238 061,80DA, cependant, il est susceptible d'engendrer des bénéfices significatifs pour le marché agricole et l'économie nationale en général.

Travaux	Montant (DA)
Travaux de terrassement	17 210 431,00
Réservoir	138 035 000,00
Conduites	138 232 231.50
Total (HT)	293 477 362,50
T.V.A (19%)	55 760 698.80
Total	349 238 061,80

Conclusion Générale

Pendant cette étude, nous avons pu définir les étapes nécessaires pour développer l'aménagement hydroagricole des plaines de Sétif (secteur 10), dans le but de soutenir l'activité agricole et de favoriser la création de richesse dans la région.

Le secteur d'étude couvre une superficie totale de 300 hectares à Sétif. La zone est caractérisée par un climat semi-aride, avec une saison humide et une saison sèche. L'approvisionnement en eau du périmètre est assuré par le barrage de Mahouane, dont la qualité de l'eau est adaptée à l'irrigation. Grâce à son altitude, l'eau s'écoule par gravité, évitant ainsi le recours à des pompes.

Le réseau d'irrigation a été dimensionné en fonction des besoins estimés en eau des cultures. Il est conçu pour garantir un débit et une pression adéquats, utilisant des conduites en PEHD et en fonte pour acheminer l'eau vers les 19 bornes d'irrigation prévues.

Les techniques d'irrigation recommandées incluent l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée. Des exemples ont été étudiés pour chaque technique sur une parcelle type.

Ce projet est attendu pour avoir des résultats positifs significatifs, avec des impacts notables sur le marché agricole et l'amélioration des conditions de vie des habitants de la région.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Bulletin N°33 FAO Calcul des besoins en eau des cultures.
[2] B. TOUAIBIA. (2004). (Cours d'Hydrologie 3ème Année et Régularisation des débits 4ème année). [3] MESSAHEL MEKKI ,1988 : irrigation au goutte à goutte (régime d'irrigation), Edition O.P.U Alger .P 89
[4] CLEMENT et GALAND ; 1979

Annexes

Annexe 1


	Classes CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
	C1 0 - 250	C2 250 - 750	C3 750-2250	C4 2250 - 5000	C5 5000 - 10000
S1 0 - 10	C1S1	C2S1	C3S1	C4S1	C5S1
S2 10 - 18	C1S2	C2S2	C3S2	C4S2	C5S2
S3 18 - 26	C1S3	C2S3	C3S3	C4S3	C5S3
S4 > 26	C1S4	C2S4	C3S4	C4S4	C5S4

Source: (CLEMANT et GALAND, 1979).

Annexe 2

Interprétation des Classes	
	Eau présentant une bonne qualité pour l'irrigation, utilisable avec précautions pour les plantes sensibles.
	Eau de qualité bonne à moyenne a utilisé avec précaution pour les sols mal drainés et pour les plantes sensibles
	Qualité moyenne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
	Eau de qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensibles, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse.
	Eau de qualité très mauvaise utilisée que pour les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes avec nécessité de doses de lessivages et/ou apport de gypse.
	Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles.
	Eau déconseillée pour l'irrigation.

Annexe 3



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

de la buse ∅ mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h			
				m		□	△	□	△	□	△
				disp.	disp.	disp.	disp.	disp.	disp.		
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88		
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36		
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57		
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76		
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42		
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64		
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85		
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3		
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78		
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05		
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29		
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64		
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2		
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,6		
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82		
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04		
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43		
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77		
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05		
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26		
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22		
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45		
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71		
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98		
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75		
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12		
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43		
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76		
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1		
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6		
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	8,0	6,0		
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	8,5	6,2		

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

Annexe 4

Réf é re nce	Désignation	Diamè tre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
		Ext en MM	e n MM	Produit	Service	le M/L	le M/L
11 003 0161	Tube PEHD	16	-----	PE80	10 Bars	-----	-----
11 003 0201	Tube PEHD	20	2,0	PE80	10 Bars	26,31	30,78
11 003 0251	Tube PEHD	25	2,0	PE80	10 Bars	33,85	39,60
11 003 0321	Tube PEHD	32	2,4	PE80	10 Bars	52,60	61,54
11 003 0401	Tube PEHD	40	3,0	PE80	10 Bars	82,33	96,33
11 003 0501	Tube PEHD	50	3,7	PE80	10 Bars	125,79	147,17
11 003 0631	Tube PEHD	63	4,7	PE80	10 Bars	198,97	232,79
11 003 0751	Tube PEHD	75	5,6	PE80	10 Bars	281,31	329,13
11 007 0901	Tube PEHD	90	5,4	PE100	10 Bars	335,47	392,50
11 007 1101	Tube PEHD	110	6,6	PE100	10 Bars	495,40	579,62
11 007 1251	Tube PEHD	125	7,4	PE100	10 Bars	631,13	738,42
11 007 1601	Tube PEHD	160	9,5	PE100	10 Bars	1 033,79	1 209,53
11 007 2001	Tube PEHD	200	11,9	PE100	10 Bars	1 617,42	1 892,38
11 007 2501	Tube PEHD	250	14,8	PE100	10 Bars	2 510,95	2 937,81
11 007 3151	Tube PEHD	315	18,7	PE100	10 Bars	4 003,95	4 684,62
11 007 4001	Tube PEHD	400	23,7	PE100	10 Bars	6 424,42	7 516,57
11 007 5001	Tube PEHD	500	29,7	PE100	10 Bars	10 021,19	11 724,79
11 007 6301	Tube PEHD	630	37,4	PE 100	10 Bars	15 153,49	17 729,58

Annexe 5

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)
60	2464.36
80	3422.31
100	6682.31
125	7836.22
150	8534.23
200	10323.10
250	11542.36
300	12336.05
350	13521.23
400	14910.06
450	15982.11
500	17885.15
600	22831.78
700	27777.32
800	31722.86
900	35668.40
1000	39613.94