

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد محمد الله عرباوي"

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"

ⴰⵎⵓⵔⴰⵏ ⴰⵎⵓⵔⴰⵏ ⴰⵎⵓⵔⴰⵏ ⴰⵎⵓⵔⴰⵏ ⴰⵎⵓⵔⴰⵏ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION et DRAINAGE

THEME :

**DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION DU
PERIMETRE ZOUABI (SECTEUR-1) A PARTIR DU
BARRAGE DE FOM EL KHANGA WILAYA SOUK –AHRAS**

Présenté par :

Mr KHELIF OUAIL

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
Mme AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Examineur
Mr KERID Rachid	M.A.A	Examineur
Mr YAHIAOUI Samir	M.A.A	Promoteur

Session OCTOBRE2020

Dédicace:

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en
signe de respect et de reconnaissance envers :*

A MA MÈRE

A MON PÈRE

*Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel
dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.*

A Mes frères Seif Eddine et Mohammed Taïa

A Mes sœurs Karima et Tasnim

A toute la famille KHELIF

Surtout mon cousin Dhia

Sans oublier Amir, Housseem et Tarek et

A tous Mes amis Djamel Eddine, Ziyed, Mohammed,

Amin, Sifou, zakaria et Achraf.

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin
pour l'élaboration de ce travail.*

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je remercie MES PARENTS en premier lieu qui m'ont permis et facilité les choses pour accomplir mes études, mes frères, et tous l'enseignent

Je remercie mon promoteur : Mr YAHIAOUI SAMIR de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mènèra bien ce travail.

Je tiens à remercier aussi :

*Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail
Le corps d'enseignants, les étudiants et l'administration de l'ENSH
Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration et l'aboutissement de ce mémoire.*

ملخص:

أدت الزيادة الكبرى في نمو السكان الى توسيع المحاصيل الزراعية، من اجل هذا قمنا بدراسة تتمحور حول دراسة تسيير المساحات الزراعية، وتحديد ابعاد شبكة توزيع المياه لمحيط "زوابي (منطقة-1)"، الواقعة بأقليم ولاية سوق أهراس، التي تقدر مساحتها بـ 182 هكتارا. وهذا بعد القيام بدراسة حول خصائص المنطقة كالمناخ، نوعية التربة والموارد المائية.

الهدف من هذه الدراسة هو رفع المردودية الفلاحية و ضمان التوفير المستمر والدائم لهاته المياه في كل القطع الزراعية وذلك باستخدام تقنيات السقي الاقتصادية والفعالة والتسيير الأمثل للموارد المائية من أجل توفير أحسن الظروف للفلاحين من اجا ضمان أحسن مردود للنبته و بأقل تكلفة.

Résumé :

L'évolution de la population de la région de Zouabi située dans la wilaya de SOUG AHRAS nous a obligé d'enrichir les types de cultures dans cette zone, pour cela nous avons fait une étude de gestion des surfaces agricoles, il s'agit de faire un dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre « ZOUABI (zone 1) » ayant une superficie égale à 182 ha, en tenant compte des conditions climatiques, la qualité des terres et de l'eau de la région étudiée.

Le but de cette étude est d'augmenter le rendement des périmètres et d'assurer la disponibilité des eaux en se basant sur des techniques économiques et efficaces d'irrigation suivant les critères technico-économiques.

Abstract:

The evolution of the population of the region of Zouabi, located in the wilaya of SOUG AHRAS, has obliged us to enrich the types of farming in this zone. For that, we made a study of management about the agricultural surfaces through making a dimensioning of the irrigation network of the perimeter " ZOUABI (zone 1) " having a surface equal to 182 ha, taking into account the climatic conditions, the quality of the grounds and the water existing in the studied region. The aim of this study is to increase the yield of the perimeters and to ensure water availability based on economical and efficient irrigation techniques according to techno-economic criteria.

Sommaire :

Introduction Générale.....	1
Chapitre I :Présentation de la zone d'étude et Analyse des conditions naturelles.....	3
I.1.Introduction :	4
I.2.La situation géographique :	4
I.2.1. Localisation géographique de la wilaya de souk ahras :	4
I.2.2. Localisation géographique de la commun Zouabi :	5
I.2.3. La position de la zone d'étude (périmètre Zouabi 1) :	5
I.3.La situation administrative :	5
I.4.Les caractéristiques climatiques :	6
I.4.1. Précipitation :	6
I.4.2.Température de l'air :	7
I.4.3. Humidité relative de l'air :	8
I.4.4. Vent :	9
I.4.5. Insolation :	10
I.4.6. Indices bioclimatiques :	11
I.4.6.1. Indice de Martonne :	11
I.4.6.2. Quotient pluviothermique d'Emberger (1932) :	12
I.4.6.3. Indice de Gaussen et Bagnouls (1952) :	13
I.6.Conclusion:	15
Chapitre II : Ressources en eau et en sol	16
II.1. Introduction :	17
II.2. Ressource en sol (étude pédologique):	17
II.2.1. Classification des sols du périmètre Zouabi :	17
II.2.2. Analyse physico-chimique des sols :	18
II.2.3. Interprétation et valeur agronomique des sols :	19
II.2.4. Aptitudes culturales des sols :	20
II.3.1. Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :	21
II.4. Etude hydrologique :	25
II.4.1. Homogénéisation des séries pluviométrique	27
II.4.2. L'étude fréquentielle de la série pluviométrique :	30
II.4.2.1. Traitement des données:	30
II.4.2.2. Ajustement à la loi normale :	30
III.4.2.3. Ajustement à la loi log-normal :	32
• Test de validité d'un ajustement :	34
II.4.2.4. Détermination l'année de calcul	35

II.5. Conclusion :	36
Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures	37
III.1. Introduction :	38
III.2. Occupation des sols et choix des cultures :	38
III.3. Besoin en eau de périmètre :	39
III.3.1. L'évapotranspiration :	40
III.3.1.1. L'évapotranspiration de référence (ET_0) :	40
III.3.1.2. L'évapotranspiration maximale (ET_M) :	42
III.3.2. La pluie efficace	43
III.3.3. La réserve facilement utilisable RFU :	44
III.4. Débits spécifique et caractéristique du périmètre :	49
III.4.1. Le débit spécifique :	49
III.4.2. Le débit caractéristique :	50
III.5. Conclusion :	51
Chapitre IV :Dimensionnement du réseau de distribution	52
IV.1. Introduction :	53
IV.2. Organisation et structure du périmètre :	53
IV.2.1. Ilots et bornes d'irrigation :	53
IV.2.2. Calcul hydraulique aux bornes :	55
IV.2.3. Choix du diamètre des bornes :	55
IV.3. Système d'aménagement hydro-agricole :	56
IV.3.1. Système d'adduction :	56
IV.3.2. Système de distribution :	56
IV.4. Dimensionnement du réservoir de distribution :	57
IV.5. Dimensionnement réseaux de distribution :	57
IV.5.1. Choix de matériaux des conduites :	57
IV.5.2. Caractéristiques des canalisations :	57
IV.5.2.1. Conduites en fonte :	57
IV.5.2.2. Conduites en PEHD :	58
IV.5.3. Choix du matériau :	58
IV.5.4. Calcul hydraulique du réseau de distribution :	58
IV.5.4.1. Vitesses admissibles :	58
IV.5.4.2. Le calcul du diamètre :	58
IV.5.4.3. Calcul des pertes de charges :	59
IV.6. Conclusion :	64
Chapitre V : Dimensionnement à la parcelle	65
V.1. Introduction :	66
V.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte :	66

V.2.1. Données générales :	66
V.2.2. Besoin journalier :	66
V.2.3. Besoin journalier en tenant compte de la réduction Kr :	67
V.2.4. Dose d'irrigation nette pratique :	67
V.2.5. Fréquence des arrosages :	68
V.2.6. Dose réelle et brute :	68
V.2.7. Durée d'arrosage par mois :	68
V.2.8. Durée d'arrosage journalier :	69
V.3. Calculs hydrauliques :	69
V.3.1. Condition hydraulique :	69
V.3.2. Le débit :	69
V.4. Dimensionnement des différentes parties du réseau :	70
V.4.1. Rampes et porte rampe :	70
Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEHD.	70
Comme la valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximal de pression alors :	70
V.4.2. Vérification des pertes de charges :	71
V.4.3. Calcul de vitesses :	72
V.4.4. La conduite secondaire :	72
V.4.5. La pression d'eau à la borne de distribution :	73
V.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	73
V.3.1. Données générales :	73
V.3.2. Dose pratique RFU :	74
V.3.3. Le diamètre de l'ajutage :	74
V.3.4. Calcul de la portée de jet :	74
V.3.5. Ecartements entre les rampes et arroseurs :	74
V.3.6. Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :	75
V.3.6.1. Débit de l'asperseur :	75
V.3.6.2. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :	76
V.3.7. Paramètres d'arrosage :	76
V.3.7.1. Calcul du tour d'eau :	76
V.3.7.2. Nombre d'irrigation par mois :	76
V.3.7.3. Calcul de la dose réelle :	76
V.3.7.4. Calcul de la dose brute :	76
V.3.7.5. Temps d'arrosage :	76
V.3.7.6. Calcul du débit d'équipement :	76
V.3.7.7. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :	77
V.3.7.8. Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :	77

V.3.7.9. Nombre d'aspenseurs à acheter(nombre d'aspenseur requis) :	77
V.3.8. Calculs hydrauliques :	77
V.3.8.1. Dimensionnement hydraulique des rampes :	77
a/-la longueur de la rampe :	77
b/-Nombre d'aspenseur/rampe :	77
c/-Nombre de rampes :	77
d/-Débit de la rampe :	77
e/-calcul du diamètre de la rampe :	77
V.3.8.2. Dimensionnement de la porte rampe :	78
a/-Longueur de la porte rampe :	78
b/-débit de porte rampe :	78
c/-calcul du diamètre de la porte rampe :	78
V.3.8.3. Calcul des pertes de charge :	78
a/-Les pertes de charge de la rampe :	79
b/-Les pertes de charge de la porte rampe :	79
V.3.8.4. Calcul de la pression en tête du réseau :	79
V.4. Conclusion :	80
Chapitre VI: Calcul technico-économique.....	81
VI.1. Introduction :	82
VI.2. Exécution des travaux de pose des canalisations :	82
VI.2.1. Exécution des tranchées :	82
VI.2.2. Pose du lit de sable :	82
VI.2.3. Mise en place des canalisations :	82
VI.2.4. Assemblage des conduites en PEHD :	83
VI.2.5. Contrôle du compactage des tranchées :	83
VI.3.les opérations à suivre pour la réalisation de réservoir :	83
VI.4. Choix des engins du chantier :	84
VI.5. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :	85
VI.6. Frais des travaux sur réseau d'irrigation :	85
VI.6.1. Calcul des volumes de remblai et de déblai :	85
VI.7. Estimation de cout de pose de canalisation de distribution :	87
VI.8. Estimation de cout total de projet :	87
VI.9. Conclusion :	88

Liste des tableaux :

Tableau I.1 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm (Période (1981-2019) Error! Bookmark not defined.	
Tableau I.2 : Moyennes mensuelles des températures (Période (1981-2019) Error! Bookmark not defined.	
Tableau I.3 : Répartition mensuelles de l'humidité relative de l'air en %(Période (1981-2019)..... Error! Bookmark not defined.	
Tableau I.4 : Vitesse du vent (Période (1981-2019).....	9
Tableau I.5 : Durée moyenne journalière de l'insolation (Période (1981-2019).....	10
Tableau I.6 : Classification de climat selon Martonne	12
Tableau I.7 : Moyennes mensuelles de précipitations et de températures.....	14
Tableau II.1 : L'analyse des profils au laboratoire.....	19
Tableau II.2 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation.....	21
Tableau II.3 : Classification de la salinité des eaux selon la conductivité électrique. Error! Bookmark not defined.	
Tableau II.4 : Classification de l'alcalinité des eaux selon le SAR Error! Bookmark not defined.	
Tableau II.5 : Calcul de SAR Error! Bookmark not defined.	
Tableau II.6 : Caractéristiques météorologique de MDAOUROUCH	26
Tableau II.7 : La série pluviométrique de la station de MDAOUROUCH Error! Bookmark not defined.	
Tableau II.8 : Test d'homogénéité	28
Tableau II.9 : Traitement des données avec logiciel HYFRAN	30
Tableau II.10 : Ajustement à la loi normale	31
Tableau II.11 : Ajustement à la loi log normale Error! Bookmark not defined.	
Tableau II.12 : Test du Khi-carré (χ^2)	34
Tableau II.13 : La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%. Error! Bookmark not defined.	
Tableau III.1 : L'évapotranspiration de référence ET0 calculés..... Error! Bookmark not defined.	
Tableau III.2 : les valeurs du coefficient Kc des cultures.....	43
Tableau III.3 : La pluie efficace (<i>Peff</i>)..... Error! Bookmark not defined.	
Tableau III.4 : Besoins en eau de blé.....	45
Tableau III.5 : Besoins en eau de tomate	45
Tableau III.6 : Besoins en eau de pomme de terre	46
Tableau III.7 : Besoins en eau de l'orge	46

Tableau III.8 : Besoins en eau de courgette	47
Tableau III.9 : Besoins en eau de vesce avoine	47
Tableau III.10 : Besoins en eau d'orange.....	48
Tableau III.11 : Besoins en eau d'olivier.....	48
Tableau III.12 : Les besoins totaux en eau du périmètre en mm.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau IV.1 : Découpage du périmètre en ilots et cultures	54
Tableau IV.2 : Choix du diamètre des bornes	Error! Bookmark not defined.
Tableau IV.3 : Débit et diamètre du chaque borne.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau IV.4 : caractéristique de réservoir	Error! Bookmark not defined.
Tableau IV.5 : calcul hydraulique de réseau de distribution(tronçon).....	62
Tableau IV.6 : calcul hydraulique de réseau de distribution (bornes et nœuds)	63
Tableau V.1 : caractéristique de conduites secondaires	Error! Bookmark not defined.
Tableau V.2 : Les pertes de charge.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau V.3 : caractéristiques des conduites distribution.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau VI.1 : type et rôle de l'engin	84
Tableau VI.2 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	85
Tableau VI.3 : Calcul du volume de terrassement.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau VI.4 : Estimation de cout de pose de canalisation de distribution.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau VI.5 : Estimation de cout total de projet.....	87

Liste des figures :

Figure I-1 : localisation géographique de la wilaya Souk-Ahras	4
Figure I-2 : Localisation géographique de la commune Zouabi	5
Figure I-3 : Découpage administratif de la Wilaya Souk-Ahras	6
Figure I-4 : Moyennes mensuelles des précipitations	7
FigureI-5 : Histogramme des températures.....	8
FigureI-6 : Histogramme de l'humidité relative en %	9
Figure I-7 : moyennes mensuelles de la vitesse des vents m/s	10
Figure I.8 : Histogramme de l'insolation	11
Figure I-9 : Diagramme bioclimatique d'Emberger	13
Figure I-10 : Diagramme ombrothermique de la wilaya Souk-Ahras	14
Figure II.1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation	25
Figure II.2: courbe d'ajustement à la loi normale	32
Figure II.3 : Courbe d'ajustement à la loi log normale	34
Figure III.1 Caractéristique hydrique de quelque sol	39
Figure IV.1 : Présentation du réseau sur logiciel EPANET	60
Figure V.1 Fiche technique d'un arroseur de type Perrot.	75
Figure VI.1 : disposition de la conduite dans une tranchée.	86

Liste des planches :

Planche N° 01 : Plan de distribution.

Planche N° 02 : Plan d'occupation du sol.

Planche N° 03 : Plan de dimensionnement à la parcelle.

Planche N° 04 : Profil en long.

Planche N° 05 : Plan de situation.

Introduction Générale

Compte tenu de l'accroissement de la population mondiale, l'eau est devenue un facteur très influent pour l'agriculture. Environ 70% des ressources mondiales en eau sont utilisés pour l'irrigation agricole. L'Algérie possède des richesses naturelles énormes et l'utilisation rationnelle de ces ressources devient un impératif. Mais, l'Algérie est au cœur d'une des régions des plus déficitaires en eau. Pour une surface totale de 238 millions d'ha, la surface agricole utile ne couvre que 7,8 millions d'ha, soit 3,2 % de la surface totale, pour une population qui dépasse 43 millions d'habitants. Malgré cette grande surface, l'Algérie est classée parmi les pays ayant une faible surface agricole dont 58% est irrigué par irrigation de surface, 23% par aspersion et 19% par irrigation localisée.

Dans ce sens, il s'agit pour nous, de mettre en évidence, le dimensionnement optimisé du réseau d'irrigation du périmètre Zouabi (secteur-1) à partir du barrage Foum-El-Khanga (Oued Charef.) Pour cela, nous avons scindé notre mémoire en 6 chapitres.

Le premier chapitre est consacré à l'analyse des conditions naturelles. L'intérêt de cette partie est de montrer et de définir l'emplacement de la terre, et cela se fait en utilisant les éléments ou facteurs suivants :

- La situation géographique,
- Les caractéristiques climatiques,
- Les différents paramètres physiques.

Le chapitre deux est dédié aux ressources en sol et en eau. L'objet de ce travail est de :

1- Connaître la structure du terrain concerné, l'étudier, et connaître le type de terrain et la division

2 - Connaître la source de l'eau, le type et la classification de l'eau et la quantité.

Le but de ces deux objectifs est d'aider et de faciliter la sélection d'arbres appropriés dans le lieu.

Introduction Générale

Le chapitre trois qui s'intéresse aux calcul des besoins, a pour but de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet, les conditions climatiques, les cultures envisageables, les systèmes

agronomiques, l'intensité culturelle, les potentialités des sols, l'eau disponible, la fertilité des sols et les méthodes d'irrigation.

Quant au chapitre quatre qui traite le dimensionnement du réseau, nous développons un calcul dimensionnel et optimisé du réseau.

Le chapitre cinq qui s'intéresse aux dimensionnement à la parcelle avec de technique d'irrigation.

Le but est d'évaluer le coût estimatif pour une meilleure réalisation et une meilleure exécution des travaux de notre projet d'irrigation. Pour ce faire, il est important d'identifier les travaux à entreprendre ensemble. Il s'agit du réseau de distribution, du réseau d'irrigation et du réservoir de stockage.

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude et Analyse des conditions naturelles

I.1.Introduction :

Ce chapitre définit la situation géographique, la situation administrative, les caractéristique climatiques et les différents paramètres physiques du périmètre agricole irrigué de Zouabi (secteur-1).

I.2.La situation géographique :

I.2.1. Localisation géographique de la wilaya de souk ahras :

La wilaya de Souk Ahras se situe à l'extrême Est du pays près de la frontière tunisienne à 640 km de la capitale Alger, elle s'étend sur une superficie de 4541 km². Elle est limitée :

- Au nord par les Wilayas de Tarf et Guelma.
- Au sud par la Wilaya Tbesa.
- À l'est par la Tunisie.
- À l'ouest par la Wilaya d'Oum El Bouaghi.

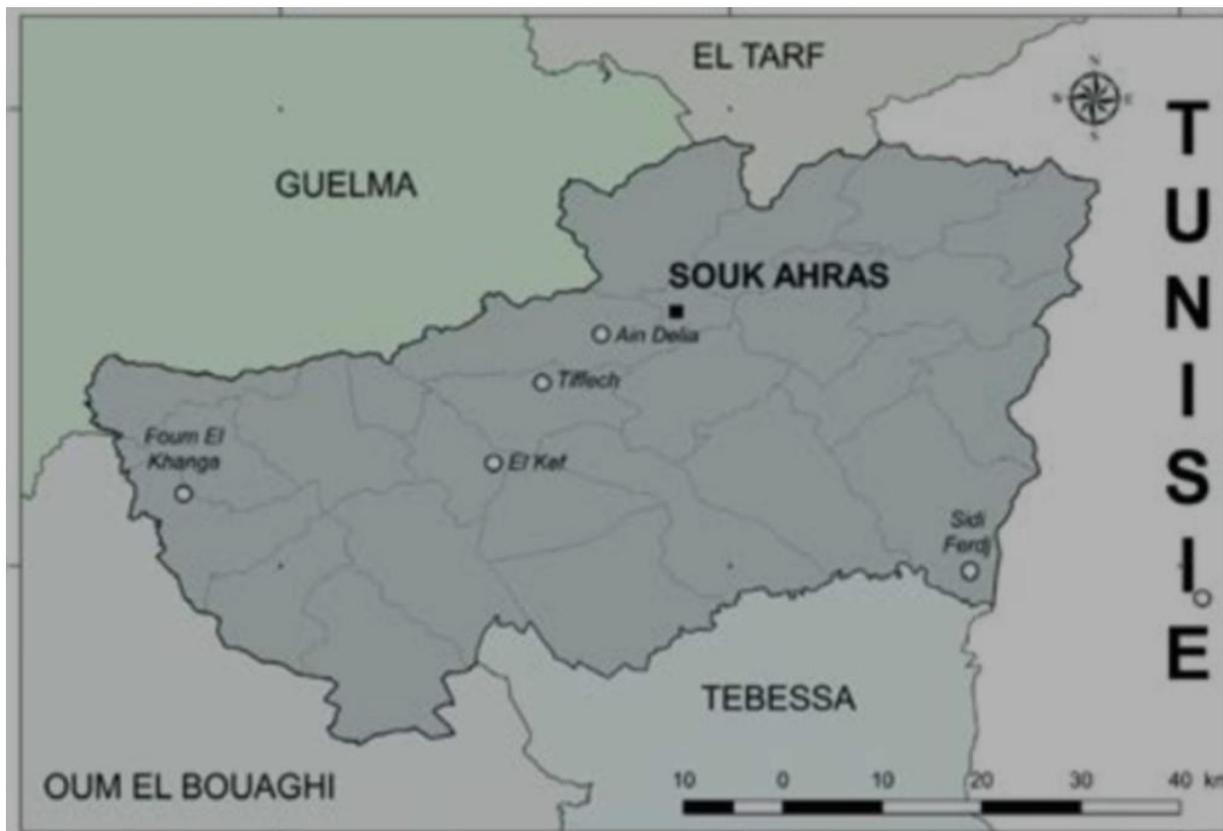


Figure I-1 : localisation géographique de la wilaya Souk-Ahras

I.2.2. Localisation géographique de la commune Zouabi :

La commune Zouabi est à 64 km de la ville Souk-Ahras, elle est limitée au nord par Ain Soltane et au sud par Bir Bouhouch et à l'est par Sedrata et à l'ouest par Ksar-Sbahi .



Figure I-2 : Localisation géographique de la commune Zouabi

I.2.3. La position de la zone d'étude (périmètre Zouabi 1) :

Le périmètre de Zouabi(secteur-1-) se trouve dans la Sud de la commune de Zouabi, la superficie de ce périmètre est 182 ha .

I.3.La situation administrative :

La wilaya de Souk-Ahras est issue du découpage administratif de 1984 et s'étend sur une superficie de 4541 km², où se concentrent quelques 446 012 habitants, actuellement elle comprend 10 dairas regroupant 26 commune.

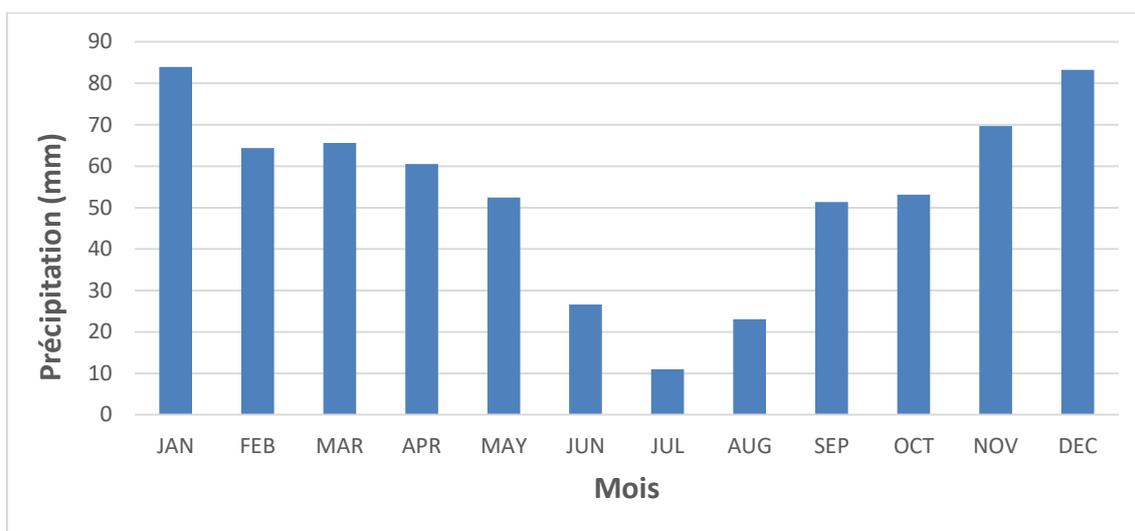


Figure I-4 : Moyennes mensuelles des précipitations

I.4.2. Température de l'air :

La température est un facteur du climat très important, dans l'étude de l'évaporation et de l'évapotranspiration. Elle permet d'étudier l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement annuel et saisonnier intervient dans le développement du rythme biologique des végétaux, la température est influencée par la mer qui se traduit par le mois le plus chaud qui est le mois d'août, alors que le mois le plus froid est le mois de janvier.

Les températures de la région d'étude sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Moyennes mensuelles des températures (Période (1981-2019))

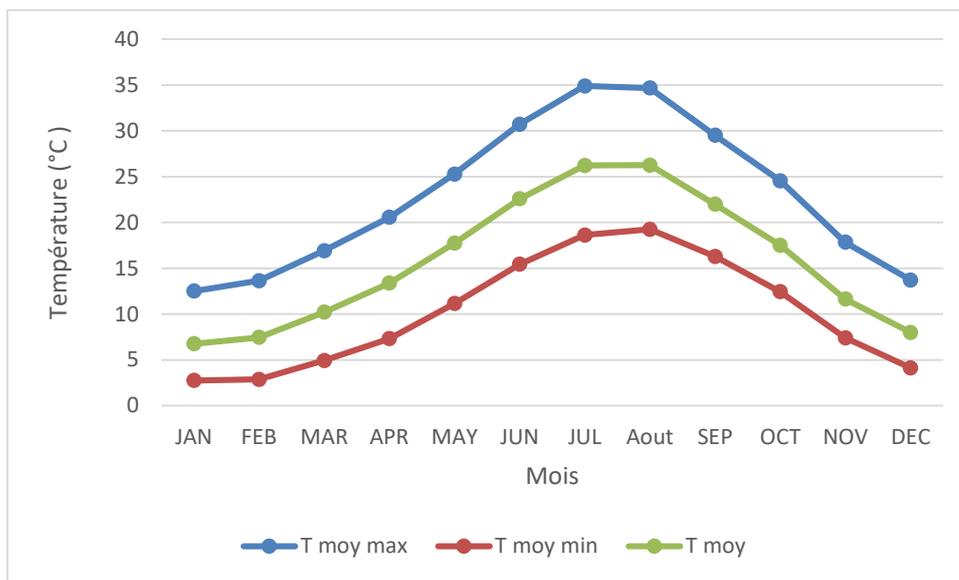
Mois	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	Aout	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyenne annuelle
T moy max(C°)	12.51	13.64	16.92	20.56	25.28	30.71	34.89	34.67	29.51	24.55	17.84	13.71	22.95
T moy min(C°)	2.75	2.87	4.93	7.32	11.14	15.44	18.62	19.25	16.29	12.44	7.40	4.13	10.25
T moy(C°)	6.76	7.45	10.20	13.37	17.74	22.57	26.22	26.25	21.99	17.50	11.64	8.00	15.85

Source:tutiempo.net

- Avec : -Tmin : Température moyenne minimal observés pour chaque mois.
- Tmax : Température moyenne maximal observés pour chaque mois.
- Tmoy : moyenne mensuelle.

D'après les résultats portés au tableau précédent ; on trouve que :

- La moyenne du mois le plus froid est de 2.75°C correspondant au mois de janvier.
- La moyenne du mois le plus chaud est de 34.89°C correspondant au mois d'Juillet.
- La température moyenne annuelle est de 15.85 °C.



FigureI-5 : Histogramme des températures

I.4.3. Humidité relative de l'air :

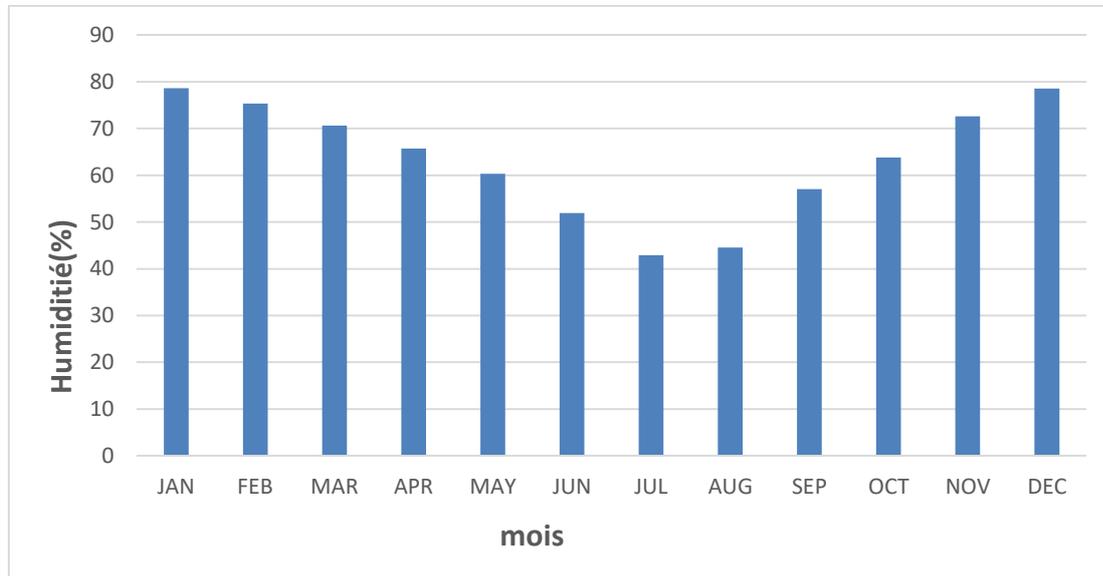
L'humidité relative de l'aire montre l'état de l'atmosphère en expliquant s'il est plus au moins Proche de la condensation, elle correspond au rapport de la tension de vapeurs réelles observées à la tension de vapeur saturante à la même température.

Tableau I.3 : Répartition mensuelles de l'humidité relative de l'air en %(Période

MOIS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Humidité (%)	78.61	75.34	70.61	65.71	60.29	51.93	42.94	44.54	57.05	63.81	72.64	78.58	63.43

Source:tutiempo.net

La valeur d'humidité relative minimale est enregistrée au mois de Juillet alors que la valeur maximale est notée au mois de Janvier (78.61%)(42.94%).



FigureI-6 : Histogramme de l'humidité relative en %

I.4.4. Vent :

Il est l'un des éléments les plus déterminants des régimes pluviaux de l'évapotranspiration et par conséquent du climat de la région.

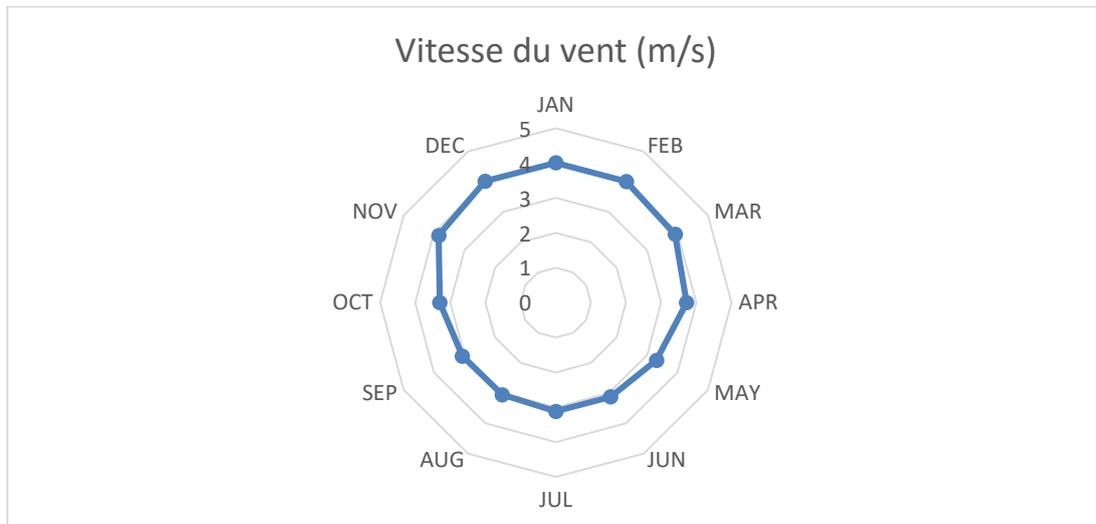
Les moyennes mensuelles des vitesses du vent déterminé à la station des salines sont données par le tableau suivant :

Tableau I.4 : Vitesse du vent (Période (1981-2019))

Mois	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	Aout	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Vitesse du vent m/s)	4.01	4.01	3.92	3.72	3.31	3.12	3.12	3.05	3.07	3.30	3.85	4.02	3.54

Source:tutiempo.net

D'après ce tableau on remarque que la vitesse la plus forte du vent est marquée aux mois de Décembre par contre la plus faible est marquée au mois d'Aout.



**Figure I-7 : moyennes mensuelles de la vitesse des vents
m/s**

I.4.5. Insolation :

Les données sur l'insolation dans la station des salines sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.5 : Durée moyenne journalière de l'insolation (Période (1981-2019))

Mois	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Insolation/jour	2.29	3.12	4.26	5.28	6.23	7.09	7.25	6.27	4.98	3.66	2.53	2.06	4.59

Source:tutiempo.net

La durée de l'insolation varie d'une valeur minimale au mois Aout de 15.96 à une valeur maximale au mois Février de 41.62.

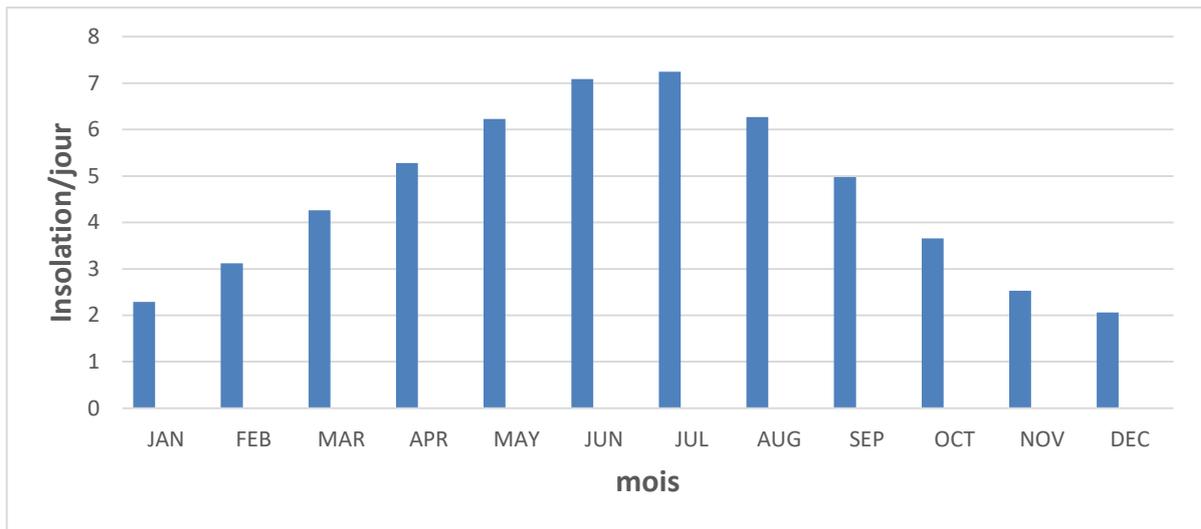


Figure I.8 : Histogramme de l'insolation

I.4.6. Indices bioclimatiques :

L'indice est une codification du climat par des formules dans le but de voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes, ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels

I.4.6.1. Indice de Martonne :

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

$$I = \frac{P}{(T+10)} \dots\dots\dots(I.1)$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C)

I : indice d'aridité

$$I = \frac{643.72}{(15.85+10)} = 24.90$$

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

VALEUR D'I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
$I \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Tableau I.6 : Classification de climat selon Martonne

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise par un climat relativement humide, et que l'irrigation est parfois utile.

I.4.6.2. Quotient pluviométrique d'Emberger (1932) :

Il s'agit selon les principes de trace au (1905) d'exprimer la sécheresse globale d'un climat en comparant la dépense en eau (évaporation et transpiration) au gain (précipitation) par le rapport (P / E) dans la quel l'évaporation est exprimée par une fonction de la température.

Expression définitive du quotient Q :

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

Où :

Q : coefficient pluviométrique d'EMBERGER

P : précipitation moyenne annuelle en(mm)

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

m : Température moyenne des minima du mois le plus froid (en °K)

$$Q = \frac{2000 * 643.72}{(34.89 + 273)^2 - (2.75 + 273)^2} = 68.63$$

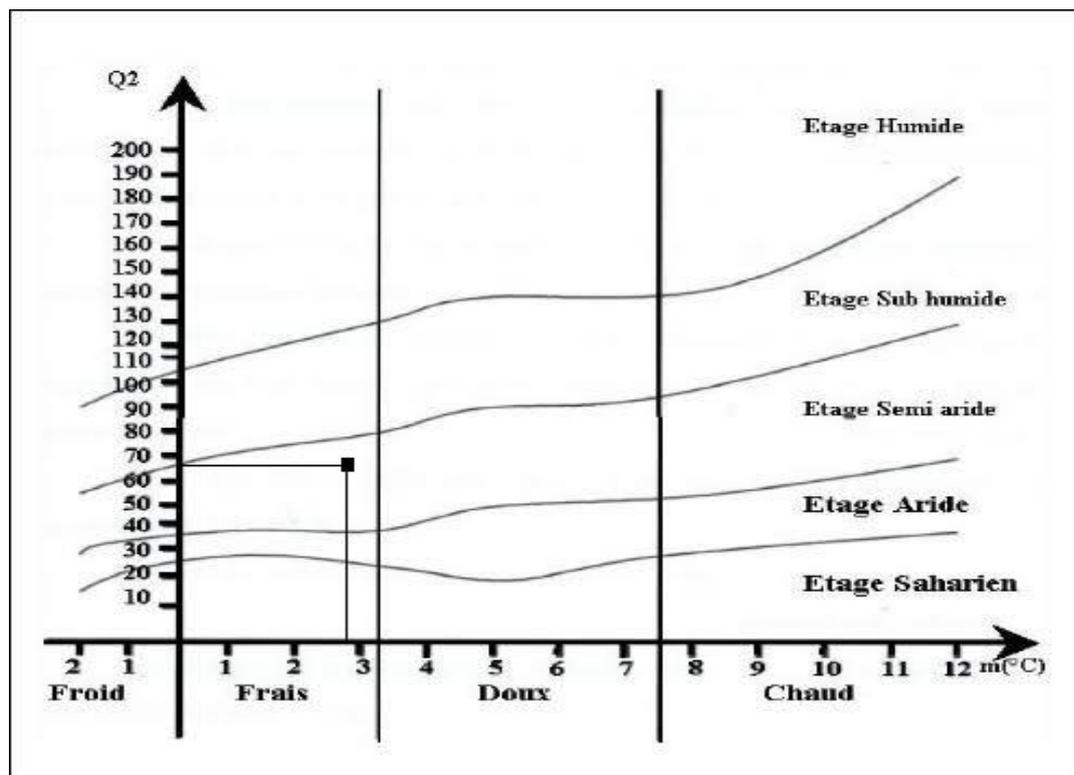


Figure I-9 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER), la valeur de $Q = 68,33 \text{ mm} / ^\circ\text{K}$ pour une température du mois le plus froid $T = 2,75 \text{ } ^\circ\text{C}$, nous donne un étage bioclimatique « Semi-aride ».

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Semi-aride.
- Sous-étage : Hiver Frais.

I.4.6.3. Indice de Gaussen et Bagnouls (1952) :

Pour connaître la succession des périodes sèches et humides durant l'année, on trace le Climogramme de Gaussen à l'aide des données climatique.

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonnée les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à la moitié de celle des précipitations. Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a la période sèche, dans le cas contraire on dit que la période est humide.

La détermination de cette période est d'une grande importance puisqu'elle permet d'identifier les périodes où l'irrigation est indispensable.

Tableau I.7 : Moyennes mensuelles de précipitations et de températures

MOIS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total annuel
Pluie (mm)	83.97	64.40	65.60	60.50	52.46	26.64	10.98	23.07	51.34	53.11	69.68	83.26	643.72
T moy (C°)	6.76	7.45	10.20	13.37	17.74	22.57	26.22	26.25	21.99	17.50	11.64	8.00	15.85

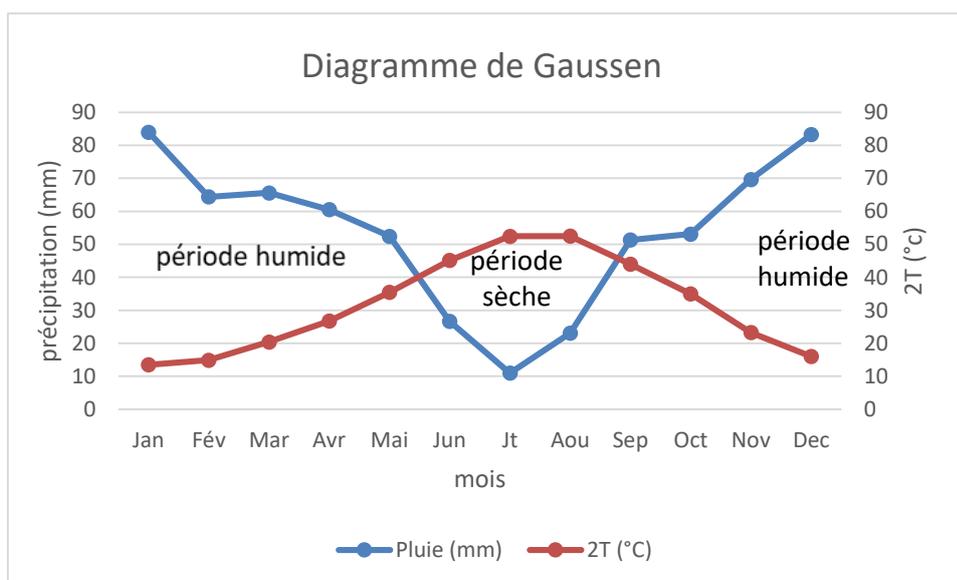


Figure I-10 : Diagramme ombrothermique de la wilaya Souk-Ahras

Discussion du diagramme :

D'après la courbe on distingue deux zones : une zone humide et une zone sèche. La zone humide s'étale du mois Octobre jusqu'au mois Mai, alors que la zone sèche s'étale du mois Juin jusqu'au mois Septembre. Enfin on peut dire que le climat de notre région est situé dans un étage semi-aride.

I.6.Conclusion:

. D'après l'examen des données climatologiques mesurés et le calcul de l'indice d'aridité et suite à l'interprétation nous avons constatés ce qui suit :

- Le climat de la zone d'étude est de type SEMI-ARIDE et Hivers Frai.
- Une saison humide du Novembre à Avril.
- Une saison sèche du Mai à octobre.
- Des précipitations avec des quantités appréciables durant les périodes d'automne au printemps qui sont les plus importantes pour l'agriculture.
- La vitesse du vent dans la région montre une stabilité tout au long de l'année.

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

II.1. Introduction :

Le but de ce chapitre est d'étudier la pédologie et la qualité de sol, ses différentes classes, texture et structure et les aptitudes culturales pour bien choisir les techniques d'irrigation et les cultures à mettre en place.

La source d'eau disponible est la retenue de Fom El Khanga, on va étudier la qualité d'eau de cette retenue.

Une étude hydrologique est nécessaire pour avoir déterminé l'année de calcul que l'on a besoin pour le calcul des besoins des cultures.

II.2. Ressource en sol (étude pédologique):

La pédologie est la science qui étudie les sols, c'est une branche de la géologie appliquée. Le pédologue est le spécialiste de l'étude des sols. Elle est nécessaire dans chaque projet d'aménagement agricole.

❖ : But de l'étude pédologique

- Préciser la fonction hydrodynamique du sol et connaître son pouvoir d'épuration et d'élimination des eaux.
- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié à assurer un bon développement des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement.
- Choisir les techniques d'irrigation les plus adaptées aux conditions du sol et de culture.

II.2.1. Classification des sols du périmètre Zouabi :

Les sols contrôlés dans le cadre de l'étude sont localisés en totalité à Zouabi. La superficie du périmètre entier concerné par l'étude pédologique est de 1275 ha.

Deux grandes classes de sols ont été définies :

- **Des sols calcimagnésiques :**

Les roches calcaires ou magnésiennes, quand elles libèrent des quantités suffisantes de calcaire actif sont à l'origine des sols calcimagnésique, encore appelés sols calcimorphes. Ils présentent les caractéristiques suivantes : lourds, profonds, compacts en profondeur et vulnérables au tassement et des sols légers.

On distingue généralement trois types de sols calcimagnésique sont :

- Les rendzines.
- Les sols bruns calcaires.
- Les sols humo calcaires.

- **Les sols peu évolués**

Les sols peu évolués sont des sols jeunes qui se distinguent par une faible altération des minéraux et une faible teneur en matière organique laquelle se superpose généralement au substrat minéral sans former de complexe organo-minéraux.

II.2.2. Analyse physico-chimique des sols :

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire de l'**INSID** (sis a Oum El Bouaghi) nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol.

- **Texture des sols :** Les sols étudiés se caractérisent par une texture limoneuse, argilo-limoneuse, fine et très fine, rarement moyenne grossière.
- **Salinité des sols :** La salinité du sol est une contrainte pour le développement et la croissance des cultures, vu son faible degré, qui est inférieur à 2 mmhos/cm, ce qui représente un faible risque sur la majeure partie des sols examinés.
- **Teneur en matière organique :** les analyses ont donné des valeurs irrégulières dans les premiers horizons, elle varie entre 0,15 à 3%.

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

Tableau II.1 : L'analyse des profils au laboratoire

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35	35-80	80-120
Granulométrie	Argile %	35,20	32,50	30,60
	Limon fin %	18,25	18,20	20,10
	Limon grossier %	9,50	12,45	11,36
	Sable fin %	20,60	18,20	26,89
	Sable grossier %	16,45	18,65	10,96
Matière organique	Matière organique %	1,45	0,56	0,39
	Carbone C ‰	8,55	3,3	2,3
	Azote N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52	2,04	1,39
Solution du sol	pH Eau	7.3	7.4	7.5
	C.E. mmhos/cm	0,1	0,05	0,11

Source : INSID Oum El Bouaghi

II.2.3. Interprétation et valeur agronomique des sols :

D'après les résultats des analyses des échantillons prélevés, les sols de ce périmètre présentent :

- Une texture granulométrique équilibrée, argilo-limono.
- Des teneurs très très faibles de calcaire actif
- Un pH légèrement alcalin
- Une fertilité chimique moyenne dans l'ensemble.
- Une très faible conductivité électrique (salinité).

Il apparaît donc qu'es sols de ce périmètre représentent des propriétés physico-chimiques favorables et ne présentent aucune contrainte majeure à leur mise en valeur. Néanmoins certains travaux doivent être préconisés, dont des amendements organique et minéraux afin d'améliorer la fertilité chimique, le défoncement et l'épierreage avant toute mise en culture.

Quant aux choix des cultures, une large gamme de spéculations en irrigué ou en sec est possible à condition qu'elles soient adaptées aux conditions édapho-climatique locales.

Source : BNEDER-Cheraga

II.2.4. Aptitudes culturales des sols :

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractères morphologiques des sols (profondeur essentiellement) et leur position topographique sans tenir compte de la ressource en eau. Ainsi la détermination est établie en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité :

a. Arboriculture :

De façon générale, les sols présentent de bonnes aptitudes pour les espèces suivantes : l'olivier, l'amandier, le figuier. Certains sols présentent des aptitudes moyennes (voir mauvaises) pour l'arboriculture fruitière irriguée tels que le pommier, le poirier et la vigne

b. Cultures céréalières et fourragères :

Les sols présentent de bonnes aptitudes à moyennes pour les cultures suivantes : La luzerne, le bersim, le Sorgho, le maïs, le blé et l'orge.

c. Cultures maraichères :

De façon générale, les sols présentent de bonnes aptitudes pour les cultures telles que : la tomate, la pomme de terre. La carotte, le navet, le chou-fleur, les cucurbitacées, le piment, le poivron, l'ognon et l'ail.

:II.3. Resource en eau

- **Ressources effectivement disponibles :**

Le barrage d'Oued El Charef est un barrage en enrochement en terre, de 60 m de hauteur hors sol avec la cote de la retenue normale à 745 et la cote de la retenue maximale à 750. La cote du barrage se situe à la cote 752, sa largeur étant de 9 m. Le barrage a été construit par la Société COSIDER dans la période 1987-1995.

Le volume total de la retenue à la cote normale est voisin de 150Hm³, sa surface étant de 12Km².

II.3.1. Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :

Pour garantir le bon développement des plantes, et éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement et le système d'irrigation lors d'un aménagement hydro-agricole il faut vérifier la qualité de l'eau, pour cela il faut vérifier certains facteurs les plus importants qui sont :

- Le pH
- Risque de Salinité
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR)
- Carbonate et bicarbonates
- Anions toxiques

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés à la station hydrométrique, les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont données par le tableau suivant:

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

Les éléments	Les valeurs
⁺⁺Ca (mg/l)	137.13
⁺⁺Mg (mg/l)	54.61
⁺Na (mg/l)	390.57
⁻Cl (mg/l)	575.04
NH₄ (mg/l)	0.18
PO₄ (mg/l)	0.03
NO₃ (mg/l)	4.35
K (mg/l)	9.01
PH	7.76
CO₃ (mg/l)	0
HCO₃ (mg/l)	175.97
CONDUCTIVITE (µs/cm)	284.90

RS (mg/l)	1 815.26
MES (mg/l)	20.64
NO2 (mg/l)	0.13
Turbidité(FTU)	3.16

Source : ANRH-Alger

La classification des eaux d'irrigation proposé par l'US « Salinity Laboratory » est basée sur deux paramètres :

- .La Conductivité électrique CE
- Le rapport d'absorption du Sodium SAR.
 - **:La salinité**
- La salinité est l'un des éléments les plus intéressants à évaluer pour l'eau d'irrigation, elle représente la quantité des sels dissouts en eau sous forme d'ions.
- L'accumulation de ces sels hydrosolubles dans le sol d'enracinement influe négativement sur la croissance des plantes.
- La salinité est déterminée à partir de la mesure de la conductivité électrique exprimée en dS.m^{-1} ou en mmho.cm^{-1} à 25 °C.
- « À partir de ce mode d'expression l'US « Salinity Laboratory à (1953) établi un classement des eaux d'irrigation en cinq classes de salinité qui se présentent ainsi:

Tableau II.3 : Classification de la salinité des eaux selon la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux
C1	0 à 0.25	Eau faiblement salée
C2	0.25 à 0.75	Eau moyennement salée
C3	0.75 à 2.25	Eau moyennement à fortement salée
C4	2.25 à 4	Eau fortement salée
C5	4.00 à 6.00	Eau très fortement salée

Source: University of California Commutes of Consultants,1974

L'eau de barrage Fom El Khanga prévue pour l'irrigation du périmètre ont une conductivité électrique $CE = 0.28$ mmhos/cm donc l'eau est moyennement salée (classe C2). Ce qui présente un risque moyen, et convient pour les plantes moyennement tolérantes.

○ **L'alcalinité :**

Le danger d'alcalinisation est évalué à partir du rapport entre les concentrations de sodium, de calcium et de magnésium, rapport obtenu à partir de l'équation de Gapon (1933) proposée par l'US « Salinity Laboratory » (1953) sous l'appellation sodium-adsorption ratio (SAR) que l'on peut traduire par le rapport de sodium adsorbé et qui décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

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

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

Les recherches à partir du SAR ont abouti à la classification des eaux d'irrigation en quatre classes d'alcalinité:

Tableau II.4 : Classification de l'alcalinité des eaux selon le SAR

Classe	SAR	L'alcalinité
S1	0 à 10	Eau faible en sodium
S2	10 à 18	Eau moyenne en sodium
S3	18 à 26	Eau riche en sodium
S4	26 <	Eau très riche en sodium

Tableau II.5 : Calcul de SAR

Les éléments	mg/l	méq/l	SAR
⁺ Na	390.57	16.98	7.11
⁺⁺ Ca	137.13	6.86	
⁺⁺ Mg	54.61	4.55	

On trouve la valeur de SAR=7.11, appartient à la classe (S1) eau faible en sodium elle peut être utilisée sur presque tous les sols avec un faible danger d'accumulation de quantité nocive de sodium échangeable ; très peu de danger d'alcalinisation.

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation proposé par l'US Salinity Laboratory », on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible (C2-S1)

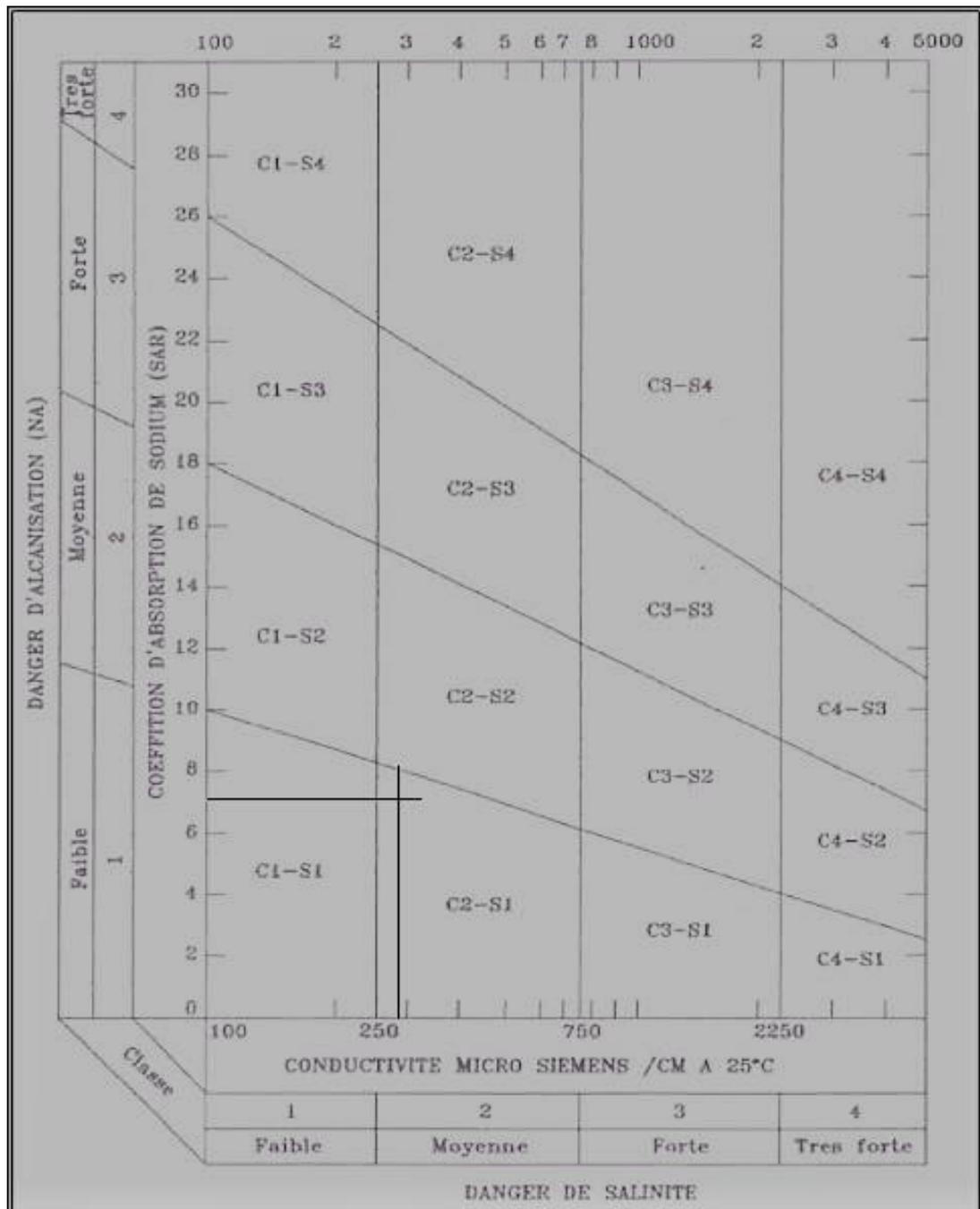


Figure II.1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

II.4. Etude hydrologique :

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, le but du présent volet est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro hydro-agricole.

L'étude consiste à

- .Homogénéisation des séries pluviométrique
- L'étude fréquentielle de la série pluviométrique par des lois statistiques, et la détermination l'année de calcul.

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles d'une durée d'observations de 43 ans (1973-2015) La station pluviométrique choisie est celle de Bouguirat qui est proche du périmètre d'étude, et gérée par l'ANRH elle présente les caractéristiques suivantes :

Tableau II.6 : Caractéristiques météorologique de MDAOUROUCH

Station	Code	Latitude	Longitude	Altitude
MDAOUROUCH	120403	30°10	7°82	870 m

La série pluviométrique de la station de Bouguirat est donnée dans le tableau suivant:

Tableau II.7 : La série pluviométrique de la station de MDAOUROUCH

ANNEE	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1973	1	1.3	1	15.6	11.5	5.7	16.2	4.2	3.3	3.5	0.5	5	68.8
1974	18.1	25.3	0	21	4.5	0.1	8.6	14.2	12.8	0	0	0	104.6
1975	0.8	17.1	0	10.5	81.5	105.2	22.3	24	24.6	11.5	16.4	0	313.9
1976	64.9	45.7	8.2	6.9	124	21.7	31.5	107.2	14	19.9	0.6	0	444.6
1977	70.3	57.8	0	39.5	65.3	35.7	190.9	50.4	0	36.5	0	0	546.4
1978	0	21.2	2.4	73.9	0	58.5	27.9	31.9	3.2	0	0	0	219
1979	5.5	22	17.3	17.3	8.6	99.2	35.3	25.2	20.8	0	0.1	9.8	261.1
1980	49.6	3.3	38.7	30.5	17.6	36.6	74.5	27.8	94.6	45.7	28.8	14.2	461.9
1981	44.3	75.4	123.6	34.5	20.1	7	21.5	85.4	87.6	12.2	2	57.7	571.3
1982	12.8	16.3	77.4	0	23.5	50.8	33.4	91.6	10	12.7	0	34.9	363.4
1983	0	37.8	8.2	29.6	15.5	48.8	29.2	103.6	35.4	32.7	0	0	340.8
1984	73	53.6	55.6	0	32	29	75.7	31	44.9	2	0	8.2	405
1985	43.4	0	31.5	97	63	47	10	31.9	16	19.8	4	4	367.6
1986	24	12	8	28	38	53	34	73.5	71	9	8	5	363.5
1987	24.5	40	51	0	12.2	10	39.5	2	16.5	32	2	5	234.7
1988	4	15.5	50	22.5	25	27	46	21	0	3	0	49	263
1989	38.5	53.5	3	101.5	20	11	21	18	44.6	0	0	0	311.1
1990	23	1.6	4	0	2.6	17	64	12	3	0	0	8	135.2
1991	28	71.7	28.2	70.5	15.3	50	49.5	25.2	69.5	0	4	15.8	427.7

1992	0	19	26.9	30.6	28.5	19.8	32.3	25.6	34.6	27.4	10.5	1	256.2
1993	2	18.5	23.2	59.5	7.8	5.3	16	26.2	15.2	39.5	8.8	7.2	229.2
1994	62	16.8	6.4	2	48.6	0	17.3	14.5	23.6	0	4	28.3	223.5
1995	2	5.4	56	73.4	57.6	29.2	60.6	65	42.1	4.4	0	0	395.7
1996	20	54.7	23.5	8.7	23.3	75	19.7	82.1	125.3	36.3	36.7	13.6	518.9
1997	0	10.8	53	78.6	16.9	34.1	19.2	12.9	55.1	6.6	0	4.1	291.3
1998	0	9.2	15.1	48.8	33.1	44.3	9.3	18	6.5	0	16.6	0	200.9
1999	10.1	37.2	0	13.4	44.8	0	33.1	31.5	0	58.1	1	14.3	243.5
2000	108.2	31.1	6.7	18.1	36.5	126.5	46.8	46.7	45.2	10.3	0	3.6	479.7
2001	13.8	0	4.5	4	35.3	9.9	16.6	41.9	7.6	10.2	12.3	22.3	178.4
2002	48.1	16.8	71.9	79	18.4	31.5	23.2	47.7	19.4	10.2	0	5.2	371.4
2003	41.6	26.9	76.7	11.2	46.6	23.3	49.4	8.2	19	12.8	28.1	18.2	362
2004	29.9	0	26.2	50.8	4.2	3	24.6	12.8	79.3	48.2	0	17.3	296.3
2005	26	46.7	0	9.3	80.7	51.2	37.1	30.8	51.5	0	0	5.4	338.7
2006	71.5	17.2	17.6	11.4	6.9	4	0	17.4	41	5	22.8	26.8	241.6
2007	2.1	35.2	101.3	78	213.4	44.1	10.5	103.3	43.2	0	29.6	39.3	700
2008	26.6	44.2	7.6	83.8	45.8	6.2	30.8	35.1	101.5	55.9	4.1	15.7	457.3
2009	37.9	23.2	118.4	131.9	61.5	37.6	7.4	36.2	0	3.2	21.8	28.8	507.9
2010	0	0	5.1	69.4	80.6	27.4	29.9	26.7	40	6.2	14.6	27.3	327.2
2011	48.5	7.2	9.3	54.7	15.4	26.6	120.1	53.3	8.4	42.9	0	7.8	394.2
2012	32.3	25.6	6.2	32.2	8.2	0	33.2	9.2	54.7	8.1	0	27.2	236.9
2013	42.9	49.4	18.4	50.5	55.8	27.8	72.8	96.7	21.9	0	0	69.6	505.8
2014	50.6	19.3	0	10.7	48.7	34.3	37.9	71.8	31.2	17.2	0	16.1	337.8
2015	11.8	6.2	99.9	4.4	20.8	132.1	26.1	45.3	59.2	61.1	8.1	4.2	479.2

Source : ANRH-Alger

II.4.1. Homogénéisation des séries pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au test de Wilcoxon:

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N1 et N2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N1 > N2$
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissante. a ce stade , on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

M'Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée :

$W_{min} < W_y < W_{max}$ tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l}
 W_y = \sum \text{Rangs de la série (Y)} \dots\dots\dots (II.2) \\
 W_{min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_2 - 1}{2} \right) - 1.96 \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \dots\dots\dots (II.3) \\
 W_{max} = \left((N_1 + N_2 + 1)N_2 - W_{min} \right) \dots\dots\dots (II.4)
 \end{array} \right.$$

On prend : $N_1=25$ et $N_2=18$

Le tableau suivant détaille le procédé de test d'homogénéité des pluies de notre station :

Tableau II.8 : Test d'homogénéité

Rang	La Série P (mm)	Série X (mm)	Série Y (mm)	Décroissant (mm)	X union Y
1	68.8	68.8	200.9	700	Y
2	104.6	104.6	243.5	571.3	X
3	313.9	313.9	479.7	546.4	X
4	444.6	444.6	178.4	518.9	X
5	546.4	546.4	371.4	507.9	Y
6	219	219	362	505.8	Y
7	261.1	261.1	296.3	479.7	Y
8	461.9	461.9	338.7	479.2	Y
9	571.3	571.3	241.6	461.9	X
10	363.4	363.4	700	457.3	Y
11	340.8	340.8	457.3	444.6	X
12	405	405	507.9	427.7	X
13	367.6	367.6	327.2	405	X

14	363.5	363.5	394.2	395.7	X
15	234.7	234.7	236.9	394.2	Y
16	263	263	505.8	371.4	Y
17	311.1	311.1	337.8	367.6	X
18	135.2	135.2	479.2	363.5	X
19	427.7	427.7		363.4	X
20	256.2	256.2		362	Y
21	229.2	229.2		340.8	X
22	223.5	223.5		338.7	Y
23	395.7	395.7		337.8	Y
24	518.9	518.9		327.2	Y
25	291.3	291.3		313.9	X
26	200.9			311.1	X
27	243.5			296.3	Y
28	479.7			291.3	X
29	178.4			263	X
30	371.4			261.1	X
31	362			256.2	X
32	296.3			243.5	Y
33	338.7			241.6	Y
34	241.6			236.9	Y
35	700			234.7	X
36	457.3			229.2	X
37	507.9			223.5	X
38	327.2			219	X
39	394.2			200.9	Y
40	236.9			178.4	Y
41	505.8			135.2	X
42	337.8			104.6	X
43	479.2			68.8	X

D'après les calculs on trouve :

$$W_y = 362$$

$$W_{\min}=315.88 \quad \text{et} \quad W_{\max}=476.12$$

$$315.88 < 362 < 476.12$$

Donc la condition de **Wilcoxon** est vérifiée et la série est homogène.

II.4.2. L'étude fréquentielle de la série pluviométrique :

Les séries pluviométriques peuvent être ajustées par de nombreuses lois statistiques, pour notre projet on utilise celles qui garantissent le meilleur ajustement possible

Les lois d'ajustement les plus utilisées sont les suivantes:

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Gibrat-Galton ou loi log normale.

II.4.2.1. Traitement des données:

La simulation avec le logiciel HYFRAN nous donne les résultats :

Nombre d'observation	Minimum	Maximum	moyenne	Ecart-type	Médiane	Cv
43	68.8	700	343.66	132.31	338.7	0.38501

Tableau II.9 : Traitement des données avec logiciel HYFRAN

II.4.2.2. Ajustement à la loi normale :

La méthode de Gauss consiste à:

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Classer les fréquences des valeurs observées par la formule:

$$F_{(n)} = \frac{n-0.5}{N} \dots\dots\dots(II.5)$$

Avec:

n : Numéro d'ordre

nombre d'années observées N :

- Calculer la moyenne arithmétique: $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$
- Calculer l'écart type: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ pour $n > 30$
- Calculer la variable réduite de Gauss: $U = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$
- Calculer le coefficient de variation: $C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}}$
- L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien:

$$X_p = \bar{X} + \sigma \times U_p$$

Avec:

X_p : Précipitation .

U_p : Variable réduite de Gauss

\bar{X} : Moyenne arithmétique

σ : Ecart type

Tableau II.10 : Ajustement à la loi normale

T	q	Xt	Ecart type	Intervalle de confiance(95 %)
10000.0	0.9999	835.74	57.357	723.30 - 948.18
2000.0	0.9995	779.06	51.614	677.88 - 880.25
1000.0	0.9990	752.57	48.966	656.57 - 848.56
200.0	0.9950	684.52	42.312	601.57 - 767.47
100.0	0.9900	651.52	39.185	574.70 - 728.33
50.0	0.9800	615.45	35.869	545.13 - 685.77
20.0	0.9500	561.34	31.165	500.24 - 622.43
10.0	0.9000	513.24	27.377	459.57 - 566.91
5.0	0.8000	454.99	23.552	408.82 - 501.16
3.0	0.6667	400.59	21.112	359.20 - 441.98
2.0	0.5000	343.66	20.177	304.10 - 383.21
1.4286	0.3000	274.32	21.549	232.08 - 316.57
1.2500	0.2000	232.32	23.552	186.15 - 278.49
1.1111	0.1000	174.07	27.377	120.40 - 227.74
1.0526	0.0500	125.98	31.165	64.880 - 187.07
1.0204	0.0200	71.863	35.869	1.5461 - 142.18

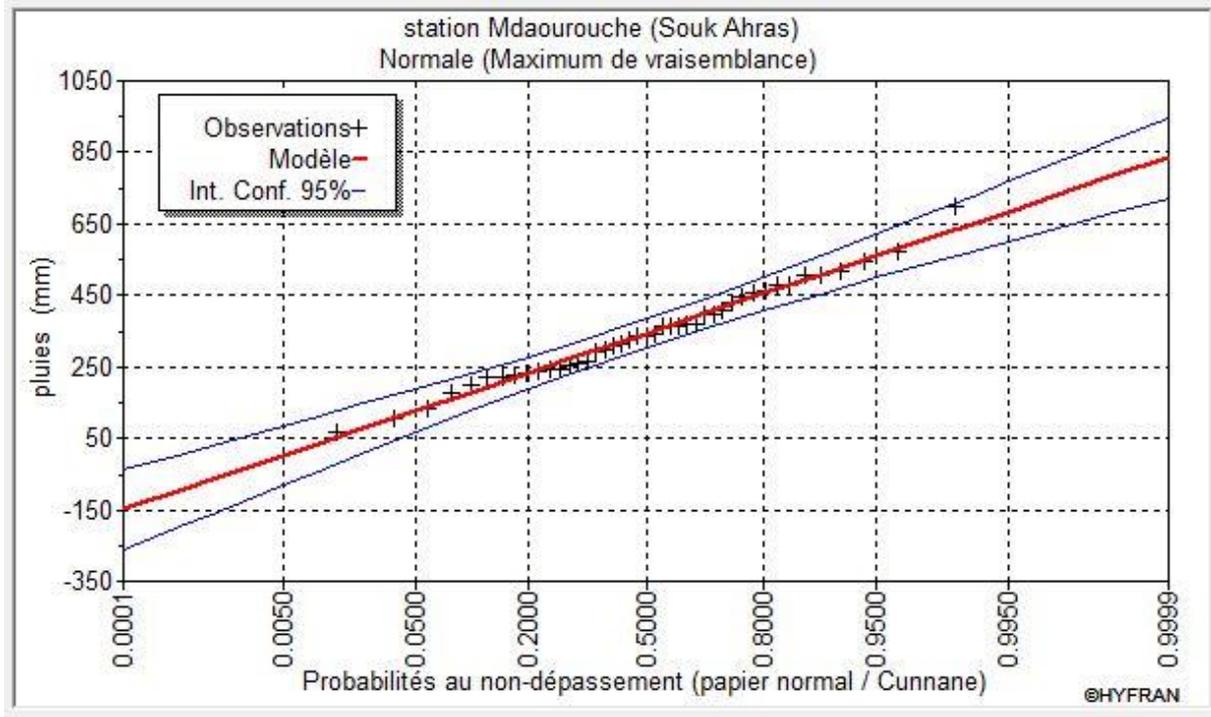


Figure II.2: courbe d'ajustement à la loi normale

III.4.2.3. Ajustement à la loi log-normal :

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

- Les données statistiques des pluies sont rapportées à l'échelle log-normale.
- L'équation de la droite de Galton s'écrit comme suit:

$$\text{Log}(X_p) = \overline{\text{Ln}(X)} + \sigma \times \text{Log}(U_p) \dots \dots \dots (\text{II.6})$$

Avec:

X_p : Précipitation probable

$\overline{\text{Log}(X)}$.Moyenne arithmétique du log des précipitations observées :

δLn La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique :

sa formule s'écrit comme suit:

$$\delta \text{Log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)})^2} \quad \text{si } n < 30$$

$$\delta \text{Log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)})^2} \quad \text{si } n \geq 30$$

$U_p\%$: variable réduite de Gauss

Tableau II.11 : Ajustement à la loi log normale

T	Q	Xt	Ecart type	Intervalle de confiance(95 %)
10000.0	0.9999	1710.0	337.17	1049.0 - 2371.0
2000.0	0.9995	1407.3	249.70	917.80 - 1896.8
1000.0	0.9990	1284.8	216.27	860.83 - 1708.8
200.0	0.9950	1016.8	147.90	726.88 - 1306.8
100.0	0.9900	907.76	122.28	668.05 - 1147.5
50.0	0.9800	801.91	98.878	608.07 - 995.75
20.0	0.9500	665.79	71.328	525.96 - 805.62
10.0	0.9000	564.33	53.111	460.21 - 668.45
5.0	0.8000	461.92	37.398	388.60 - 535.23
3.0	0.6667	383.13	27.806	328.62 - 437.64
2.0	0.5000	315.03	21.851	272.19 - 357.86
1.4286	0.3000	248.22	18.388	212.17 - 284.27
1.2500	0.2000	214.85	17.395	180.75 - 248.95
1.1111	0.1000	175.86	16.551	143.41 - 208.30
1.0526	0.0500	149.06	15.969	117.75 - 180.37
1.0204	0.0200	123.76	15.260	93.843 - 153.67

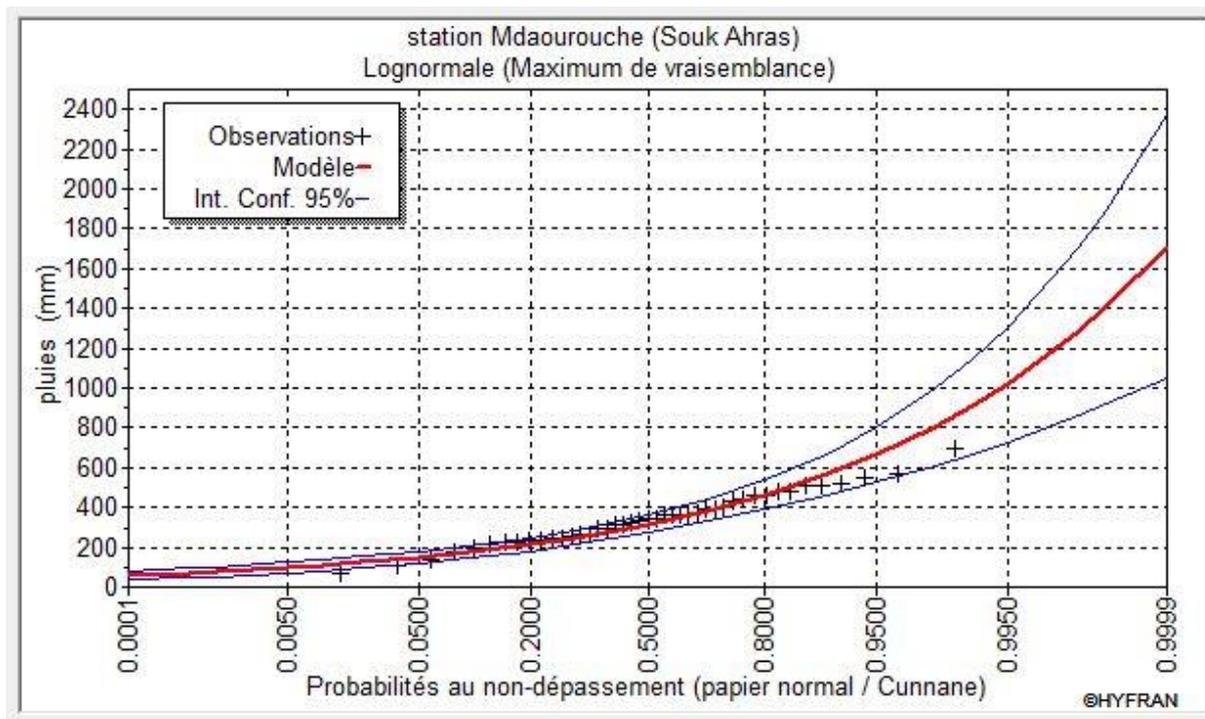


Figure II.3 : Courbe d'ajustement à la loi log normale

- **Test de validité d'un ajustement :**

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

Ce test permet de juger la qualité de l'ajustement d'une distribution théorique à une distribution expérimentale

A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats suivants:

Tableau II.12 : Test du Khi-carré (χ^2)

	Loi normale	Loi log-normale
χ^2 calculée	2.84	9.53
degré liberté	6	6
χ^2 théorique	12.59	

χ^2 calculée < χ^2 theorique

Après l'examen d'ajustement sur les deux lois, il en résulte que la loi normale s'ajuste mieux à la série des pluies annuelles pour la station de Mdaourouch.

II.4.2.4. Détermination l'année de calcul

Le but principal de la détermination de l'année de calcul, est de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, c'est une fraction de la pluie efficace(pluie de probabilité 80%)

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante:

$$P_{i,80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i,\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique } 80\% (\text{annuel})}}{P_{\text{théorique } 50\% (\text{annuel})}} \dots \dots \dots (\text{II.9})$$

$$P_{80\%} = 232.32 \text{ mm}$$

$$P_{i,80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i,\text{moy de chaque mois}} \times \frac{232.32}{343.66}$$

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

Tableau II.13 : La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{i,\text{moy}}$	28.22	25.39	29.81	37.52	37.67	35.03	37.32	40.44	34.82	16.37	6.64	14.42
$P_{\text{sec } 80\%}$	19.19	17.26	20.27	25.51	25.61	23.82	25.38	27.50	23.68	11.13	4.51	9.80

II.5. Conclusion :

L'analyse de la qualité de sol nous montre que notre sol ne présente pas des problèmes et peut recevoir toute la gamme des cultures possible.

On ressort que le barrage du Fom El Khanga est la seule source d'irrigation pour notre périmètre.

La moyenne salinité ainsi le faible degré d'alcalinité de l'eau du Foum El Khanga (Souk Ahras) nous montre que cette eau est de bonne qualité, donc elle est utilisable dans les conditions normales pour l'irrigation.

D'après l'étude hydrologique, le test de KHI carrée nous a montré que le meilleur ajustement pour la série pluviométrique est l'ajustement à la loi de Gausse (loi normale), ce qui nous a permis d'estimer les pluies qui nous a servi à dimensionner le réseau d'irrigation.

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

III.1. Introduction :

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

Le calcul des besoins en eau d'irrigation est essentiel pour l'exploitation optimale d'un système d'irrigation. Il permet de prévoir la quantité d'eau à distribuer aux usagers et permet aussi de planifier l'utilisation des ressources hydriques.

Les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation doivent satisfaire divers types de besoins au niveau des champs. Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

III.2. Occupation des sols et choix des cultures :

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique). Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivant :

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

D'après les résultats de l'étude pédologique et climatique et la qualité d'eau d'irrigation, les cultures qu'on peut mètres en place sont :

- **La céréaliculture** : Blé, Orge
- **Cultures fourragère** : vesce avoine
- **Maraichages** : Tomate, Pomme de terre, Courgette,
- **L'arboriculture** : Orange, Olivier.

III.3. Besoin en eau de périmètre :

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci.

C'est donc la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'ajouter aux précipitations pour un production agricole optimale. Et elle est calculée par la formule suivante:

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU) \dots \dots \dots (III.1)$$

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

E.T.M: évapotranspiration maximal (mm/jour).

RFU : réserve facilement utilisable.

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

Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente.

Z : profondeur d'enracinement.

Hcc : humidité à la capacité au champ

Hpf : humidité au point de flétrissement

Pef : pluie efficace

Peff=A. Pluie moy ; ou A=0,8à0,9 (pour notre cas on va prendre A=0,8)

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

Figure III.1 Caractéristique hydrique de quelque sol

- D'après les résultats d'analyse du sol dans notre zone on prend la valeur de

$$(HCC-HPF) = 15 \%$$

- Et d'après les analyses des profils la densité apparente de notre sol on prend

$$D_a = 1.4 \text{ g/cm}^3.$$

III.3.1. L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, $\text{m}^3/\text{ha}/\text{jour}$, en $\text{m}^3/\text{ha}/\text{mois}$, ou en $\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours ou par mois ou par ans.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET_0) à et l'évapotranspiration maximale (ET_M)

III.3.1.1. L'évapotranspiration de référence (ET_0) :

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autre ment dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d'évapotranspiration d'une surface du gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont s'orientés vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe qu'elle région.

Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

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

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé ; CROPWAT version 8, qui permet au passage, l'évaluation de

l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de Penman-Monteith.

● **Méthode de Penman-Monteith :**

En Angleterre, précisément en 1948, Mrs Pen man et Monteil a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Elle est définie comme suit:

$$ET_0 = C \times [W \times R_n + (1 - W) \times F(u) \times (e_a - e_d)] \dots \dots \dots (III.2)$$

Où :

C : facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

ET : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

R_n : Rayonnement net en évaporation qui valent, exprimé en mm/jour.

F(u) : Fonction liée au vent.

e_a : Tension de vapeurs saturante à la température moyennedel'air, en millibars.

e_d : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence (e_a – e_d) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

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

- les coordonnées géographiques de la station météorologique
- températures moyennes mensuelles (°C).
- précipitation moyenne mensuelle(mm).
- humidité relative moyenne mensuelle (%).
- vitesse moyenne mensuelle du vent (km/jours).
- durée d'insolation moyenne mensuelle(heure/j).

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : L'évapotranspiration de référence ET₀ calculés

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	ET ₀	ET ₀
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/day	mm/month
January	2.8	12.5	79	4	2.3	6.4	1.54	47.63
February	2.9	13.6	75	4	3.1	8.8	2.01	56.14
March	4.9	16.9	71	3.9	4.3	12.5	2.83	87.87
April	7.3	20.6	66	3.7	5.3	16.2	3.88	116.49
May	11.1	25.3	60	3.3	6.2	18.9	5.01	155.18
June	15.4	30.7	52	3.1	7.1	20.7	6.28	188.34
July	18.6	34.9	43	3.1	7.3	20.7	7.27	225.37
August	19.3	34.7	45	3.1	6.3	18.1	6.71	207.86
September	16.3	29.5	57	3.1	5	14.2	4.8	144.09
October	12.4	24.6	64	3.3	3.7	10.2	3.43	106.37
November	7.4	17.8	73	3.9	2.5	7	2.2	65.9
December	4.1	13.7	79	4	2.1	5.7	1.55	47.93

III.3.1.2. L'évapotranspiration maximale (ET_M) :

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à un l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation

L'évapotranspiration maximale ou réelle (ET_M) est calculée comme suit :

$$ET_M = K_c * ET_0 \dots\dots\dots(III.3)$$

K_c : Coefficient cultural, dépendant du type de la culture et de son stade de développement ,et des conditions climatiques qui y règnent.

Tableau III.2 : les valeurs du coefficient Kc des cultures

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
blé	0	0	0.3	0.35	0.45	0.55	0.6	1.05	1.1	0.6	0	0
tomate	0	0	0	0	0	0	0.5	0.9	1.05	1.15	0.7	0
P. terre	0	0	0	0	0	0	0.75	1.1	1.2	0.7	0	0
Orge			0.3	0.4	0.55	0.9	1.05	1.1	0.6			
courgette	0.85									0.5	0.75	0.85
vesce avoine	0	0.6	0.9	1	0.95	0.8	0.8	0	0	0	0	0
orange	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
olivier	0.95	0.95	0.95	0.89	0.81	0.73	0.50	0.50	0.50	0.59	0.74	0.89

III.3.2. La pluie efficace :

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations qui contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation en profondeur. Ces pertes sont estimées à .de la pluie tombée %20

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy} \dots\dots\dots(III.4)$$

Avec :

P_{moy} :La pluie moyenne mensuelle

Tableau III.3 : La pluie efficace (P_{eff})

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{sec\%80}$	19.19	17.26	20.27	25.51	25.61	23.82	25.38	27.5	23.68	11.13	4.51	9.8
P_{eff})mm/mois	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.30	22.00	18.94	8.90	3.61	7.84

III.3.3. La réserve facilement utilisable RFU :

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

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

Avec:

Y : Degré de tarissement(2/3)

D_a : Densité apparente(1,4 g/cm³).

Z : Profondeur d'enracinement mm

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ(30%)

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

Détermination des besoins brutes :**Tableau III.4 : Besoins en eau de blé**

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
ET0 (mm/mois)	144.09	106.37	65.9	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
KC	0	0	0.3	0.35	0.45	0.55	0.6	1.05	1.1	0.6	0	0
ETM (mm/j)	0	0	19.77	16.7755	21.4335	30.877	52.722	122.3145	170.698	113.004	0	0
Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.3	22	18.94	8.9	3.61	7.84
Z (m)	0	0	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0	0
RFU (mm/mois)	-	-	42.21	42.21	56.28	70.35	84.42	84.42	98.49	98.49	-	-
RFU calcule			-	14.07	14.07	18.76	23.45	28.14	-	-	-	-
B (mm/mois)	0	0	3.55	0	0	0	8.97	72.17	151.76	104.10	0	0

Tableau III.5 : Besoins en eau de tomate

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
ET0 (mm/mois)	144.09	106.37	65.9	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
KC	0	0	0	0	0	0	0.5	0.9	1.05	1.15	0.7	0
ETM (mm/j)	0	0	0	0	0	0	43.935	104.841	162.939	216.591	157.759	0
Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.3	22	18.94	8.9	3.61	7.84
Z (m)	0	0	0	0	0	0	0.4	0.8	0.9	1.2	1.2	0
RFU (mm/mois)	-	-		-	-	-	56.28	112.56	126.63	168.84	168.84	-
RFU calcule							-	18.76	-	-	-	-
B (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	23.64	64.08	144.00	207.69	154.15	0

Tableau III.6 : Besoins en eau de pomme de terre

pomme de terre	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
	ETO (mm/mois)	144.09	106.37	65.9	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
	KC	0	0	0	0	0	0	0.75	1.1	1.2	0.7	0	0
	ETM (mm/j)	0	0	0	0	0	0	65.9025	128.139	186.216	131.838	0	0
	Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.3	22	18.94	8.9	3.61	7.84
	Z (m)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.35	0	0
	RFU (mm/mois)	-	-	-	-	-	-	14.07	28.14	42.21	49.25	-	-
	RFU calcule							-	4.69	-	-	-	
	B (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	45.60	101.45	167.28	122.94	0	0

Tableau III.7 : Besoins en eau de l'orge

Orge	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
	ETO (mm/mois)	144.09	106.37	65.90	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
	KC			0.30	0.40	0.55	0.90	1.05	1.10	0.60			
	ETM (mm/j)	-	-	19.77	19.17	26.20	50.53	92.26	128.14	93.11	-	-	-
	Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.30	22.00	18.94	8.90	3.61	7.84
	Z (m)			0.20	0.30	0.40	0.55	0.60	0.70	0.70			
	RFU (mm/mois)	-	-	28.14	42.21	56.28	77.39	84.42	98.49	98.49	-	-	-
	RFU calcule			-	9.38	14.07	18.76	25.80	-	-	-	-	
	B (mm/mois)	0	0	3.55	0	0	12.71	46.17	106.14	74.17	0	0	0

Tableau III.8 : Besoins en eau de courgette

courgette	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
	ET0 (mm/mois)	144.09	106.37	65.9	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
	KC	0.85									0.5	0.75	0.85
	ETM (mm/j)	122.4765	0	0	0	0	0	0	0	0	94.17	169.0275	176.681
	Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.3	22	18.94	8.9	3.61	7.84
	Z (m)	0.6									0.4	0.45	0.5
	RFU (mm/mois)	84.42	-	-	-	-	-	-	-	-	56.28	63.32	70.35
	RFU calcule	-									-	-	-
	B (mm/mois)	107.13	0	0	0	0	0	0	0	0	85.27	165.42	168.84

Tableau III.9 : Besoins en eau de vesce avoine

vesce avoine	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
	ET0 (mm/mois)	144.09	106.37	65.9	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
	KC	0	0.6	0.9	1	0.95	0.8	0.8	0	0	0	0	0
	ETM (mm/j)	0	63.822	59.31	47.93	45.2485	44.912	70.296	0	0	0	0	0
	Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.3	22	18.94	8.9	3.61	7.84
	Z (m)	0	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0	0	0	0	0
	RFU (mm/mois)	-	42.21	42.21	56.28	70.35	84.42	84.42	-	-	-	-	-
	RFU calcule	-	-	-	14.07	18.76	23.45	28.14	-	-	-	-	-
	B (mm/mois)	0	50.01	43.09	13.45	6.00	2.40	21.86	0	0	0	0	0

Tableau III.10 : Besoins en eau d'orange

orange	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
	ETO (mm/mois)	144.09	106.37	65.9	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
	KC	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	ETM (mm/j)	115.272	74.459	46.13	33.551	33.341	39.298	61.509	81.543	108.626	131.838	157.759	145.502
	Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.3	22	18.94	8.9	3.61	7.84
	Z (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	RFU (mm/mois)	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84	168.84
	RFU calcule	-	-	-	56.28	56.28	56.28	41.21	56.28	-	-	-	-
	B (mm/mois)	99.92	60.65	29.91	0	0	0	0	3.26	89.69	122.94	154.15	137.66

Tableau III.11 : Besoins en eau d'olivier

olivier	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
	ETO (mm/mois)	144.09	106.37	65.9	47.93	47.63	56.14	87.87	116.49	155.18	188.34	225.37	207.86
	KC	0.95	0.95	0.95	0.89	0.81	0.73	0.50	0.50	0.50	0.59	0.74	0.89
	ETM (mm/j)	136.8855	101.0515	62.605	42.6577	38.5803	40.9822	43.935	58.245	77.59	111.1206	166.7738	184.9954
	Peff(mm/mois)	15.35	13.81	16.22	20.41	20.49	19.06	20.3	22	18.94	8.9	3.61	7.84
	Z (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	RFU (mm/mois)	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05	211.05
	RFU calcule	-	-	-	70.35	70.35	70.35	70.35	70.35	70.35	-	-	-
	B (mm/mois)	121.54	87.24	46.39	0	0	0	0	0	0	102.22	163.16	177.16

Le tableau suivant récapitule les besoins mensuels du périmètre Zouabi :

Tableau III.12 : Les besoins totaux en eau du périmètre en mm

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
blé	0	0	3.55	0	0	0	8.97	72.17	151.76	104.10		0
tomate	0	0	0	0	0	0	23.64	64.08	144.00	207.69	154.15	0
P. terre	0	0	0	0	0	0	45.60	101.45	167.28	122.94		0
Orge	0	0	3.55	0	0	12.71	46.17	106.14	74.17	0	0	0
courgatte	107.13	0	0	0	0	0	0	0	0	85.27	165.42	168.84
vesce avoine	0	50.01	43.09	13.45	6.00	2.40	21.86	0	0	0	0	0
orange	99.92	60.65	29.91	0	0	0	0	3.26	89.69	122.94	154.15	137.66
olivier	121.54	87.24	46.39	0	0	0	0	0	0	102.22	163.16	177.16
Totaux	328.58	197.90	126.49	13.45	6.00	15.11	146.23	347.11	626.89	745.16	636.88	483.66

III.4. Débits spécifique et caractéristique du périmètre :

III.4.1. Le débit spécifique :

Le débit spécifique représente le débit qui devra être véhiculé par le système d'irrigation pour satisfaire les besoins en eau des cultures durant le mois de pointe pendant un nombre fixe d'heures par jour et pour une surface d'un hectare. Ce débit est donné par la relation suivante :

$$q_s = \frac{B_{irr \text{ net}} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times 3600 \times K} \text{ l/s/ha} \dots \dots \dots \text{(III.6)}$$

Avec :

q_s : Débit spécifique

$B_{irr \text{ net}}$: Besoins mensuels maximum net en mm/mois

N_j : Nombre des jours d'irrigation par mois 26 j

N_i : Nombre des heures d'irrigation par jour (22 h)

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation (0,75)

$$q_s = 4.82 \text{ l/s/ha}$$

La valeur 4.82 l/s/ha est supérieure à 1.5 l/s/ha, donc on calcule le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

La culture la plus exigeante est Olivier.

$$\text{Le débit spécifique } q_s = \frac{207.69 \times 10 \times 1000}{26 \times 22 \times 3600 \times 0.75} = 1.35 \text{ l/s/ha}$$
 est inférieur à 1.5 l/s/ha

donc le

Choix reste valable.

III.4.2. Le débit caractéristique :

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

$$Q_{car} = q_s \times S \text{ l/s} \dots\dots\dots(III.7)$$

Avec :

Q_{car} : Débit caractéristique

q_s : Débit spécifique (1.35 l/s/ha)

S : Surface du périmètre (182 ha)

$$Q_{car} = 245.7 \text{ l/s}$$

III.5. Conclusion :

Dans notre présente d'étude nous avons choisi les cultures qu'on va implanter dans notre périmètre et nous avons déterminé leurs besoins en eau pour le but d'assurer une bonne gestion et répartition de l'eau à travers l'ensemble du périmètre, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique en tenant compte de la culture la plus exigeante a causes des contraintes agricoles et agronomique.

Chapitr **IV** :Dimensionnement du réseau de distribution

IV.1. Introduction :

Le but de ce chapitre est d'étudier le système de distribution, ce système est basé sur le choix du tracé le plus court du réseau et l'emplacement des bornes pour assurer la bonne répartition du débit écoulé vers les parcelles, ainsi que le choix des diamètres économiques des conduites avec la vérification des vitesses d'écoulement et les pressions sur les bornes.

IV.2. Organisation et structure du périmètre :**IV.2.1. Ilots et bornes d'irrigation :**

La taille maximum de l'îlot est déterminée en tenant compte des facteurs suivants:

- Le débit d'équipement de la borne
- La superficie des unités foncières existantes
- La distance maximale entre la borne et la parcelle

Pour notre secteur, le périmètre est divisé en 19 îlots. Chaque îlot, sera desservi par une borne. Chaque borne aura une ou plusieurs sorties, suivant le nombre d'exploitants et les besoins en eau pour la superficie de l'îlot défini.

Tableau IV.1 : Découpage du périmètre en ilots et cultures

Nombre d'ilots	Surface d'ilots	Culture
01	6.1	Orange
02	7.65	Orge
03	6.74	Orge
04	13.5	Blé
05	12.05	Blé
06	6.12	Orange
07	8.5	Orange
08	9.05	Vesce avoine
09	12.92	Tomate
10	8.11	Blé
11	15.12	Courgette
12	9.97	Courgette
13	6.65	Pomme de terre
14	6.12	Pomme de terre
15	9.87	Tomate
16	10.64	Tomate
17	7.58	olivier
18	11.94	Pomme de terre
19	7.37	olivier
20	6.28	Orange
Total	182	

La borne d'irrigation est un appareil fonctionnant à la demande, qui assure les fonctions suivantes:

- Ouverture / fermeture de l'alimentation en eau
- Réglage du débit
- Régulation de la pression aval
- Comptage du volume d'eau utilisé

IV.2.2. Calcul hydraulique aux bornes :

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

$$Q_b = q_s * S_i \dots \dots \dots (IV.1)$$

Avec:

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)

q_s : Débit spécifique (1.35 l/s/ha)

S_i : Superficie de l'ilot (ha)

IV.2.3. Choix du diamètre des bornes :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont détaillés dans le tableau suivant:

Tableau IV.2 : Choix du diamètre des bornes

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 28.8 \text{ m}^3/\text{h}$ (8l/s)	D = 65mm
(8 l/s) $28.8 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 72 \text{ m}^3/\text{h}$ (20 l/s)	D = 100mm
(20 l/s) $72 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 90 \text{ m}^3/\text{h}$ (25 l/s)	D = 150mm
(25 l/s) $90 \text{ m}^3/\text{h} < Q$	D = 200 mm

Tableau IV.3 : Débit et diamètre du chaque borne

N° d'ilot	N° du borne d'irrigation	Surface(ha)	Q_b (l/s)	Diamètre du borne (mm)
01	B-01	6.1	8.24	100
02	B-02	7.65	10.33	100
03	B-03	6.74	9.10	100

04	B-04	13.5	18.23	100
05	B-05	12.05	16.27	100
06	B-06	6.12	8.26	100
07	B-07	8.5	11.48	100
08	B-08	9.05	12.22	100
09	B-09	12.92	17.44	100
10	B-10	8.11	10.95	100
11	B-11	15.12	20.41	150
12	B-12	9.97	13.46	100
13	B-13	6.65	8.98	100
14	B-14	6.12	8.26	100
15	B-15	9.87	13.32	100
16	B-16	10.64	14.36	100
17	B17	7.58	10.23	100
18	B-18	11.94	16.12	100
19	B-19	7.37	9.95	100
20	B-20	6.28	8.48	100

IV.3. Système d'aménagement hydro-agricole :

IV.3.1. Système d'adduction :

L'eau d'irrigation du périmètre Zouabi(secteur-1) sera fournie par le barrage de Foum El Khanga, il y a une station de pompage à côté de prise d'eau celle-ci alimente le réservoir par une conduite de refoulement (D=900mm).

IV.3.2. Système de distribution :

Le périmètre est alimenté gravitairement par un réseau de distribution ramifié à partir de réservoir qui assure une pression suffisante pour chaque borne.

IV.4. Dimensionnement du réservoir de distribution :

$$V = Q_c \times T_{nf} \dots\dots\dots(IV.2)$$

V : Volume de réservoir(m³)

Q_c : débit caractéristique (Q_c=245.7*3.6=884.52 m³/h)

heures fonctionnement pris égal à 2-T_{nf} : temps de non

On trouve : **V=1769.04 m³**

On choisit réservoir rectangulaire avec les caractéristiques suivantes :

Tableau IV.4 : caractéristique de réservoir

CTN(m)	H _{totale}	H d'eau	L à la base (m)	l a la base(m)	L au pla fond	l au pla fond	V utile (m ³)	V total (m ³)
847	5	4.5	20	20	20	20	1800	2000

IV.5. Dimensionnement réseaux de distribution :**IV.5.1. Choix de matériaux des conduites :**

Pour choisir les matériaux des conduites il faut tenir on compte les critères suivants :

- La disponibilité sur le marché local.
- Le type de sol
- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression)
- L'intérêt économique

IV.5.2. Caractéristiques des canalisations :**IV.5.2.1. Conduites en fonte :**

Les avantages sont :

- Tres rigides et solides
- Bonne résistance aux forces internes

- Bonne résistance à la corrosion

Les inconvénients sont :

- Cout relativement important

IV.5.2.2. Conduites en PEHD :

Le avantages sont :

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

Les inconvénients sont :

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

IV.5.3. Choix du matériau :

Dans le cas de notre étude, on choisira les conduites en PEHD PN10 avec une pression nominale de 10 bars car ils offrent une bonne flexibilité, résistant aux contraintes, supportent des pression élevé et disponible sur le marché.

IV.5.4. Calcul hydraulique du réseau de distribution :

Les dimensions des conduites doivent répondre aux normes hydrauliques :

IV.5.4.1. Vitesses admissibles :

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

IV.5.4.2. Le calcul du diamètre :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhicules par les tronçons des conduites, et les vitesses.la formule de LABYE nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots \dots \dots (IV.3)$$

Avec :

- Q : débit en m³/s
- D : Diamètre en mm
- V : vitesse économique 1.5 m/s

IV.5.4.3. Calcul des pertes de charges :

Les pertes de charge unitaires ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, elle est donnée par l'expression suivantes :

$$J = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots \dots \dots (IV.4)$$

Avec :

- J : pertes de charge unitaire en m/km
- Q : débit en m³/s
- D : diamètre de la conduite considérée
- L, M et N : paramètres en fonction de la rugosité absolue(K)des canalisations, dans notre cas L=1.1, M=1.89, N=5.01
- C : coefficient compris une majoration de 10% pour les pertes de charge singulière

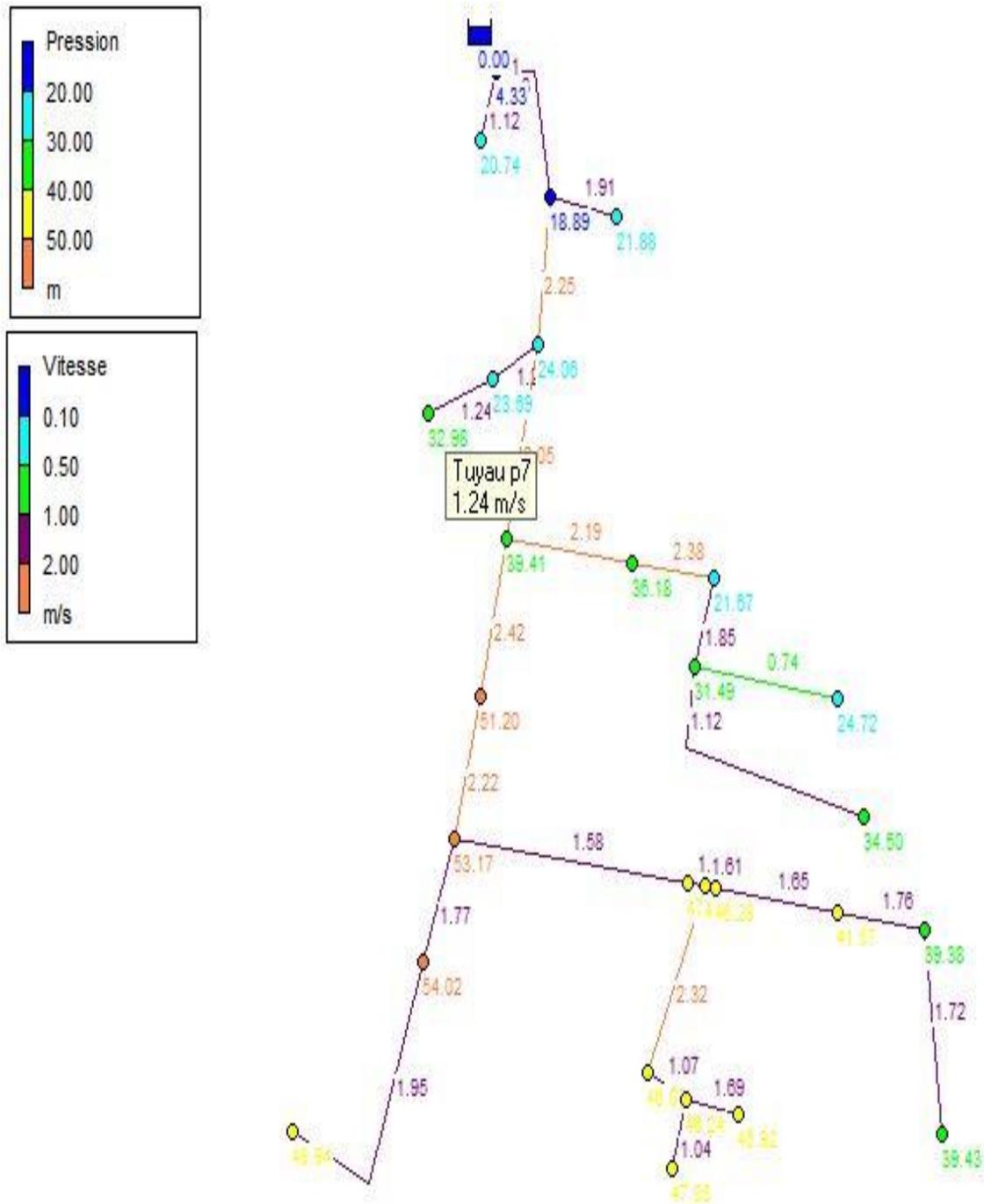


Figure IV.1 : Présentation du réseau sur logiciel EPANET

Noued amont	Noued aval	Trançon	Longueur (m)	Diamètre(mm)	Débit L/s	Vitesse m/s	Perte de charge unit(m/km)	Perte de charge (m)	Diamètre normalisé(mm)
1	2	T-01	503	440.6	246.09	1.61	3.73	1.88	500
2	3	T-02	93.17	96.8	8.24	1.12	11.68	1.09	110
2	4	T-03	202	440.6	237.85	1.56	3.51	0.71	500
4	5	T-04	28	110.2	18.23	1.91	26.22	0.73	125
4	6	T-05	49.43	352.6	219.62	2.25	8.9	0.44	400
6	7	T-06	25.68	141	19.43	1.24	8.99	0.23	160
7	8	T-07	130.2	96.8	9.1	1.24	13.97	1.82	110
6	9	T-08	283.5	352.6	200.19	2.05	7.51	2.13	400
9	10	T-09	157.9	176.2	53.45	2.19	19.24	3.04	200
10	11	T-10	219.2	141	37.18	2.38	29.13	6.39	160
11	12	T-11	252.8	141	28.92	1.85	18.46	4.67	160
12	13	T-12	235	141	11.48	0.74	3.49	0.82	160
12	14	T-13	461.9	141	17.44	1.12	7.4	3.42	160
9	15	T-14	320.4	277.6	146.74	2.42	13.53	4.34	315
15	16	T-15	235.8	277.6	134.52	2.22	11.54	2.72	315
16	17	T-16	400	277.6	95.89	1.58	6.22	2.49	315
17	18	T-17	29.19	220.4	75.48	1.98	12.25	0.36	250
18	19	T-18	19.39	176.2	39.18	1.61	10.94	0.21	200

18	20	T-19	385.1	141	36.3	2.32	27.89	10.74	160
20	21	T-20	91.21	176.2	26.07	1.07	5.23	0.48	200
21	22	T-21	25.97	110.2	16.12	1.69	20.99	0.55	125
21	23	T-22	145	110.2	9.95	1.04	8.8	1.28	125
16	24	T-23	285	141	27.68	1.77	17.05	4.86	160
24	25	T-24	326.1	96.8	14.36	1.95	31.79	10.37	110
19	26	T-25	208.4	141	25.72	1.65	14.92	3.11	160
26	27	T-26	149	110.2	16.74	1.76	22.47	3.35	125
27	28	T-27	376.9	79.2	8.48	1.72	32.26	12.16	90

Tableau IV.5 : calcul hydraulique de réseau de distribution(tronçon)

Nœud	Cote TN (m)	Débit L/s	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
Bâche 1	847		847	0
Nœud n2	840.80	0	845.12	4.33
Nœud n3 (borne1)	823.29	8.24	844.03	20.74
Nœud n4	825.53	0	844.41	18.89
Nœud n5 (borne4)	821.80	18.23	843.68	21.88
Nœud n6	819.91	0	843.97	24.06
Nœud n7 (borne2)	820.05	10.33	843.74	23.69
Nœud n8 (borne3)	808.94	9.1	841.92	32.98
Nœud n9	802.44	0	841.84	39.41
Nœud n10 (borne5)	802.63	16.27	838.81	36.18

Nœud n11	(borne6)	810.75	8.26	832.42	21.67
Nœud n12		796.26	0	827.75	31.49
Nœud n13	(borne7)	802.21	11.48	826.93	24.72
Nœud n14	(borne9)	789.84	17.44	824.34	34.5
Nœud n15	(borne8)	786.31	12.22	837.51	51.2
Nœud n16	(borne10)	781.62	10.95	834.79	53.17
Nœud n17	(borne11)	785.02	20.41	832.3	47.28
Nœud n18		785.79	0	831.94	46.16
Nœud n19	(borne12)	785.44	13.46	831.73	46.29
Nœud n20	(borne17)	775.13	10.23	821.2	46.07
Nœud n21		774.49	0	820.73	46.24
Nœud n22	(borne18)	774.26	16.12	820.18	45.92
Nœud n23	(borne19)	772.40	9.95	819.45	47.05
Nœud n24	(borne15)	775.92	13.32	829.93	54.02
Nœud n25	(borne16)	769.63	14.36	819.56	49.94
Nœud n26	(borne13)	787.05	8.98	828.62	41.57
Nœud n27	(borne14)	785.89	8.26	825.27	39.38
Nœud n28	(borne20)	773.68	8.48	813.12	39.43

Tableau IV.6 : calcul hydraulique de réseau de distribution (bornes et nœuds)

IV.6. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé le dimensionnement du système de distribution qui contient les calculs hydrauliques des canalisations de notre réseau (débit des bornes, les diamètres, les pertes des charges, pressions, vitesses).

Ces pressions sont généralement satisfaisantes et dans certains cas supérieures à 2 bars, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 20 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 182 ha.

En deuxième phase on a déterminé le volume de réservoir nécessaire pour alimenter notre périmètre.

Chapitre V :

Dimensionnement à la

parcelle

V.1. Introduction :

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

Pour ce projet, nous avons choisi l'Orange comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte et le pomme de terre pour le dimensionnement de l'aspersion.

V.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte :

V.2.1. Données générales :

Nous avons choisi la parcelle 1 dans l'ilots 7 de surface 1.28 ha qui sera alimenté par la borne 07 :

- Longueur : L=160 m
- Largeur : l=80 m
- Culture : **Orange**
- Besoin de pointe 154.15 mm
- Caractéristique du goutteur :
 - Débit nominale $Q_g=4$ l/s
 - Pression nominale :10 m.c.e
 - Espaceement des goutteurs :1m
 - Le nombre de goutteurs par arbre :2

V.2.2. Besoin journalier :

$$B_j = \frac{B_m}{N_j} \dots\dots\dots(V.1)$$

Avec:

B_j : Besoin journalier(mm)

B_m : Besoine de pointe(154.15 mm)

N_j : Nombres de jours(26 jrs)

$$B_j = \frac{154.15}{26} = 5.93 \text{ mm/j}$$

V.2.3. Besoin journalier en tenant compte de la réduction K_r :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre : du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite

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

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

- La formule de Freeman et Garzoli:

$$K_r = C_s + 0.5 * (1 - C_s) \dots \dots \dots (V.2)$$

$$K_r = 0.6 + 0.5 * (1 - 0.6) = 0.8$$

D'où:

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

$$B_{jl} = 5.93 * 0.8 = 4.74 \text{ mm/j}$$

V.2.4. Dose d'irrigation nette pratique :

Le besoin d'irrigation (B_{net}) est le volume d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

$$D_p = RFU * P \dots \dots \dots (V.3)$$

P : Pourcentage du sol humidifié (%)

$$P = \frac{n * S_{pd} * S_h}{S_a * S_r} \dots \dots \dots (V.4)$$

Avec :

Nombre de point de distribution par arbre n : (2)

S_{pd} : Distance entre 2 points de distribution du même arbre (2 m)

S_h : Largeur de la bande humidifiée (1 m)

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4 m)

S_a : Espacement des arbres sur les rangs (4 m)

On obtient : $P = 25\%$

La dose nette corrigée :

$$D_p = 168.84 * 0.25 = 42.21 \text{ mm}$$

V.2.5. Fréquence des arrosages :

La fréquence des arrosages est fonction d'une part du besoin journalier qu'il faut satisfaire et d'autre part de la dose réelle net dont profite les plantes.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$F = \frac{D_p}{B_{jl}} = \frac{42.21}{4.74} = 8.91 \text{ jour}$$

On prend $F=8$ jrs

V.2.6. Dose réelle et brute :

Après détermination de la fréquence d'arrosage, on recalcule

- La dose réelle

$$D_r = F * B_{jl} = 8 * 4.74 = 37.92 \text{ mm}$$

- La dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * Eff}$$

Avec :

C_u : Coefficient d'uniformité (0.9)

irrigation proposé'Eff : Efficience du réseau d (0.9)

$$D_{brute} = \frac{37.92}{0.9 * 0.9} = 46.81 \text{ mm}$$

V.2.7. Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_{brute} * S_a * S_r}{n * Q_g}$$

Avec :

θ : Duréed'arrosage par mois

Q_g : Débit de goutteur(4 l/h)

$$\theta = \frac{46.81 * 4 * 4}{2 * 4} = 84 \text{ h/mois}$$

V.2.8. Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\theta}{F}$$

$$D_j = \frac{84}{8} = 10.5 \approx 11 \text{ h/j}$$

V.3. Calculs hydrauliques :**V.3.1. Condition hydraulique :**

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

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

La variation maximale de la pression:

$$q = K * H^x \quad \text{avec } x=0.5(\text{caractéristique du goutteur})$$

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

Avec:

$q(g)$ Débit nominal du goutteur

$H(n)$: Pression nominale

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

$$\Delta H(\text{max})=2\text{m.c.e}$$

V.3.2. Le débit :

$$Q_r = Q_g \times N_g \dots\dots\dots(V.5)$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \dots\dots\dots(V.6)$$

Q_r : Débit de rampe

Q_g : Débit des goutteur

N_g : Nombre des goutteurs par rampe

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte rampe

La longueur de la rampe($L_r=80$)

La longueur de la porte rampe($L_{pr}=160$)

La longueur de la conduite secondaire($L_{sc}=75m$)

a) Nombre d'arbre par rampe :

$N_{\text{arbre}}=L_r/E_r=80/4=20$ arbres

b) Nombre de goutteur par rampe :

$N_g=N_{\text{arbre}}*n=20*2=40$ goutteurs

c) Nombre de rampes :

$N_r=L_{pr}/E_r=160/4=40$ rampes

d) Débit de la rampe :

$Q_r=Q_g*N_g=4*40=160$ l/h

e) Débit de la porte rampe :

$Q_{pr}=Q_r*N_r=160*40=6400$ l/h=1.78 l/s

f) Débit de la conduite secondaire :

$Q_{cs} = Q_{pr}=1.78$ l/s

V.4. Dimensionnement des différentes parties du réseau :

V.4.1. Rampes et porte rampe :

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

Comme la valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximal de pression alors :

$P_{dc}(\text{sing})=2*0.1=0.2$ m.c.e

$P_{dc}(\text{linéaire})=2-0.2=1.8$ m.c.e

La répartition de la perte de charge est:

Sur la porte rampe $P_{dc}(pr)=1.8*1/3=0.6$ m.c.e

Sur les rampes $P_{dc}(r)=1.8*2/3=1.2$ m.c.e

Le diamètre de rampes ainsi que des porte rampes est calculé d'après les formule suivante:

$$\Phi_r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (V.7)$$

$$\Phi_{pr}(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (V.8)$$

Avec :

- Pdc(r) : perte de charge dans la rampe(1.2 m.c.e)
- Qr :débit de la rampe (160 l/h)
- L(r) :Longeur de la rampe(80 m)
- $\Phi_r(cal)$:diametre de rampe en mm
- Pdc(r) :perte de charge dans la porte rampe (0.6 m.c.e)
- Qpr :debit de la porte rampe (6400 l/h)
- L(pr) :longueur de la porte rampe (160 m)
- $\Phi_{pr}(cal)$:diametre de porte rampe en mm

$$\Phi_r(cal) = 10.86 \text{ mm}$$

On prend diameter normalise $\Phi_r(normalisée) = 16 \text{ mm}$

$$\Phi_{pr}(cal) = 48.93$$

On prend diameter normalise $\Phi_{pr}(normalisée) = 63 \text{ mm}$

V.4.2. Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de Tison.

La perte de charge unitaire:

$$i = \frac{0.478}{2.75} \times D^{-4.75} \times Q^{1.75} \dots\dots\dots (V.9)$$

La perte de charge le long de la conduite en(m) :

$$h_{cal} = \frac{L}{2.75} \cdot i \dots\dots\dots (V.10)$$

Où:

L : la longueur de la conduite

Q : débit(l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation.

$$i(r) = \frac{0.478}{2.75} \cdot 16^{-4.75} \cdot 160^{1.75} = 0.0024$$

$$hcal(r) = \frac{80}{2.75} \cdot 0.0024 = 0.07 \text{ m.c.e}$$

$$i(pr) = \frac{0.478}{2.75} \cdot 63^{-4.75} \cdot 6400^{1.75} = 0.0023$$

$$hcal(pr) = \frac{160}{2.75} \cdot 0.0023 = 0.13 \text{ m.c.e}$$

D'après les résultats précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen(0.6m.c.e)

V.4.3. Calcul de vitesses :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \dots \dots \dots (V.11)$$

$$V(r) = \frac{4 \times 160}{1000 \times 3600 \times \pi \times 0.016^2} = 0.22 \text{ m/s}$$

$$V(pr) = \frac{4 \times 6400}{1000 \times 3600 \times \pi \times 0.063^2} = 0.57 \text{ m/s}$$

V.4.4. La conduite secondaire :

La conduite secondaire alimente surface de 1.28 ha. Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement valeur optimale d'environ 1 m/s tel que:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \dots \dots \dots (V.12)$$

Avec :

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

V : vitesse d'écoulement (m/s)

Tableau V.1 : caractéristique de conduites secondaires

Culture	L (m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	D cal (mm)	D nor (mm)	V cal (m/s)	H (m.c.e)
Orange	75	6400	1.00	47.68	63	0.57	0.13

V.4.5. La pression d'eau à la borne de distribution :

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

Tableau V.2 : Les pertes de charge

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	80	160	75
Diamètre(mm)	16	63	63
Débit(l/s)	0.044	1.78	1.78
Pertes de charge(m)	0.07	0.13	0.13

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

$$h=10+0.07+0.13+0.13=10.33\text{m}=1.033\text{bars}<2.47\text{ bars}$$

V.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

La parcelle P2 choisi est dans l'ilot 14 qui sera alimenté par la borne 14 avec une superficie 1.63 ha, et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.93bars.

V.3.1. Données générales :

- Choix de la culture : pomme de terre

- Temps de travaux :20 heures par jour,et 26 jours par mois
- Besoins de pointe :167.28 mm/mois pour le mois de mai
- Perméabilité du sol :le sol est de type argileux-limoneux estimé de $k=7\text{mm/h}$

V.3.2. Dose pratique RFU :

Elle est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = Y * (\text{Hcc} - \text{Hpf}) * \text{Da} * Z^* = 49 \text{ mm}$$

V.3.3. Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $k=7 \text{ mm/h}$ pluviométrie admissible

On pose $p \leq k$ tel que p :pluviometrie de la buse

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

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04} \quad ; P \text{ en mm}$$

$$d = \frac{P \times 1.04}{1.5} \quad \text{D'où :} \quad d = \frac{7 \times 1.04}{1.5} = 4.85 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

V.3.4. Calcul de la portée de jet :

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

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25}$$

Ou : d : diamètre de la buse (mm)

\sqrt{h} : pression à la buse (m), dans notre cas $P=2.5 \text{ bars}$, $h=25\text{m}$.

$$L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 25^{0.25} = 14.70 \text{ m}$$

D'après le catalogue (voir annexe I), pour le diamètre de la buse de 4,8mm à une pression minimale de 2.5 bars la portée sera de 14.5m.

V.3.5. Ecartements entre les rampes et arroseurs :

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- El entre les lignes d'arrosage : 1,25 (vent faible) à 1,02 L (vent fort).
- Ea entre les asperseurs sur la rampe : 0,8 (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Notre zone d'étude présente des vitesses pour des de vents faibles de l'ordre de 3.54 m/s, donc on prend les valeurs suivantes :

El= 1.25×14.7= 18.4 m ;d'apres Perrot: El= 1.25× 14.5 = 18.1 m

Ea = 0.8×14.7= 11.8 m ; Perrot Ea = 0.8×14.5 = 11.6 m

Diamètres des buses	P (bar)					P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar) 4,5	
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5										
mm	Portée en m					Distance entre arroseurs PR 24									
3,5	13,8	14,2	14,7	15,1	15,4	15x13	12x12								
4,2	14,3	14,9	15,5	15,9	16,3	15x13	12x12								
4,5	14,6	15,2	15,8	16,3	16,8	24x18	18x18								
4,8	14,8	15,5	16,0	16,6	17,0	24x18	18x18								
5,0	15,1	15,8	16,4	16,9	17,3	24x18	18x18								
5,2	15,3	16,0	16,6	17,1	17,6	24x18	18x18								
6,0**	15,9	16,4	17,2	17,5	17,9	24x18	18x18								
7,0**	16,3	16,8	17,6	18,3	18,7	24x18	18x18								
Consommation d'eau du PR 24 W															
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)										
3,5	0,77	0,84	0,91	0,97	1,03										
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33										
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53										
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74										
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89										
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04										
Consommation d'eau du PR 24															
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)									
3,5x2,4	1,09	1,20	1,29	1,38	1,47	5,2	7,0	5,7	7,7	6,2	8,3	6,6	8,9	7,0	9,4
4,2x2,4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	6,8	9,2	7,4	10,0	8,0	10,8	8,5	11,5	9,1	12,3
4,5x2,4	1,46	1,60	1,73	1,85	1,96	3,4	4,5	3,7	4,9	4,0	5,3	4,3	5,7	4,5	6,0
4,8x2,4	1,62	1,77	1,92	2,05	2,17	3,8	5,0	4,1	5,5	4,4	5,9	4,7	6,3	5,0	6,7
5,0x2,4	1,73	1,90	2,05	2,19	2,32	4,0	5,3	4,4	5,9	4,7	6,3	5,1	6,8	5,4	7,2
5,2x2,4	1,85	2,02	2,18	2,33	2,48	4,3	5,7	4,7	6,2	5,0	6,7	5,4	7,2	5,7	7,6
6,0x2,4	2,22	2,43	2,62	2,80	2,97	5,4	7,3	5,9	7,9	6,4	8,6	6,9	9,2	7,3	9,7
7,0x2,4	2,85	3,12	3,37	3,60	3,82	7,1	9,5	7,8	10,5	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7

Figure V.1 Fiche technique d'un arroseur de type Perrot.

On prend les valeurs normalisées des écartements :

El=18m Ea=12 m

V.3.6. Vérification de la pluviométrie (P<K) :

V.3.6.1. Débit de l'asperseur :

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

$$q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \sqrt{2 \times g \times h} = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8 \times 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \times 25}$$

$$=0.00038 \text{ m}^3/\text{s}=1.37\text{m}^3/\text{h}$$

Avec :

q débit de l'asperseur (m3/s).

V.3.6.2. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation : ou q (m³/h)

$$p = \frac{q}{El \times Ea}$$

$$D'où p = \frac{1.37}{18 \times 12} = 6.34 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $p \leq k = 7.00 \text{ mm/h}$

V.3.7. Paramètres d'arrosage :**V.3.7.1. Calcul du tour d'eau :**

$$T - \text{eau} = \frac{Dose_{RFU} \times Nj}{B_{mp}}$$

$$Dose_{RFU} = 49 \text{ mm}, \quad Nj = 26, \quad B_{mp} = 167.28 \text{ mm}$$

$$T - \text{eau} = \frac{49 \times 26}{167.28} = 7.62 \text{ jours}$$

On prend un $T - \text{eau} = 7$ jours .

V.3.7.2. Nombre d'irrigation par mois :

$$\text{donc on irrigue } N_i = \frac{B_{net}}{Dose} = \frac{167.28}{49} = 4 \text{ fois/mois}$$

V.3.7.3. Calcul de la dose réelle :

$$\text{dose journaliere} = \frac{B_{mp}}{30} = 5.58 \text{ mm/jr}$$

$$Dose_{réelle} = T - \text{eau} \times \text{la dose journaliere} = 7 \times 5.58 = 39.06 \text{ mm}$$

V.3.7.4. Calcul de la dose brute :

$$Dose_{brute} = \frac{Dose_{réelle}}{0.75} = 52.08 \text{ mm}$$

V.3.7.5. Temps d'arrosage :

Temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul comme suit :

$$T = \frac{Dose_{brute}}{k_{pluviometrie}} = \frac{52.08}{6.34} = 8 \text{ heures}$$

Calcul de l'unité d'arrosage :

$$Su = \frac{S}{T - \text{eau} \times N} = \frac{1.63}{7} = 0.23 \text{ ha}$$

V.3.7.6. Calcul du débit d'équipement :

Il se calcule comme suit :

$$Q(m^3/h) = \frac{S(\text{ha}) \times B(\text{mm}) \times 10}{T \times n \times Nj \times Eff} = \frac{1.62 \times 167.28 \times 10}{11 \times 2 \times 26 \times 0.75} = 6.32 \text{ m}^3/h$$

V.3.7.7. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

$V = \text{nombre de position par jour} \times \text{nombre de jour par mois} \times \text{dose} \times El \times Ea$

$$V = 1 \times 30 \times 0.049 \times 18 \times 12 = 317.52m^3$$

V.3.7.8. Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :

$$V_t = (Bmp \times L_r \times L_{ar})/1000 = (167.28 \times 180 \times 90)/1000 = 2709.9m^3$$

V.3.7.9. Nombre d'asperseurs à acheter(nombre d'asperseur requis) :

$$N_{asp} = \frac{V_t}{V_{asp}} = \frac{2709.9}{317.52} \approx 9 \text{ asperseurs}$$

V.3.8. Calculs hydrauliques :**V.3.8.1. Dimensionnement hydraulique des rampes :**

- La longueur du terrain est de 180m,
- La largeur du terrain est de 90 m.

a/-la longueur de la rampe :

$$L_r = l - \frac{Ea}{2} = 90 - \frac{18}{2} = 81 \text{ m}$$

b/-Nombre d'asperseur/rampe :

$$N_{asp/r} = \frac{l}{Ea} = \frac{90}{12} = 8 \text{ asperseurs}$$

c/-Nombre de rampes :

$$N_r = \frac{N_{asp}}{N_{asp/r}} = \frac{9}{8} \approx 1 \text{ rampes}$$

d/-Débit de la rampe :

Le débit de la rampe=le débit de l'asperseur *le nombre d'asperseur/rampe.

$$Q_r = 1.37 * 8 = 10.96 \text{ m}^3/\text{h} = 3.04 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

e/-calcul du diamètre de la rampe :

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}}$$

Avec :

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

On suppose que $v = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_r

$$Dr = \sqrt{\frac{4 \times 3.04 \times 10^{-3}}{3.14 \times 1.5}} = 0.05 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants :

50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200mm.

Donc le diamètre de la rampe normalisé =63mm se qui permet de calculer la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Qr}{\pi \times Dr^2} = \frac{4 \times 3.04 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.05^2} = 0.98 \text{ m/s} \leq Vadm$$

V.3.8.2. Dimensionnement de la porte rampe :

a/-Longueur de la porte rampe :

La longueur de la porte rampe est calculée par :

$$Lpr = L - \frac{El}{2} = 180 - \frac{18}{2} = 171 \text{ m}$$

b/-débit de porte rampe :

$$Qpr = Qasp \times Nasp/rampe \times Nrampe = 1.37 \times 8 \times 1 = 10.96 \text{ m}^3/h = 0.003 \text{ m}^3/s$$

c/-calcul du diamètre de la porte rampe :

Diamètre de la porte rampe : $Dpr = \sqrt{\frac{4 \times Qpr}{\pi \times V}}$

Avec :V :vitesse de l'écoulement à travers la porte rampe ou $V \leq Vadm$, $Vadm \in [0.5 : 2.5] \text{ m/s}$.

On suppose que $V=1.5 \text{ m/s}$ et on calcul Dpr

$$Dpr = \sqrt{\frac{4 \times 0.003}{\pi \times 1.5}} = 0.05 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

On prend le diamètre normalisé (Dpr=63 mm).donc la nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Qpr}{\pi \times Dpr^2} = \frac{4 \times 0.003}{\pi \times 0.063^2} = 0.96 \text{ m/s} \leq Vadm$$

V.3.8.3. Calcul des pertes de charge :

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

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

Avec : J=Perte de charges linéaire en m ;

- Ch : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

a/-Les pertes de charge de la rampe :

on a $L_{rampe} = 81m$; $D_r = 0.063 m$; $Q_r = 0.00304 m^3/s$

donc : $J_{rampe} = 1.5 m$

b/-Les pertes de charge de la porte rampe :

On a : $L_{pr} = 171 m$; $D_{pr} = 0.063m$; $Q_{pr} = 0.003m^3/s$

Donc $J_{pr} = 3.1 m$

Tableau V.3 : caractéristiques des conduites distribution

Conduites	Rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	81	171	105
Diamètre(mm)	63	63	63
Débit(m ³ /s)	0.00304	0.003	0.003
Vitesse(m/s)	0.98	0.96	0.96
Perte de charge totale(m)	1.5	3.1	1.9

$$J_{tot} = 1.5 + 3.1 + 1.9 = 6.5 m$$

V.3.8.4. Calcul de la pression en tête du réseau :

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

$$H=J_{tot}+H_1+H_2$$

Avec :

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

$$H=6.5+2.5+0=9 m$$

Donc la pression=9 bars ce qui est suffisant vu la pression aux bornes qui est de 3.9 bars.

V.4. Conclusion :

En conclusion, nous avons pu dimensionner les réseaux de distribution, de goutte à goutte pour la culture d'orange et réseau d'aspersion pour la culture de pomme de terre de ce périmètre.

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

Chapitre VI: Calcul technico-économique

VI.1. Introduction :

Le but de ce chapitre est d'évaluer le cout estimatif pour une meilleure réalisation et une meilleure exécution des travaux de notre projet d'irrigation.

Pour se faire il est important de quantifier l'ensemble des travaux à entreprendre qui sont: :

- .Réseau de distribution
- .Réseau d'irrigation
- .Reservoir de stockage

VI.2. Exécution des travaux de pose des canalisations :

VI.2.1. Exécution des tranchées :

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

VI.2.2. Pose du lit de sable :

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

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

Dans notre cas on a une épaisseur de 12 cm.

VI.2.3. Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont

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

VI.2.4. Assemblage des conduites en PEHD :

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

1-Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboîtement.

2-Raccord électrosoudables : les raccords électrosoudables en PEHD à emboîtement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

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

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

VI.2.5. Contrôle du compactage des tranchées :

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

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

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

VI.3.les opérations à suivre pour la réalisation de réservoir :

❖ : Terrassements

- Décapage des terres végétales.

- Fouille en grande masse jusqu'au bon sol.
- Remblai en terre épierrée.
- Transport des terres excédentaires.
- ❖ : Coffrage
 - Radier.
 - Voile.
 - Coupole.
- ❖ : Béton
 - Béton de propreté dosé a 150kg/m3.
 - Béton : radier, voile (400kg/m3) ; coupole (350kg/m3)
- ❖ : Enduit et peinture
 - Enduit : étanche sur la surface intérieure avec des adjuvants dosés à 600kg/m3.
 - Peinture :
 - * badinage des surfaces en terre par du fillincotte
 - * Etanchéité de la coupole par des pax-aluminium.
 - * Peinture vinylique sur la partie apparente.
- ❖ : Menuiserie métallique
 - Carpeau métallique.
 - Grille d'aération métallique.
 - Echelles galvanisées.

VI.4. Choix des engins du chantier :

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

Tableau VI.1 : type et rôle de l'engin

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai
Un compacteur à rouleau lisse	Compacter la couche de sable de 20 cm.

Un camion	Evacuer les déblais.
Appareil de soudure	Assurer l'assemblage des conduites.
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées.
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.

VI.5. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

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

Conduites Type de conduite	Unité de mesure	Quantité(m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant(DA)
PEHD DN 90	ml	377	426.64	160843.28
PEHD DN 110	ml	550	635.63	349596.50
PEHD DN 125	ml	348	809.76	281796.48
PEHD DN 160	ml	2074	1326.39	2750932.86
PEHD DN 200	ml	269	2030.10	546096.90
PEHD DN 250	ml	30	3186.65	95599.50
PEHD DN 315	ml	957	4774.29	4568995.53
PEHD DN 400	ml	333	7884.43	2625515.19
PEHD DN 500	ml	705	12131.41	8552644.05
borne	U	20	37000.00	740000.00
			Total TTC (DA)	20672020.29

VI.6. Frais des travaux sur réseau d'irrigation :

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

VI.6.1. Calcul des volumes de remblai et de déblai :

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

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

$$B = D + (2 \times 0.3) \dots \dots \dots (VI.1)$$

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

• **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0.8 + e \dots\dots\dots(VI.2)$$

e=hauteurs du lit de pose (m).

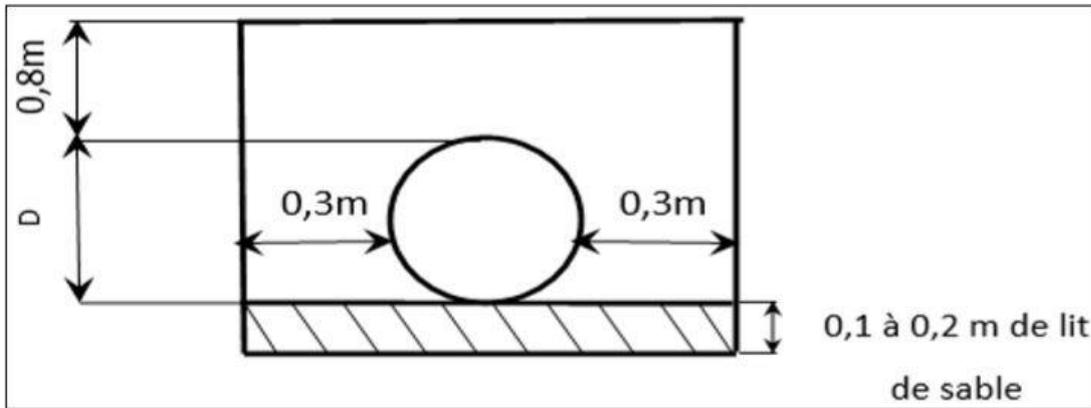


Figure VI.1 : disposition de la conduite dans une tranchée.

• **Volume de déblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$S = B \times H \dots\dots\dots(VI.3)$$

$$V_d = S \times L \dots\dots\dots(VI.4)$$

V_d: volume de déblai (m³).

B : La longueur du fond de tranchée(m).

H : Profondeur de la tranchée(m).

L : Longueur de la conduite (m).

• **Volume de remblai:**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$V_{remblai} = V_d - V_c - V_s$$

$$V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L \dots\dots\dots(VI.5)$$

V_d: volume de déblai (m³) .

V_s : volume du sable (m³).

V_c : volume occupé par la conduite (m³).

D : diamètre de la conduite (m).

Donc les volumes de toutes les opérations de terrassement sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.3 : Calcul du volume de terrassement

Diamètre (mm)	Longueur (m)	volume de déblai (m ³)	volume de sable (m ³)	volume de la conduite(m ³)	volume de remblai (m ³)
500	705	1163.25	93.06	138.35625	931.83375
400	332.93	466.102	39.9516	41.816008	384.334392
315	956.2	1150.523745	104.99076	74.47997183	971.0530132
250	29.19	31.014375	2.97738	1.432134375	26.60486063
200	268.5	257.76	25.776	8.4309	223.5531
160	2073.08	1827.627328	189.064896	41.66061568	1596.901816
125	347.97	283.8130313	30.27339	4.268069531	249.2715717
110	549.47	433.037307	46.814844	5.219140795	381.0033222
90	376.9	283.46649	31.20732	2.39651865	249.8626514
Totale	5639.24	5896.594276	564.11619	318.0596089	5014.418477

VI.7. Estimation de cout de pose de canalisation de distribution :**Tableau VI.4 : Estimation de cout de pose de canalisation de distribution**

désignation des travaux	unités	Quantité	prix unitaire DA	Montant DA
Déblai de terrain	M3	5897	300	1769100
lit de sable	M3	565	800	452000
remblaiement de la tranchée	M3	5015	200	1003000
			Totale	3224100

VI.8. Estimation de cout total de projet :**Tableau VI.5 : Estimation de cout total de projet**

Cout de travaux de terrassement (DA)	3224100
Cout des conduites et bornes (DA)	20672020.29
Cout total de projet TTC (DA)	23896120.29

VI.9. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et déterminé les engins nécessaires pour faciliter l'opération de pose.

Aussi dans ce chapitre nous avons estimé le cout de projet qui est de **23896120.29 DA**

Conclusion Générale :

L'objectif de notre mémoire s'inscrit dans le cadre de la politique actuelle du pays en autres dans le domaine de l'optimisation des ressources en eau.

Ainsi, nous avons montré et défini l'emplacement de la terre en utilisant la situation géographique, les caractéristiques climatiques et les différents paramètres physiques. La région est caractérisée par un climat SEMI-ARIDE.

Ce travail nous a conduits à connaître la structure du terrain concerné, l'étudier et connaître le type de terrain et la division. Aussi, il nous a permis de connaître la source de l'eau, le type et la classification de l'eau (C2-S1) et la quantité. L'étude s'est suivie par la quantification des besoins en eau des cultures sur la base des informations définies préalablement, conditionnant la conception de notre projet, les conditions climatiques, les cultures envisageables, les systèmes agronomiques, l'intensité culturelle, les potentialités des sols, l'eau disponible, la fertilité des sols et les méthodes d'irrigation.

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

- **20 ilots** avec **20 bornes** d'irrigation.
- Des conduites dont le diamètre varie entre **90 mm** et **500 mm**.
- Un réservoir de stockage d'une capacité de 2000 m³.

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

- La vitesse d'écoulement varie entre **0,7** et **2.3 m/s**
- La pression varie entre **2** et **5.4 bars**

Nous avons également développé un calcul dimensionnel et optimisé du réseau, le but étant d'évaluer le coût estimatif pour une meilleure réalisation et une meilleure exécution des travaux du réseau d'irrigation.

D'après l'étude faite pour la réalisation du projet le cout est estimé à **23896120.29 DA**

Ce mémoire nous a permis de renforcer nos compétences acquises dans notre cursus universitaire.

LES SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BNEDER Cheraga. Etude agro-pédologique de la périmètre Zouabi
Septembre 2003.
2. ANRH Alger. Département d'hydrologie, données pluviométrique.
3. ANRH Alger. Laboratoire d'analyse, analyse de la qualité d'eau du
barrage Foug El KHanga 2018-2019.
4. ONID Alger. Levée topographique du périmètre Zouabi (secteur-1).
5. TOUAIBIA, Bénina. Manuel d'hydrologie ISBN.BLIDA Algérie. Mars
2004. P166.
6. MFE Mr ABDERRAHMAN Omar (2019) Etude d'aménagement Hydro-
agricole du périmètre d'Er Rekina 266 ha au sud-est de Bouguirat
W.Mostaganem à partir du transfert MAO
7. INSID Oum El Bouaghi : Etude pédologique de périmètre Zouabi.

REFERENCES SITOGRAPHIQUES :

1. <http://www.tutiempo.net/>
2. <http://algerie.prix-construction.info/>
3. <http://www.canaux-et-territoire.info/d2/index.php?post/2009/12/24/39-les-technique-d-irrigation-ii-irrigation-sous-pression>
4. <https://books.google.dz/books?id=ubAsBa9qWPgC&pg=PA97&dq=irrigation+par+asperseur&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwix85CWq-TiAhXxA2MBHXe8BhMQ6AEIJzAA#v=onepage&q=irrigation%20par%20asperseur&f=false>