



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Dimensionnement d'un réseau D'irrigation du périmètre de
Bouati Mahmoud-Roknia (300 ha) à partir du barrage de
Zit El Emba (W. GUELMA)

Présenté par :

GHOUILA FAROUQ

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms		Grade	Qualité
RASSOUL	Abdelaziz	MCA	Président
AZIEZ	Ouahiba	MMA	Examineur
YAHIAOUI	Samir	MAA	Examineur
KERID	Rachid	MAA	Examineur
SAADOUNE	Samra	MCB	Promoteur

Remerciements

Avant de présenter mon projet de fin d'étude, je tiens à remercier ALLAH qui m'a donné la force, la volonté et le courage pour arriver jusque-là.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à Mme Saadoune Samra, pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils fructueux qu'il m'a prodigués le long de mon projet.

A tous ceux qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'à L'université.

A toutes les personnes de DRE et ONID de la wilaya De Guelma.





Aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail. Et en fin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Ghouila farouq

Dédicace

A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur.

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect :

-  *A mes parents pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard*
-  *A mes amis*
-  *A toute ma famille*
-  *A tous mes enseignants de l'ENSH*

Ghouila farouq

الملخص:

تزخر منطقة بوعاتي محمود المتواجدة بولاية قالمة بثروة مائية وفلاحية ضخمة، زيادة على كون المنطقة قطبا اقتصاديا هاما على الصعيد الوطني والمحلي، مما يستوجب الاهتمام البالغ بهذه الثروة. وفي هذا الصدد قمنا بدراسة مشروع يهدف إلى تزويد المحيط الزراعي بوعاتي محمود I انطلاقا من سد زيت العمبي، بشبكة سقي زراعية مكونة من أنظمة حديثة ومعايير علمية كنظام السقي بالرش بعد اخضاع المنطقة إلى دراسة شاملة، وهذا بغية زيادة المردود وتوفير المياه والتنويع في المحاصيل الزراعية بغية الرفع من مستوى العائدات الاقتصادية.

Résumé :

La région de Bouati Mahmoud situé dans la wilaya de Guelma représente une ressource importante en eau et en agriculture, d'autant plus que la région est un pôle économique important au niveau local et national.

A cet égard, nous avons étudié dans ce travail un projet qui consiste à irriguer le périmètre de Bouati Mahmoud secteur I à partir du barrage de Zit-Emba, avec un réseau d'irrigation contenant de nouvelles méthodes et des normes scientifiques entre-autre l'irrigation par aspersion ainsi pour garantir un meilleur rendement agricole et économique.

Abstract:

Bouati Mahmoud area, city of Guelma, is an important resource for water and agriculture, especially since the region is an important economic hub at local and national levels. In this respect, our project consists in irrigating the perimeter of Bouati Mahmoud sector II from Zit-Emba dam, with an irrigation network containing new methods and scientific norms among which irrigation by sprinkling to ensure better agricultural and economic returns.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	3
I-1 INTRODUCTION	3
I.2 PRESENTATION DE LA WILAYA DE GUELMA	3
<i>I.2.1 Situation géographique</i>	<i>3</i>
<i>I.2.2 Situation démographique</i>	<i>3</i>
I.3 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	4
I.4 L'ETUDE CLIMATOLOGIQUE	5
<i>I.4.1 Pluviométrie :</i>	<i>5</i>
<i>I.4.2 la température moyenne de l'air</i>	<i>6</i>
<i>I.4.3 Humidité relative :</i>	<i>7</i>
<i>I.4.4 Le vent :</i>	<i>8</i>
<i>I.4.5 L'insolation :</i>	<i>8</i>
<i>I.4.6. Le Sirocco :</i>	<i>9</i>
<i>I.4.7 Les indices climatiques :</i>	<i>9</i>
I.4.7.1 L'indice d'aridité de MARTON :	10
I.4.7.2 Quotient pluviométrique d'Emberger :	11
I.4.7.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :	12
I.5 LES RESSOURCES NATURELLES ET HUMAINES.....	13
<i>I.5.1 Ressources naturelles</i>	<i>13</i>
<i>I.5.2 Ressources humaines.....</i>	<i>14</i>
I.6 CONCLUSION :	15
CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL-RESSOURCES EN EAU	16
II.1 INTRODUCTION :	16
II.2 RESSOURCES EN SOL	17
<i>II.2.1 La classification de référence :</i>	<i>17</i>
<i>II.2.2 classification des sols du périmètre :</i>	<i>17</i>
<i>II.2.3 zones homogènes</i>	<i>18</i>
<i>II.2.4 Aptitude culturale en irrigué.....</i>	<i>19</i>
II.2.4.1 Critères de détermination des aptitudes.....	20
II.2.4.2 Aptitude culturales en irrigué par type de sol :	21
<i>II.2.5 Caractéristiques hydrodynamiques</i>	<i>22</i>
II.2.5.1 réserve facilement utilisable (R.F.U).....	22
II.2.5.2 perméabilité ou vitesse d'infiltration	23
II.2.5.3 conductivité hydraulique	24
II.2.5.4 porosité total	24
II.3 RESSOURCES EN EAU :	25
<i>II.3.1 barrage de Zit Emba :</i>	<i>25</i>
II.3.1.1 Caractéristiques principales du bassin versant :	25
II.3.1.2 Retenue :	26
II.3.1.3 Barrage :	26
<i>II.3.2 Qualité de l'eau dans la retenue.....</i>	<i>26</i>
<i>II.3.3 Classification des eaux pour l'irrigation.....</i>	<i>30</i>
II.4 HYDROLOGIE.....	36
<i>II.4.1 Présentation de la station pluviométrique :</i>	<i>36</i>
<i>II.4.2 Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique</i>	<i>38</i>
<i>II.4.3 Ajustement statistique des pluies :</i>	<i>40</i>
II.4.3.1 ajustement à la loi normale (Gauss) :	40

II.4.3.2 ajustement à la loi log-normale (Galton)	41
II.4.4 Test de validité d'un ajustement :	42
II.4.4.1 Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :	43
II.4.4.2 Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale :	44
II.4.5 Détermination de l'année de calcul :	44
II.5 CONCLUSION	45
CHAPITRE III : BESOINS EN EAU DES CULTURES	46
III.1 INTRODUCTION	46
III.2 LES BESOINS EN EAU D'UNE CULTURE :	46
III.2.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETO) :	46
III.2.2 Evapotranspiration maximale ou de culture (ETM) :	46
III.2.3 Méthode de Penman et Monteith modifiée :	47
III.3 LE BILAN HYDRIQUE :	49
III.3.1 Le coefficient cultural (K_c) :	50
III.3.2 Les profondeurs d'enracinement :	50
III.4 CYCLE VEGETATIF DES CULTURES :	50
III.5 LA RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (RFU) :	51
III.6 ESTIMATION DES BESOINS EAU DES CULTURES :	52
III.6.1 Estimation des besoins en eau des blés :	52
III.6.2 Estimation des besoins en eau des pommes de terre :	53
III.6.3 estimation des besoins en eau des tomates :	54
III.6.4 estimation des besoins en eau des betteraves :	55
III.6.5 estimation des besoins en eau des laitues :	56
III.6.6 estimation des besoins en eau des carottes :	57
III.6.7 estimation des besoins en eau des ails :	58
III.6.8 estimation des besoins en eau des haricots :	59
III.7 ESTIMATION DES VOLUMES D'EAU D'IRRIGATION	60
III.8 CALCUL DE DEBIT SPECIFIQUE :	61
III.9 DEBIT CARACTERISTIQUE :	62
III.10 CONCLUSION :	63
CHAPITRE IV : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION	64
IV.1 INTRODUCTION :	64
IV.2 ORGANISATIONS DU PERIMETRE :	64
IV.2.1 ilots et bornes d'irrigation :	64
IV.2.2 Calcul du débit aux bornes.....	65
IV.2.2.1 Choix du diamètre de la borne	65
IV.2.2.2 Choix de type de borne	65
IV.3 DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME D'ADDUCTION :	67
IV.3.1 Schéma général et fonctions du réseau :	67
IV.4 CALCULS HYDRAULIQUES DU SYSTEME DISTRIBUTION GRAVITAIRE	67
IV.4.1 Vitesses admissibles	67
IV.4.2 Choix du matériau des conduites.....	68
IV.4.3 Caractéristiques des canalisations	68
IV.4.4 Calcul des diamètres.....	69
IV.4.5 Calcul des pertes de charge	69
IV.5 ETUDE DU SYSTEME DE POMPAGE	73
IV.5.1 Les pompes	73
IV.5.1.1 Les pompes axiales	73

IV.5.2 Diamètre économique de la conduite de refoulement	73
IV.5.2.1 Hauteur manométrique totale	73
IV.5.2.2 Calcul des frais d'amortissement	75
IV.5.2.3 Calcul des Frais d'exploitation	76
IV.5.2.4 Puissance des pompes.....	76
IV.5.2.5 Energie consommée par la pompe.....	77
IV.5.2.6 Bilan total des frais	77
IV.6 CHOIX DES POMPES	79
IV.7 DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR.....	80
IV.8 CONCLUSION :	82
CHAPITRE V : CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATIONS	83
V.1 INTRODUCTION :.....	83
V.2 CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION.....	83
V.3 L'IRRIGATION DE SURFACE :.....	83
V.3.1 L'irrigation par ruissellement.....	83
V.3.2 L'irrigation par submersion :.....	84
V.3.3 L'arrosage par infiltration (à la raie) :	84
V.4 L'IRRIGATION PAR ASPERSION :.....	85
V.5 L'IRRIGATION LOCALISEE (GOUTTE A GOUTTE) :.....	85
V.6 CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ARROSAGE :	86
V.7 CONCLUSION :.....	88
CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE.....	89
VI.1 INTRODUCTION	89
VI.2 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION PAR ASPERSION :	89
VI.2.1 Données générales :.....	89
VI.2.2 Dimensionnement théorique :	90
VI.3 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUES DES RAMPES :	93
VI.4 CALCUL DE LA PRESSION EN TÊTE DU RÉSEAU :.....	95
VI.5 CONCLUSION :.....	96
CHAPITRE VII : ASPECT TECHNICO ECONOMIQUE	97
VII.1 INTRODUCTION :	97
VII.2 DIFFERENTS TRAVAUX A ENTREPRENDRE	97
VII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution	97
VII.3 CALCUL DES VOLUMES DES TRAVAUX DE L'ADDITION	98
VII.3.1 Estimation du cout de pose de conduites d'adduction	100
VII.4 CALCUL DES VOLUMES DES TRAVAUX DE DISTRIBUTION	101
VII.4.1 Déblais d'excavation.....	101
VII.4.2 Pose du lit de sable	101
VII.4.3 Remblais compacté	102
VII.4.4 Estimation du cout du réseau de distribution.....	105
VII.4.5 Dévie estimatif total	105
VII.5 CONCLUSION	106
CONCLUSION GENERALE	107
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	108
ANNEXES.....	109

Liste des tableaux

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

TABLEAU N°1.1 : REPARTITION MENSUELLE DES PLUIES.....	5
TABLEAU N° 1.2 : LES VARIATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES DES TEMPERATURES (C°)	6
TABLEAU N°1.3 : L'HUMIDITE MOYENNE MENSUELLE RELATIVE (%) :.....	7
TABLEAU N° 1.4 : VITESSES MOYENNES MENSUELLES DU VENT (M/S).....	8
TABLEAU N° 1.5 : L'INSOLATION MOYENNE MENSUELLE (H)	9
TABLEAU N° 1.6 : CLASSIFICATION DU CLIMAT SELON MARTON.....	10
TABLEAU N° 1.7 : REPARTITION DES EMPLOIS PAR BRANCHE D'ACTIVITE ECONOMIQUE	15

CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL-RESSOURCES EN EAU

TABLEAU II.1 : APTITUDE CULTURALES EN IRRIGUE PAR TYPE DE SOL.....	21
TABLEAU II.2 : MINERALISATION EVENTUELLE DE L'EAU DANS LA RETENUE ZIT EMBA EN PERIODE DE SON DESTOCKAGE.....	28
TABLEAU II.3 : LES RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX AU COURS DES PHASES CARACTERISTIQUES DU REGIME HYDRAULIQUE	29
TABLEAU II.4 : DIRECTIVE POUR L'INTERPRETATION DE LA QUALITE DE L'EAU POUR L'IRRIGATION	30
TABLEAU II.5 : CARACTERISTIQUES DES EAUX D'IRRIGATION	30
TABLEAU II.6 : L'ANCIENNE ANALYSE (10-08-2011) :	33
TABLEAU II.7 : LA MINERALISATION GLOBALE.....	33
TABLEAU II.8: COORDONNEES DE LA STATION BOUATI MAHMOUD.....	36
TABLEAU II.9 : REPARTITION MENSUELLE ET ANNUELLE DES PLUIES	37
TABLEAU II.10 TEST D'HOMOGENEITE DE WILCOXON.	39
TABLEAU II.11 : RESULTATS DU TEST DE WILCOXON	39
TABLEAU II.12 : L'AJUSTEMENT A LA LOI NORMALE.....	41
TABLEAU II.13 : RESULTATS DE L'AJUSTEMENT A LA LOI LOG- NORMALE(GALTON).....	42
TABLEAU II.14 : L'AJUSTEMENT A LA LOI NORMALE	43
TABLEAU II.15 : L'AJUSTEMENT A LA LOI LOG-NORMALE.....	44
TABLEAU II.16 : RECONSTITUTION DE L'ANNEE DE PROBABILITE A FREQUENCE DE 80%.....	44

CHAPITRE III : BESOINS EN EAU DES CULTURES

TABLEAU III.1 : CALCUL DE ETO A L'AIDE DU LOGICIEL CROPWAT.	48
TABLEAU III.2 LE COEFFICIENT CULTURAL (Kc) DES DIFFERENTES CULTURES.	50
TABLEAU III.3 LES PROFONDEURS D'ENRACINEMENTS EN M DES DIFFERENTES CULTURES.	50
TABLEAU III.4 CYCLE VEGETATIF DES CULTURES	51
TABLEAU III.5 : BESOINS EN EAU DES BLES.....	52
TABLEAU III.6 : BESOINS EN EAU DES POMMES DE TERRE.....	53
TABLEAU III.7 : BESOINS EN EAU DES TOMATES	54
TABLEAU III.8 : BESOINS EN EAU DES BETTERAVES	55
TABLEAU III.9 : BESOINS EN EAU DES LAITUES	56
TABLEAU III.10 : BESOINS EN EAU DES CAROTTES	57
TABLEAU III.11 : BESOINS EN EAU DES AILS	58
TABLEAU III.12 : BESOINS EN EAU DES HARICOTS.....	59

TABLEAU III.13 : VOLUMES D'EAU D'IRRIGATION.....	60
TABLEAU III.14 : BESOINS NET (MM) EN EAU D'IRRIGATION.....	62

CHAPITRE IV : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION

TABLEAU IV.1 : DIAMETRES DES BORNES EN FONCTION DE DEBIT FOURNI.....	65
TABLEAU IV.2 : CALCUL DES DEBITS DES ILOTS ET CHOIX DU DIAMETRE ET TYPE DE BORNES.....	66
TABLEAU IV.2 (SUITE) : CALCUL DES DEBITS DES ILOTS ET CHOIX DU DIAMETRE ET TYPE DE BORNES.....	67
TABLEAU IV.3 : PARAMETRES DE PERTES DE CHARGE DE LA LOI DE LECHAPT-CALMON.....	69
TABLEAU IV.4 : RESULTATS DU SYSTEME D'ADDUCTION.....	71
TABLEAU IV.4(SUITE) : RESULTATS DU SYSTEME D'ADDUCTION.....	72
TABLEAU IV.5 : CALCUL DES HAUTEURS MANOMETRIQUES.....	75
TABLEAU IV.6 CALCUL DES FRAIS D'AMORTISSEMENT.....	76
TABLEAU IV.7 : CALCUL DES FRAIS D'EXPLOITATION.....	77
TABLEAU IV.8 : CALCUL DU BILAN TOTAL DES FRAIS.....	78
TABLEAU IV.9 : LE CHOIX DE DIAMETRE ECONOMIQUE.....	78
TABLEAU IV.10 : VARIANTES POUR LE CHOIX DU NOMBRE DE POMPES.....	79
TABLEAU IV.11 : VARIANTES POUR LE CHOIX DU TYPE DE POMPES.....	79
TABLEAU IV.12 : LE BILAN DE CONSOMMATIONS ET L'APPORT JOURNALIER D'EAU.....	81

CHAPITRE V : CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATIONS

TABLEAU V. 1 : ANALYSE MULTICRITERES DE CHOIX DE TECHNIQUE D'ARROSAGE.....	87
---	----

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

TABLEAU VI.1 : RESULTAT DE CALCUL PRATIQUE D'ASPERSION.....	95
--	----

CHAPITRE VII : ASPECT TECHNICO ECONOMIQUE

TABLEAU VII.1 : CALCUL DU VOLUME DE DEBLAI.....	99
TABLEAU VII.2 : CALCUL DU VOLUME DE SABLE.....	99
TABLEAU VII.3 : CALCUL DU VOLUME DE REMBLAI.....	100
TABLEAU VII.4 : ESTIMATION DU COUT DE POSE DE CANALISATION DE L'ADDUCTION.....	100
TABLEAU VII.5 . VOLUME DES DEBLAIS.....	101
TABLEAU VII.6 : VOLUME DU LIT DE SABLE.....	102
TABLEAU VII.7 . VOLUME DU REMBLAI COMPACTE.....	103
TABLEAU VII.8 : ESTIMATION DU COUT DE POSE DE CANALISATION DE LA PARTIE DISTRIBUTION.....	104
TABLEAU VII.9 : FACTURES PRO-FORMA DES PIECES DU RESEAU DISTRIBUTION.....	105
TABLEAU VII.10 DEVIS ESTIMATIF TOTAL.....	105

Listes des figures

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

FIGURE I.1 : CARTE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE GUELMA (ARROUR EL HACHEMI)	4
FIGURE I.2 : MOYENNES MENSUELLES DES PRECIPITATIONS	5
FIGURE I.3 : GRAPHIQUE DE LA TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE.	6
FIGURE I.4 : MOYENNE MENSUELLE DE L'HUMIDITE RELATIVE.	7
FIGURE I.5 : GRAPHIQUE DU VENT MOYENNE.	8
FIGURE I.6 : GRAPHIQUE DE L'INSOLATION (HEURES).	9
FIGURE I.7 DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER.....	12
FIGURE I.8 CLIMMOGRAMME PLUVIOMETRIQUE DE GAUSSEN.....	13
FIGURE I.9 : PYRAMIDE DES AGES DE LA WILAYA DE GUELMA	14

CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL-RESSOURCES EN EAU

FIGURE II.1 : CLASSIFICATIONS DES EAUX DESTINEES A L'IRRIGATION DIAGRAMME DE RICHARDS.....	34
FIGURE II.2 : DIAGRAMME DE WILCOX	35
FIGURE II.3 : ALLURE DES POINTS SUR LE PAPIER A PROBABILITE D'AJUSTEMENT A LA LOI NORMALE	41
FIGURE II.4 : L'ALLURE DES POINTS SUR LE PAPIER PROBABILITE A LA LOI LOG NORMALE.	42

CHAPITRE III : BESOINS EN EAU DES CULTURES

FIGURE III.1 : GRAPHIQUE DE L'EVAPOTRANSPIRATION (ET0).....	49
---	----

CHAPITRE IV : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION

FIGURE IV.1 : BILAN TOTAL DES FRAIS	78
FIGURE IV.2 : COURBES CARACTERISTIQUES DE LA POMPE.....	80

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

FIGURE VI.1 : DISPOSITIFS D'INSTALLATION DES ASPERSEURS SUR LA RAMPE	93
--	----

CHAPITRE VII : ASPECT TECHNICO ECONOMIQUE

FIGURE VII.1 : SCHEMA D'UNE TRANCHEE	99
--	----

Liste des planches

PLANCHE 01 : Plan de situation du périmètre Bouati Mahmoud-Roknia Wilaya de Guelma.

PLANCHE 02 : Plan du réseau d'adduction et distribution du périmètre Bouati Mahmoud-Roknia Wilaya de Guelma.

PLANCHE 03 : Plan du réseau d'aspersion de l'ilot 17 du périmètre de Bouati Mahmoud-Roknia Wilaya de Guelma.

PLANCHE 04 : Profil en long de la conduite de distribution du périmètre de Bouati Mahmoud-Roknia Wilaya de Guelma.

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture est, de loin, l'industrie ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier. En Algérie, l'irrigation représente jusqu'à 60 % de toutes les utilisations d'eau, et joue un rôle important dans l'approvisionnement des marchés nationaux « Fruits et Légumes » sans grande possibilité à couvrir les besoins nationaux si on tient compte de l'importation de ces denrées.

En Algérie, l'agriculture irriguée ne peut excéder un total de 173 000 ha relevant des **G.P.I** (Grands Périmètres Irrigués) ; Une faible plateforme agricole qui ne peut en aucun cas entraîner un grand développement agricole si les pouvoirs publics ne se penchent pas sur cette stratégie alimentaire dans un vaste pays en procédant à : Mise en valeur des terres agricoles, interdiction de l'utilisation des terres agricoles à l'usage d'habitation, des réformes en ce qui concerne les terres de l'Etat, confiées aux Exploitants agricoles et la création de fermes pilote. En parallèle, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

Dans cette optique qui vise la gestion rationnelle des eaux, notre modeste travail se situe dans un cadre limité à concrétiser le projet d'un réseau hydraulique pour l'irrigation d'une superficie totale de 300 Ha, choisi à être mis en place dans une partie du Périmètre de Bouati Mahmoud-Roknia Wilaya de Guelma qui compte une surface globale à irrigable de 1100 Ha. Tenant compte du mode d'irrigation adopté : Aspersion, notre projet est maintenu dans cette option (Mode : Aspersion) avec un choix approprié des types et sections de canalisations de transport de l'eau (Conduites principales, secondaires et tertiaires). Ce qui nous conduit à dimensionner selon les besoins toutes les canalisations de ce projet de réseau – Un dimensionnement correct, calculé selon plusieurs paramètres techniques agro-pédo-climatiques qui tendent à améliorer le système selon une technique qui consiste à limiter l'effet des précipitations où l'eau à usage agricole est acheminée sous pression par des canalisations à dimensions spécifiques , est propulsée en l'air sous forme de gouttelettes suivant une pression de service commune à chaque borne d'irrigation . Cette technique presque semblable à celle pratiquée dans le périmètre mais reste plus économe en eau dans le but d'éviter le gaspillage des eaux et la possibilité d'accroître et de régulariser la distribution dans tous les secteurs avec maîtrise de l'irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au cout optimal) visés.

Dans ce mémoire de fin d'études, nous avons pris en compte dans le **premier chapitre** l'analyse des conditions naturelles afin de mieux comprendre la situation climatique de la zone d'étude. Dans le **chapitre II**, nous avons mis en évidence la détermination de l'année de calcul à l'aide des lois d'ajustements car l'étude hydrologique est nécessaire aux calculs des besoins en eau. En parallèle, nous avons consacré le **chapitre III** pour calculer les besoins en eau d'irrigation en utilisant un logiciel de calcul. Et nous avons enchaîné notre travail dans le **chapitre IV** pour l'étude du système d'adduction et le choix des équipements hydrauliques nécessaires ainsi que choix des matériaux des canalisations. Par contre, le **chapitre V** est réservé au descriptif des différentes techniques d'irrigation et notre choix adopté dans le cadre de ce projet. A partir de toutes ces données techniques relatives et vérifiées, nous avons conclu, dans le **chapitre VI**, tous les dimensionnements des canalisations (conduites principales, secondaires et tertiaires) du réseau d'irrigation par aspersion. En définitive, le travail effectué dans un cadre technique et caractéristique, se solde par la nécessité de finaliser le coût d'investissement dans le **chapitre VII** dans le but de définir avec précision le montant d'investissement avec en prime la possibilité de concrétiser un projet à gestion rationnelle des eaux.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I-1 Introduction

Ce chapitre est consacré à une présentation détaillée de notre zone d'étude, du point de vue situation géographique, et caractéristiques climatiques, afin de déterminer les différents paramètres qui vont nous permettre de caractériser la zone d'étude et nous aider à connaître la nature du climat de la zone d'étude, ce qui est indispensable dans un projet d'irrigation.

I.2 Présentation de la Wilaya de Guelma

I.2.1 Situation géographique

La Wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le sud

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km².

Elle est limitée par :

- ✓ Annaba, au Nord ;
- ✓ El Taref, au Nord-est ;
- ✓ Souk Ahras, à l'Est ;
- ✓ Oum El-Bouaghi, au Sud ;
- ✓ Constantine, à l'Ouest ;
- ✓ Skikda, au Nord-ouest.

I.2.2 Situation démographique

La population totale de la wilaya est estimée à 506.007 habitants, soit une densité de 135 habitants par Km².

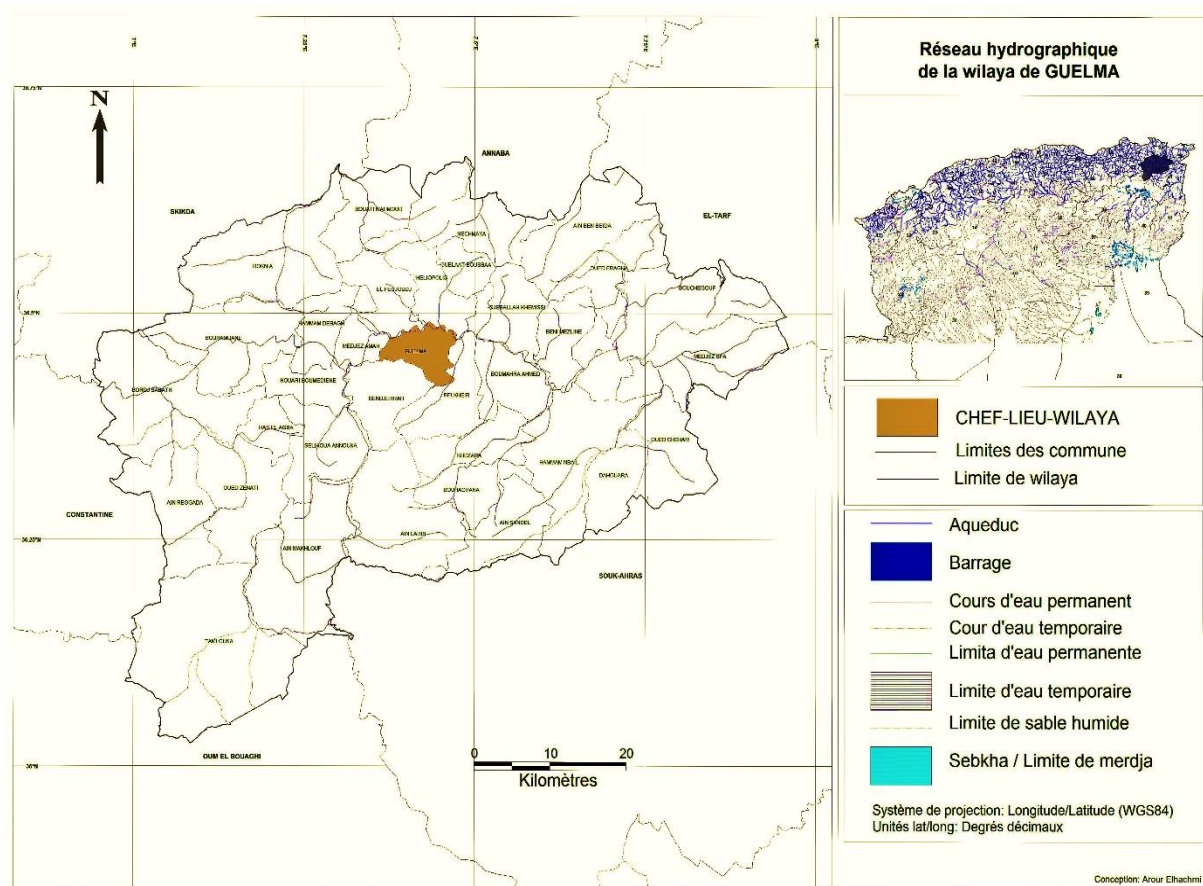


Figure I.1 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de GUELMA (Arrour el Hachemi)

I.3 Présentation de la zone d'étude

L'aire d'étude du périmètre de Bouati Mahmoud – Roknia est située dans la région est de l'Algérie dans la wilaya de Guelma à une trentaine de kilomètres (30 km) du chef-lieu de wilaya, il couvre la commune Bouati Mahmoud et celle de Roknia, ainsi il est limité :

- ✓ Au Nord : par le barrage de Zit-Emba (Inclus à l'intérieurs des limites administratives de la wilaya de Skikda)
- ✓ A l'Est : par la commune de Bouati Mahmoud
- ✓ A l'Ouest : par la commune de Roknia est oued Roknia
- ✓ Et au Sud : par les monts de djebel Debagh

La superficie du périmètre occupe la rive gauche de l'Oued El-Hammam et la rive droite de l'oued Medjerda façon qu'il soit au commencement de l'extrémité amont du barrage Zit-Emba

I.4 L'étude climatologique

En Algérie, les données hydro climatiques sont en général fournies par des organismes publics tels que : l'agence national des ressources hydrauliques (A.N.R.H) et l'office national de la météorologie (O.N.M).

Dans la zone étudiée, les enregistrements sont faits au niveau de la station la plus représentative qui est la station de Guelma.

Les données climatiques considérées concernent essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, ...etc.)

I.4.1 Pluviométrie :

Les précipitations moyennes annuelles, représentées sont évaluées selon la moyenne pondérée dans notre station sont d'environ 557 mm, (Source Météorologique ANRH de Constantine).

La répartition mensuelle des pluies de l'année 2016 est représentée sur le tableau suivant.

Tableau N°I.1 : Répartition mensuelle des pluies

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	82	60	55	44	40	25	3	12	26	49	70	91

Source : ONM Alger (office national de métrologie).

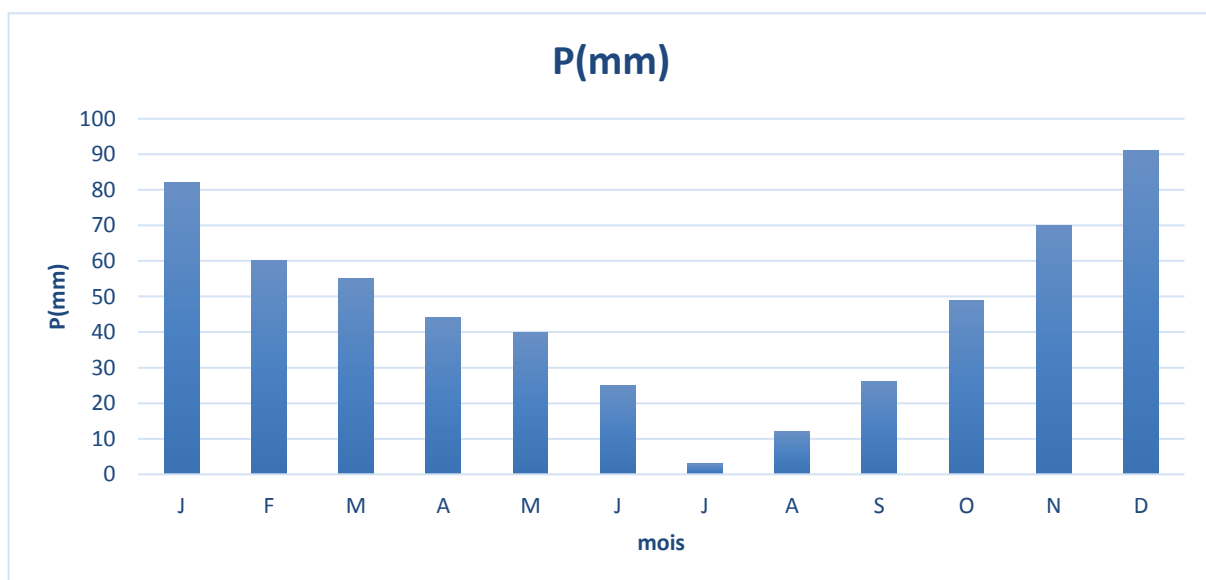


Figure I.2 : Moyennes mensuelles des précipitations

I.4.2 la température moyenne de l'air

La distribution moyenne mensuelle de la température de l'air est représentée ci-après :

Tableau N° I.2 : les variations moyennes mensuelles et annuelles des températures (C°)
(1990-2003)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	8.9	10	12.1	14.2	18.3	22.7	26.1	26.7	23.3	18.8	14.2	10.7
Température minimale (°C)	3.6	4.6	6.1	8	11.4	15	17.8	18.9	16.9	12.8	9.2	5.8
Température maximale (°C)	14.3	15.4	18.1	20.5	25.2	30.5	34.4	34.5	29.8	24.9	19.3	15.7

Source : ONM Alger (office national de météorologie).

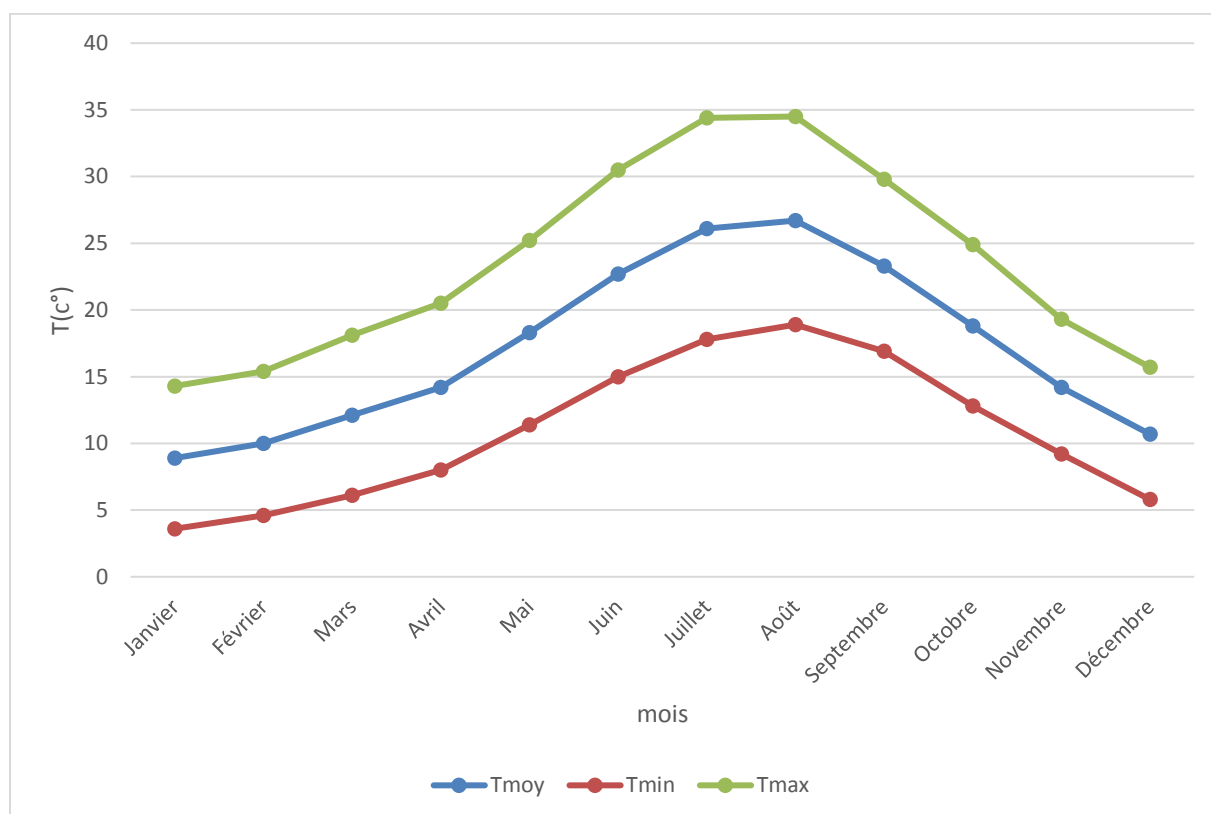


Figure I.3 : Graphique de la température moyenne mensuelle.

L'examen du tableau des températures moyennes mensuelles montre que :

- ✓ La valeur min de la température moyenne dans le mois de Janvier (8.9°C).
- ✓ La valeur max de la température moyenne dans le mois août (26.7°C).
- ✓ La température moyenne annuelle est de (17.2 °C).

I.4.3 Humidité relative :

Les variations de l'humidité relative de l'air sont fondamentalement conditionnées par les variations de la température et par la nature des masses d'air locales.

On admet que la variation de la température de l'air provoque, en règle générale, une variation contraire de l'humidité relative de l'air.

La distribution spatiale des valeurs de l'humidité de l'air et variations journalières et annuelles, peuvent être modifiées par l'action des facteurs locaux

Tableau N°I.3 : l'humidité moyenne mensuelle relative (%) :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hr (%)	75.0	74.5	70.5	70.3	65.4	56.5	50.4	50.7	62.1	66.8	71.6	74.4

Source : ONM Alger (office national de métrologie)

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons que l'humidité maximale est de 75% au mois de janvier, par contre l'humidité minimale est de 50.4% au mois de juillet

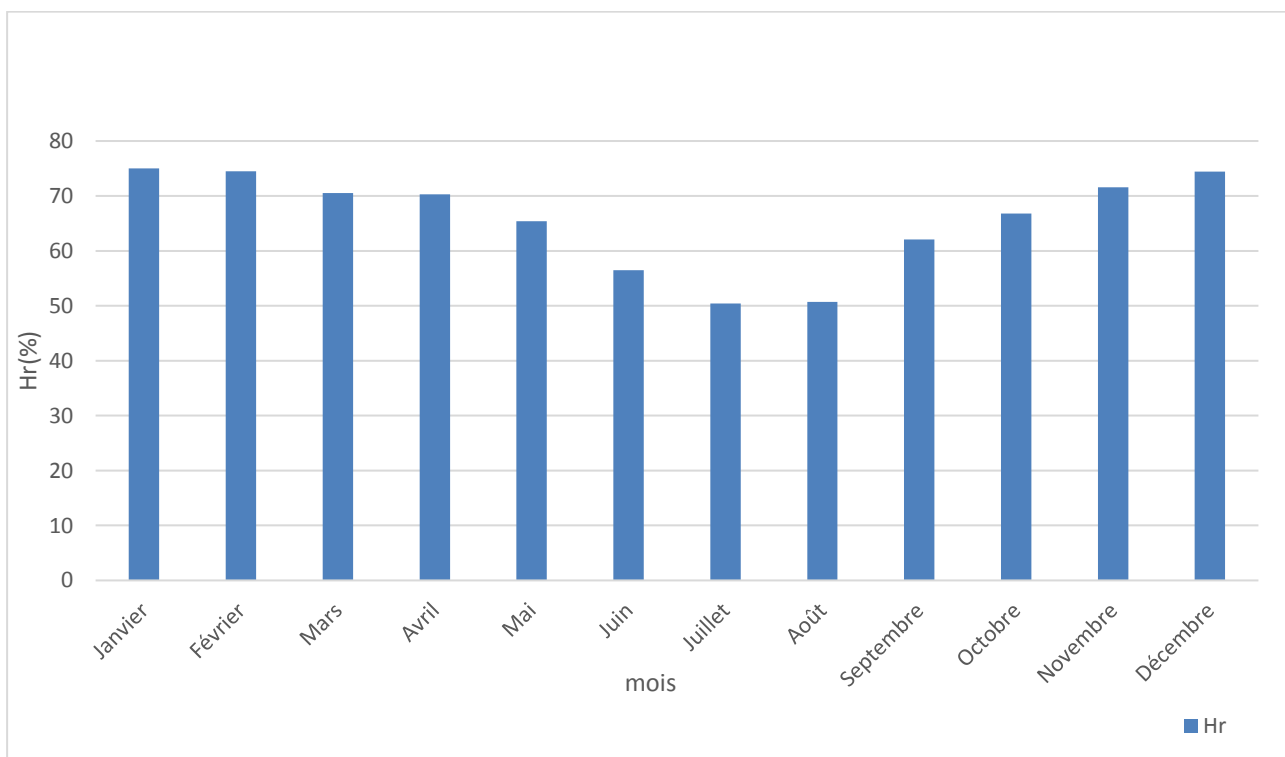


Figure I.4 : moyenne mensuelle de l'humidité relative.

I.4.4 Le vent :

Le vent est un paramètre très important qui entre la projection du système d'irrigation surtout dans le cas où on utilise l'asperseur, il est caractérisé par sa direction et sa vitesse. Le tableau suivant représente les valeurs moyennes mensuelles de la vitesse de vent (m/s).

Tableau N° I.4 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
V (m/s)	2.08	2.19	1.95	2.02	1.67	1.59	1.61	1.8	1.79	1.9	2.07	2.57	1.94

Source : ONM.

La moyenne annuelle de la vitesse maximale instantanée du vent est de 1.9 m/s. Elle varie de 2.5 à 2m/s entre Décembre et Avril. Cette vitesse diminue durant la période estivale où elle atteint 1.6 m/s (Juin – Juillet) ce qui nous permet d'éviter toutes sortes de problèmes lorsqu'on envisage une irrigation par aspersion.

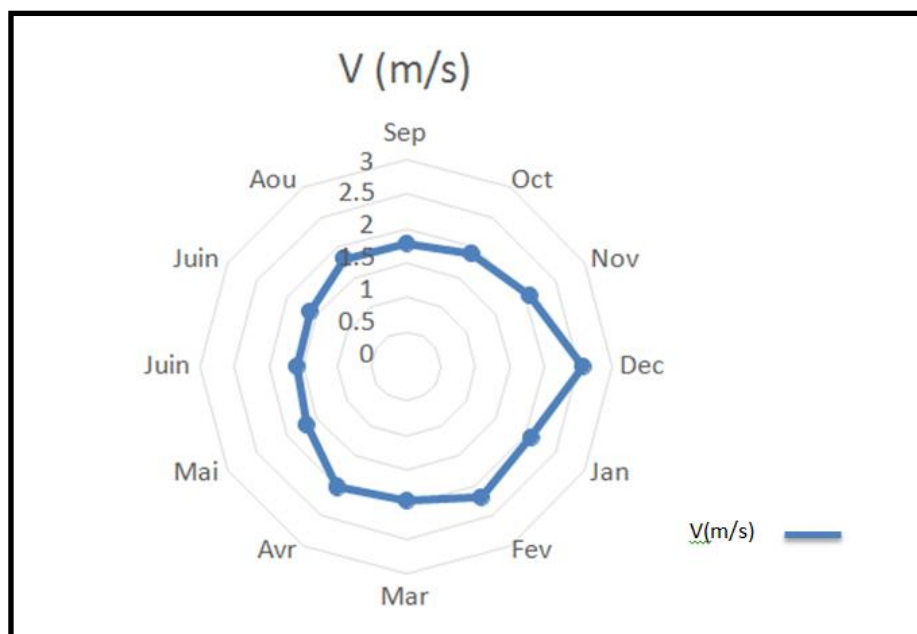


Figure I.5 : Graphique du vent moyenne.

I.4.5 L'insolation :

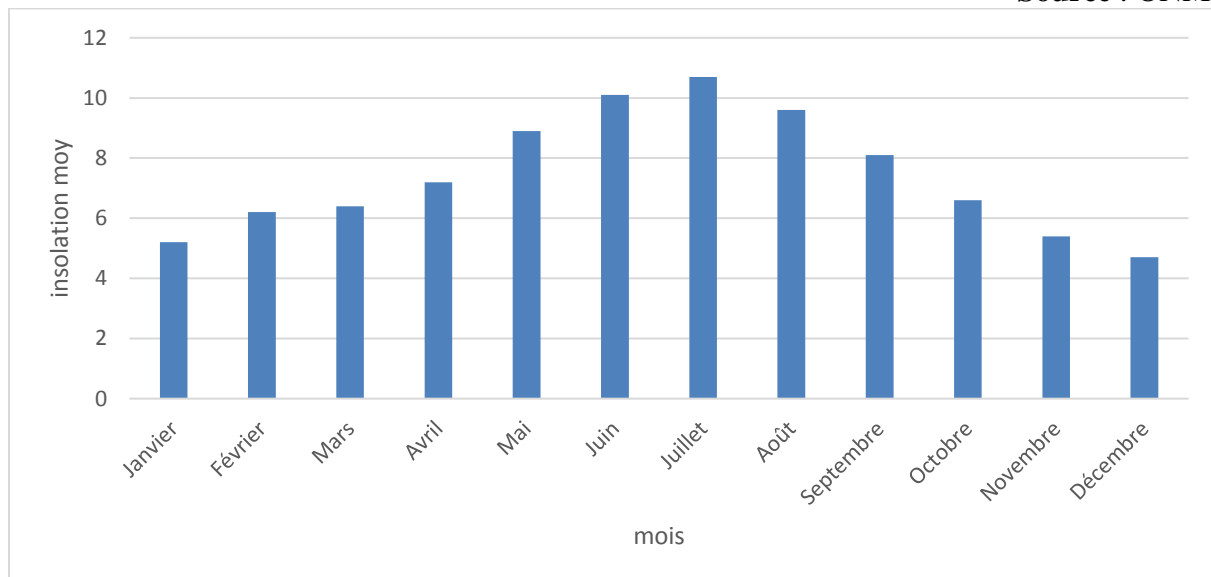
L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de la station météorologique O.N.M présenté dans le tableau suivant :

Tableau N° I.5 : l'insolation moyenne mensuelle (h)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
Insolation (h/j)	5.2	6.2	6.4	7.2	8.9	10.1	10.7	9.6	8.1	6.6	5.4	4.7	89.1
%	5.8	7.0	7.2	8.1	10.0	11.3	12.0	10.8	9.1	7.4	6.0	5.3	100
Insolation par saison (%)	18.0		25.3			34.1			22.6				100

Source : ONM.

**Figure I.6 : Graphique de l'insolation (heures).****I.4.6. Le Sirocco :**

Ce vent poussiéreux, bien qu'il soit faible durant la période hivernale, apparaît tout au long de l'année. Il provoque une augmentation de la température, ce qui peut causer des dégâts quant à la croissance des cultures et les ressources en eaux (superficielles et souterraines) par l'augmentation de l'évaporation.

I.4.7 Les indices climatiques :

Le but de ce calcul c'est la détermination de type de climat et voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes.

Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels : pluviométrie et température.

Les indices les plus connues sont ceux de MARTON (1926) et d'EMBERGER (1932).

I.4.7.1 L'indice d'aridité de MARTON :

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

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

- **IA** : indice d'aridité de MARTON.
- **P** : précipitation moyenne annuelle.
- **T** : température moyenne annuelle.

Avec : P= 557 mm et T= 17.2 ° C

$$AN : IA = \frac{557}{17.2+10} = 20.48$$

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

Tableau N° I.6 : Classification du climat selon MARTON.

Valeurs de (IA)	Type de climat	Irrigation
$IA \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < IA \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < IA \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < IA \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$IA > 30$	Humide	Inutile

Source : Bulletin n°24 FAO.

Selon la classification de MARTON, $I_A = 20.48$ mm donc $20 < I_A \leq 30$ ce qui correspond d'après les valeurs du tableau au climat « **relativement humide** » d'où l'irrigation est parfois utile.

I.4.7.2 Quotient pluviométrique d'Emberger :

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique. Il est déterminé par la formule d'EMBERGER :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots (I-2)$$

- Q Quotient pluviométrique d'EMBERGER
- P : Précipitation moyenne annuel mm
- M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en K° (degré kelvin)
- m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en K°

Avec

- P : 557mm
- M : 34.5 °C
- m : 3.6 °C

On aura

$$Q = \frac{2.1000.557}{(34.5 + 273)^2 - (3.6 + 273)^2} = 61.72mm$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (fig. **I-7**), la valeur de **Q = 61.72 mm /°K** pour une température moyenne du mois le plus froid, **T = 3.6 °c**, nous donne

- L'étage bioclimatique : Semi-aride
- Sous étage : Hiver tempéré

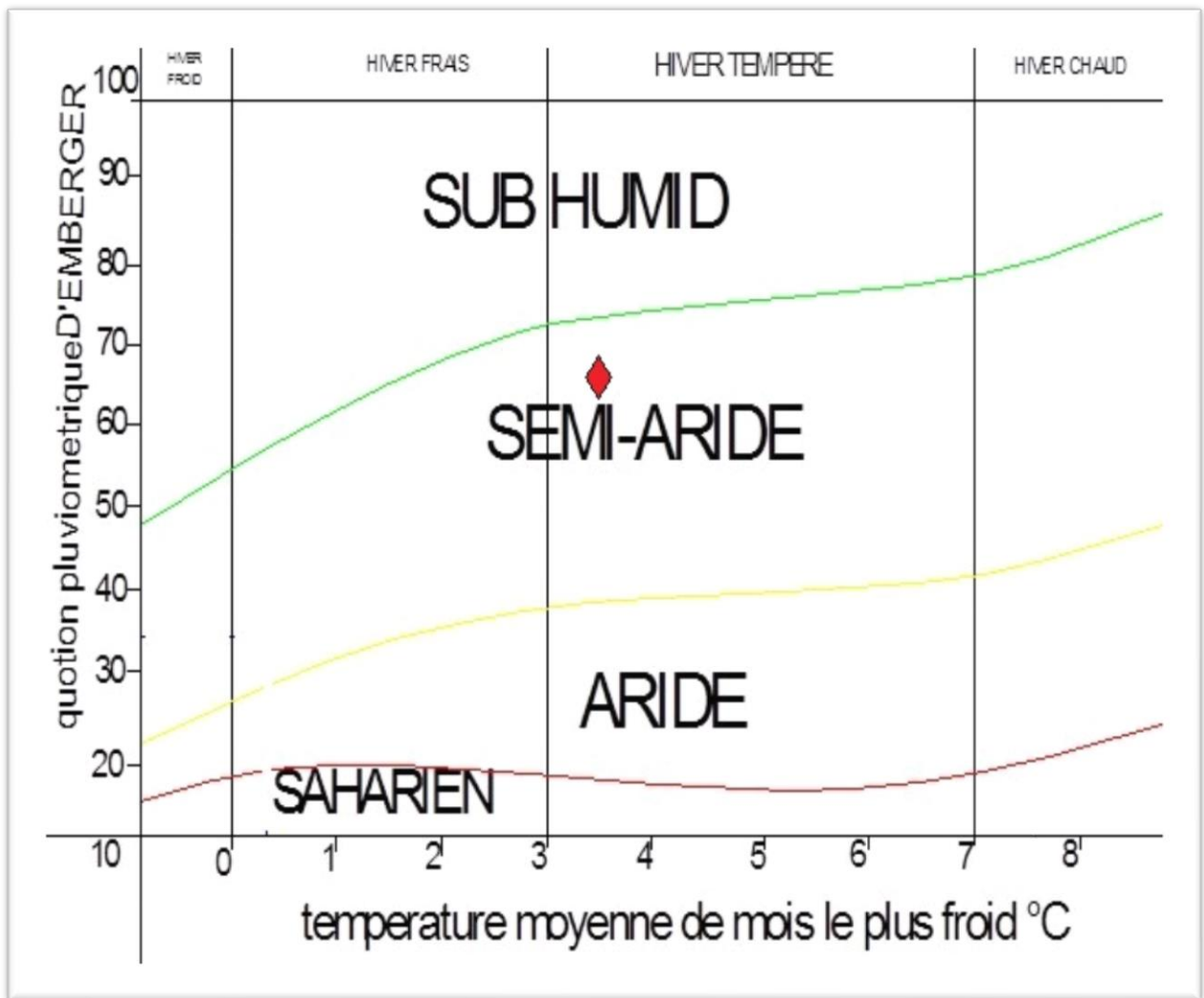


Figure I.7 Diagramme bioclimatique d'Emberger.

I.4.7.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Il est établi selon la méthode mise au point par F. BANGNOULS et GAUSSEN ce diagramme nous permettra de valuer de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique. (Voir figure I.8)

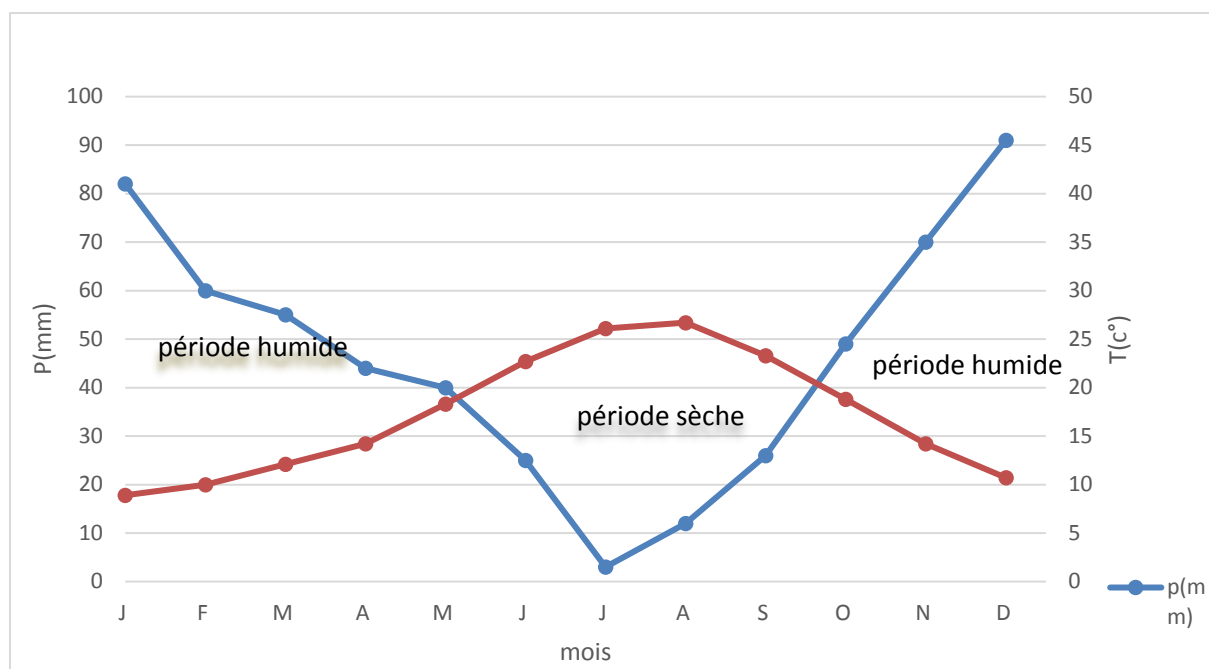


Figure I.8 Climmogramme pluviométrique de GAUSSEN.

Description de graphique :

D'après le graphe on remarque la période sèche dure à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre soit 5 mois, le reste de l'année du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril est humide soit une période de 7 mois.

I.5 Les Ressources Naturelles et Humaines

I.5.1 Ressources naturelles

- D'une vocation essentiellement agricole, la Wilaya de Guelma recèle un important potentiel, à savoir :
 - Surface agricole Totale (SAT) : De 264.618 Ha, soit 71,77 % de la superficie totale.
 - Surface agricole utile (SAU) : De près de 187.338 ha soit 50,81 % de la superficie totale de la Wilaya et 70,80 % de la S.A.T.
 - Superficie forestière de 113.182 ha, soit un taux de 30,70% de la superficie totale de la Wilaya.
- D'autre part le sol de la Wilaya de Guelma présente des richesses minières très importantes et peu exploitées. Ces richesses concernent essentiellement :
 - Le Kaolin Djebel Debagh (Hammam Debagh)
 - Le marbre – Djebel Mahouna (Ben Djerrah).

I.5.2 Ressources humaines

La population ayant un âge inférieur à 15 ans représentant 34% du total de la population, constitue dans les années à venir une importante ressource humaine.

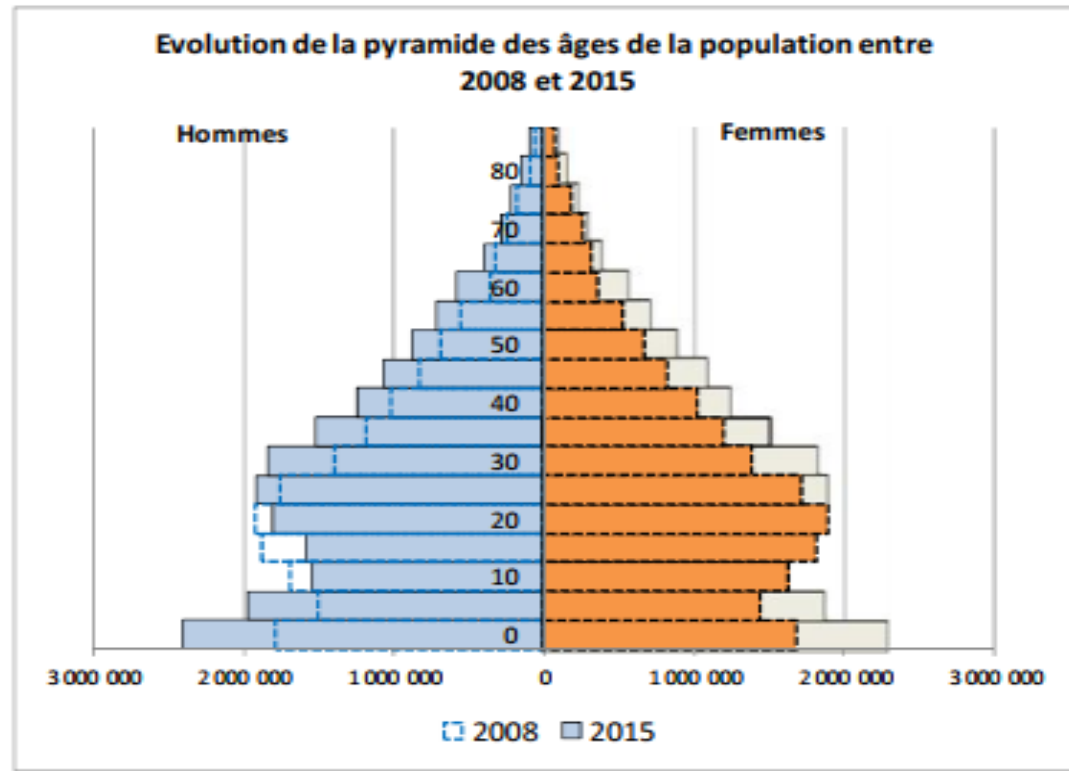


Figure I.9 : Pyramide des âges de la wilaya de Guelma

La Wilaya de Guelma, étant à vocation agricole, son secteur primaire ne suffit plus à absorber les demandeurs d'emploi. Quant aux unités industrielles, elles sont non seulement saturées mais en situation soit de difficultés, soit de non expansion économique.

Situation 2011 :

- **Population active** : 258.823 soit un taux d'activité de 51,15 %.
- **Population occupée** : 177.113 personnes occupées, soit 68,43 % de la population active.
- **Population au chômage** : près de 26.892 chômeurs.
- **Taux de chômage** : près de 10,39 %.

Tableau N° I.7 : Répartition des emplois par branche d'activité économique

Branches Activités Economique	Effectifs	%
Agriculture	75.981	42,90
Industrie	10.609	5,99
BTPH	33.634	18,99
Services,	37.176	20,99
Administrations	19.713	11,13
Ensemble Wilaya	177.113	100

Source : DPAT (Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire)

I.6 Conclusion :

Le présent chapitre est consacré à définir la nécessité de délimiter la surface d'étude (300Ha) en y tenant compte carrément de la situation géographique de la région, suivie de l'étude approfondie en ce qui concerne les caractéristiques des superficies du Périmètre de Bouati Mahmoud-Roknia. Ensuite, l'étude par documentation de la climatologie avec la prise en compte de tous les aléas naturels qui confirment à juste titre la semi-aridité de la région, et aussi l'aménagement hydro-agricole du périmètre est, non seulement adapté à la région, mais aussi qu'il sera d'une très grande utilité.

Chapitre II : Ressources en sol-ressources en eau

II.1 Introduction :

Le sol désigne l'ensemble hétérogène des matériaux issus de l'évolution d'un substrat minéral sous l'action combinée de facteurs climatiques (température, précipitation) et de l'activité biologique (racines de végétaux, animaux fouisseurs, accumulation de matière organique en décomposition, micro-organismes).

Le sol joue le rôle d'un réservoir d'alimentation en eau des plantes, il est donc essentiel de bien connaître ses caractéristiques et son mode de fonctionnement qui sont utiles dans le dimensionnement du périmètre d'irrigation. Les principales contraintes et critères pris en considération pour la classification des sols sont : la texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité et le calcaire actif.

L'eau est un élément constitutif majeur de la matière végétale ; pour cela on va présenter dans ce chapitre les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude et analyser les pluies, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole. L'étude porte sur la qualité de l'eau, l'homogénéisation des séries pluviométriques, et l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques, et la détermination de l'année de calcul.

Les eaux d'irrigation peuvent être superficielles (barrages, lacs, cours d'eau) ou souterraines (Nappes, forages, puits). Elles doivent être en outre de bonne qualité, surtout peu chargées en sels.

II.2 Ressources en sol

L'évaluation des ressources en sol qui est une finalité de toute étude pédologique en générale et cartographique en particulier, permettra, d'une part, la répartition spatiale des sols sur un support cartographique au 1/20.000^e avec analyse de toutes les contraintes susceptibles de limiter le type d'utilisation des terres du périmètre, et principalement aux résultats des caractéristiques physico-chimiques et hydrodynamiques des sols.

II.2.1 La classification de référence :

La classification utilisé dans le cadre de la présente étude est celle de la commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S), adoptée par la DEMRH Algérie.

La structure de cette classification, dite morphogénétique, repose essentiellement sur la détermination des unités supérieurs (classe, sous-classe, groupe, sous-groupe) ainsi que les unités inférieurs (famille et série) et donne aux utilisateurs un outil commode pour l'évaluation des caractéristiques fonctionnels.

II.2.2 classification des sols du périmètre :

La prospection pédologique et l'analyse des paramètres physico-chimiques, ont permis de reconnaître au niveau du périmètre Roknia deux classes appartenant aux sols calcimagnésiques et aux sols brunifiés.

A-Classe : sols calcimagnésiques

A-1-Sous classe : carbonatés

Les principales propriétés de ces sols sont dues à la présence du calcaire actif à des taux parfois élevés, et selon le matériau sur lequel ces sols se sont développés et leur position et leur position topographique, on a distingué au niveau de cette classe deux types groupes :

- ✓ Groupe des rendzines
 - Sous-groupe : modales
- ✓ Groupe des sols bruns calcaires
 - Sous-groupe : modaux
 - Sous-groupe : vertiques

B-Classe : sols brunifiés

B-1 sous classe : sols brunifiés des climats tempérés humides

- ✓ Groupe sols bruns
 - Sous-groupe : modaux (eutrophes et mésotrophes)

II.2.3 zones homogènes

La carte des zones homogènes est une carte thématique dérivée de la carte pédologique, les contours restent valables pour certains et sont partiellement regroupés.

Dans cette carte, doivent figurer également les données concernant le sol tel que : fertilité, travaux nécessaires à l'utilisation du sol (labour profond, sous solage, amendement nécessaires) et enfin l'aptitude culturale.

Les zones de la mise en valeur se regroupent en catégories, de la meilleure à la plus médiocre et en fonction de l'objectif de l'étude et de la spécificité de la région étudiée, cette notion de zones homogènes pourra être amendée et complétée.

✓ C1 Catégorie I

Sols aptes à l'irrigation et à toutes les cultures prévues en tenant compte du climat et de la qualité chimique de l'eau d'irrigation. Cette catégorie ne présente pas généralement des travaux particuliers d'aménagement. Très bonne aptitude culturale.

✓ C2 Catégorie II

Sols aptes à l'irrigation avec quelques contraintes de mise en valeur, sols nécessitant quelques travaux d'améliorations cette catégorie peut présenter une bonne aptitude culturale pour certaines cultures et moyenne aptitude pour certaines cultures sensibles.

✓ C3 Catégorie III

Cette catégorie peut présenter plusieurs contraintes de mise en valeurs, sols nécessitant d'importants travaux d'aménagement à des frais moyens ou élevés. Sols aptes à l'irrigation à condition de choisir les cultures qui conviennent à cette catégorie.

✓ C4 Catégorie IV

Catégorie des sols présentant des travaux fastidieux. Sols irrigables dans des condition spéciales (abondance de l'eau et choix des cultures).

✓ C5 Catégorie V

Catégorie des sols inaptes à l'irrigation (sols superficiels, pente accentuée, salinité élevée etc...).

Le périmètre de Roknia objet de cette étude se subdivise en zones homogènes regroupant trois catégories qui sont les suivantes :

- **Catégorie I** : cette catégorie regroupe les sols brunifiés modaux et les sols bruns calcaires à caractères vertiques pouvant convenir à une très large gamme de cultures en procédant juste à des labours profonds et sous solage
- **Catégorie II** : celle-ci regroupe les sols bruns calcaires modaux qui sont moyennement profonds et qui présentent une bonne convenance aux céréales, aux fourrages, aux cultures et aux cultures industrielles et une convenance moyenne à certains arbres fruitiers sensibles aux textures fines et aux teneurs élevées du calcaire.
- **Catégorie III** : cette catégorie regroupe les rendzines à profondeur peu importante et riches en calcaire actif. Celle-ci nécessite quelques aménagements tels que : sous solage et amendements organiques et minéraux.

II.2.4 Aptitude culturale en irrigué

Ce volet de l'étude consiste en une évaluation des terres qui se définit par la capacité par laquelle un sol est apte à produire une culture bien déterminée. Cette capacité est fonction des caractères physico-chimiques du sol en question, du climat et des eaux d'irrigation

- **Arboriculture**

De façon générale, les sols présentent de bonnes aptitudes pour les espèces : les agrumes, l'olivier, la vigne, ou l'abricotier. Certains sols présentent des aptitudes moyennes pour l'arboriculture fruitière irriguée tels que le pommier, poirier.

- **Cultures industrielles**

Les cultures industrielles peuvent être introduites dans le périmètre étudié, en particulier la tomate industrielle et la betterave sucrière, dont les sols présentent de bonnes aptitudes culturales.

- **Cultures céréalières et fourragères :**

Les cultures céréalières (blé, orge) peuvent être cultivées dans le périmètre sans contraintes ou restrictions en irriguée ou en sec. Les cultures fourragères deviennent possibles en irrigation, à introduire dans la région, car elles permettent de développer l'élevage (vocation de la région) et leurs résidus végétaux constitueront des amendements qui contribueront à l'amélioration de la majorité des sols à texture fine et très fine et de structure défavorable.

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

- **Cultures maraichères :**

Cette liste concerne les cultures en extension ; les cultures sous serres comme pratiquées dans la région peuvent avoir des aptitudes meilleures qui dépendent de la qualité du sol apporté et de la conduite de la spéculaton. Les sols ne présentent aucune restriction 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.

Légumineuses :

Leur irrigation permet une augmentation des rendements, car elles permettent l'enrichissement des sols en azote, l'améliorent de la structure du sol et de développer l'élevage (vocation de la région). De plus, leurs résidus végétaux constitueront des amendements qui contribueront à l'amélioration des sols à texture fine et de structure défavorable.

II.2.4.1 Critères de détermination des aptitudes

Après avoir connu les différentes unités pédologiques qui composent le périmètre d'étude et les contraintes à leur mise en valeur, il sera procédé à la synthèse de toutes les données exploitées (climatiques, pédologiques, hydrographiques, etc.) afin d'arriver à l'identification et à la délimitation des zones homogènes exprimant avec exactitude l'aptitude culturale de chaque unité pédologique. L'aptitude qui se définit par la capacité d'un sol à produire une culture sera déterminée par la méthode des contraintes (Méthode ANRH) qui tient compte des paramètres suivants :

- ✓ Profondeur
- ✓ Texture
- ✓ Structure
- ✓ Eléments grossiers
- ✓ Hydromorphie
- ✓ Conductivité électrique (salure)
- ✓ Taux de calcaire actif
- ✓ PH

Le choix des cultures à introduire sera fait en fonction des caractéristiques physico-chimiques des sols et des exigences de chaque culture vis-à-vis des paramètres cités, tout en tenant compte de la qualité des eaux d'irrigation. On tiendra éventuellement compte des considérations économiques qui pourraient aussi orienter de choix.

II.2.4.2 Aptitude culturales en irrigué par type de sol :

Les aptitudes culturales, possibles au niveau du périmètre se résument dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Aptitude culturales en irrigué par type de sol

<u>Aptitude culturale</u>				
Type de sol	contrainte	catégorie	bonne	Moyenne
Rendzines modales	Profondeur, fertilité, calcaire actif	Catégorie III	Maraichage, légumineuses	Arboriculture fruitière céréales, fourrages
Sols bruns calcaires modaux	Fertilité, profondeur moyenne, calcaire actif	Catégorie II	Céréales, fourrage, légumineuses, maraichage	Arboriculture fruitière
Sols bruns calcaires vertiques	Texture	Catégorie I	Céréales, fourrages, légumineuses, maraichage, arboriculture fruitière	Cultures qui ne supportent pas la texture fine et structure compact dans les horizons profonds
Sols brunifiés modaux	Texture	Catégorie I	Céréales, fourrages, légumineuses, maraichage, arboriculture fruitière	Cultures qui ne supportent pas la texture fine et structure compact dans les horizons profonds

Dans la **catégorie I** qui regroupe les sols brunifiés et les sols bruns calcaires vertiques, toutes les cultures peuvent convenir sans aucune restriction, néanmoins certains travaux sont nécessaires pour espérer des hauts rendements. Parmi ces travaux on cite : le défoncement pour permettre une bonne infiltration des eaux d'irrigation et aussi empêcher la formation des semelles de labour.

Dans la **catégorie II** à légères contraintes au niveau de la profondeur et de la fertilité chimique, toutes les cultures à enracinement non profond (céréales, fourrages, légumineuses, maraichage) peuvent y convenir parfaitement sauf que l'arboriculture fruitière aura une convenance moyenne en raison de l'excès de calcaire actif par endroit.

Au niveau de cette catégorie, il est conseillé de procéder à un sous solage. A un labour profond et à des apports des engrais organiques et minéraux.

Au niveau des sols regroupés dans la **catégorie III** (rendzines) seules les cultures à enracinement superficiel (maraichage, légumineuses) pourront avoir une bonne convenance sans aucune restriction, les autres cultures tel que les céréales, les fourrages pourront y convenir mais leur rendement seront juste moyens sans revenus conséquent pour l'agriculteur. L'introduction des espèces à enracinement profond (mis à part les espèces très rustiques) est déconseillée par manque de profondeur permettant un bon développement du système racinaire. Toutefois il est recommandé de procéder à des travaux d'amélioration tel que :

- Amendements en engrais organiques (fumier de bovins, d'ovins ou de camelins) afin d'améliorer la structure de sol et de former un complexe organo-minérale qui pourrait augmenter la capacité de rétention en eau de ces sols.
- Procéder à un sous solage sans retourner l'horizon sous adjacent qui n'est autre que du calcaire friable
- Choisir un système d'irrigation très adéquat

II.2.5 Caractéristiques hydrodynamiques

L'étude des caractéristiques hydrodynamiques des sols, qui vient en complément de l'étude agro pédologique est nécessaire à l'étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre irrigué de Roknia car il permet de déterminer :

- Les possibilités d'emmagasinement en eau conditionnant le volume total de l'eau d'irrigation à apporter.
- Les vitesses d'infiltration permettant de calculer le temps nécessaire pour apporter les doses d'irrigation.
- Les conductivités hydrauliques, paramètres nécessaires au calage du futur réseau de drainage.

II.2.5.1 réserve facilement utilisable (R.F.U)

La R.F.U représente la valeur maximale de la réserve en eau consommable parla plante avant que le manque ne devienne un facteur limitant son développement et en supposant que le système racinaire de la plante exploite la totalité de l'épaisseur utile du sol mise à sa disposition.

L'humidité du sol en % à la capacité de rétention est donnée par les humidités :

- A PF 2.5% pour les sols à texture moyenne.
- A PF 3% pour les sols à texture fine et très fine.

On admet en générale que l'humidité à PF 4.2% correspond au point de flétrissement pour tous les sols et quel que soit la texture.

Les PF sont déterminés pour différents horizons au laboratoire sous pression à la marmite de Richards.

Les RFU sont repartis selon cinq (05) classes en fonction des profondeurs de sol utilisées :

- Profondeur de 0-50 cm : C1(100-200m³/ha), C2(200-300m³/ha), C3(300-400m³/ha), C4(400-500m³/ha), C5(>500m³/ha).
- Profondeur de 0-80 cm : C1(200-400m³/ha), C2(400-600m³/ha), C3(600-800m³/ha), C4(800-1000m³/ha), C5(>1000m³/ha).
- Profondeur de 0-120 cm : C1(400-800m³/ha), C2(800-1200m³/ha), C3(1200-1600m³/ha), C4(1600-2000m³/ha), C5(>2000m³/ha).

II.2.5.2 perméabilité ou vitesse d'infiltration

La méthode utilisée est celle du double anneau (MUNTZ) qui permet de déterminer la vitesse de filtration (perméabilité verticale). La loi de DARCY pour l'écoulement de l'eau dans les sols est appliquée pour calculer la perméabilité.

Le mode opératoire est d'enfoncée le double anneau verticalement à la masse à une profondeur de 5 cm et plus et on veille à ne pas tasser, ni perturber la surface du sol pendant l'opération de mesure. On verse l'eau en même temps dans les deux anneaux jusqu'au niveau voulu et on calcule la vitesse d'infiltration par heure $v(\text{cm/h})$.

II.2.5.3 conductivité hydraulique

La méthode utilisée est celle de PORCHET :

Cette méthode consiste à creuser avec une tarière des trous circulaires de diamètre égale à 8cm, le cas où le trou de la tarière n'atteint pas le plan d'eau. On verse ensuite un volume d'eau qui remplit le trou jusqu'à une hauteur H. la représente la quantité d'eau infiltrée par unité de temps et la pente motrice=1

$$Q=2K\pi R(H+R/2)$$

Sachant que R=4cm et t=2h il ne reste qu'à remplacer H pour trouver K(cm/h)

$$K=RH/2t(H+R/2)$$

II.2.5.4 porosité total

La porosité varie en fonction de la texture, de la structure et du teneur en calcaire total qui peut occuper les vides du sol, de l'action des facteurs externes (exemple : tassement). Les sols à faible densité apparente ont une forte porosité. $P_t = (1 - (D_a/D_r)) * 100$

Sachant que :

- P : porosité totale.
- D_a : densité apparente.
- D_r : densité réel.

On note aussi que la porosité varie au niveau du même profil.

II.3 ressources en eau :

L'eau d'irrigation doit être considérée selon sa nature, sa quantité et sa qualité, la ressource peut être souterraine exploitée à partir de puits ou de forages ou bien une source d'eau superficielle à partir des lâchées, d'un écoulement ou un captage de source. A ce propos, l'agriculteur doit s'assurer de sa disponibilité en période de pointe, qui lui permet de déterminer la superficie à irriguer et doit en déterminer sa qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour évaluer et prévoir le niveau de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation

II.3.1 barrage de Zit Emba :

Le site de ce barrage se trouve sur l'oued El-hammam dans la wilaya de Skikda au Nord-est de l'Algérie. La partie aval de la cuvette de la retenue se trouve dans la wilaya de Skikda, les parties centrales et amont sont dans la wilaya de Guelma.

Les coordonnées Lambert du barrage sont :

X=883.50

Y=207.50

Z=80.50

II.3.1.1 Caractéristiques principales du bassin versant :

- Superficie du BV : 485 Km²
- Altitude maximale : 1200 m NGA
- Altitude minimale : 50 m NGA
- Altitude moyenne : 376 m NGA
- Pluviométrie moyenne/annuelle : 700 mm
- Apport moyen annuel : 50.0 Hm³
- Crue Q₁₀ : 635 m³/s
- Crue Q₁₀₀ : 1275 m³/s
- Crue Q₁₀₀₀ : 1920 m³/s
- Crue Q₁₀₀₀₀ : 3060 m³/s

II.3.1.2 Retenue :

- Altitude de retenue normale : 86.00 m
- Altitude des plus hautes eaux : 91.00 m
- Aire de la retenue au niveau normal : 810 Ha
- Aire de la retenue au niveau exceptionnel : 1030 Ha
- Capacité total de la retenue : 120 Hm³
- Réserve d'envasement : 8.4 Hm³
- Volume régularisé : 43.4 Hm³

II.3.1.3 Barrage :

- Type : barrage en terre hétérogène
- Hauteur maximale au-dessus du terrain naturel : 47.5 m
- Hauteur maximale au-dessus du fond des fouilles : 52.00 m
- Largeur en crête : 10 m
- Largeur maximale au niveau des fondations : 270 m
- Longueur en crête : 640 m
- Parement amont : 1/3.5
- Parement aval : 1/2.5 – 1/2
- Cote de crête du barrage : 92.00 m NGA

Il faut bien comprendre quelles sont les effets de l'eau (des précipitations et d'irrigations) sur le développement des cultures dans différentes conditions de croissance.

II.3.2 Qualité de l'eau dans la retenue

En régularisant les apports des oueds la régularise en même temps la minéralisation de l'eau amenée aux consommateurs.

L'évolution de la minéralisation en fonction de l'évolution du volume de la retenue s'exprime par l'équation suivante :

$$\mu_2 = \frac{2\delta - \mu_1(Z + F + C)}{Z + F + C + 2V_2}$$

Où : μ_1, μ_2 : minéralisation de l'eau dans la retenue au début et à la fin de l'intervalle du calcul, (Kg/m³)

δ : masse sommaire des sels contenus dans la retenue, 10⁶ Kg

Z : volume d'eau utilisée, 10⁶ m³

F : pertes par infiltrations, 10⁶ m³

C : lâches à vide de l'évacuation des crues, 10⁶ m³

V₂ : volume de la retenue à la fin de l'intervalle du temps de calcul, 10⁶ m³

Le calcul de la minéralisation éventuelle de l'eau dans la retenue Zit Emba en période de son déstockage complet et donné dans le **tableau II.2**

D'après les données de la station de traitement de Azzaba, la minéralisation moyenne de l'eau en période d'étiage d'été et d'automne est de 1.07 kg/m^3 , pendant les crues d'hiver et de printemps, la minéralisation est égale $.615 \text{ kg/m}^3$.

Les calculs démontrent que la régularisation pluriannuelle des apports de l'oued par la retenue améliore considérablement les caractéristiques hydro-chimiques de l'eau en période d'étiage quand la consommation d'eau est la plus intense.

Même à la fin de la période éventuelle du déstockage complet du volume utile de la retenue la minéralisation de l'eau dans la retenue ne dépassera pas 752 mg/l .

Les résultats des analyses des eaux au cours des phases caractéristiques du régime hydraulique sont donnés dans le **tableau II.3**

D'après les analyses supplémentaires des échantillons d'eau prélevés en amont, en aval et au milieu de la retenue de Zit Emba le 02.11.2002 on peut constater que la qualité de l'eau est peu différente de celle qui a été analysée auparavant.

Les résultats des analyses bactériologiques de ces échantillons varient dans les limites suivantes :

- Coliforme : de 60 à 700 pcs par 100 ml
- Coli fécal : de 0 à 25 pcs par 10 ml

D'après les normes internationales ces indices maximales admissibles sont de 3pcs par 1000ml

Tableau II.2 : minéralisation éventuelle de l'eau dans la retenue Zit Emba en période de son déstockage

Saisons de l'année	Volume de la retenue au début de la saison V_1 10^6 m^3	Minéralisation de l'eau dans la retenue M_1 kg/m	Teneur en sels dans la retenue au début de la saison $M_1 V_1$ 10^6 kg	Apports naturels dans la retenue au cours de la saison			Quantité totale		Infiltration Φ 10^6 m^3	Evaporation Π 10^6 m^3	Prise d'eau σ 3, 10 m^3	Volume de la retenue à la fin de la saison V_2 10^6 m^3	Minéralisation à la fin de la saison M_2 , kg/ m^3
				D'eau π 10^6 m^3	Minéralisation Me kg/ m^3	Des sels 10^6 kg	De l'eau 10^6 m^3	Des sels σ 10^6 kg					
Première année													
Eté-automne (y-x)	120	0.615	73.8	3	1.07	3.21	123	77	0.42	4.55	42.36	75.6	0.658
Hiver-printemps (XI-IY)	75.6	0.658	49.7	32.9	0.615	20.2	108.5	69.9	0.39	0.44	1.04	106.6	0.647
Deuxième année													
Eté-automne (y-x)	106.6	0.647	69	3	1.07	3.21	109.6	72.2	0.36	3.98	42.36	62.9	0.693
Hiver-printemps (XI-IY)	62.9	0.693	43.6	32.9	0.615	20.2	95.8	63.8	0.33	0.23	1.04	94.2	0.667
Troisième année													
Eté-automne (y-x)	94.2	0.667	62.8	3	1.07	3.21	97.2	66	0.31	3.56	42.36	51	0.715
Hiver-printemps (XI-IY)	51	0.715	36.5	32.9	0.615	20.2	83.9	56.7	0.28	0.14	1.04	82.4	0.677
Quatrième année													
Eté-automne (y-x)	82.4	0.677	55.8	3	1.07	3.21	85.4	59	0.26	3.11	42.36	39.7	0.731
Hiver-printemps (XI-IY)	39.7	0.731	29	32.9	0.615	20.2	72.6	49.2	0.24	0.08	1.04	71.2	0.678
Cinquième année													
Eté-automne (y-x)	71.2	0.678	48.3	3	1.07	3.21	74.2	51.5	0.21	2.77	42.36	28.9	0.739
Hiver-printemps (XI-IY)	28.9	0.739	21.4	32.9	0.615	20.2	61.8	41.6	0.19	0.07	1.04	60.5	0.673
Sixième année													
Eté-automne (y-x)	60.5	0.673	41	3	1.07	3.21	63.5	44.2	0.17	2.43	42.36	18.5	0.749
Hiver-printemps (XI-IY)	18.5	0.749	13.9	32.9	0.615	20.2	51.4	34.1	0.15	1.06	1.04	50	0.665
Septième année													
Eté-automne (y-x)	50	0.665	33.2	3	1.07	3.21	53	36.4	0.12	2.12	42.36	8.4	0.752

Tableau II.3 : Les résultats des analyses des eaux au cours des phases caractéristiques du régime hydraulique

Année	date	Niveau cm	Ph	Teneur en ions mg/l							Minéralisation Mg/l
				Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	
1971	13.09	2	8.7	200	55	115	188	346	298	-	1197
1971	20.09	0	8.7	212	46	72	226	355	256	-	1167
1972	24.01	215	7.1	50	23	29	165	85	43	-	395
1972	18.10	2	8.3	178	50	93	201	410	153	-	1075
1972	20.11	20	8.2	152	49	36	110	430	121	-	948
1972	27.12	21	8.3	152	53	97	165	320	188	-	975
1973	1.03	100	6.1	74	22	64	122	104	110	16	530
1973	30.04	100	8.9	75	17	48	98	128	78	3	465
1973	1.05	40	8.4	104	43	103	128	314	115	19	838
1973	31.05	29	8.1	122	52	100	165	362	173	27	1001
1973	30.08	19	4.5	160	53	95	96	470	168	5	1047
1973	1.09	18	4.5	160	50	92	89	463	156	4	1014
1973	30.09	34	4.5	145	45	77	89	395	134	2	887
1975	1.05	36	8.1	140	29	83	262	272	60	46	892
1976	28.01	176	8.4	86	7	52	134	96	85	22	482
1978	26.01	86	8.4	78	37	47	177	190	55	0	584
1979	1.03	55	7.8	78	30	54	183	172	65	2	584
1979	31.03	77	7.9	84	36	75	183	238	75	12	703
1984	29.12	640	7.7	38	11	15	129	38	23	1	255
1985	14.03	33	7.9	93	44	65	154	183	145	15	699
2002	22.06		8.11	44	48	44	122	208	75	6	538
2002	2.11	Amont		45	52	62	172	220	65	3	558
2002	2.11	Aval		44	50	60	166	232	70	3	558
2002	2.11	Au milieu		46	52	60	166	232	65	2	558

L'analyse d'une eau révèle souvent la présence d'impuretés dont la nature définit et limite l'utilisation de cette eau. Il est donc nécessaire que cette eau présente des propriétés physico-chimiques adaptées aux plantes même les composants minéraux, notamment l'absence de la salinité. En effet, une forte salinité pourrait changer la perméabilité du sol, ce qui modifierait son aération et agirait par la suite sur le développement des plantes.

La salinité peut entraîner des effets nocifs en raison de la fixation du sodium et des chlorures par les colloïdes du sol. Le sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation de façon indirecte, en dégradant les propriétés physiques du sol. Sous cette action les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes. Lorsque la concentration des ions Na⁺ à

l'état soluble dans le sol est importante, ces ions remplacent le plus fréquemment les cations Ca^{+2} dans le complexe absorbant. Le risque est déterminé à partir de la valeur de sodium absorbable (sodium absorption ratio, SAR). Pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé.

II.3.3 Classification des eaux pour l'irrigation

Afin d'évaluer la qualité de l'eau actuelle et son aptitude à l'irrigation, les procédures décrites dans le document N°29 (water quality for agriculture) de FAO (1994) a été suivie. Ce dernier document présente les critères de qualité et d'admissibilité des eaux à l'irrigation.

Tableau II.4 : directive pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation

Nature du problème	Unité	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influence sur l'eau de la plante)				
Conductivité électrique E_{cw}	ds/m	< 0.7	0.7 - 3	> 3
ou				
Total des matières solides dissoutes TDS	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltration (influence sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois E_{cw} et SAR)				
SAR = 00 – 03 et E_{cw} =	ds/m	>0.7	0.2-0.7	<0.2
SAR = 03 – 06 et E_{cw} =	ds/m	>1.2	0.3-1.2	<0.3
SAR = 06 – 12 et E_{cw} =	ds/m	>1.9	0.5-1.9	<0.5
SAR = 12 – 20 et E_{cw} =	ds/m	>2.9	1.3-2.9	<1.3
SAR = 20 – 40 et E_{cw} =	ds/m	>5	1.9-5	<1.9
Toxicité de certains ions (affecte les cultures sensibles)				
Sodium (Na) 4				
Irrigation de surface	me/l	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion	me/l	<3	>3	
Chlore (Cl) 4				
Irrigation de surface	me/l	<4	4-10	>10
Irrigation par aspersion	me/l	<3	>3	
Bore (B) 5	mg/l	<0.7	0.7-3	>3
Effets divers (-affecte les cultures sensibles)				
Azote ($\text{NO}_3\text{-N}$) 6	mg/l	<5	3-5	>3
Bicarbonate (HCO_3) (seulement pour l'aspersion sur frondaison)	me/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
PH		Zone normale 6.5-8.5		

Source : FAO Bulletin N°29

Tableau II.5 : caractéristiques des eaux d'irrigation

Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Teneur habituel dans l'eau d'irrigation
Salinité			

Conductivité électrique E _{cw}	E _{cw}	ds/m	0-3
ou			
Total des matières solides dissoutes TDS	TDS	mg/l	0-2000
Cation et anion			
Calcium	Ca ⁺⁺	me/l	0-20
Magnésium	Mg ⁺⁺	me/l	0-5
Sodium	Na ⁺⁺	me/l	0-40
Carbonate	CO ⁻	me/l	0-0.1
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻	me/l	0-10
Chlore	Cl ⁻	me/l	0-30
Sulfate	SO ₄ ⁻	me/l	0-20
Eléments nutritifs			
Azote nitrique		SAR	<2
Azote ammoniacal		SAR	<3
Phosphate phosphoreux		me/l	<3
potassium		me/l	<4
Effets divers (affecte les cultures sensibles)			
Azote (NO ₃ -N) 6		mg/l	<5
Bicarbonate (HCO ₃) (seulement pour l'aspersion sur frondaison)		mg/l	<15
Ph			Zone normale 6.5-8.5

Source : FAO Bulletin N°29

La méthode de Richards qui est la plus utilisée avec celle Wilcox seront développées dans ce qui suit pour évaluer la qualité de l'eau destinée à l'irrigation dans la région d'étude.

- Le SAR (sodium absorption ratio) de Richards est défini par la relation suivante :

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

Na, Ca et Mg sont les concentrations en meq/l (la masse équivalente).

- La classification de Wilcox utilise l'équation suivante :

$$\%Na = \frac{(Na + K)}{Ca + Mg + Na + K} * 100$$

Cette classification définit cinq classes d'eau : excellente, bonne, admissible, médiocre, et mauvaise.

- **Classification de Richards :**

Les classes de potabilité des eaux (C1S1, ...C4S4) correspondent, dans le diagramme de Richards au SAR (en ordonnée pour la lettre S) et à la conductivité (en abscisse pour la lettre C). Ainsi la classe C1S1 (coin bas à gauche) est considérée comme excellente car elle correspond à des valeurs minimales du SAR et de la conductivité ; en revanche, la classe C4S4 (coin haut à droite) est mauvaise, car les valeurs du SAR et de la conductivité sont à leur maximum.

Les valeurs de la classification de Wilcox sont claires, c.à.d. eau de bonne qualité. Ceux de Richards (SAR) sont dans la limite des deux zones C2S1 et C3S1 de qualité bonne à moyenne et moyenne à médiocre, respectivement. Le Bulletin 29 indique que la division entre les différentes classes est quelque part arbitraire du fait que le changement (d'une classe à une autre) se fait d'une manière graduelle et il n'y a pas un point limite ou de passage brusque (comme par exemple le CE = 750).en effet un changement de 10 à 20° plus ou moins par rapport à la limite indiquée dans le diagramme à peu de signification surtout si elle est prise en considération avec d'autres facteurs tel que l'expérience passée des agriculteurs comme c'est le cas de la région.

Tableau II.6 : L'ancienne analyse (10-08-2011) :

SAR	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	La zone selon le diagramme de classification des eaux	remarque
8.9	629	C2 S2	Qualité des eaux moyenne et moyenne à médiocre.

C2 S2 : qualité moyenne à utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers poirier et pommier).

Tableau II.7 : la minéralisation globale

Le minérale	Les résultats	Les valeurs admissibles
Calcium Ca^{++}	45	75-200
Magnésium Mg^{++}	52	150
Sodium Na^+	60	200
Potassium K^+	2	20
Chlorure Cl^-	65	200-500
Sulfate SO_4^{--}	220	200-400
Bicarbonate HCO_3^-	172	-
Nitrates NO_3^-	3	50

Selon les normes utilisées à l'ANRH à Alger :

D'après les quantités (mg/l) obtenue par le laboratoire on constate que les concentrations des minéraux sont convenables pour l'utilisation de cette eau à l'irrigation.

Comme la source d'eau est superficielle il faut prendre en considération les risques peu provoqués par les matières en suspension durant la période de l'averse, donc il faut installer des filtres pour éviter le colmatage des équipements d'irrigation.

Remarque :

La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :

- 1- La concentration totale en sels dissous
- 2- Le rapport de sodium par rapport aux autres conditions
- 3- La présence de bore et d'autres éléments toxiques

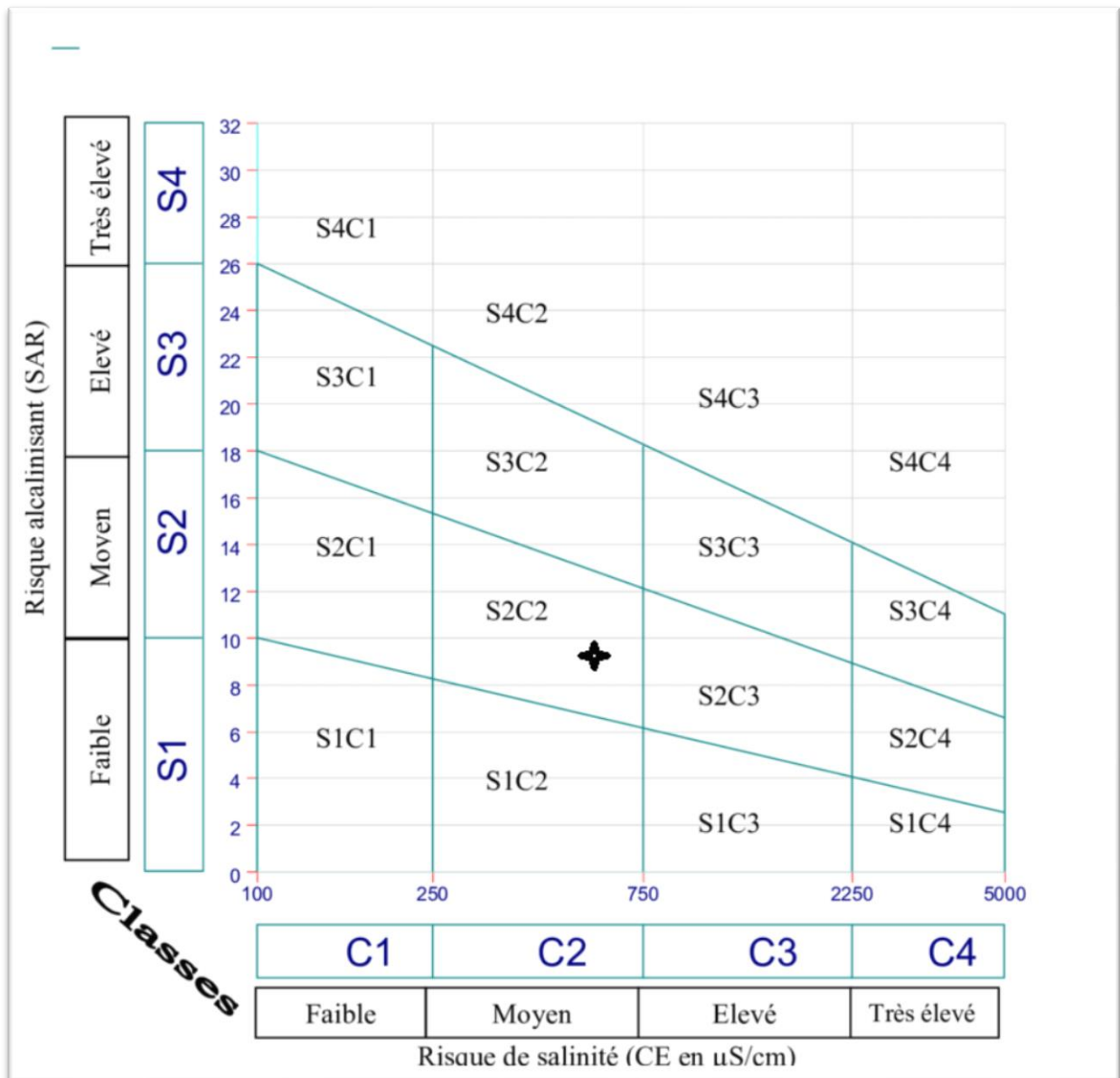


Figure II.1 : classifications des eaux destinées à l’irrigation diagramme de Richards (Riverside) 1954

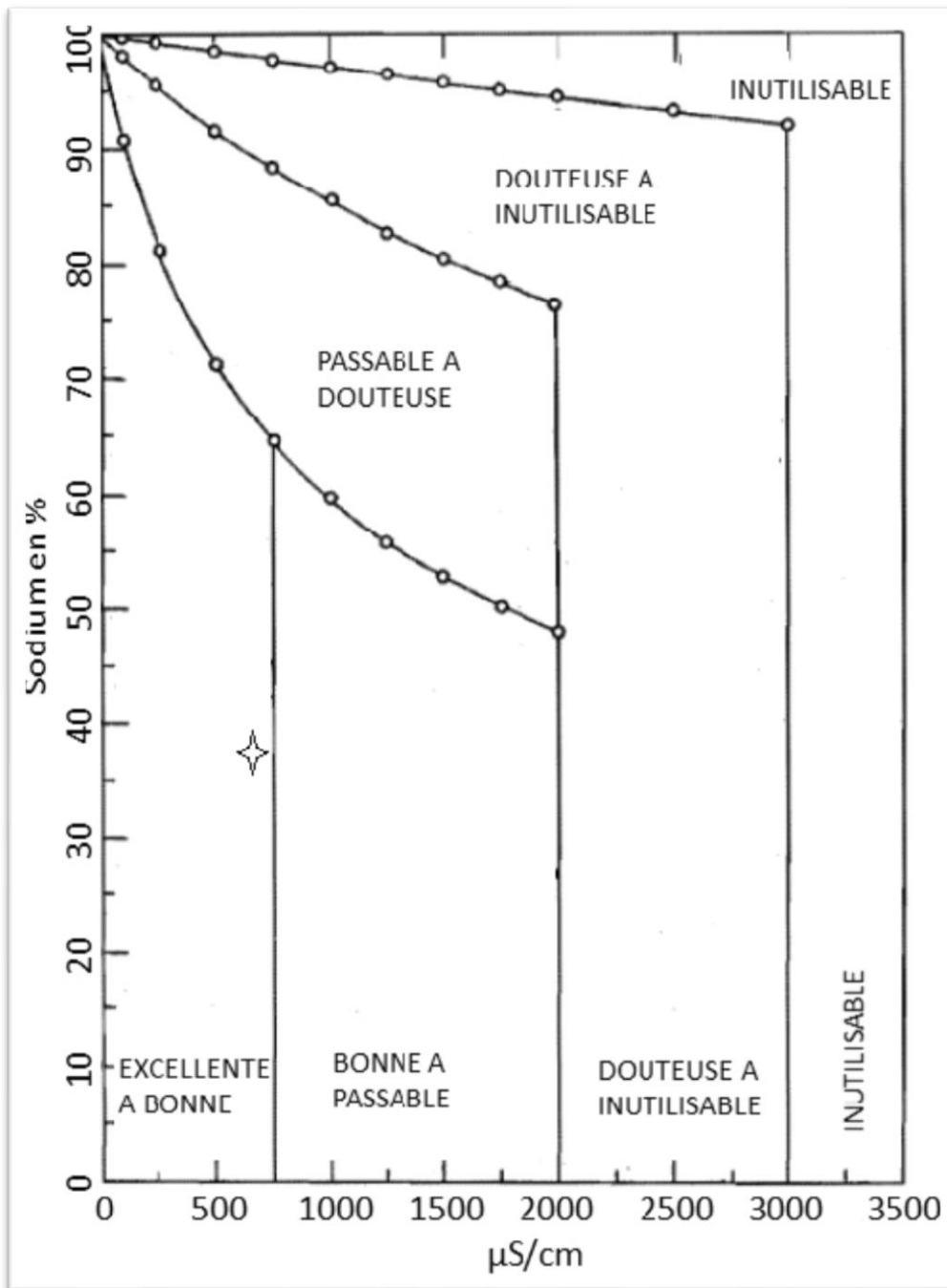


Figure II.2 : diagramme de Wilcox

II.4 Hydrologie

Avant la mise en place d'un réseau d'irrigation, il est impératif de connaître avec précision le bilan hydrique de la région supposée être la zone d'étude afin de déterminer le déficit sur les cultures pratiquées et de conclure les besoins en eau, nets et brutes pour définir le volume réel des besoins en eau d'irrigation.

II.4.1 Présentation de la station pluviométrique :

Toutes les données suivantes sont recueillies auprès de la station météorologique de Bouati Mahmoud dont les caractéristiques se résument ainsi :

Tableau II.8: Coordonnées de la station Bouati Mahmoud.

Nom de la station	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées	Code
	Latitude (m)	Longitude (m)				
Bouati Mahmoud	914,15	375,6	150	1973-2012	40	31105

Source : L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)

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

Tableau II.9 : Répartition mensuelle et annuelle des pluies

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
1976	32,4	44,7	43,8	44,4	26,2	8,4	5,7	16,2	3,4	17,8	0	3	246
1977	1,5	11,5	17	10	1,3	5	19,5	29,7	36,5	5,1	0	1	138,1
1978	0,4	17,2	6,9	1,4	24,4	23,4	42,2	77,1	8,9	22,7	3	1,4	229
1979	23,2	0	40,7	79,3	15,6	40,6	162,5	17,1	20,8	0	0	0	399,8
1980	18,1	21,4	26	146,4	34,5	35,6	60,1	57,6	61,1	3,2	3,1	1,1	468,2
1981	16	38,3	26,4	71,5	60	82,6	47,9	23,9	22,4	19,8	1,8	4,6	415,2
1982	12,4	42,5	119,8	80,3	76,3	78,2	80,4	85,6	97,9	2,8	5	6,7	687,9
1983	13,2	41,2	135,2	57,1	22,9	12,7	49,7	3,3	17,2	7,5	3	0	363
1984	29	111,9	7,6	206,8	146,2	179,9	50,2	43,3	16,3	11,5	1,5	1,5	805,7
1985	66,1	34,8	10,8	20,7	52,4	48,7	118,8	35,4	57,3	0	0	0	445
1986	19,6	111,7	115,8	162,1	103	27,8	69	43,8	11,6	9,4	2	2,9	678,7
1987	10,5	6,7	51,9	21	66,3	120,9	76,7	37,7	102,9	1,1	10,2	5,6	511,5
1988	22	5,6	47,6	99,7	78,2	37,4	51	11,2	42,1	57,2	1,4	2,4	455,8
1989	26,1	54,6	23,4	59,2	32,8	74,8	54,3	46,9	11,1	30,7	13,5	31,4	458,8
1990	19	22,2	100,4	157,1	129,2	2,3	28,3	42,8	59,3	19	1,9	52,1	633,6
1991	37,3	77,6	30,6	19,2	51	30,8	29,3	104,5	71,6	22	46,6	3,5	524
1992	56,8	14,8	30,2	111,1	47,6	54,3	36	18,9	45,8	4,8	1,2	23,5	445
1993	33,7	11,1	47,2	73,4	30,7	64,7	17,2	36,4	3,7	0	14,9	8	341
1994	62,8	60	7,7	31,2	68,5	38,3	75,2	42,1	2,5	48,4	0,6	1,4	438,7
1995	41,9	34	14,8	35,4	60,8	138,7	28,8	33,9	59,4	36,4	1,8	9,1	495
1996	18,8	15,3	12,7	48,9	35,8	15,1	5	37,4	23,4	17,5	11,5	23,6	265
1997	43,9	33,4	89	65,3	26,6	56,6	16,7	62,9	98,2	25,5	0	8,8	526,9
1998	148,3	23,7	103,4	45,3	65,8	54,4	27,4	12,5	3,9	20	3,1	2,5	510,3
1999	61,1	37,4	24,5	100,7	11,4	8,2	13	17,1	34,5	6	0	6,8	320,7
2000	39,5	35,5	18,6	77,5	95	27,7	9,1	18,1	22,7	0	0	1,8	345,5
2001	55,9	7,1	23,9	9,9	26	39,7	31,7	18,6	20,2	0	29,8	0	262,8
2002	5,2	9,2	130,1	142,1	165,1	43	32,4	82,6	38,7	35,8	16,5	26,1	726,8
2003	14,4	66,1	13,5	137,9	59,4	19,6	50,7	74,9	105,4	9,9	1	56,6	609,4
2004	26	24,9	50,1	122,2	32,6	54,7	20	49,1	1,5	34,3	1,8	6,3	423,5
2005	28,4	8,4	67,9	50,3	66,1	34,1	16,8	24,7	63,1	3,8	4,5	2,3	370,4
2006	49,2	0,3	2,5	55,9	7	22,9	90,1	67,1	14,5	21,4	0,4	0,9	332,2
2007	29,8	22,8	17	24,8	12,6	14,1	51	19,2	45,2	5,1	22,1	15,1	278,8
2008	21,5	77	32,6	43,8	83,9	42,8	43,8	73,2	2,8	5,7	11,2	0	438,3
2009	62,6	6,8	36,6	34,7	38,4	34,7	52,3	35,2	46,7	30,5	3,6	10,6	392,7
2010	8,5	45,3	34,5	27,4	9,5	106,5	18,4	37,5	15,9	28,4	3,1	11,9	346,9
Moy	33,00	33,57	44,59	70,69	53,23	47,98	45,18	41,07	36,81	16,09	6,29	9,50	438,01

Source : ANRH

D'après les résultats du tableau pendant la période 1976 –2010, On a remarqué une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle et annuelle. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

II.4.2 Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique

Dans le cadre de l'étude hydrologique, nous avons vitrifié toutes les données recueillies auprès de la station météorologique d'afin de faire à comparatif selon les formules du test d'homogénéisation pour conclure des résultats qui m'ont servies de basse de calcul. De ce fait, il est utile de signaler que l'analyse hydrologique a été basée sur l'exploitation de toutes les données nécessaires pour effectuer le test.

A l'effet de l'existence de plusieurs tests, notre cas est effectué suivant le **test des rangs** ou **test de Wilcoxon** car il est supposé être le plus puissant des tests non paramétriques qui se basent sur le principe suivant :

La première phase consiste à prendre en compte la série d'origine de taux réel de pluviométrie annuel englobant la période effective de quarante (40) années (Station de Bouati Mahmoud).

La série originale est divisée en deux (02) séries X et Y avec $Y > X$ dans le but de classé cette série en ordre croissant pour localiser les valeurs, correspondent à X ou celles de Y en rapport a N_2 valorisant la taille de Y, supérieure à N_1 relatif à la taille de X.

Ensuite, l'utilisation des formules du test d'homogénéisation pour connaitre si la série est homogène ou pas, en tenant compte de la probabilité supposée a 95% dans la formule de test de **Wilcoxon**, d'où la relation suivante :

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

$$W_x = \sum(\text{Rang}_y) \dots \dots \dots \text{(II.1)}$$

W_x : Somme des rangs des sous série (y)

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right] \dots \dots \dots \text{(II.2)}$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min}] \dots \dots \dots \text{(II.3)}$$

Le tableau suivant détaille le calcul selon test d'homogénéisation :

Tableau II.10 Test d'homogénéité de Wilcoxon.

Rang	Série	X	Y	Tri	XUY
1	246	246	341	138,1	x
2	138,1	138,1	438,7	229	x
3	229	229	495	246	x
4	399,8	399,8	265	262,8	y
5	468,2	468,2	526,9	265	y
6	415,2	415,2	510,3	278,8	y
7	687,9	687,9	320,7	320,7	y
8	363	363	345,5	332,2	y
9	805,7	805,7	262,8	341	y
10	445	445	726,8	345,5	y
11	678,7	678,7	609,4	346,9	y
12	511,5	511,5	423,5	363	x
13	455,8	455,8	370,4	370,4	y
14	458,8	458,8	332,2	392,7	y
15	633,6	633,6	278,8	399,8	x
16	524	524	438,3	415,2	x
17	445	445	392,7	423,5	y
18	341		346,9	438,3	y
19	438,7			438,7	y
20	495			445	x
21	265			445	x
22	526,9			455,8	x
23	510,3			458,8	x
24	320,7			468,2	x
25	345,5			495	y
26	262,8			510,3	y
27	726,8			511,5	x
28	609,4			524	x
29	423,5			526,9	y
30	370,4			609,4	y
31	332,2			633,6	x
32	278,8			678,7	x
33	438,3			687,9	x
34	392,7			726,8	y
35	346,9			805,7	x

La répartition des valeurs du tableau ci-dessus, donne les résultats suivants :

Tableau II.11 : Résultats du test de Wilcoxon

N ₁	N ₂	W _{min}	W _x	W _{max}
17	18	246,11	285	365,89

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

$$246.11 < 285 < 365.89$$

Les conditions des calculs contenues dans la formule de **Wilcoxon** précisent l'homogénéité de la série des précipitations de la station de Bouati Mahmoud.

II.4.3 Ajustement statistique des pluies :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

- ✓ Loi de Gauss ou loi normale
- ✓ Loi de Galton ou loi log–normale

En raison, de leurs critères d'ajustements graphiques, de leurs tests d'adéquation et leurs allures de points sur des papiers à probabilité, ce qui nous a permis en priorité de faire ce choix sur la base de la formule de probabilité empirique $F[X(k)] = (k-0.05) / (n+0.90)$ appliqué comme indice de calcul dans le logiciel **HYFRAN** et selon les lois d'ajustements : Loi Normale et Loi log-normale.

II.4.3.1 ajustement à la loi normale (Gauss) :

L'ajustement des séries selon la loi normale (loi de Gauss) s'adapte parfaitement pour parvenir à des résultats précis des pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition s'effectue sous la forme suivante :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} \text{Exp} \left(\frac{-1}{2 \times \mu^2} \right) \dots \dots \dots (\text{II .4})$$

- F(u) : Fréquence au non dépassement
- μ : est la variable réduite de gauss.

Elle est donnée par :

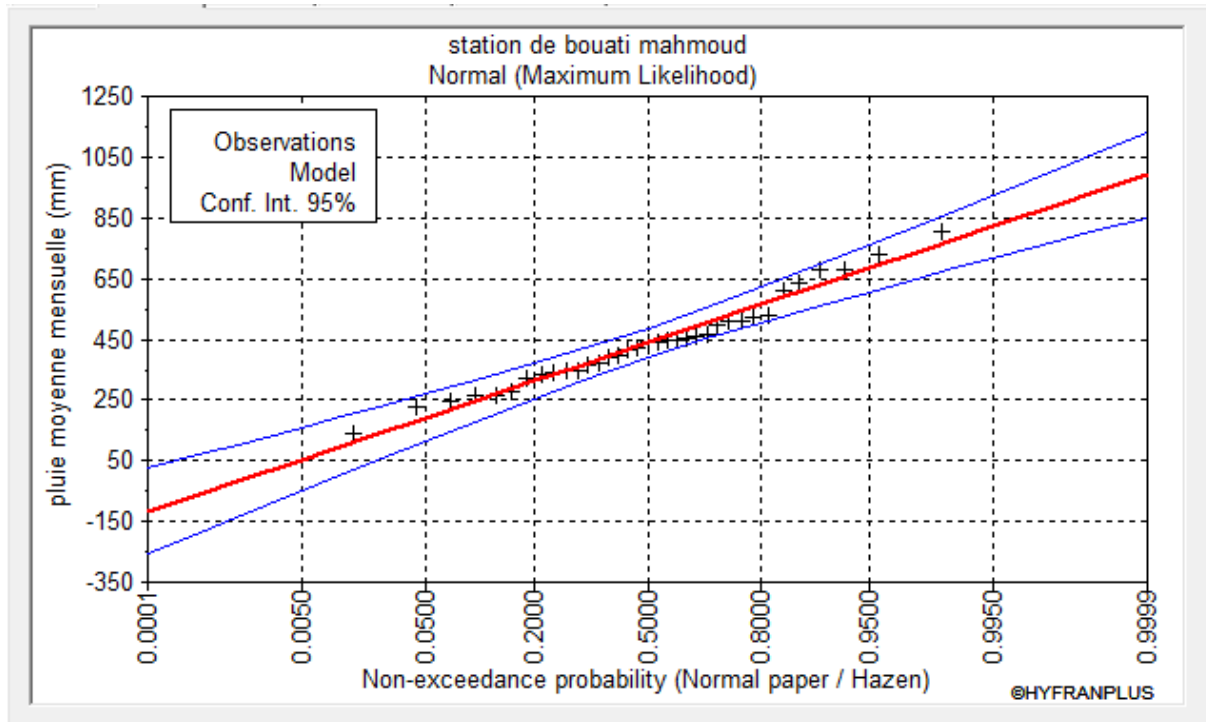
$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} \dots \dots \dots (\text{II .5})$$

La transformation $X = \bar{X} + \delta U$ est l'équation de la droite de Henry sur papier à probabilité Gauss.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Bouati Mahmoud sont regroupés dans le tableau ci-dessous avec présentation graphique sur le papier

Tableau II.12 : l'ajustement à la loi normale

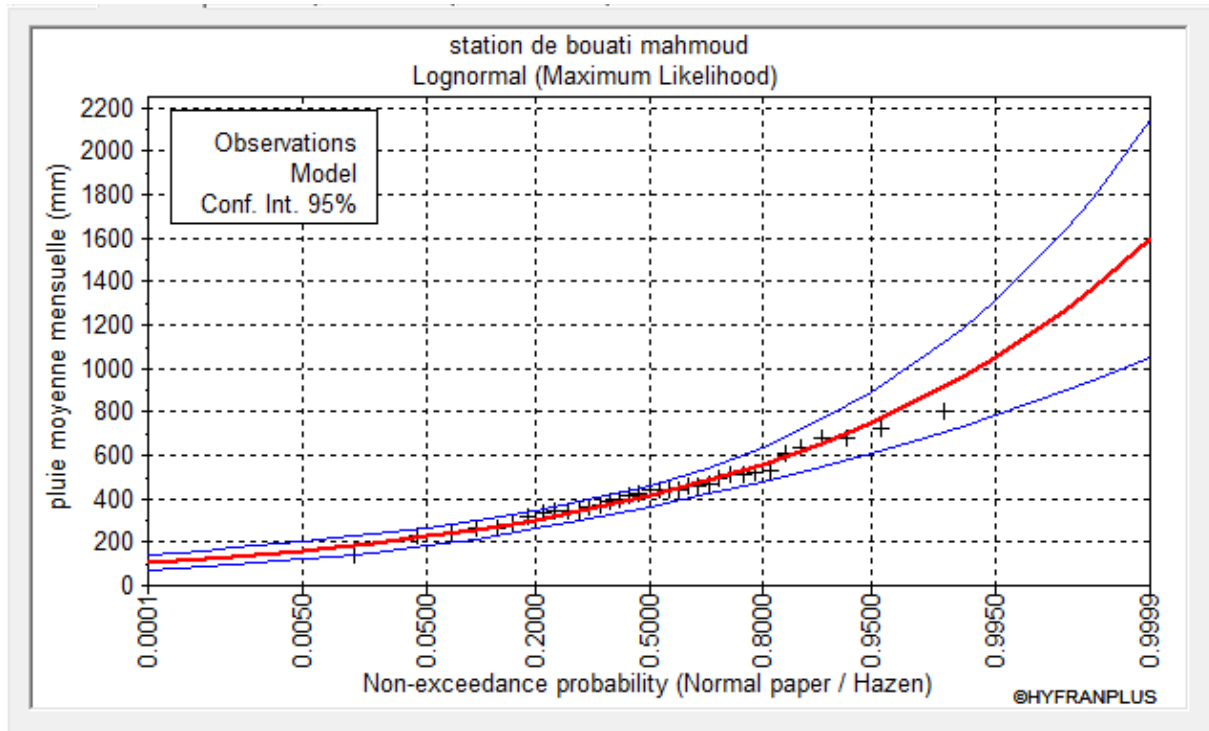
T	q	XT	écart type	intervalle de confiance
5.0	0.8000	563.16	29.428	505.47 - 620.85
2.0	0.5000	437.74	25.193	388.35 - 487.13
1.25	0.2000	312.33	29.428	254.64 - 370.02

**Figure II.3** : Allure des points sur le papier à probabilité d'ajustement à la loi normale(Gauss).**II.4.3.2 ajustement à la loi log-normale (Galton)**

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station Bouati Mahmoud sont regroupés dans le tableau ci-dessous avec présentation graphique sur le papier de Galton :

Tableau II.13 : Résultats de l'ajustement à la loi log- normale(Galton).

T	q	XT	écart type	intervalle de confiance
5.0	0.8000	559.91	40.234	481.03 - 638.78
2.0	0.5000	412.21	25.358	362.49 - 461.92
1.25	0.2000	303.47	21.807	260.72 - 346.22

**Figure II.4** : L'allure des points sur le papier probabilité à la loi log normal.

II.4.4 Test de validité d'un ajustement :

L'ajustement obtenu par voie du logiciel **HYFRAN** représente un calcul correct sans erreurs par comparaison entre l'adéquation et les lois d'ajustements suivant le test de validité de *Khi carré* χ^2

Nous avons classés par ordre croissant la série originale de N valeurs, et réparties selon la loi $F(X)$, c'est la densité de probabilité correspondant à la loi théorique (Loi Pearson), afin de déterminer les paramètres de validation du test en y divisant cette série à un certain nombre de classe (intervalle) K dont chacune ne contient aucune valeur expérimentale avec la mise en évidence du nombre V_i , qui est le nombre théorique des valeurs de la série N valeurs, affectées à la classe i (variations) par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots (II .6)$$

$f(X)$: Densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$x^2 \text{ calculée} = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \dots\dots\dots (II .7)$$

- n_i : nombre d'observations contenues dans la classe i .
- v_i : nombre d'observations théoriques calculés dans la classe i .
- $\gamma = k - 1 - m$
- Avec :
- k : nombre de classes.
- γ : degré de liberté.
- m : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition ; $m=2$: pour la loi de **Galton et Gauss**.

Ensuite, nous avons cherché dans la table de Pearson .la probabilité de dépassement correspondant au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ dont la formule d'ajustement de probabilité ne serait satisfaite si elle est supérieure à 0,05.

II.4.4.1 Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Le test de validité de **Khi carrée** pour l'ajustement à la loi Normale est fait à l'aide du logiciel HYFRAN.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau II.14 : L'ajustement à la loi normale

Khi carré χ^2 calculée	P (χ^2 calculée)	Degrés de liberté	Nombre de classe
7.29	0.2002	$\gamma=5$	K=8

II.4.4.2 Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale :

Les résultats obtenus par la loi log-normale sont les suivants :

Tableau II.15 : L'ajustement à la loi log-normale

Khi carré χ^2 calculée	p (χ^2 calculée)	Degrés de liberté	Nombre de classe
6.37	0.2717	$\gamma=5$	K=8

Le test de **Khi** carré montre que les deux lois présentent une même adéquation sur la table de **Pearson** χ^2 théorique = **11.07** ; pour : $\alpha = 5\%$ et $\gamma=5$

Donc : $\chi^2_{calculée} < \chi^2$ théorique (pour les deux lois).

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité :

1- α soit 95%.

D'après les Figure N° (II.1) ; (II.2) montrent que la loi de Log-Normale présente une Adéquation meilleure que la loi Normale parce que la majorité des points sont dans l'intervalle de confiance.

II.4.5 Détermination de l'année de calcul :

A partir des résultats obtenus (Loi Log-normale) nous retenons que les estimations de la pluviométrie moyenne annuelle dans la région de Bouati Mahmoud-Roknia est comprise entre 75% et 90%. De cette condition, la probabilité à garantir une irrigation est arrêtée selon une fréquence de 80% des pluies.

L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{i,80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{80\%}(annuel)}{P_{50\%}(annuel)} \dots \dots \dots (II .8)$$

D'après le tableau de l'Ajustement à la loi log normale, nous avons obtenus

$P_{80\%} = 303.47$ mm et $P_{50\%} = 412.21$ mm d'où : $\frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 0.74$

D'où l'année de précipitations de probabilité à fréquence de 80% est répartie comme suit :

Tableau II.16 : Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%

mois	s	o	n	d	j	f	m	av	m	j	j	a	
p moy	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12	
pi 80	19,24	36,26	51,8	67,34	60,6	8	44,4	40,7	32,56	29,6	18,5	2,22	8,88

II.5 Conclusion

Durant ce chapitre nous avons étudié les ressources en sols de la zone d'étude et les ressources en eau disponibles qui sont indispensables dans tout projet d'irrigation, et nous sommes efforcés de dégager les principales caractéristiques statistiques de la série pluviométrique, retenue comme représentative, de la zone de projet.

On a utilisé le test de la loi Log-normale qui a montré un ajustement à considérer concernant l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles la loi log normal a été adoptée.

Les calculs manuels des expressions statistiques vont prendre plus de temps, mais avec l'utilisation de l'outil informatique, on aboutit facilement aux résultats escomptés à l'aide des logiciels tels que L'HYFRAN, nous a permis l'élaboration des analyses statistiques les plus courantes en hydrologie. L'analyse de cette eau montre que son utilisation pour l'irrigation ne présente aucune contrainte dans le domaine agricole

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.1 introduction

Cette étude a pour objectif d'évaluer les besoins en eau des cultures, et ce sur la base des informations conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, les potentialités des sols, l'eau disponible, la fertilité des sols, les pratiques culturales et méthodes d'irrigation.

La détermination des besoins en eau pour les cultures est régie par le phénomène d'évapotranspiration.

III.2 Les besoins en eau d'une culture :

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

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit :

III.2.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ET₀) :

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

Donc pour mieux prédire évapotranspiration, On introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d'évaporation d'une surface du Gazon vert, poussant activement dans des conditions hydriques optimales

III.2.2 Evapotranspiration maximale ou de culture (ET_M) :

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, suivant un stade végétatif donné.

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

$$ETM = k_c * ET_0 \dots\dots\dots(III.1)$$

Avec :

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

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence dans lesquelles :

- La méthode des lysimètres.
- La méthode des stations expérimentales.
- La méthode directe de l'évaporation.
- Les méthodes empiriques.

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

- Formule de Penman (1948).
- Formule de Turc.
- Formule Blaney – Cridle.
- Formule de Thornthwaite.
- Formule de Penman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures a été effectué à l'aide du logiciel *CROPWAT* version 8, qui permet l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode **Penman et Monteith** modifiée.

III.2.3 Méthode de Penman et Monteith modifiée :

L'expérience a montré que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride.

La formule de **Penman & Monteith**, modifiée, se présentant comme suite :

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

Où :

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitude.

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

$F(u)$: Fonction liée au vent.

- e_a : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.
- e_d : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

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

Dans le tableau (III-1), nous présentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT. 8 .0.1.1**, selon la formule de **Penman et Monteith** modifiée.

Tableau III.1 : calcul de ET_0 à l'aide du logiciel **CROPWAT**.

Country	algeria		Station	bouati mahmoud				
Altitude	150	m.	Latitude	37.39	°N	Longitude	6.28	°E
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET_0	
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day	
January	3.6	14.3	75	180	5.2	8.7	1.31	
February	4.6	15.4	75	189	6.2	11.8	1.71	
March	6.1	18.1	71	168	6.4	14.9	2.41	
April	8.0	20.5	70	175	7.2	18.6	3.19	
May	11.4	25.2	65	144	8.9	22.6	4.24	
June	15.0	30.5	56	137	10.1	24.9	5.36	
July	17.8	34.4	50	139	10.7	25.4	6.06	
August	18.9	34.5	51	155	9.6	22.4	5.78	
September	16.9	29.8	62	154	8.1	17.9	4.24	
October	12.8	24.9	67	164	6.6	13.0	2.88	
November	9.2	19.3	72	173	5.4	9.3	1.82	
December	5.8	15.7	74	222	4.7	7.6	1.47	
Average	10.8	23.6	66	167	7.4	16.4	3.37	

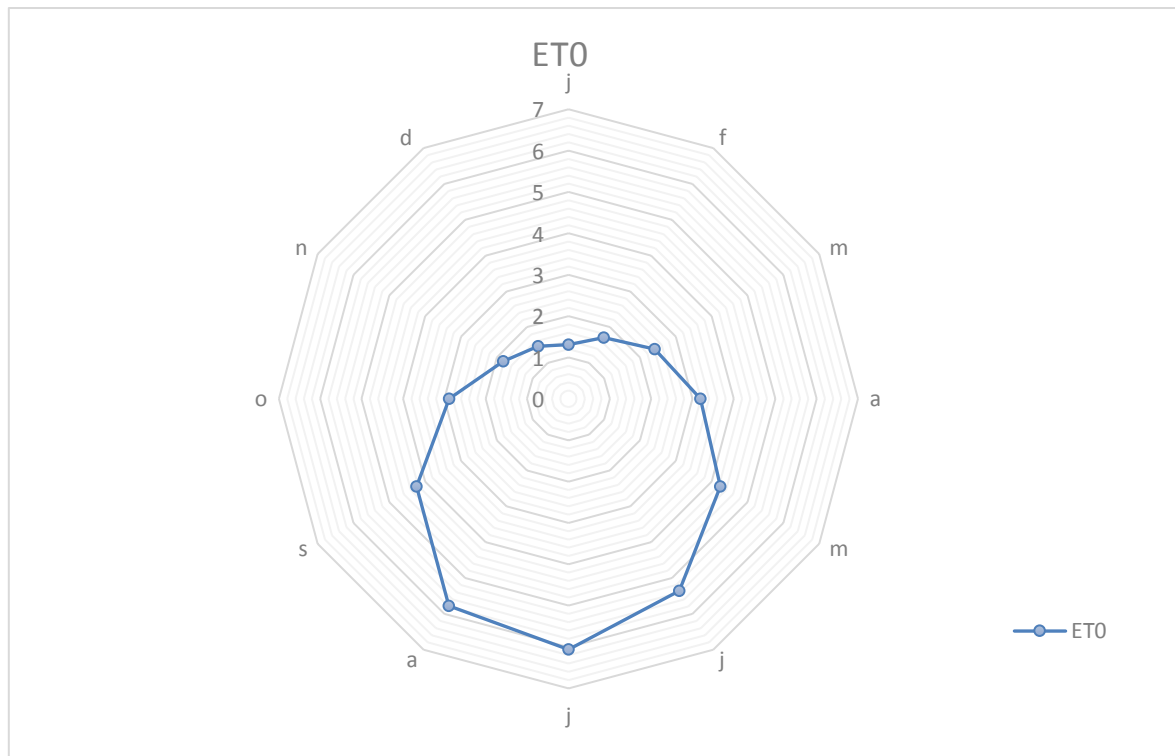


Figure III.1 : Graphique de l'évapotranspiration (ET0)

III.3 Le bilan hydrique :

Le bilan hydrique d'une culture donnée est défini par la différence entre les besoins en eau des cultures déterminés par le climat, les caractéristiques végétales (ETM) et la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau d'irrigation s'effectue d'une période à une autre durant tout le cycle végétatif, selon la formule qui suit :

$$B = k_c \times ETP - (P_{\text{eff}} + \text{RFU}). \dots\dots (\text{III.3})$$

- **ETP** : évapotranspiration potentielle de référence en mm
- **K_c** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **P_{eff}** : pluie efficace en mm
- **RFU** : la réserve facilement utilisable disponible au début de la période.

III.3.1 Le coefficient cultural (K_c) :

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

Tableau III.2 Le Coefficient cultural (K_c) des différentes cultures.

Culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé	-	-	0.45	0.55	0.7	0.95	0.95	0.95	0.9	0.5	-	-
P. terre	-	-	-	-	-	-	0.75	1.1	1.2	0.75	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	0.45	0.75	1.05	0.9	-	-
tomate	-	-	-	-	-	-	0.5	0.8	1.05	0.75	-	-
Betterave	0.75	1.05	1.05	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-
Laitues	1	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
Ail	1.1	1.1	0.9	0.85	-	-	-	-	-	-	-	0.7
Haricot	0.8	1.1	0.95	0.95	0.7	-	-	-	-	-	-	-

Source : bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33, tableau 18

III.3.2 Les profondeurs d'enracinement :

Tableau III.3 Les profondeurs d'enracinement en m des différentes cultures.

Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé	0	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-	-
P. terre	-	-	-	-	-	-	0.1	0.25	0.35	0.4	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	0.1	0.2	0.25	0.3	-	-
Tomate	-	--	-	-	-	-	0.2	0.7	1	1	-	-
Betterave	0.2	0.25	0.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
Laitues	0.2	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Ail	0.3	0.4	0.5	0.6	-	-	-	-	-	-	-	0.3
Haricot	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	-	-	-	-	-	-	-

III.4 Cycle végétatif des cultures :

La détermination du cycle végétatif des différentes cultures, devra impérativement s'assurer par le calcul des besoins en eau d'irrigation, résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.4 Cycle végétatif des cultures

Culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé			←								→	
P. terre							←				→	
Carotte							←				→	
Tomate							←				→	
Betterave	←			→								
Laitues	←	→										←
Ail	←			→								
Haricot	←				→							

III.5 La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage 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 (RU) (SOLTANER, 1986).

Tel que :

$$\text{RFU} = (\text{hcc} - \text{hpf}) \times y \times \text{da} \times \text{h} \dots \dots \text{(III.4)}$$

III.6 Estimation des besoins eau des cultures :**III.6.1 Estimation des besoins en eau des blés :****Tableau III.5 : besoins en eau des blés**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou t
ET₀ (mm/mois)	127,2	86,4	54,6	44,1	39,3	51,3	72,3	95,7	127,2	160,8	181,8	173,4
Kc	0	0	0,45	0,55	0,7	0,95	0,95	0,95	0,9	0,5	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	24,57	24,255	27,51	48,735	68,685	90,915	114,48	80,4	0	0
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39,2	56	72,8	65,6	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	-	-	100	200	400	600	600	600	600	600	-	-
RFU max	0	0	12,6	25,2	50,4	75,6	75,6	75,6	75,6	75,6	0	0
RFU (mm)	0	0	12,6	25,2	50,4	75,6	75,6	37,8	0	0	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	17,92	82,48	60,4	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	20,60	94,85	69,46	0	0
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	0	206,02	948,52	694,66	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0,132	0,610	0,447	0	0

III.6.2 Estimation des besoins en eau des pommes de terre :

Tableau III.6 : besoins en eau des pommes de terre

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/mois)	127	86	54,6	44,1	39	51	72,3	95,7	127	160,8	182	173
Kc	0	0	0	0	0	0	0,75	1,1	1,2	0,75	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	54,2	105,27	153	120,6	0	0
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39	56	72,8	66	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	0	0	0	0	0	0	100	250	350	400	0	0
RFU max	0	0	0	0	0	0	12,6	31,5	44,1	50,4	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	12,6	31,5	22,1	0	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	38,57	98,6	100,6	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	44,36	113,38	115,7	0	0
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	0	443,56	1134	1157	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0,285	0,729	0,744	0	0

III.6.3 estimation des besoins en eau des tomates :

Tableau III.7 : besoins en eau des tomates

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	127	86	54,6	44,1	39	51	72,3	95,7	127,2	160,8	182	173
Kc	0	0	0	0	0	0	0,5	0,8	1,05	0,75	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	36,2	76,56	133,6	120,6	0	0
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39	56	72,8	66	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	0	0	0	0	0	0	200	700	1000	1000	0	0
RFU max	0	0	0	0	0	0	25,2	88,2	126	126	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	25,2	88,2	63	0	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	38,56	100,6	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	44,34	115,7	0	0
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	443,4	1157	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,285	0,744	0	0

III.6.4 estimation des besoins en eau des betteraves :

Tableau III.8 : besoins en eau des betteraves

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	127	86	54,6	44,1	39	51	72,3	95,7	127,2	160,8	182	173
Kc	0,75	1,1	1,05	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
ETM (mm/mois)	95,4	91	57,33	39,7	0	0	0	0	0	0	0	0
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39	56	72,8	66	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	200	250	300	400	0	0	0	0	0	0	0	0
RFU max	25,2	32	37,8	50,4	0	0	0	0	0	0	0	0
RFU (mm)	25,2	16	37,8	50,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins net (mm)	49,40	35,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (mm)	56,8	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (m³)	568	411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit (l/s/ha)	0,37	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

III.6.5 estimation des besoins en eau des laitues :

Tableau III.9 : besoins en eau des laitues

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	127	86,4	54,6	44,1	39	51	72,3	95,7	127,2	160,8	182	173
Kc	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8
ETM (mm/mois)	127	77,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39,2	56	72,8	66	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	200	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
RFU max	25,2	31,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,6
RFU (mm)	12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,6
Besoins net (mm)	93,80	38,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117
Besoins brute (mm)	108	44,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134
Besoins brute (m³)	1079	443	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1340
Débit (l/s/ha)	0,69	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,86

III.6.6 estimation des besoins en eau des carottes :

Tableau III.10 : besoins en eau des carottes

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fe v	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui l	Aout
ET₀ (mm/mois)	127,2	86,4	54,6	44,1	39	51	72,3	95,7	127,2	160,8	182	173
Kc	0	0	0	0	0	0	0,45	0,75	1,05	0,9	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	32,5	71,775	133,6	144,7	0	0
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39,2	56	72,8	66	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	0	0	0	0	0	0	100	200	250	300	0	0
RFU max	0	0	0	0	0	0	12,6	25,2	31,5	37,8	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	12,6	25,2	15,75	0	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	11,38	85,81	124,7	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	13,08	98,68	143,4	0	0
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	0	130,81	986,8	1434	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0,084	0,635	0,922	0	0

III.6.7 estimation des besoins en eau des ails :

Tableau III.11 : besoins en eau des ails

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	127,2	86,4	54,6	44,1	39	51	72,3	95,7	127,2	160,8	182	173
Kc	1,1	1,1	0,9	0,85	0	0	0	0	0	0	0	0,7
ETM (mm/mois)	139,9	95	49,14	37,5	0	0	0	0	0	0	0	121
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39,2	56	72,8	66	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	300	400	500	600	0	0	100	250	350	400	0	300
RFU max	37,8	50,4	63	75,6	0	0	0	0	0	0	0	37,8
RFU (mm)	18,9	0	0	75,6	0	0	0	0	0	0	0	37,8
Besoins net (mm)	100,22	55,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
Besoins brute (mm)	115,3	64,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85,1
Besoins brute (m³)	1153	642	0	0	0	0	0	0	0	0	0	851
Débit (l/s/ha)	0,741	0,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55

III.6.8 estimation des besoins en eau des haricots :

Tableau III.12 : besoins en eau des haricots

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	127,2	86,4	54,6	44,1	39	51	72,3	95,7	127,2	160,8	182	173
Kc	0,8	1,1	0,95	0,95	0,7	0	0	0	0	0	0	0
ETM (mm/mois)	101,8	95	51,87	41,9	28	0	0	0	0	0	0	0
P (mm)	26	49	70	91	82	60	55	44	40	25	3	12
P_{eff}(mm)	20,8	39,2	56	72,8	66	48	44	35,2	32	20	2,4	9,6
H (mm)	100	150	200	250	300	0	0	0	0	0	0	0
RFU max	12,6	18,9	25,2	31,5	38	0	0	0	0	0	0	0
RFU (mm)	12,6	9,45	0	31,5	38	0	0	0	0	0	0	0
Besoins net (mm)	68,36	46,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (mm)	78,61	53,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (m³)	786,1	533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit (l/s/ha)	0,505	0,34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

III.7 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Le volume des besoins en eau égale le besoin de la culture en m³ multiplié par la surface de la culture.

Tableau III.13 : volumes d'eau d'irrigation

Les cultures	Surface de la culture ha	Besoin de la culture m³/ha	Les volumes des besoins en eau m³
P. terre	30	1006	30180
Blé	90	824,8	74232
Ails	15	1002,2	15033
Tomates	150	1006	150900
Laitues	20	1165,2	23304
Carottes	20	1247,2	24944
Betterave	15	494	7410
Haricot	50	683,6	34180

Remarque :

- Les volumes des besoins en eau du mois de pointe (blé, pomme de terre, tomate et carotte) = 280256 m³.

Alors le volume journalier $Q_{\max j} = 280256/30 = 9341.87 \text{ m}^3$

A noter que les calculs des différents besoins montrent que les consommations sont élevées au mois de **juin** qui représente la période de pointe avec un total de **B = 444.27 mm** soit

$$\mathbf{B = 4442.7 \text{ m}^3/\text{ha.}}$$

III.8 calcul de débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis selon les besoins en eau de chaque culture, évalués sur la base d'une répartition culturale. Ce qui donne que le débit est calculé en tenant compte de besoins mensuels, la fréquence d'irrigation, la dose d'arrosage et le Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation pour définir les débits spécifiques de chaque culture suivant la formule qui suit :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K}$$

(l/s/ha) (IV.7)

- **B_m** : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m³/ha.
- **T** : Temps d'irrigation par jour.
- **t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour égale à 26 J.
- **K** : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0.85.

Tableau III.14 : besoins net (mm) en eau d'irrigation

Mois Culture	Sep	oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	juin	juil	aout
Blé	0	0	0	0	0	0	0	17,915	82,48	60,4	0	0
p. terre	0	0	0	0	0	0	0	38,57	98,59	100,6	0	0
Tomate	0	0	0	0	0	0	0	0	38,56	100,6	0	0
Carotte	0	0	0	0	0	0	0	11,375	85,81	124,72	0	0
Laitue	93,80	38,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116,52
Betterave	49,40	35,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Haricot	68,36	46,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ail	100,22	55,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,98
B_{net} (mm)	311,8	176,6	0	0	0	0	0	67,86	305,44	386,32	0	190,5
B_{brut}(mm)	358,5	203	0	0	0	0	0	78,039	351,256	444,27	0	219,075

Le mois de pointe c'est le mois de **juin** avec un besoin total de **B = 444.27 mm**

C'est -à-dire **B = 4442.7 m³/ha.**

$$q = \frac{444.27 \times 10^4}{20 \times 24 \times 3600 \times 0.85} = 3.024 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique est considérable, supérieur à 1.5 l/s/ha donc son calcul exigé d'introduire les besoins de chaque culture durant le mois de pointe pour déterminer le débit spécifique moyen, ce qui donne :

Le débit spécifique pour les carottes : **B = 124.72 mm**

$$q = \frac{124.72 \times 10^4}{20 \times 24 \times 3600 \times 0.85} = 0.85 \text{ l/s/ha.}$$

Considérant les débits moyens de chaque culture, additionnés donnant le débit spécifique est de : **q_s = 0.85 l/s/ha.**

III.9 Débit caractéristique :

C'est le débit maximum en rapport à la pression de service dans le réseau d'irrigation. Il est égal à : **Q_{caractéristique} = Q_{sp} × surface**

Surface totale= **300ha**

Q caractéristique= **0.85 × 300 = 255 l/s.**

Q caractéristique=255 l/s.

III.10 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les besoins en eau d'irrigation des cultures mises en place (maraichères et céréalières) sur la surface d'étude de **300 ha**.

Les besoins nets en eau d'irrigation, réservés à l'irrigation de la surface d'étude sont de l'ordre de **431538m³**, prélevés à partir du barrage de **Zit Emba** d'une capacité totale de **120 Mm³**.

De ces résultats, on conclue que la capacité de barrage suffit largement à alimenter la surface d'étude (**300 ha**), ce qui nous a permis de procéder aux calculs des différents débits pour trouver le débit caractéristique arrêté à **Q caractéristique= 255 l/s/ha**

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1 Introduction :

L'adduction consiste à étudier les voies et moyens nécessaire à l'alimentation en eau d'un périmètre tenant compte de l'aspect technique et économique des ouvrages du réseau tels que bassins de stockage, ouvrages de régularisations...etc.).

Ainsi le but de ce chapitre consiste à implanter et vérifier le tracé des conduites de telle sorte à assurer le meilleur fonctionnement du réseau collectif de distribution d'eau.

IV.2 organisations du périmètre :

Le périmètre de Bouati Mahmoud-Roknia (secteur 01) est divisé en plusieurs îlots d'irrigation. Le secteur 01 est organisé en 30 îlots, présentant chacun des surfaces variant de 5 ha à plus de 40 ha.

Il est à noter que dans certains cas, les îlots sont cadastrés selon une superficie bien déterminée.

IV.2.1 îlots et bornes d'irrigation :

L'îlot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation. Pour éviter tout conflit entre agriculteurs, les limites des îlots d'irrigation sont celles des exploitations ou des parcelles, ou à défaut les limites facilement matérialisées sur terrain.

Afin de desservir plusieurs îlots (04 ou 06 au maximum) à partir de la même borne, cette dernière doit être implantée à la limite des petites exploitations. En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70 ha
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot)

L'étude est conçue pour que la majorité des agriculteurs, puissent disposer d'une prise autonome et d'une pression suffisante, pour la pratique des techniques d'irrigation sous pression.

-Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

Chaque borne et même chaque sortie doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire, laisser passer ou arrêter le débit, régler le débit, et le limiter au module, régler la pression, assurer le comptage de l'eau livrée, et enfin encaisser les suppressions accidentelles.

IV.2.2 Calcul du débit aux bornes

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

$$Q_b = q_s \cdot S$$

Avec :

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)

q_s : Débit spécifique (l/s/ha)

S : Superficie de l'ilot (ha)

IV.2.2.1 Choix du diamètre de la borne

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

Tableau IV.1 : Diamètres des bornes en fonction de débit fourni

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22) l/s	100mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22) l/s $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33) l/s	150mm

IV.2.2.2 Choix de type de borne

Le choix de type de borne dépend de la surface généralement on admet :

- Pour les ilots qu'ont un nombre de parcelle entre [4 -8], et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à quatre prise (Borne de type A4).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie dépasse 15ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).

Pour les grands ilots on prévoit des bornes de type C.

Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes

N°	Ilot	N° de Parcelle	Surface des parcelles	Superficie d'Ilot (ha)	Débit d'Ilot (l/s)	Matériel	Corps de régulation (mm)	Type de borne
			(ha)					
1	ilot 01	1	2,7	10,4	8,840	fonte	65	A2
		2	5,2					
		3	2,5					
2	ilot 02	1	5,7	8,5	7,225	fonte	65	A2
		2	2,8					
3	ilot 03	1	4,6	14,2	12,070	fonte	100	A2
		2	4,8					
		3	4,8					
4	ilot 04	1	2,8	9,3	7,905	fonte	65	A2
		2	2,9					
		3	3,6					
5	ilot 05	1	4,5	9,8	8,330	fonte	65	A2
		2	5,3					
6	ilot 06	1	8	8	6,800	fonte	65	A2
7	ilot 07	1	3,5	9,5	8,075	fonte	65	A2
		2	6					
8	ilot 08	1	3	13,4	11,390	fonte	100	A4
		2	3					
		3	3,6					
		4	3,8					
9	ilot 09	1	7,8	7,8	6,630	fonte	65	A2
10	ilot 10	1	7,7	7,7	6,545	fonte	65	A2
11	ilot 11	1	4,6	9,9	8,415	fonte	65	A2
		2	5,3					
12	ilot 12	1	4	12	10,200	fonte	65	A2
		2	4					
		3	4					
13	ilot 13	1	5	10,6	9,010	fonte	65	A2
		2	5,6					
14	ilot 14	1	3	8,9	7,565	fonte	65	A2
		2	5,9					
15	ilot 15	1	4	9,2	7,820	fonte	65	A2
		2	5,2					
16	ilot 16	1	5,3	10,8	9,180	fonte	65	A2
		2	5,5					
17	ilot 17	1	6,4	10,4	8,840	fonte	65	A2
		2	4					
18	ilot 18	1	6	6	5,100	fonte	65	A2
19	ilot 19	1	8	8	6,800	fonte	65	A2
20	ilot 20	1	6,5	6,5	5,525	fonte	65	A2
21	ilot 21	1	3,3	12,2	10,370	fonte	65	A2
		2	3,9					
		3	5					

Tableau IV.2 (suite): Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes

22	lot 22	1	2,2	10,1	8,585	fonte	65	A2
		2	2,2					
		3	5,7					
23	ilot 23	1	3,5	9,4	7,990	fonte	65	A2
		2	5,9					
24	ilot 24	1	2,8	10,4	8,840	fonte	65	A2
		2	7,6					
25	ilot 25	1	3,8	8,9	7,565	fonte	65	A2
		2	5,1					
26	ilot 26	1	6	6	5,100	fonte	65	A2
27	ilot 27	1	6,3	10,8	9,180	fonte	65	A2
		2	4,5					
28	ilot 28	1	5,4	11	9,350	fonte	65	A2
		2	5,6					
29	ilot 29	1	5,5	16,9	14,365	fonte	100	B
		2	5,6					
		3	5,8					
30	ilot 30	1	6,5	13,4	11,390	fonte	100	A2
		2	6,9					

IV.3 Dimensionnement du système d'adduction :

IV.3.1 Schéma général et fonctions du réseau :

Le réseau d'adduction retenu a été conçu pour amener les eaux provenant du barrage **Zit Emba** vers le bassin de régulation à la tête de périmètre.

Le secteur 01 est la zone d'irrigation à moyenne altitude (**137.8 m**) en rapport à l'altitude de l'implantation du bassin de régulation (203 m). De sa position géographique, le secteur 01 se trouve au Sud du bassin, englobant une superficie totale classée de 300 Ha.

IV.4 Calculs hydrauliques du système distribution gravitaire

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire du bassin d'accumulation vers les bornes.

IV.4.1 Vitesses admissibles

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique :

- De faire une économie sur le coût des canalisations ;
- D'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides)

La vitesse admissible est choisie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

IV.4.2 Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :

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

IV.4.3 Caractéristiques des canalisations

a) Conduites en fonte

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est relatif en leur coût important

b) Conduites en acier

- Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est relatif à la corrosion de la conduite.

c) Conduite en PEHD

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

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

Leur inconvénient est relatif en risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

IV.4.4 Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D : diamètre exprimé en mm

V : vitesse qui donne le diamètre économique (m/s).

IV.4.5 Calcul des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

h_{pu} : Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q : Débit en m³/s

D : Diamètre de la conduite considérée

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

C : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière :

$$J = L \times Q^M / D^N$$

Tableau IV.3 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K (mm)	L	M	N
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 400mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD, nous avons les caractéristiques suivantes :

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : L=1.15 M=1.89 N=5.01.

Nous avons estimé la vitesse dans la conduite égale à 1,5 m/s.

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

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

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions

V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B

Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.

ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre secteur sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : résultats du système d'adduction

tronçon	L(m)	L(Km)	débit (l/s)	débit (m3/s)	diam calculé	diam normalisé	V réelle	pdc lin	Pdc total	cote terrain aval	cote piezo	Pression (m)	pression (bars)
B-N1	283,58	0,28358	239,36	0,239	450,86	500	1,22	0,705	0,775	163	209,15	46,15	4,61
N1-N2	247,15	0,24715	136,68	0,137	340,70	400	1,09	0,651	0,716	154	208,45	54,45	5,44
N2-N3	193,74	0,19374	129,115	0,129	331,14	400	1,03	0,459	0,504	148	207,95	59,95	6,00
N3-N4	335,63	0,33563	119,935	0,120	319,15	315	1,54	2,287	2,515	142	205,37	63,37	6,34
N4-N5	163,54	0,16354	112,115	0,112	308,57	315	1,44	0,981	1,079	130	204,30	74,30	7,43
N5-N6	186,89	0,18689	102,765	0,103	295,42	315	1,32	0,951	1,046	141	203,27	62,27	6,23
N6-N7	63,76	0,06376	81,515	0,082	263,11	315	1,05	0,209	0,230	146	203,08	57,08	5,71
N7-N8	164,89	0,16489	70,125	0,070	244,04	250	1,43	1,297	1,427	128	201,60	73,60	7,36
N8-N9	355,67	0,35567	58,735	0,059	223,34	250	1,20	2,001	2,201	118	199,43	81,43	8,14
N9-N10	363,73	0,36373	44,37	0,044	194,12	200	1,41	3,684	4,052	132	195,35	63,35	6,34
N10-N11	341,28	0,34128	28,135	0,028	154,58	160	1,40	4,469	4,916	137	190,44	53,44	5,34
N6-N21	139,61	0,13961	21,25	0,021	134,34	160	1,06	1,076	1,183	138	202,12	64,12	6,41
N21-N22	178,05	0,17805	14,705	0,015	111,75	125	1,20	2,356	2,592	123	199,52	76,52	7,65
N1-N12	134,94	0,13494	37,57	0,038	178,62	200	1,20	0,998	1,098	170	208,05	38,05	3,81
N12-N13	238,82	0,23882	26,945	0,027	151,27	160	1,34	2,882	3,170	185	204,87	19,87	1,99
N13-N14	114,84	0,11484	18,36	0,018	124,87	125	1,50	2,312	2,543	190	202,30	12,30	1,23
N1-N15	266,12	0,26612	58,31	0,058	222,53	250	1,19	1,477	1,625	157	207,53	50,53	5,05
N15-N16	102,85	0,10285	49,47	0,049	204,97	250	1,01	0,418	0,460	150	207,09	57,09	5,71
N16-N17	357,69	0,35769	44,37	0,044	194,12	200	1,41	3,623	3,985	139	203,05	64,05	6,41
N17-N18	71,77	0,07177	35,19	0,035	172,87	200	1,12	0,469	0,516	135	202,58	67,58	6,76
N18-N19	358,98	0,35898	27,625	0,028	153,17	160	1,37	4,541	4,996	117	197,55	80,55	8,05
N19-N20	144,76	0,14476	19,21	0,019	127,73	160	0,96	0,922	1,014	113	196,58	83,58	8,36
N11-B1	282,98	0,28298	8,84	0,009	86,65	90	1,39	7,422	8,164	120	182,27	62,27	6,23
N11-B2	113,69	0,11369	7,225	0,007	78,33	90	1,14	2,036	2,240	128	188,23	60,23	6,02

Tableau IV.4(suite) : résultats du système d'adduction

N11-B3	147,24	0,14724	12,07	0,012	101,24	110	1,27	2,545	2,800	123	187,65	64,65	6,47
N10-B4	254,43	0,25443	7,905	0,008	81,94	90	1,24	5,402	5,942	161	189,43	28,43	2,84
N10-B5	130,52	0,13052	8,33	0,008	84,11	90	1,31	3,059	3,365	135	192,00	57,00	5,70
N9-B6	24,57	0,02457	6,8	0,007	75,99	90	1,07	0,392	0,432	109	199,02	90,02	9,00
N22-B7	79,49	0,07949	8,075	0,008	82,81	90	1,27	1,757	1,933	133	197,57	64,57	6,46
N7-B8	173,26	0,17326	11,39	0,011	98,35	110	1,20	2,684	2,953	140	200,11	60,11	6,01
N22-B9	116,72	0,11672	6,63	0,007	75,04	75	1,50	4,430	4,873	132	194,60	62,60	6,26
N21-B10	40,13	0,04013	6,545	0,007	74,55	75	1,48	1,487	1,635	137	200,43	63,43	6,34
N19-B11	233,25	0,23325	8,415	0,008	84,54	90	1,32	5,573	6,131	128	191,42	63,42	6,34
N20-B12	182,74	0,18274	10,2	0,010	93,07	110	1,07	2,298	2,528	129	194,04	65,04	6,50
N20-B13	48,76	0,04876	9,01	0,009	87,47	90	1,42	1,326	1,458	130	195,07	65,07	6,51
N18-B14	14,73	0,01473	7,565	0,008	80,15	90	1,19	0,288	0,317	138	202,25	64,25	6,43
N4-B15	80,83	0,08083	7,82	0,008	81,49	90	1,23	1,681	1,850	110	203,56	93,56	9,36
N17-B16	44,33	0,04433	9,18	0,009	88,30	90	1,44	1,249	1,373	140	201,68	61,68	6,17
N15-B17	85,03	0,08503	8,84	0,009	86,65	90	1,39	2,230	2,453	161	205,05	44,05	4,40
N12-B18	42,68	0,04268	5,1	0,005	65,81	75	1,15	0,987	1,085	170	206,97	36,97	3,70
N1-B19	50,21	0,05021	6,8	0,007	75,99	75	1,54	1,999	2,199	155	206,90	51,90	5,19
N12-B20	28,53	0,02853	5,525	0,006	68,50	75	1,25	0,767	0,844	165	207,20	42,20	4,22
N14-B21	206,91	0,20691	10,37	0,010	93,84	110	1,09	2,685	2,953	180	199,40	19,40	1,94
N13-B22	214,15	0,21415	8,585	0,009	85,39	90	1,35	5,314	5,846	177	199,02	22,02	2,20
N14-B23	156,45	0,15645	7,99	0,008	82,37	90	1,26	3,389	3,728	173	198,60	25,60	2,56
N4-B24	115,39	0,11539	8,84	0,009	86,65	90	1,39	3,026	3,329	138	202,06	64,06	6,41
N2-B25	112,03	0,11203	7,565	0,008	80,15	90	1,19	2,189	2,408	160	206,03	46,03	4,60
N16-B26	34,09	0,03409	5,1	0,005	65,81	75	1,15	0,788	0,867	145	206,21	61,21	6,12
N3-B27	134,96	0,13496	9,18	0,009	88,30	90	1,44	3,801	4,181	139	203,72	64,72	6,47
N5-B28	100,71	0,10071	9,35	0,009	89,11	90	1,47	2,937	3,230	138	201,07	63,07	6,31
N9-B29	225,06	0,22506	14,365	0,014	110,45	110	1,51	5,407	5,947	130	193,44	63,44	6,34
N8-B30	132,11	0,13211	11,39	0,011	98,35	110	1,20	2,047	2,252	135	199,38	64,38	6,44

IV.5 Etude du système de pompage

Station de pompage, c'est un ouvrage génie civil, elle abrite le bureau du chef d'exploitation, bureau de personnel, le magasin, salle d'équipement, moteur électrique, toilette et la machine la plus importante dans l'installation : les pompes, qui ont pour rôle de refouler les eaux vers le réservoir.

IV.5.1 Les pompes

Pompe, dispositif utilisé pour aspirer, pour déplacer ou pour comprimer des liquides et des gaz. Dans toutes les pompes, il faut éviter la cavitation (formation des poches gazeuses), ce qui réduirait le débit et endommagerait le corps de la pompe.

Il existe deux grands types de pompes : les pompes volumétriques qui sont utilisées pour pomper les eaux usées et les turbopompes.

A - Les turbopompes (pompes centrifuge)

Il existe trois classes de turbopompes : les pompes centrifuges, à écoulement radial ; les pompes axiales, à écoulement axial ; les pompes semi axiales.

B - Les pompes à écoulement radial

Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croît avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.

IV.5.1.1 Les pompes axiales

Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

IV.5.2 Diamètre économique de la conduite de refoulement

IV.5.2.1 Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique est donnée par la formule suivante :

$$HMT=H_g+\Delta h_p$$

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g=h_a-h_r$

Avec :

h_a : hauteur d'aspiration

h_r : cote du réservoir =203 m

La cote de la station de pompage est de 108.5 m

$$H_g = 203 - 108.5 = 94.5 \text{ m}$$

Donc la hauteur géométrique entre le réservoir et la station de pompage sera : **94.5 m**

Longueur de refoulement : $L_{ref} = 548.95 \text{ m}$

Nous avons **le débit total de tout le périmètre**, qui est de **239.36 l/s**

$$Q = 239.36 \text{ l/s} = 0.239 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$\text{On trouve } D = \sqrt[3]{Q} = \sqrt[3]{0.239} = 0.489 \text{ m}$$

$$\approx 489 \text{ mm}$$

Donc on peut prendre la gamme du diamètre suivant : (400 – 800) mm

Calcul des pertes de charge totales

a) Pertes de charge linéaires :

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

$$\sum H_p = 1.1 \times \Delta h_p^{lin}$$

Δh_p^{lin} : Pertes de charge linéaires (m) ; elle est selon Darcy-Weisbakh) :

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^5}$$

g : Accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

Q : Débit à refouler (m^3/s) ;

L : longueur géométrique de la conduite (m) ;

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,

$$\text{Formule de Nikuradzé : } \lambda = \left(1.14 - 0.86 \times \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2}$$

Tableau IV.5 : calcul des hauteurs manométriques

D (mm)	L (m)	Q (m³/s)	V (m/s)	λ	ΔHL (m)	ΔHT (m)	Hg(m)	HMT(m)
400	550	0,239	1,903	0,0125	3,171	3,488	94,5	97,988
500	550	0,239	1,218	0,0120	0,996	1,096	94,5	95,596
630	550	0,239	0,767	0,0115	0,300	0,330	94,5	94,830
710	550	0,239	0,604	0,0112	0,162	0,178	94,5	94,678
800	550	0,239	0,476	0,0110	0,087	0,096	94,5	94,596

IV.5.2.2 Calcul des frais d'amortissement

Amortissement annuel :

Les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité. Il est déterminé par la relation suivante :

$$F_{am} = P_{rc} \times A$$

Avec :

P_{rc} : Prix de la conduite en (DA) ;

A: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i$$

A : Frais d'amortissement (DA) ;

i : Taux d'annuité ; i = 10 % ;

n : Durée de l'amortissement de la conduite, n =30 ans.

$$A.N : A = \frac{0,1}{(1+0,1)^{30} - 1} + 0,1 \Rightarrow A = 0,1061 = 10.61 \%$$

Pour faire ce calcul, il est préférable de poser une gamme de diamètres normalisés, le tableau suivant résumera le prix d'achat de mètre linéaire de ces conduites en fonction de leurs diamètres normalisés, dont le type de matériaux choisi est la fonte

Tableau IV.6 Calcul des frais d'amortissement

Diamètre (mm)	Prix unitaire (DA)	Longueur (m)	Amortissement annuel(%)	Frais d'amortissement (DA)
400	10626	550	10,61	620080,23
500	17335,76	550	10,61	1011628,27
630	26341,1	550	10,61	1537134,89
710	37000	550	10,61	2159135
800	45000	550	10,61	2625975

IV.5.2.3 Calcul des Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{\text{exp}} = E \times e$$

Avec :

F_{exp} : Frais d'exploitation (DA) ;

E : Énergie totale dépensée par la pompe (Kwh) ;

e : Prix unitaire d'un Kw imposé par la SONELGAZ. ($e = 4,2\text{DA}$)

IV.5.2.4 Puissance des pompes

La puissance absorbée par la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{g \times Q \times H_{\text{MT}}}{\eta}$$

Avec :

P : Puissance absorbée par la pompe (kw) ;

g : Accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

Q : Débit à refoulé (m^3/s) ;

H_{MT} : Hauteur manométrique totale (m) ;

η : Rendement du pompage (85%).

IV.5.2.5 Energie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la station de pompage est donnée par la formule suivante :

$$E = P \times t \times 365$$

Avec : **E**: Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kwh) ;

P: Puissance absorbée (Kw) ;

t: Temps de pompage en (heure) ; dans notre cas t =22h

Tableau IV.7 : Calcul des frais d'exploitation

Diamètre (mm)	HMT(m)	Q(m3/s)	P (KW)	E (KWH)	Frais d'exploitation (DA)
400	97,988	0,239	270,285123	2170389,53	9115636,05
500	95,596	0,239	263,685028	2117390,77	8893041,24
630	94,830	0,239	261,574644	2100444,39	8821866,45
710	94,678	0,239	261,153702	2097064,22	8807669,74
800	94,596	0,239	260,927511	2095247,91	8800041,23

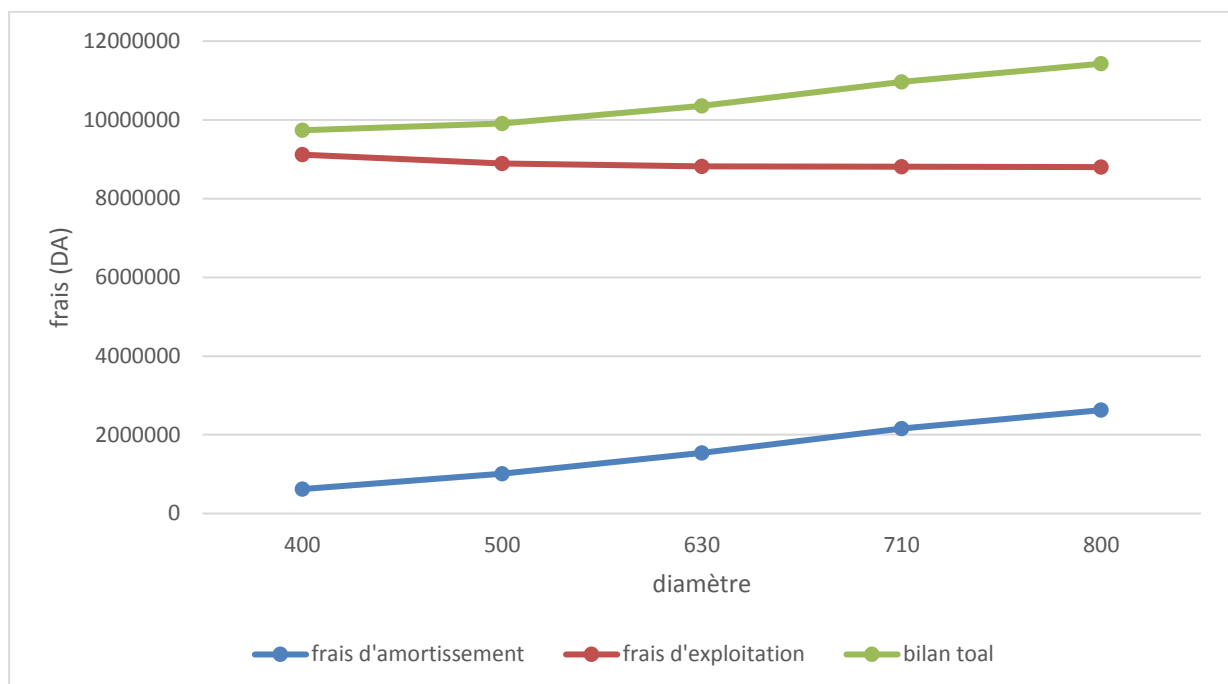
IV.5.2.6 Bilan total des frais

Le bilan des frais d'exploitation et d'amortissement permet de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

Le calcul du bilan total des frais est représenté dans le tableau.IV.8 et illustré dans la figure

Tableau IV.8 : Calcul du bilan total des frais

Diamètre (mm)	Frais d'amortissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Bilan(DA)
400	620080,23	9115636,05	9735716,28
500	1011628,27	8893041,24	9904669,52
630	1537134,89	8821866,45	10359001,3
710	2159135	8807669,74	10966804,7
800	2625975	8800041,23	11426016,2

**Figure IV.1 : bilan total des frais**

D'après les résultats de la Figure IV.1, on prend comme diamètre économique $D=400$ mm avec les caractéristiques suivantes :

Tableau IV.9 : Le choix de diamètre économique

Diamètre (mm)	Frais total (DA)	HMT	Type de conduite	Q(m ³ /s)	V (m/s)
400	9735716,28	97,988	PN16	0.239	1.903

IV.6 choix des pompes

Le choix de nombre de pompes se fait sur la base de plusieurs critères, qui sont :

- ✓ Nombre de pompes minimal
- ✓ Meilleur rendement
- ✓ Charge nette d'aspiration requise (NPSH) r minimale
- ✓ Nombre d'étage minimal
- ✓ Puissance absorbée minimale
- ✓ Encombrement et poids les plus faibles

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel Caprari pour le choix du type et du nombre des pompes

Tableau IV.10: Variantes pour le choix du nombre de pompes.

N	Q (l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	η (%)	N (tr/min)	P abs (KW)	NPSHr (m)	\varnothing mm
2	120.9*2	98.2	PML 150H/ 2 F	72.6	2900	200	10.9	150
3	77.8*3	97.6	PM 150/ 4 C	79.2	1450	110	2.81	150
4	61.72*4	98.2	PML 150/ 5 C	77.7	1450	90	2.34	150

Tableau IV.11 : Variantes pour le choix du type de pompes.

N Type de la Pompe	Q _{cal} (l/s)	HMT (m)	η %	N (tr/min)	P _{abs} (Kw)	NPSH _r (m)	Poids (kg)	D _{ref} (mm)
PML 125/ 2 C	79,67	98	70.9	2900	132	12	1304	125
PM 150/ 4 C	77.8	97.6	79.2	1450	110	2.81	1725	150
PML 150/ 6 C	71.91	97.3	72.8	1450	110	3.98	1817	150

Donc on opte pour trois pompes de type **(PM 150/ 4 C)** plus une pompe de secours car elles assurent :

- Le meilleur rendement (79.2%).
- P_{abs} minimale (110 KW).
- Vitesse de rotation (1450 tr/min).
- Nombre de pompe (3).
- Poids de (1725 kg)

On donne les différentes caractéristiques de cette pompe (PM 150/ 4 C) :

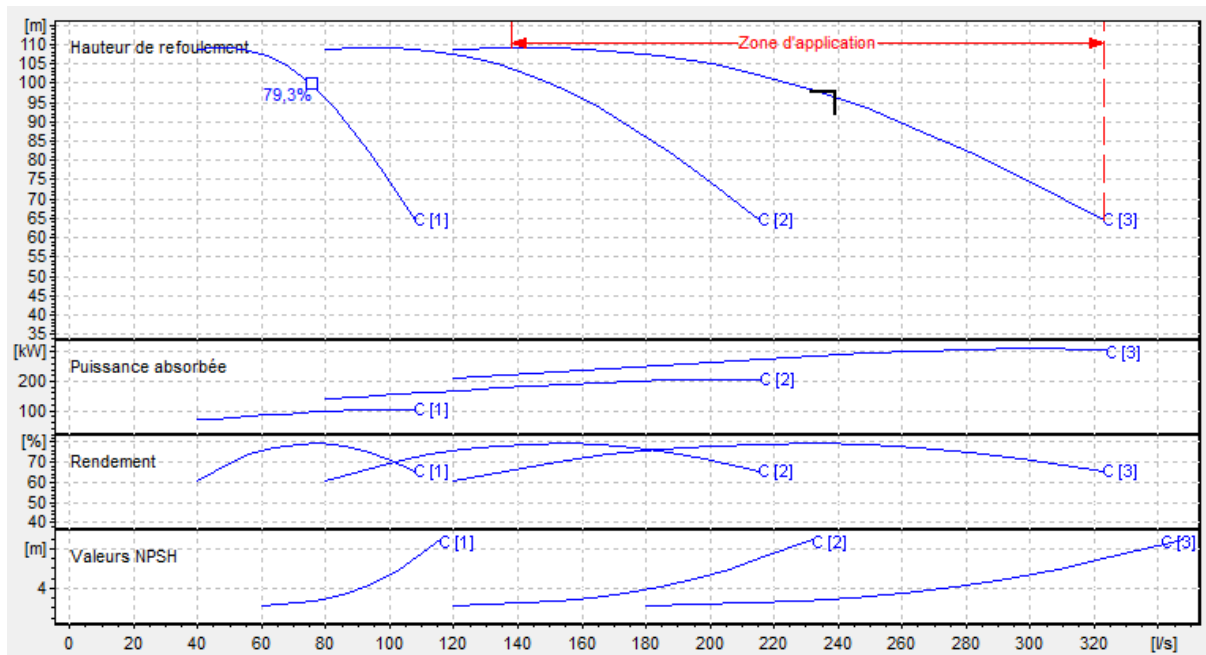


Figure IV.2 : Courbes caractéristiques de la pompe

IV.7 Dimensionnement du réservoir

Le réservoir est dimensionné selon les besoins en eau des cultures au mois de pointe.

Le nombre des heures de pompage par jour = 22 heures ce qui nous permet de déterminer la valeur d'apport de = 4.17 % chaque heure.

Le nombre des heures d'irrigation par jour = 22 heures ce qui nous permet de déterminer la valeur de distribution = 4.55% chaque heure.

Le bilan de consommation et l'apport journalier d'eau dans le tableau suivant :

Tableau IV.12 : Le bilan de consommations et l'apport journalier d'eau.

Heure (h)	Apport (%)	Distribution (%)	Stockage (%)	Déstockage (%)	Vol restant (%)
1,00	4,17	4,55	-	0,38	0,38
2,00	4,17	4,55	-	0,38	0,76
3,00	4,17	4,55	-	0,38	1,14
4,00	4,17	4,55	-	0,38	1,52
5,00	4,17	4,55	-	0,38	1,90
6,00	4,17	4,55	-	0,38	2,28
7,00	4,17	4,55	-	0,38	2,66
8,00	4,17	4,55	-	0,38	3,04
9,00	4,17	4,55	-	0,38	3,42
10,00	4,17	4,55	-	0,38	3,80
11,00	4,17	4,55	-	0,38	4,17
12,00	-	4,55	4,17	-	-
13,00	4,17	4,55	-	0,38	0,38
14,00	4,17	4,55	-	0,38	0,76
15,00	4,17	4,55	-	0,38	1,14
16,00	4,17	4,55	-	0,38	1,52
17,00	4,17	4,55	-	0,38	1,90
18,00	4,17	4,55	-	0,38	2,28
19,00	4,17	4,55	-	0,38	2,66
20,00	4,17	4,55	-	0,38	3,04
21,00	4,17	4,55	-	0,38	3,42
22,00	4,17	4,55	-	0,38	3,80
23,00	4,17	4,55	-	0,38	4,17
24,00	-	4,55	4,17	-	-

Le volume du réservoir sera égal :

$$Vu = \frac{4,17}{100} \times Q_S = \frac{4,17}{100} \times 0,85 * 3600 * 24 = 3062.448 \text{ m}^3 \quad \dots\dots\dots(\text{IV.14})$$

Le volume d'incendie 120 m³

On prend un volume total de **V= 3200m³**

La forme géométrique de notre réservoir est soit :

- **Réservoir circulaire**

Les dimensions finales du bassin sont : 7*21 = 3200 m³.

- **Bassin rectangulaire**

Les dimensions finales du bassin sont : 11x20x15 = 3200 m³

IV.8 Conclusion :

Dans Ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du secteur 1 du périmètre de Bouati Mahmoud-Roknia, dans le cadre de la réalisation du projet au premier lieu le périmètre est découpé en 30 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 300 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

Ces pressions sont généralement satisfaisantes et dans certains cas supérieurs à 6.5 bars, ce qui nécessite l'installation de brise charge au niveau de ces points sensibles.

On a étudié aussi le système de pompage et on a calculé les frais totales d'amortissement et d'exploitation.

Chapitre V : CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATIONS

V.1 Introduction :

Quelle que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduites), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes tirent le maximum de profit.

V.2 Choix des techniques d'irrigation

Le choix de la technique d'irrigation est basé essentiellement sur l'abondance de la ressource en eau et les conditions naturelles rencontrées à savoir

- La pente du terrain à irriguer ;
- Le débit dont on dispose ;
- Nature du sol (perméabilité) ;
- Nature des cultures ;
- Facteurs économiques ;
- Rentabilité de l'opération.

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à (3) grands types :

- Irrigation gravitaire.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée

V.3 L'irrigation de surface :

Cette technique nécessite un gros volume d'eau par unité de surface, le procédé repose sur la distribution de l'eau en utilisant la pente topographique. Elle est subdivisée en :

V.3.1 L'irrigation par ruissellement

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.

Avantages

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés ;
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau ;
- Possibilité de lessivage sans risques d'érosion ;
- Matériel d'irrigation assez simple.

Inconvénients

- Temps d'irrigation important ;
- Nécessité de nivellement et son entretien ;
- Pertes importantes d'eau.

V.3.2 L'irrigation par submersion :

Elle se pratique en recouvrant le sol avec une couche d'eau épaisse qui séjournera le temps nécessaire par laquelle s'infiltrer à la profondeur utile. Cette profondeur est fonction des besoins nécessaires pour la croissance des plantes.

Cette méthode reste valable dans le cas des terrains perméables et de pente inférieure à 2 %. L'eau coule dans les fossés, rigoles ou raies et s'infiltrer latéralement dans le sol jusqu'aux racines des plantes.

Avantages

- Destruction des adventices ;
- Protège contre le gel.

Inconvénients

- Tassement du sol
- Diminution de la porosité d'où diminution de la perméabilité ;
- Nécessite l'assainissement ;
- Manque d'aération.

V.3.3 L'arrosage par infiltration (à la raie) :

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

V.4 L'irrigation par aspersion :

L'eau est acheminée aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce aux différents asperseurs alimentés en eau sous pression.

Les avantages

- ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer ;
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres ;
- Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie ;
- Economie d'eau ;
- Favorise les conditions ambiantes ;
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation.
- Nécessite moins de mains d'œuvres ;

Les inconvénients

- Coût élevé (prix d'achat du matériel très important) ;
- Tassement du sol ;
- Favorise le développement des mauvaises herbes ;
- Le déplacement des conduites après arrosage peut être difficile ;
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante ;
- En cas d'utilisation des eaux salées, il y a danger pour le feuillage.

V.5 L'irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraichage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est sans doute le «goutte à goutte », d'autres systèmes existent également tels que les tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs. Ces derniers sont utilisés notamment en arboriculture (Mekki, 1988). L'eau est acheminée aux cultures au moyen de tuyaux munis de goutteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit.

Les avantages :

- Economise fortement l'eau ;
- Précision de l'apport en eau ;
- Réduction des pertes par évaporation ;

- S'adapte bien à tout type du sol et du relief ;
- Une économie de mains d'œuvre (système fixe) ;
- Insensibilité aux vents forts ;
- Se prêtent facilement à l'automatisation des engrais peuvent être apporté directement à la racine ce qui permet d'éviter son gaspillage.
- Ne gêne pas les cultures
- Economise la main d'œuvre, réduit le cout d'entretien

Les inconvénients :

- Coût d'investissement élevé ;
- Contrôle difficile des goutteurs ;
- Risque d'obstruction des goutteurs ;
- Risque de salinisation ;
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée.

V.6 Choix de la technique d'arrosage :

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage.

Une analyse multicritère des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

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

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation Localisée
Evaporation	+	++	++
Vent (1.9 m/s)	+++	++	+++
Texture (argileux-limoneuse)	++	++	+++
Perméabilité (bonne)	++	+++	+++
Pente	++	++	+++
Qualité d'eau (moyenne)	++	++	++
Cultures			
- Maraîchage	+++	+++	+++
- Céréales	X	+++	X
- Arbres	+++	X	+++
Contraintes économiques			
▪ économie d'eau	X	++	+++

Remarque :

X : inadéquat ou déconseillé ;

+ : Adapté avec réserve ;

++ : Adapté ;

+++ : Très adapté.

V.7 Conclusion :

Le choix du système d'irrigation reste toujours un critère de la réussite de l'investissement, un système d'irrigation mal choisi peut entraîner des pertes économiques très graves. C'est pour ça qu'on doit le prendre en considération. Le choix de l'irrigation localisée est très coûteux, mais leur utilisation fait économiser l'eau pour les régions où elle manque, et c'est encore un réseau qui persiste plusieurs années si on le maintient régulièrement.

Pour un investissement de long terme, l'irrigation localisée demeure un bon voire le meilleur, choix pour avoir une grande productivité et pour que l'investissement soit rentable.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1 Introduction

L'irrigation est l'apport d'eau aux cultures mises en place, pour assurer leur développement. Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant moyen pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir la maîtriser afin de satisfaire les objectifs techniques (rendement) et économiques (à coût optimal) visés. La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation.

VI.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion :

VI.2.1 Données générales :

Choix de la culture : nous avons choisi l'irrigation de blé, cette céréaliculture présente des avantages agronomiques et économiques importants.

Choix des parcelles et de l'ilot : les parcelles choisies pour l'arrosage par aspersion sont dans l'ilot n°17, sous la parcelle n°2, qui présente une superficie de 3.9 ha.

La parcelle est de forme rectangulaire présente des dimensions de 260x155m, elle est alimentée par la borne B17 qui dispose d'une pression de 4.4 bar.

Temps de travail : 20 heures par jour, et 26 jours par mois.

Besoins en eau de pointe : 82.48mm/mois pour le mois de pointe.

Perméabilité du sol : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à :
K= 7 mm/h.

Dose pratique : RFU : elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \quad \dots \text{(VI.1)}$$

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

Da : densité apparente : égale à 1.4 ;

Z : profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le blé)

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (26%)

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

RFU= (26-15)/100*0.6*1000*1.4*2/3=61.6 mm

VI.2.2 Dimensionnement théorique :**a) Calcul du diamètre de l'ajutage**

La perméabilité du sol $K=7$ mm/h ; On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcule par la formule suivante :

$$p = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \quad (\text{VI.2})$$

D'où :

$$d = \frac{7 \cdot 1,04}{1,5} = 4,85 \text{ m m}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (annexe 4), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm

b) Calcul de la portée du jet (L)

La portée du jet est la distance de l'appareil au point du rayon arrosé, permet de définir la surface circulaire arrosée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \quad (\text{VI.3})$$

Avec : d : le diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas $P=4.4$ bars, hauteur d'eau =44m.

$$L=3 \cdot 4,8^{0,5} \cdot 44^{0,25} = 16,93\text{m}$$

Théoriquement, cette formule est valable, mais demande encore plus de précisions en fonction du diamètre choisi et recommandé par le fournisseur. D'après le catalogue (annexe 4), pour le diamètre de la buse de 4,80mm à une pression minimale de 4 bars,

La portée calculée est de 17.0m

c) Écartements entre les rampes et arroseurs

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

-E1 entre les lignes d'arrosage : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

-Ea entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (<10Km/h).

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 2.57 m/s=9.25Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E1=1.25 \cdot 16.93=21.16\text{m}$$

$$E_a = 0.8 \cdot 16.93 = 13.54 \text{ m}$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l = 24 \text{ m}, E_a = 18 \text{ m}.$$

La surface mouillée (m^2) = 432 m^2 .

d) Débit de l'asperseur

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}.$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 44} = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q = 1.82 \text{ m}^3/\text{h} \dots\dots\dots (\text{VI.4})$$

e) Vérification de la pluviométrie de la buse :

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

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \dots\dots\dots (\text{VI.5})$$

q : est le débit de l'asperseur choisi, $q = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1.82 \text{ m}^3/\text{h}$

$$p = \frac{1,82}{18 \cdot 24} = 4.21 \text{ mm/h}$$

D'où : $p \leq k$ ($k = 7 \text{ mm/h}$)

Donc la condition est vérifiée.

f) Calcul du tour d'eau :

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose}_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}} \quad (\text{VI.6})$$

$$T_{\text{eau}} = (61,6 \cdot 26) / 82,48 = 19.42 \text{ jours}.$$

On prend un tour d'eau de 20 jours.

Donc on irrigue 1 fois par mois

g) La dose réelle :

$$D_r = T_{\text{eau}} \cdot \text{la dose journalière} = 20 \cdot (82.48/30) = 55 \text{ mm}$$

$$D_r = 55 \text{ mm}$$

h) Calcul de la dose brute :

$$Db = \text{La dose réelle} / 0,75 = 55 / 0,75 = 73.33 \text{ mm}$$

Avec l'efficacité de l'irrigation est 0.75

i) Temps d'arrosage :

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcule d'après la relation suivante :

$$T_a = \frac{\text{dose brute}}{k} \quad (\text{VI.7})$$

$$T = 73.33 / 7 = 10.48 \text{ h}$$

Donc $T_a = 10\text{h}$

Donc on pourra adapter deux positions par jour pour un asperseur.

j) Volume d'un asperseur par chaque mois :

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

$$V = 2 * 26 * 0.0616 * 18 * 24 = 704.672 \text{ m}^3$$

k) Volume à épandre sur tout la parcelle par mois :

$V_t = \text{Besoin mensuelle en eau} * S;$

$$V_t = (82.48/1000) * 260 * 155 = 3323.944 \text{ m}^3$$

l) Calcul du débit d'équipement (Q_{eq}) :

$$Q_{eq} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T_a \cdot n \cdot N_j} = \frac{3.9 * 82.48 * 10}{10 * 2 * 26}$$

$$Q_{eq} = 6.186 \text{ m}^3/\text{h}$$

m) Calcul de l'unité d'arrosage (SU) :

$$S_u = \frac{S}{T_{\text{eau}} \cdot n}$$

La surface unitaire arrosée :

$$S_u = \frac{3.9}{20 * 1} = 0.195 \text{ ha}$$

n) Nombre d'asperseur requis (N_{asp}) :

Le nombre d'asperseurs se calcul par le rapport entre toute la quantité d'eau à épandre durant le mois de pointe sur la quantité que peut apporter un seul asperseur

$$N = \frac{V_t}{V} = \frac{3323.944}{704.672} = 4.72$$

Donc on prend 4 asperseurs

VI.3 Dimensionnement hydrauliques des rampes :

a) Longueur de la rampe

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion.

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :

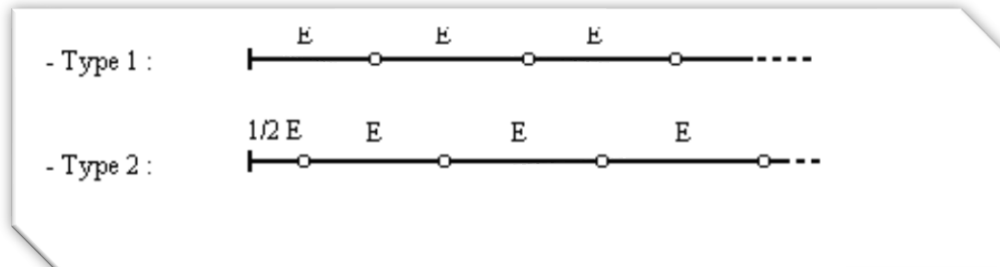


Figure VI.1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe

longueur de la rampe est donc :

Pour le type 1 : $L = n.E$

Pour le type 2 : $L = (n-0,5).E$

D'où :

$$L_{ram} = \text{largeur de terrain} / 2 - E_a/2 = 155/2 - 18/2 = 68.5 \text{ m}$$

La longueur de la porte rampe :

$$L_{pr} = \frac{\text{longueur de terrain}}{2} - \frac{E_a}{2} = \frac{260}{2} - \frac{18}{2} = 121 \text{ m}$$

b) Nbre asperseur/rampe (N) :

$$N = L_r/E_a + 1 = 68.5/18 + 1 = 4 \text{ asperseurs}$$

c) Nombre de rampes(Nr) :

$$N_r = N_{asp} / (\text{nbr asp/ rampe}) = \frac{N_{asp}}{N} = \frac{4}{4} = 1 \text{ rampe}$$

On travaille avec une seule rampe.

Dimensionnement de canalisation :

a) Calcul du débit de la rampe(Qr) :

$Q_r = \text{le débit de l'asperseur} \times \text{le nombre d'asperseur/ rampe.}$

Le débit de la rampe :

$$Q_r = 1.82 * 4 = 7.28 \text{ m}^3/\text{h} = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nombre de position des rampes :

$$N_{pos \text{ ram}} = \frac{L_r}{E_l} = \frac{260}{24} \approx 10$$

L_r : longueur du terrain = 260 m, E_l : espacement entre les rampes (=24m).

Le nombre de poste égale à 10 poste

Nous avons les données suivantes :

Longueur de la rampe $L= 68.5$ m.

Nombre d'asperseur par rampe 4 asperseurs

Nombre de rampes =1 rampe

Débit de la rampe= 7.28 m³/h

b) Calcul du Diamètre de la rampe

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi \cdot V}} \quad (\text{VI.8})$$

Avec V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

Ou : $V \leq V_{ADM}$; $V_{adm} \in [0.5 \div 2.5]m/s$

On suppose que $V= 1.5$ m/s et on calcule D_R :

$$D_R = \sqrt{4 * \frac{0.002}{\pi * 1.5}} = 0.041m = 41mm$$

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

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

Le diamètre normalisé =50mm

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * D_R^2} = 1.02m/s \text{ ce qui dans la gamme.}$$

c) Dimensionnement de la porte-rampe

On recalcule avec le porte-rampe :

$$Q_{p_rampe} = Q_{asp} * N_{asp/rampe} * N_{rampe} = 1.82 * 4 * 1 \quad Q = 0.002m^3/s$$

Ou : $V \leq V_{ADM}$; $V_{adm} \in [0.5 \div 2.5]m/s$

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

$$D_{pr} = \sqrt{4 * \frac{0.002}{\pi * 1.5}} = 41mm$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr}=50$ mm), cependant, les pertes de charges dépassent les normes de Christiansen.

On prend donc un diamètre de la porte rampe de 63mm

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = 4 * \frac{0.002}{\pi * 0.063^2} = 0.64 \text{ m/s ce qui conforme}$$

Calcul des pertes de charge :

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852} \cdot L}{D^{4.87}} \quad (\text{VI.9})$$

Ou ΔH = Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Débit de la conduite en m³/s

C_H : coefficient équivalent à 130.

Pour la rampe on a : L=68.5m, D= 0.050m, Q= 0.002 m³/s

$$\Delta H_{\text{rampe}} = \left(\frac{3.592}{130} \right)^{1.852} \frac{0.002^{1.852} \cdot L}{0.05^{4.87}} = 1.93 \text{ m}$$

Pour la porte rampe L=121 m, D=63 mm donc :

$$\Delta H_{\text{porte-rampe}} = 1.11 \text{ m}$$

Les pertes de charges totales linaires pour les rampes sont 1.93 m et 1.11 m pour la porte rampe

Donc les pertes de charge total pour la rampe :

$$\Delta H_{\text{total ram}} = \Delta H_{\text{lin ram}} \cdot 1.1 = 1.93 \cdot 1.1 = 2.123 \text{ m.}$$

Et les pertes de charge totale pour la porte rampe :

$$\Delta H_{\text{total pr}} = \Delta H_{\text{lin pr}} \cdot 1.1 = 1.11 \cdot 1.1 = 1.221 \text{ m.}$$

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

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

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	121	68.5
Diamètre (mm)	63	50
Débit (m ³ /s)	0.002	0.002
Vitesse (m/s)	0.64	1,02
Perte de charge totale (m)	1.221	2.123

$\Delta H_t = 2.123 + 1.221 = 3.344$ m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VI.4 Calcul de la pression en tête du réseau :

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \quad (\text{VI.10})$$

H : pression à la tête de la parcelle.

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

H₂ : perte de charge totale de la rampe

H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H=30+3.344+0=33.344 \text{ m.}$$

P=3,334 bar, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 4.4 bars.

VI.5 conclusion :

Le dimensionnement du réseau est issu d'un calcul minutieux à l'aide de plusieurs paramètres techniques, l'apport à un logiciel (EPANET), des formules empiriques et le choix des critères dans la conception du réseau de distribution.

Le projet est composé de plusieurs ouvrages hydrauliques, en priorité les différentes conduites de distribution sont en PEHD (Polyéthylène à haute densité) à pression nominale de 16 bars (PN 16). En définitive, le réseau de distribution, compte une longueur totale de **8964.27 m**, représente la conduite d'adduction avec un diamètre de **400 mm**, avec une longueur **550 m** et **8414.27 m** sont des conduites de distribution avec un diamètre qui varie entre (**75 à 500 mm**). Ainsi qu'un ouvrage hydrotechnique de stockage un réservoir d'eau d'une capacité de 20 428 m³.

Chapitre VII : Aspect technico économique

VII.1 Introduction :

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

Cette partie du mémoire est très importante, car elle permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet.

L'évaluation consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur le terrain pour la réalisation du projet, ensuite les multiplier par le prix unitaire correspondant, et enfin, on trouve le coût total du projet.

VII.2 Différents travaux à entreprendre

VII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction et le réseau distribution sont :

a. Exécution des tranchées

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

b. pose du lit de sable

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 12cm dans notre cas.

c. Pose des conduites

Avant la descente des conduites dans la fouille, on procède à un triage des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs ; et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de la pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites.

d. Epreuve de joint et de la canalisation

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement.

e. Remblayage des tranchées

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

f. Nivellement et compactage

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et d'éviter le tassement par la suite.

VII.3 Calcul des volumes des travaux de l'adduction**A-Calcul du volume de terrassement****a. Largeur du fond de la tranchée**

La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + (0.6)$$

Avec : B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

b. profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

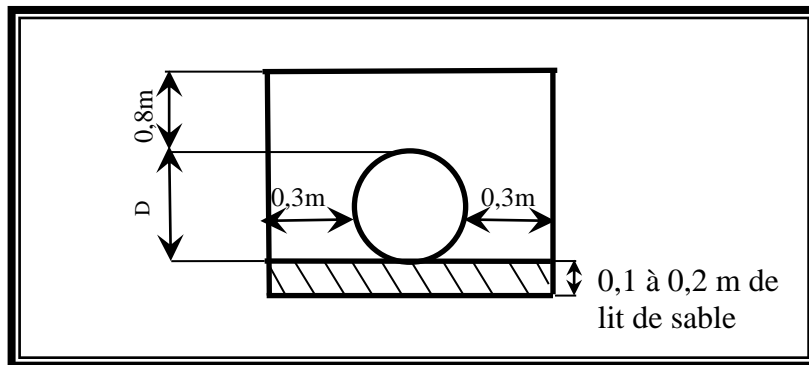


Figure VII.1 : Schéma d'une tranchée

Avec : H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur du lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

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

B- Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire : $S=B*H$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VII.1

Tableau VII.1 : calcul du volume de déblai

	Diamètre (mm)	Longueur de la conduite (m)	Largueur de la tranchée b :(m)	Hauteur de La tranchée(m)	Volume de déblai (m ³)
La conduite de refoulement	400	550	1	1.4	770

C- Calcul du volume de lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 20 cm sur le fond du tranché, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante : $V= e*b*L$

Tableau VII.2 : calcul du volume de sable

	Hauteur (m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m ³)
Lit de sable	0.2	550	1	110

D- Calcul du volume de remblai

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qu'occupe la conduite et le volume occupé par le lit de sable ;

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

V_r : Volume du remblai compacté (m³)

V_d : Volume du déblai (m³)

V_s : Volume du sable (m³)

V : Volume occupé par la conduite (m³) ; $V = L * (\frac{\pi D^2}{4})$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Donc les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau VII-3.

Tableau VII.3 : Calcul du volume de remblai

	Diamètre (mm)	V(Déblai) (m3)	V(Conduite) (m3)	V(Sable) (m3)	V (Remblai) (m3)
La conduite de refoulement	400	770	69.08	110	590.92

VII.3.1 Estimation du cout de pose de conduites d'adduction

Tableau VII.4 : Estimation du cout de pose de canalisation de l'adduction

Désignation des travaux	Unité	Quantité m ³	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai et remblai	m3	1360.92	300	408276
2) lit de sable	m3	110	800	88000
Total (HT) 1				496276
TVA (17%)				84366.92
Montant TTC				580642.92

VII.4 Calcul des volumes des travaux de distribution

Pour les valeurs de (h, m) sont identiques à celles de l'adduction, il suffit juste de calculer les valeurs de b, pour les différentes gammes de diamètres constituant le réseau d'irrigation. Le tableau ci-dessous nous renseignera sur le volume des travaux de distribution selon les différents diamètres existant dans le réseau : fixant **H=1.4 m**

VII.4.1 Déblais d'excavation

Le tableau VII.5 récapitule les résultats de calculs des volumes des déblais d'excavation

Tableau VII.5. Volume des déblais.

Diamètre (mm)	B (m)	S (m ²)	Longueur (m)	Volume du déblai (m ³)
75	0,675	0,945	312,36	295,18
90	0,69	0,966	2226,3	2150,6
110	0,71	0,994	1067,32	1003,28
125	0,725	1,015	292,89	307,53
160	0,76	1,064	1223,45	1301,75
200	0,8	1,12	928,13	1039,5
250	0,85	1,19	889,53	1058,54
315	0,915	1,281	813,58	1042,13
400	1	1,4	440,89	617,25
500	1,10	1,54	283,58	436,71
630	1,23	1,722	0	0
			total	9252,47 m ³

VII.4.2 Pose du lit de sable

Le tableau VII.6 récapitule les résultats de calculs de volume de lit de sable pour les différents diamètres du réseau.

Tableau VII.6 : volume du lit de sable.

Diamètre (mm)	B (m)	S (m2)	Longueur (m)	Volume du lit (m3)
75	0,675	0,135	312.36	42.17
90	0,69	0,138	2226.3	307.23
110	0,71	0,142	1067.32	151.56
125	0,725	0,145	292.89	42.47
160	0,76	0,152	1223.45	185.96
200	0,8	0,16	928.13	148.5
250	0,85	0,17	889.53	151.22
315	0,915	0,183	813.58	148.9
400	1	0,2	440.89	88.18
500	1,10	0,22	283.58	62.39
630	1,23	0,246	0	0
			total	1328.58m ³

VII.4.3 Remblais compacté

Pour chaque diamètre du réseau, on conclue le volume du remblai compacté d'après les résultats des deux tableaux précédents

Le tableau VII.7 récapitule les résultats de calculs de volume du remblai compacté pour les différents diamètres du réseau

Tableau.VII.7. Volume du remblai compacté.

Diamètre (mm)	Section du conduite	Longueur (m)	Volume de la conduite (m3)	Volume du lit de sable (m3)	Volume du déblai (m3)	Volume du remblai compacté (m3)
75	0,0044	312,36	1,37	42,17	295,18	251,64
90	0,006	2226,3	13,36	307,23	2150,6	1830,01
110	0,009	1067,32	9,61	151,56	1003,28	842,11
125	0,012	292,89	3,51	42,47	307,53	261,55
160	0,02	1223,45	24,47	185,96	1301,75	1091,32
200	0,031	928,13	28,77	148,5	1039,5	862,23
250	0,049	889,53	43,59	151,22	1058,54	863,73
315	0,078	813,58	63,46	148,9	1042,13	829,77
400	0,126	440,89	55,55	88,18	617,25	473,52
500	0,196	283,58	55,58	62,39	436,71	318,74
630	0,312	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SOMME			299,27	1328,58	9252,47	7624,62

Le tableau VII.8 récapitule le cout de pose de canalisation de la partie distribution :

Tableau VII.8 : Estimation du cout de pose de canalisation de la partie distribution

Désignation des travaux	Unité	Quantité M ³	Prix unitaire DA	Montant DA
1) Déblai	m3	9252,47	300	2775741
2) lit de sable	m3	1328,58	800	1062864
3) remblai	m3	7624,62	300	2287386
TOTAL (HT) 1				6125991
TVA (17%)				1041418.47
Montant TTC				7167409.47

VII.4.4 Estimation du cout du réseau de distribution

Tableau VII.9 : Factures pro-forma des pièces du réseau distribution

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ75 PEHD	m/l	312,36	226,45	70733,92
TubeØ90 PEHD	m/l	2226,3	371,91	827983,2
TubeØ110 PEHD	m/l	1067,32	554,07	591370
TubeØ125 PEHD	m/l	292,89	705,87	206742,3
TubeØ160 PEHD	m/l	1223,45	1156,21	1414565
TubeØ200 PEHD	m/l	928,13	1808,95	1678941
TubeØ250 PEHD	m/l	889,53	2 808,30	2498067
TubeØ315 PEHD	m/l	813,58	4 478,10	3643293
TubeØ400 PEHD	m/l	440,89	7185,2	3167883
TubeØ500 PEHD	m/l	283,58	10 674,30	3027018
TubeØ630 PEHD	m/l	0	16905	0
bornes d'irrigation 100 mm	U	30	50000	1500000
Asperseur	U	365	600	219000
Vanne Ø110	U	12	10000	120000
Vanne Ø160	U	7	12000	84000
Vanne Ø315	U	4	14000	56000
		TVA (17%)	9230658	3213061,574
			Montant TTC	22353547,1

VII.4.5 Dévie estimatif total

Tableau VII.10 Devis estimatif total

Désignation des travaux	Prix total (DA)
Partie adduction	580642,92
Partie distribution	7167409,47
Accessoires partie distribution	22353547,1
total	30101599,49

Montant total : trente millions et cent un milles et cinq cent quatre-vingt-dix-neuf dinars et quarante-neuf centimes.

VII.5 Conclusion

L'estimation du cout total du projet, englobe, en général, tous les prix des équipements hydrauliques et hydromécaniques à utiliser ou à mettre en place, le réseau de canalisations de transport, les lignes de distribution ainsi la pose des bornes d'irrigation et tous les ouvrages de protection, ajouté à cela, les frais liés à la pose des différentes canalisations, les frais de transport, la main-d'œuvre directe et indirecte et toutes les dépenses liées au projet.

En passant en revue l'ensemble des étapes, calcul du volume et estimation du coût des taches, connaissant le volume de travaux de chaque tâche et le prix unitaire de cette dernière a pu, nous avons estimé le coût global du projet a **30101599.49** DA TTC.

Conclusion générale

L'objectif fondamental de cette étude est l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation Bouati Mahmoud-Roknia (Secteur CP1) situé dans la Wilaya de Guelma qui représente une riche entité agricole où l'on pratique une agriculture traditionnelle, d'une superficie de 300 ha, et dont les caractéristiques physiques, pédologiques et des conditions socio-économiques sont propices à l'irrigation.

Au cours de l'étude, nous avons constaté que le retard de développement de la production agricole dans la région se heurte en premier lieu, à une réalité climatique dont on a pu en faire une analyse et en déterminer les contraintes naturelles.

Après choix des cultures, nous avons estimé les besoins en eau totaux, et les besoins en eau de chaque ilot qui est une phase importante dans la réalisation d'un système d'adduction et d'irrigation. En deuxième lieu, nous avons projeté un réseau d'adduction alimentée par le bassin de stockage, et un système de distribution vers les parcelles par une desserte gravitaire plus économique.

Enfin, pour le choix du système d'arrosage, on a étudié le système par aspersion, qui considérablement moderniser l'agriculture à travers une intensification des rendements des cultures.

Une fois que les conditions agronomiques et hydrauliques seront respectées, les agriculteurs observeront une hausse de leurs rendements habituels qui leur sera bénéfique et qui reflèteront les vraies potentialités du périmètre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **Andre, H., (1976).** Hydrométrie pratique des cours d'eau. Paris : Eyrolles, p 259.
- 2- **Bulletin N°30** FAO Calcul des besoins en eau des cultures.
- 3- **Bulletin N°24** FAO Classification du climat selon MARTON.
- 4- **Bulletin N°29** FAO directive pour l'interprétation de la qualité et caractéristiques des eaux d'irrigation.
- 5- **Bulletin N°33** FAO Tableau 18 : le Coefficient cultural (Kc) des différentes cultures.
- 6- **Touaibia Benina (2004)** Manuel d'hydrologie ISBN. Blida Algérie. Mars 2004,166p.
- 7- **Google Earth (2019)** carte détaillée de Guelma.
- 8- **PAUL AUDOYE, CLEMENT MATHIEU ET JEAN-CLAUDE CHOSSAT (2007)**
Bases techniques de l'irrigation par aspersion, Lavoisier paris.
- 9- **BROUWER (1990)** Méthodes d'irrigation, 80p.
- 10- **L.RIEUL (1992)** Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris 1992,p:219-223.

ANNEXES

ANNEXE 1

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

ANNEXE 2

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

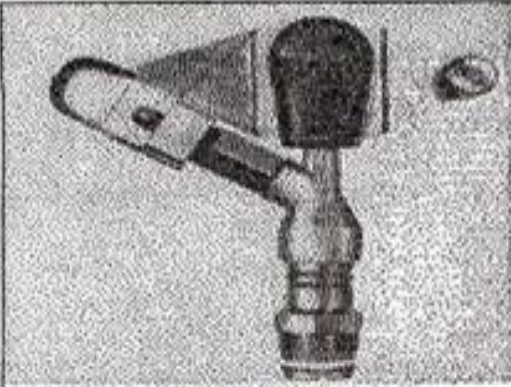
Annexe 3 Coefficients culturaux (Kc)

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

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

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

Annexe 4



**Caractéristiques de
l'asperseur circulaire
PERROT ZF 30**

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

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

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur