



DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

OPTION : Irrigation et Drainage

THEME :

*Etude d'aménagement hydro agricole du périmètre
d'irrigation ZIT-EMBA sud ouest (200ha) irrigue à
partir du barrage de ZIT EMBA (Skikda)*

Présenté par :

ABDELADIM YACINE

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

| Nom et Prénom | Grade | Qualité |
|---|-------------------|---------------------|
| M^r MEDDI Mohamed | Professeur | Président |
| M^r YAHIAOUI Samir | M.A.A | Examineur |
| M^{me} MAZOUZI Sabra | M.A.A | Examinatrice |
| M^{me} BELLABAS/CHARIFI Salima | M.C.B | Promotrice |

NOVEMBRE 2021

Dédicace

Du fond du cœur, je dédie cette thèse en signe d'amour, de respect et de reconnaissance :

A mes chers parents : vava et yema

Pour leur soutien, patience et leurs sacrifices durant mes études et durant ce projet.

Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferais toujours

de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir que dieu le tout

puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur et vous protège de tout mal.

A mes chers frères :

IDIR ET ILYES

A mes amis de toujours :

La liste est longue et je ne peux pas citer tous mais au fond de mon cœur je

voudrai dire merci d'être dans ma vie pour le soutien je vous aime tous également

A Toute ma famille, grande et petite

ABDELADIM YACINE

Remerciement

Au terme de cette étude, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier en premier lieu dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, les moyens et les personnes qui m'ont aidé à l'élaboration de ce modeste travail.

Je tiens à présenter ma reconnaissance et mes remerciements à ma promotrice madame SALIMA BELLABAS, ainsi madame azziez pour le temps consacré à la lecture, les conseils et l'orientation qui ont rythmé les différentes étapes de mon mémoire. Je les remercie aussi pour leur sympathie et leur disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions. Je tiens à remercier du fond du cœur aussi : L'ensemble du personnel et enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), qui ont veillé à ma formation. Je remercie toutes les personnes du département de l'Irrigation et Drainage, qui m'ont aidé durant cette année d'étude.

J'adresse également mes sincères remerciements et mon profond respect aux membres de jury, qui m'on fera l'honneur d'apprécier mon travail.

ABDELADIM YACINE

ملخص :

يندرج الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة هذه، ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات الزراعية المسقية، وتحديد أبعاد شبكة تزويد وتوزيع المياه في محيط زيت العنبة الواقعة» بإقليم دائرة بن عزوز ولاية سكيكدة"، التي تقدر مساحتها بـ 200 هكتارا. وهذا بعد القيام بدراسة خصائص المنطقة كالمناخ، نوعية التربة والموارد المائية.

الغرض من هذه الدراسة هو رفع المردودية الفلاحية وذلك باستخدام تقنيات الري الاقتصادية والفعالة والتسيير الأمثل للموارد المائية.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire est l'aménagement d'un périmètre irrigué et l'étude des réseaux d'irrigation au niveau du périmètre ZIT-EMBA, daïra de BENAZZOUZ, wilaya de SKIKDA, qui s'étend sur une superficie de 200 ha. Cette étude a été basée sur une analyse des caractéristiques climatiques, pédologiques, et des ressources en eau.

Le but de cette étude est d'augmenter le rendement agricole par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation et une meilleure gestion des ressources en eau.

Abstract:

The aim of our thesis is a part of the actual policy of the irrigated areas management in a way to dimension the agricultural perimeter of ZIT EMBA, extending over an area of 200 ha, this after, elaborating a study of climate characteristics, soil nature, and water resources.

The study targets to increase agricultural yield by applying the optimal irrigation systems and the ideal management of water resources.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION GENERALE | 15 |
| CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES..... | 3 |
| I.1.Introduction :..... | 3 |
| I.2. Situation géographique de la wilaya de Skikda : | 3 |
| I.3.Topographie : | 4 |
| Zones des Montagnes | 4 |
| Zones Des Plaines..... | 4 |
| I.4. Présentation du périmètre d'étude :..... | 5 |
| I.5. Etude géologique : | 7 |
| I.6. Géomorphologie : | 7 |
| I.7. Superficie Agricole : | 7 |
| ❖ La première tranche (Zone Sud) : | 7 |
| ❖ La deuxième tranche (Zone Nord) : | 8 |
| I.8. L'HYDROGRAPHIE :..... | 8 |
| I.9.Etude climatologique : | 10 |
| I.9.1.Introduction : | 10 |
| I.9.2. Choix de la station de référence: | 10 |
| I.9.3. les éléments climatiques:..... | 10 |
| I.9.4. La pluviométrie : | 10 |
| I.9.5. Les températures: | 12 |
| I.9.6 L'humidité relative de l'air: | 13 |
| I.9.7. Le vent:..... | 14 |
| I.9.8. Le Sirocco: | 15 |
| I.9.9. L'insolation:..... | 15 |
| I.9.10. L'évapotranspiration potentielle (ETP) : | 16 |
| I.9.11. L'évaporation: | 17 |
| I.9.12. La neige: | 18 |

| | |
|--|-----------|
| I.10. Calcul des indices Agro-météorologiques: | 18 |
| I.10.1. L'indice d'aridité de Martonne : | 18 |
| I.10.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger:..... | 19 |
| I.10.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen : | 20 |
| I.11. Etude Socio-économique : | 21 |
| I.12. Conclusion : | 23 |
| | |
| CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU..... | 25 |
| | |
| II.1. Ressources en sol : | 25 |
| II.1.1. Introduction : | 25 |
| II.1.2. But de l'étude pédologique : | 25 |
| II.1.3. Description et classification des sols du périmètre : | 25 |
| ❖ Les sols calcimagnésiques : | 25 |
| ❖ Les sols à sesquioxyde de fer et de manganèse :..... | 26 |
| ❖ Les sols peu évolués : | 26 |
| ❖ Les vertisols : | 26 |
| II.1.4. Catégories des sols : | 26 |
| II.1.5. Propriétés physique et mécanique du sol : | 27 |
| II.1.5.1. La granulométrie : | 27 |
| II.1.5.2. La texture du sol : | 27 |
| II.1.5.3. la densité apparente : | 28 |
| II.1.5.4. la densité réelle : | 28 |
| II.1.5.5. La porosité : | 28 |
| II.1.5.6. La perméabilité : | 29 |
| II.1. 6. Détermination des aptitudes culturales des sols : | 30 |
| II.2. Ressources en eau : | 31 |
| II.2.1. Caractéristiques principales du Barrage :..... | 31 |
| II.2.2. LES EAUX SOUTERRAINES : | 32 |
| II.2.3. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation : | 33 |
| II.2.4. Classification des eaux pour l'irrigation : | 34 |
| a) Sodicité et Alcanisation : | 34 |
| b) Qualités physiques | 37 |
| II.3. Calcul de la pluie de projet : | 37 |
| II.3.1. Choix de la station : | 37 |
| II.3.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle : | 37 |
| II.3.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique : | 38 |

| | |
|--|-----------|
| II.3.3.1. Teste de Wilcoxon :..... | 39 |
| II.3.4. Ajustement statistique des pluies :..... | 41 |
| II.3.4.1. Traitement des données :..... | 41 |
| II.3.4.2. Ajustement à la loi Normale :..... | 41 |
| II.3.4.4. Test de validité d'un ajustement :..... | 43 |
| II.3.5. Détermination de l'année de calcul :..... | 43 |
| II.4. Conclusion : | 44 |
| | |
| CHAPITRE III : BESOINS EN EAU DES CULTURES..... | 46 |
| | |
| III.1. Introduction :..... | 46 |
| | |
| III.2. Besoins en eau des cultures : | 46 |
| III.2.1. Calcul de l'évapotranspiration :..... | 46 |
| III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET ₀)..... | 46 |
| II.2.2.1. Formule Modifiée de Penman Monteith | 47 |
| III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :..... | 49 |
| III.2.4. Les Coefficients culturaux (K _c) :..... | 49 |
| | |
| III.3. Besoins en eau d'irrigation :..... | 49 |
| III.3.1. Détermination de la pluie efficace :..... | 50 |
| III.3.2. Choix des cultures :..... | 50 |
| III.3.2.1. Cultures proposées :..... | 50 |
| III.3.2.2. Identification des principaux types d'assolement :..... | 51 |
| III.3.2.3. Avantages de la rotation des cultures :..... | 52 |
| III.3.3. Cycle végétatif des cultures :..... | 52 |
| | |
| III. 4. Calcul des besoins en eau des cultures : | 53 |
| III.4.1. Calcul du débit spécifique :..... | 62 |
| III.4.2. Evaluation du débit caractéristique :..... | 63 |
| III.4.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :..... | 63 |
| | |
| III.5. Conclusion : | 64 |
| | |
| CHAPITRE IV : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION..... | 66 |
| | |
| IV.1. Introduction :..... | 66 |
| | |
| IV .2. Alimentation en eau du périmètre :..... | 66 |
| | |
| IV.3. Organisation et structure du périmètre : | 66 |

| | |
|---|-----------|
| IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation : | 66 |
| IV.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation : | 66 |
| IV.3.3. Calcul hydraulique aux bornes : | 67 |
| IV.3.4. Choix du diamètre et du type des bornes : | 67 |
| IV.4. Description de l'aménagement du périmètre : | 69 |
| IV.4.1. Choix de la variante d'aménagement : | 69 |
| IV.4.1. 1. La variante 1 : | 69 |
| IV.4.1.2. La variante 2 : | 69 |
| IV.4.1.3. Choix de la variante : | 69 |
| IV.5. Etude de système de pompage : | 70 |
| IV.5.1. Les pompes : | 70 |
| ❖ Les turbopompes | 70 |
| ❖ Les pompes à écoulement radial : | 70 |
| Les pompes axiales : | 70 |
| ❖ Les pompes semi axiales : | 70 |
| IV.5.2. Calculs hydrauliques du système d'adduction : | 70 |
| IV.5.3. Détermination de la hauteur d'élévation calculée : | 70 |
| IV.5.3.1. Hauteur manométrique totale : | 70 |
| IV.5.3.2. Calcul des pertes de charge totales : | 71 |
| a) Pertes de charge linéaires : | 71 |
| b) Pertes de charge singulières : | 71 |
| IV.5.3.3. Calcul du diamètre économique : | 72 |
| IV.5.3.4. Choix des pompes et nombre des pompes : | 75 |
| IV.5.3.5. Protection contre de la cavitation : | 76 |
| IV.5.3.5. Bâtiments de la station : | 77 |
| VI.5.3.5.1. Hauteur du bâtiment : | 78 |
| IV.5.3.5.2. Longueur du bâtiment : | 79 |
| IV.5.3.5.3. Largeur du bâtiment : | 79 |
| IV.5.3.6. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) : | 79 |
| IV.6. Etude du système d'adduction-distribution : | 80 |
| IV.6.1. Dimensionnement du réseau de distribution : | 80 |
| IV.6.1.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire : | 80 |
| IV.6.1.2. Vitesses admissibles : | 80 |
| IV.6.1.3. Choix du matériau des conduites : | 80 |
| IV.6.1.4. Calcul des diamètres : | 81 |
| IV.6.1.5. Estimation des pertes de charge : | 81 |

| | |
|---|-----------|
| IV.7. Conclusion : | 84 |
| | |
| CHAPITRE V : ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION | 86 |
| | |
| V.1.Introduction : | 86 |
| | |
| V.2.Choix des techniques d'irrigation : | 86 |
| | |
| V.3. Les différentes techniques d'arrosages : | 86 |
| V.3.1. Irrigation gravitaire : | 86 |
| V.3.1.1. L'irrigation par ruissellement : | 87 |
| V.3.1.2. L'arrosage par infiltration (à la raie) : | 87 |
| V.3.1.3. L'arrosage par submersion : | 87 |
| V.3.1.4. Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire : | 87 |
| V.3.2. L'irrigation par aspersion : | 88 |
| V.3.2.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion : | 88 |
| VI.3.2.2. Différentes installations à la parcelle : | 88 |
| VI.3.2.3. Couverture totale et couverture intégrale : | 89 |
| V.3.3. L'irrigation localisée (Goutte à Goutte) : | 89 |
| V.3.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée : | 89 |
| | |
| V.4.Choix de la technique d'arrosage : | 89 |
| | |
| V.5.Conclusion : | 90 |
| | |
| | |
| CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE ET PAR ASPERSION | 92 |
| | |
| VI.1. Introduction : | 92 |
| | |
| VI.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte : | 92 |
| VI.2.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée : | 92 |
| VI.2.1.1. Influence du taux de couverture du sol : | 92 |
| VI.2.1.2. Dose nette pratique : | 93 |
| VI.2.1.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) : | 94 |
| VI.2.1.4. Calcul de la dose (brute) : | 94 |
| VI.2.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) : | 94 |
| VI.2.1.6. Durée d'arrosage effective : | 94 |
| VI.2.1.7. Nombre de poste : | 94 |
| VI.2.1.8. Surface du poste : | 95 |
| VI.2.2. Calculs hydrauliques : | 95 |

| | |
|---|------------|
| VI.2.3. Dimensionnement des canalisations du réseau : | 95 |
| VI.2.3.1. Pour les rampes : L=140 m..... | 96 |
| VI.2.3.2. Pour le porte rampe : L=170 m..... | 97 |
| VI.2.3.3. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire : | 98 |
| VI.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion : | 98 |
| VI.3.1. Dose pratique : RFU : | 99 |
| VI.3.2. Le diamètre de l'ajutage : | 99 |
| VI.3.3. Calcul de la portée du jet (L) : | 99 |
| VI.3.4. Ecartements entre les rampes et arroseurs : | 99 |
| VI.3.5. Vérification de la pluviométrie (P<K) : | 100 |
| VI.3.5.1. Débit de l'asperseur : | 100 |
| VI.3.5.2. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur : | 100 |
| VI.3.6. Paramètres d'arrosage : | 100 |
| VI.3.6.1. Calcul du tour d'eau : | 100 |
| VI.3.6.2. Nombre d'irrigation par mois : | 100 |
| VI.3.6.3. Calcul de la dose réelle : | 100 |
| VI.3.6.4. Calcul de la dose brute : | 100 |
| VI.3.6.5. Temps d'arrosage : | 101 |
| VI.3.6.6. Calcul de l'unité d'arrosage | 101 |
| VI.3.6.7. Calcul du débit d'équipement : | 101 |
| VI.3.6.8. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois : | 101 |
| VI.3.6.9. Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle : | 101 |
| VI.3.6.10. Nombre d'aspenseurs (à acheter) Nombre d'asperseur requis | 101 |
| VI.4. Calculs hydrauliques : | 101 |
| VI.4.1. Dimensionnement hydraulique des rampes : | 101 |
| VI.4.1.1. La longueur de la rampe : | 101 |
| VI.4.1.2. Nombre d'aspenseurs/rampe : | 102 |
| VI.4.1.3. Nombre de rampes : | 102 |
| VI.4.2. Dimensionnement de la rampe: | 102 |
| VI.4.2.1. Le débit de la rampe : | 102 |
| VI.4.2.1. Nombre de position des rampes : | 102 |
| VI.4.2.2. Calcul du Diamètre de la rampe : | 102 |
| VI.4.3. Dimensionnement de la porte rampe: | 103 |
| VI.4.3.1. Longueur de la porte Rampe : | 103 |
| VI.4.3.2. Débit de porte rampe : | 103 |
| VI.4.3.3. Calcul du Diamètre de la porte rampe : | 103 |
| VI.4.4. Calcul des pertes de charge: | 103 |
| VI.4.4.1. les pertes de charge de la rampe : | 103 |

| | |
|--|------------|
| VI.4.4.2.les pertes de charge de la porte rampe :..... | 103 |
| VI.4.5.Calcul de la pression en tête du réseau :..... | 104 |
| IV.5.Conclusion: | 104 |
| CHAPITRE VII : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE..... | 106 |
| VII.1.Introduction :..... | 106 |
| VII.2.Execution des travaux de pose des canalisations : | 106 |
| 1. Exécution des tranchées : | 106 |
| 2. Pose du lit de sable : | 106 |
| 3. Mise en place des canalisations : | 106 |
| 4. Assemblage des conduites en PEHD: | 107 |
| 5. Contrôle du compactage des tranchées : | 107 |
| VII.3.Choix des engins du chantier: | 108 |
| VII.3.1. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution : | 109 |
| VII.3.2.Frais des travaux sur réseau d'irrigation : | 109 |
| VII.3.2.1.calcul des volumes de remblai et de déblai :..... | 109 |
| VII.4 Estimation du coût du réservoir : | 111 |
| VII.5 Estimation des coûts de la station de pompage : | 112 |
| VII.6 Estimation des coûts du réseau d'irrigation : | 112 |
| VII.6.1 Par aspersion : | 112 |
| VII.6.2 Réseau goutte à goutte : | 113 |
| VII.7.Conclusion : | 113 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 121 |
| ANNEXES : | 114 |

Liste des tableaux

CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES 3

| | |
|--|----|
| Tableau I.1 : caractéristique des zones homogènes | 7 |
| Tableau I.2 : secteurs de la zone sud | 8 |
| Tableau I. 3 Les précipitations mensuelles et annuelles en mm | 10 |
| Tableau I. 4 Répartition saisonnier des précipitations..... | 11 |
| Tableau I. 5 : variation des températures moyennes mensuelles & annuelles en °C. | 12 |
| Tableau I.6 : variation de l'humidité de l'air..... | 13 |
| Tableau I. 7: Variation mensuelle de la vitesse du vent..... | 14 |
| Tableau I. 8 : Valeurs moyennes des durées d'insolation journalières en Heure/jour | 16 |
| Tableau I. 9: valeurs de l'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle en mm/mois. | 16 |
| Tableau I.10: Moyennes mensuelles et annuelles de l'évaporation en mm | 17 |
| Tableau I.11: Classification du climat selon de Martonne | 19 |

CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU 25

| | |
|--|----|
| Tableau II.1 : les classes de répartition des sols du périmètre de Zit Emba | 27 |
| Tableau II.3 : La texture de notre périmètre | 27 |
| Tableau II.4 : la répartition de la perméabilité du périmètre Zit Emba (par la méthode du double anneau) | 29 |
| Tableau II.5 : valeurs de la RFU à travers le périmètre de Zit-Emba :..... | 29 |
| Tableau II.6 : Caractéristiques hydrauliques du barrage Zit-Emba..... | 33 |
| Tableau II.7 : Qualité d'eau d'irrigation du barrage Zit-Emba. (Source : ONID Skikda) | 33 |
| Tableau II.8: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique. | 34 |
| Tableau II.9 : Valeurs de calcul du SAR de l'eau de simulation du Barrage de Zit Emba | 35 |

| | |
|---|----|
| Tableau II.10: Classification des eaux en fonction de SAR. | 35 |
| Tableau II.11: caractéristique principales de la station pluviométrique (ANRH Alger)..... | 37 |
| Tableau II.12 : Répartition mensuelle des précipitations (mm). | 37 |
| Tableau II.13: Test d'homogénéité de la série pluviométrique..... | 40 |
| Tableau II.14: Caractéristiques de la série pluviométrique..... | 41 |
| Tableau II.15 : Test de validité des deux ajustements. | 43 |
| Tableau II.16: Résultat de l'ajustement..... | 43 |
| Tableau II.17: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche ($f_{req}= 80\%$). | 44 |

CHAPITRE III : BESOINS EN EAU DES CULTURES 46

| | |
|--|----|
| TableauIII-1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0 | 48 |
| Tableau III-2 : calcul des pluies efficaces pour chaque mois en MM..... | 50 |
| TableauIII.3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre | 51 |
| Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures. | 51 |
| Tableau III.5 : Les assolements proposés. | 52 |
| TableauIII.6 : Cycle végétatif des cultures. | 53 |
| TableauIII.7 : Calcul des besoins en eau du Blé dur. | 54 |
| Tableau III-8 : calcul des besoins en eau de l'orge grain. | 54 |
| Tableau III -9 : Calcul des besoins en eau de la luzerne. | 55 |
| Tableau III-10 : Calcul des besoins en eau d'oignon vert. | 55 |
| Tableau III-11 : calcul des besoins en eau de la pomme de terre..... | 56 |
| Tableau III-12 : calculs des besoins en eau de la fraise | 56 |
| Tableau III-13 : Calcul des besoins en eau du melon | 57 |
| Tableau III-14 : Calcul des besoins en eau du chou..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Tableau III-15 : Calcul des besoins en eau de la courgette..... | 58 |
| Tableau III-16 : Calcul des besoins en eau de la tomate. | 58 |
| Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau des oliviers..... | 59 |
| Tableau III.18 : Calcul des besoins en eau des cerisiers. | 59 |
| Tableau III.19: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1. | 60 |
| Tableau III.20 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement II | 61 |
| Tableau III.21 : volume d'eau d'irrigation. | 63 |

CHAPITRE IV : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION 66

| | |
|---|----|
| Tableau IV.1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots. | 67 |
| TableauIV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes. | 68 |
| Tableau IV.3 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite. | 73 |
| Tableau IV.4 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre | 73 |
| Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation..... | 74 |
| Tableau IV.6 : Calcul du bilan total..... | 74 |
| Tableau IV.7: Choix de Nombre de pompes. | 75 |
| TableauIV.8 : Variantes pour le choix du nombre de pompes. | 75 |
| TableauIV.9 : pression atmosphérique en fonction de la cote..... | 77 |
| Tableau IV.10 : Pression de vapeur en fonction de la température. | 77 |
| Tableau IV.11 : Choix du type de bâtiment | 78 |
| Tableau IV.12 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon..... | 82 |
| Tableau. IV.13: Calculs hydrauliques du réseau de distribution. | 83 |

CHAPITRE V : ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION 86

| | |
|---|----|
| Tableau V.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage..... | 90 |
|---|----|

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE ET PAR ASPERSION 92

| | |
|--|------------|
| <i>Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques du réseau goutte à goutte</i> | <i>104</i> |
| Tableau VI.2: Résultat de calcul pratique d'aspersion. | 104 |

CHAPITRE VII : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE. 106

| | |
|---|-----|
| Tableau VII.1. Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles. | 108 |
| Tableau VII.2. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution..... | 109 |
| Tableau VII.3. Calcul des différents volumes..... | 110 |
| Tableau VII.4. Coût des travaux de terrassement..... | 111 |
| Tableau VII. 5 Estimation des coût du réservoir. | 111 |
| Tableau VII. 6: Coûts de construction de l'abri de la station. | 112 |
| Tableau VII. 7 :Coût du réseau d'aspersion | 112 |
| Tableau VII. 8 : coût du réseau d'irrigation localisée. | 113 |
| Tableau VII.9 : Devis estimatif total du projet : | 113 |

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES 3

| | |
|--|----|
| Figure I.1 : Carte satellite montre la situation géographique de la wilaya Skikda. | 3 |
| Figure I.2: Image satellitaire de la zone d'étude (Irrigation du périmètre Zit Emba 2014, Agred Ahmed) | 6 |
| Figure I 3 : Réseau hydrographique du bassin Seybouse (Agence des bassins hydrographiques, 2013) | 9 |
| Figure I 4 : <i>Variations mensuelles des pluies.</i> | 12 |
| Figure I.5 : <i>Variation mensuelle des températures maximales, minimales et moyennes.</i> | 13 |
| Figure I .6 : <i>Variation d'humidité relative durant l'année.</i> | 14 |
| FigureI.7 : <i>moyennes mensuelles de la vitesse des vents</i> | 15 |
| Figure I.8 : <i>Valeurs moyennes du nombre d'heures d'insolation journalière</i> | 17 |
| Figure I 9 : <i>Répartition d'évapotranspiration relative mensuelle</i> | 18 |
| FigureI.10 : <i>Moyennes mensuelles de l'évaporation</i> | 19 |
| Figure. I.11 : <i>Diagramme bioclimatique d'Emberger-l'étage bioclimatique : Subhumide</i> | 20 |
| Figure I.12 : <i>Climogramme de Gaussen</i> | 21 |
| Figure I.13 : <i>Pyramide des âges de la wilaya de Skikda</i> | 22 |
| Figure I.14 : <i>Répartition des secteurs d'activité</i> | 22 |

CHAPITRE II : RESSOURCES EN SOL ET RESSOURCES EN EAU 25

| | |
|--|----|
| Figure II.1. <i>Photographie satellitaire du barrage de Zit-Emba et ses environs</i> | 32 |
| Figure II.2: <i>Diagramme de classification des eaux d'irrigation.</i> | 36 |
| Figure II.3 : <i>Ajustement des pluies annuelles par la loi normale.</i> | 42 |

CHAPITRE III : BESOINS EN EAU DES CULTURES 46

CHAPITRE IV : ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION 66

| | |
|---|----|
| Figure IV.1. <i>Résultat de l'étude technico-économique</i> | 74 |
|---|----|

Figure IV.2 : Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)..... 76

Figure IV.3. Schéma de distribution par epanet 84

CHAPITRE V : ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION 86

Figure V.1 : Systèmes d'irrigation. (AQUAG à Marrakech)..... 87

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE ET PAR ASPERSION 92

Figure VI.1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe. 93

CHAPITRE VII : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE. 106

Figure VII.1. Une pelle mécanique. 108

Figure VII.2 : Disposition de la conduite dans une tranchée. 110

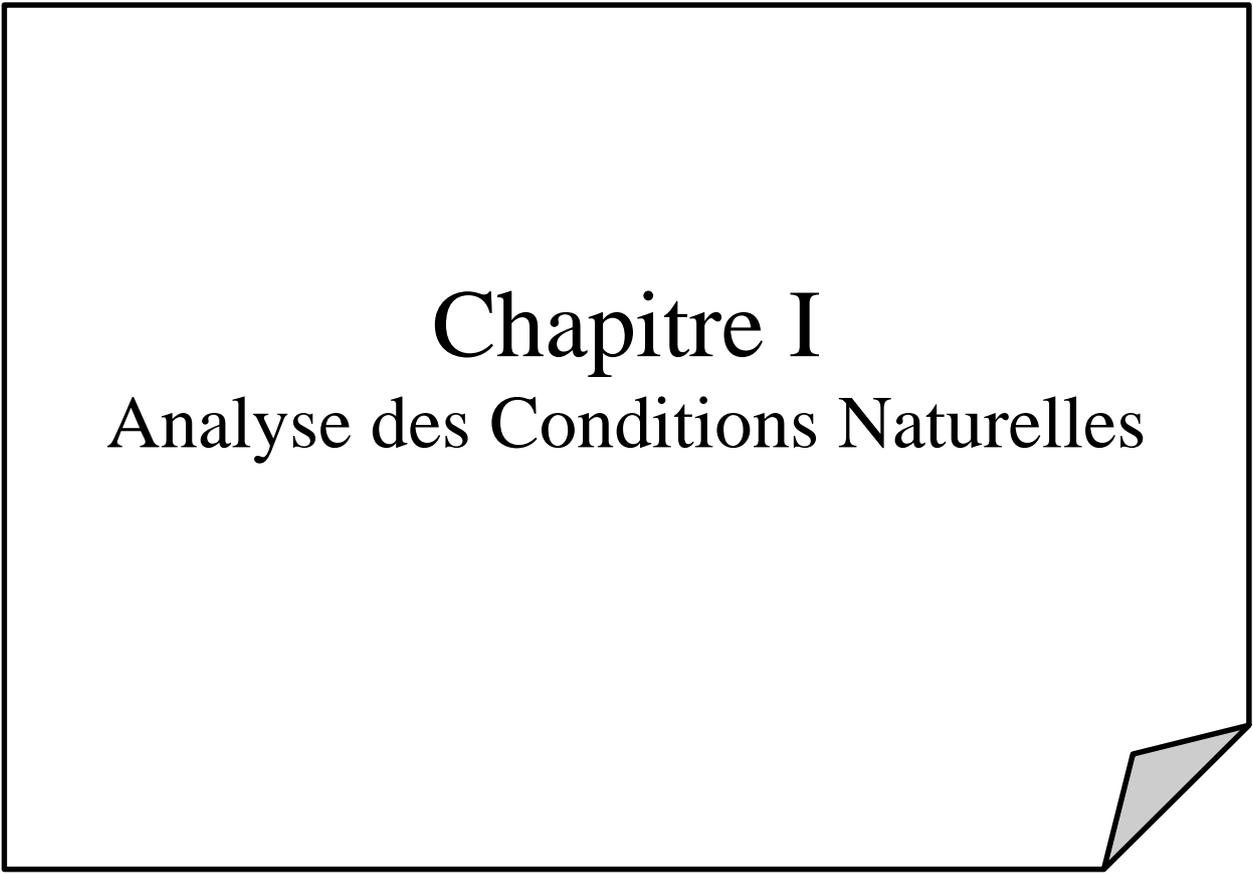
Introduction générale

L'Algérie est confrontée aujourd'hui à des enjeux majeurs de développement, l'explosion démographique et l'étalement urbain exercent une pression sans équivalent sur les ressources naturelles. L'eau étant le pilier de toute croissance économique, nous nous trouvons l'urgence de mettre en place des stratégies efficaces, de gestions, de conservation et de mise en valeur de cette ressource, afin de répondre aux besoins croissant de tous les secteurs économiques sans pour autant compromettre les capacités régénératives des milieux naturels.

Notre travail a pour objectif d'apporter des éléments de réponses a la problématique suivante : comment peut on irriguée notre zone d'étude qui connait des baisses de rendement a cause des changements climatiques induisant la rareté de la ressource en eau d'une part et l'usage des systèmes d'irrigation très anciennes d'autre part ? Donc nous nous trouvons dans l'urgence de mettre en place des stratégies pour économiser et conserver L'eau .

Le présent mémoire a été établie pour l'étude d'aménagement du périmètre ZIT EMBA dans la wilaya de Skikda, qui est alimenté à partir de barrage **ZIT-EMBA**. Pour cela nous somme basés sur l'étude des caractéristiques de la zone d'étude, les paramètres climatiques et pédologiques et la qualité d'eau de barrage, afin de déterminer les besoins en eau des cultures et de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution avec son système de pompage et réservoir, et en fin choisir les cultures a implanté pour dimensionner le système d'arrosage qui convient.

Le but étant la diversification des cultures et l'augmentation du rendement agricole, pour améliorer l'approvisionnement alimentaire, ainsi que la croissance économique liée à l'agriculture dans la région de SKIKDA.



Chapitre I

Analyse des Conditions Naturelles

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

1.1.Introduction :

Avant de réaliser tout projet, il est très important d'analyser les différentes conditions géographiques, démographiques, géologiques et climatiques de la zone d'étude, car cela est directement lié aux choix ultérieurs. Tel est le but du premier chapitre.

La zone d'étude concerne le périmètre de ZIT EL-EMBA situé dans la wilaya de Skikda

1.2. Situation géographique de la wilaya de Skikda :

La Wilaya de Skikda est située au nord-est de l'Algérie et s'étend sur 4 118 km² dans la zone géographique située entre l'Atlas tellien et la côte méditerranéenne. Il a un littoral de 140 kilomètres, s'étendant de Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour dans les profondeurs du massif du Collo à l'ouest. Ses limites sont les suivantes :

- Au Nord par la mer méditerranéenne.
- Au Sud par la wilaya de Constantine et partiellement la wilaya de Mila.
- A l'Est par les wilayas d'Annaba et Guelma.
- A l'Ouest par la wilaya de Jijel.



Figure I.1 : Carte satellite montre situation géographique de la wilaya Skikda.

I.3.Topographie :

Du point de vue topographique, on distingue trois types de zones topographiques : les zones de montagnes, les zones de plaines et les zones de piémonts.

Zones des Montagnes

Les zones de montagnes qui se subdivisent en plusieurs parties sont constituées par les Massifs. Les djebels les plus importants sont :

- | | |
|---|---|
| 1. - Au Sud | - Djebel Sidi Driss 1.364 m d'altitude |
| | - Djebel Hadjar Chouat 1.220 m d'altitude |
| 2. - A la limite des vallées du Guebli et Saf-Saf | - Djebel Staiha 572 m d'altitude |
| | - Djebel Abdelhadj 564 m d'altitude |
| 3. - A la limite du Saf-Saf et d'El -Kebir | - Djebel Fil-Fila 586 m d'altitude |
| 4. - Au Nord | - Cap Bougaroun et Cap de Fer |

Zones Des Plaines

- La Plaine de la vallée du Saf-Saf qui s'étend d'El-Harrouch à Skikda et épouse les contours du Saf-Saf

- La Plaine de la Vallée de Oued El-Guebli qui débute à Oum-Toub, s'évase au niveau de Tamalous, s'effile jusqu'à Collo ou elle s'évase de nouveau.

- La Plaine de la Vallée de l'Oued El-Kebir.

- La Plaine de Azzaba, arrosée par l'Oued El-Kebir, elle s'étend d'Es-Sebt à Azzaba jusqu'à Djendel où elle présente un étranglement débouchant à Ain Charchar et Bekkouche Lakhdar. La seconde partie de la plaine est considérée comme la zone de jonction entre la plaine et la dépression qui débute au lac Tanga près d'El-Kebir.

Les Piémonts

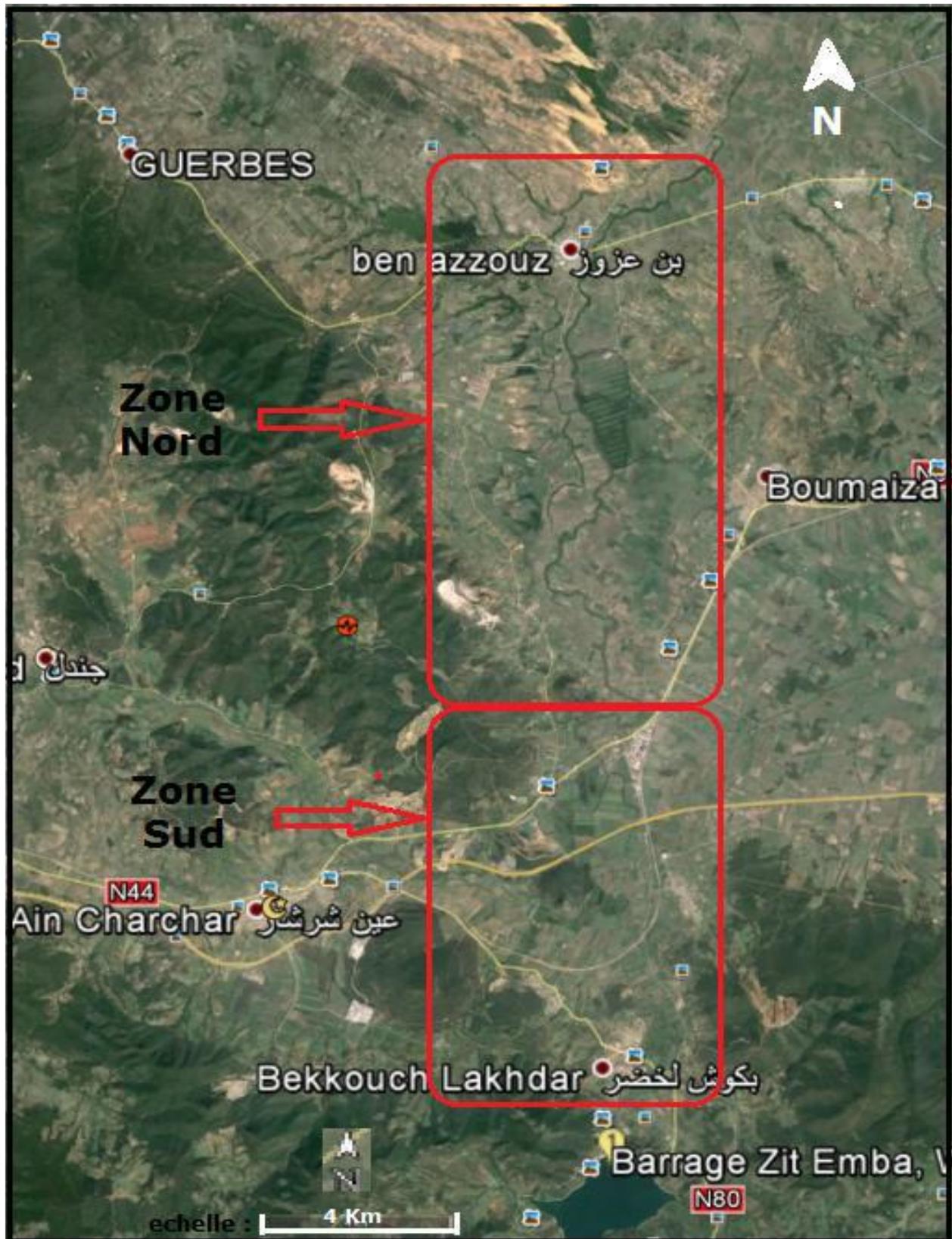
Ils se localisent en particulier dans les régions d'El-Harrouch et Azzaba.

I.4. Présentation du périmètre d'étude :

La zone à irriguer par les eaux provenant de la retenue du barrage de Zit-Emba est située à 40 km environ à l'Est de la ville de Skikda, dans les basses vallées de l'oued Kebir et Emchekel. La ressource en eau sera la retenue du barrage de Zit-Emba. Cette zone est aisément accessible par la RN44 qui traverse la zone d'Ouest en Est. Par ailleurs, plusieurs chemins de wilaya (CW) et séries de routes rurales bordent ou traversent la zone . L'ensemble urbain le plus proche est le centre administratif d'Azzaba qui se trouve à 10 km environ à l'Ouest de la limite du périmètre.

La zone d'étude est située dans la wilaya de Skikda, daïra de Ben Azzouz, elle est localisée à l'Ouest du lac Fetzara et elle est limitée :

- Au Nord par le l'autoroute Constantine-Annaba.
- Au Nord-Ouest par le foret de Dem-El-Bagrat.
- A l'Est par la vile de Boumaiza et la rive occidentale du lac Fetzara.
- Au Sud par la ville de Bekkouche-Lakhdar.
- Au Sud-Ouest par la ville d'Ain-Charchar.
- A l'Ouest par le djebel safia et la commune Djendel Saadi Mohamed.



. Figure I.2: Image satellitaire de la zone d'étude (Irrigation du périmètre Zit Emba 2014, Agred Ahmed)

I.5. Etude géologique :

Le périmètre étudié est plus ou moins homogène. Il représente cinq catégories, chacune avec des caractéristiques différentes, comme indiqué dans le tableau I.1

Tableau I.1 : caractéristique des zones homogènes

| Categories | I | II | III | IV | V |
|------------------------|----------|-----------|------------|-----------|--------------|
| Caractéristique | | | | | |
| Profondeur | profonds | Moyenne | peu | variable | insuffisants |
| De sols | | | | | |

Avec des formations géologiques suivantes :

- ✓ Des alluvions récentes du quaternaire constituées de limon, sable, gravier, et travertin qui occupent les plaines alluviales.
- ✓ Des affleurements de flush, de grès de Numidie (quartzite et rougeâtres), alternant avec des lits d'argile formant les reliefs des massifs du Nord-Ouest et Sud de la zone datant de l'Eocène supérieur, associés (surtout à l'Ouest de la zone) avec quelques rares affleurements de mimes et ammonites de pyrite du crétacé inférieur ainsi que du calcaire du trias.
- ✓ Quelques affleurements de calcaires de l'éocène moyen et inférieur constituant les massifs bordant la zone au Sud et au Sud-Ouest.

I.7. Superficie Agricole :

La wilaya de Skikda compte parmi les plus importantes wilayas dans le domaine agricole. La superficie agricole utile (SAU) est estimée à 131 879 ha sont réparties comme suit :

13100 ha dans la région Est, dont 6475 ha de la superficie au niveau du périmètre de Zit Emba qui comporte les communes de (Bekkouche Lakhdar-Ain Charchar-Djendel et Ben Azzouz) ; le périmètre est divisé en :

- ❖ ***La première tranche (Zone Sud) :*** est constitué de **2516 ha** équipé et **2010 ha** nette irrigable, mise en services en **Juin 2007**.

Tableau I.2 : secteurs de la zone sud

| PÉRIMÈTRE | SECTEUR | SUPERFICIE TOTALE HA |
|------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| ZIT EMBA | Secteur 01 :Bekkouche Lakhdar 01 | 323 |

| | | |
|--------|----------------------------------|------|
| | Secteur 02 :Ain Charchar | 1093 |
| | Secteur 03 :Bekkouche Lakhdar 02 | 1100 |
| Totale | | 2516 |

- ❖ **La deuxième tranche (Zone Nord)** : avec une superficie totale de **3984Ha** non équipée, en **2017**, la décision n° **1132 du 21/08/2017** a été amendée pour modifier la résolution n° **640 du 13/05/2017**, qui comprend l'ouverture d'une enquête préalable pour prouver le bénéfice public du projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre **ZIT EMBA 2^{ème}** tranche sur **3559 Ha** dont la ressource en eau est barrage **ZIT EMBA** à partir de l'Oued Elkebir.

Source : DSA Skikda (Direction du Service Agricole).

1.8. L'HYDROGRAPHIE :

Comme le montre le réseau hydrographique national, notre zone appartient au fuseau constantinois–Seybousse-Mellegue qu'est assez dense. L'aire d'étude est constituée par deux grands bassins :

- Le premier, intérieur, formé par les deux oueds oued Emchekel et oued El-Hammam, deux importants cours d'eau qui affluent un peu en aval de Bekkouche-Lakhdar et formant l'oued El-Kebir Ouest ; sa superficie est d'environ 1120 km².
- Le second à proximité de la cote, embrasse le versant sud de l'Edough et le versant Nord de la basse chaîne qui partage les eaux entre l'oued El-Aneb et le fetzara.

Infrastructures de Mobilisation dans la Région Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue

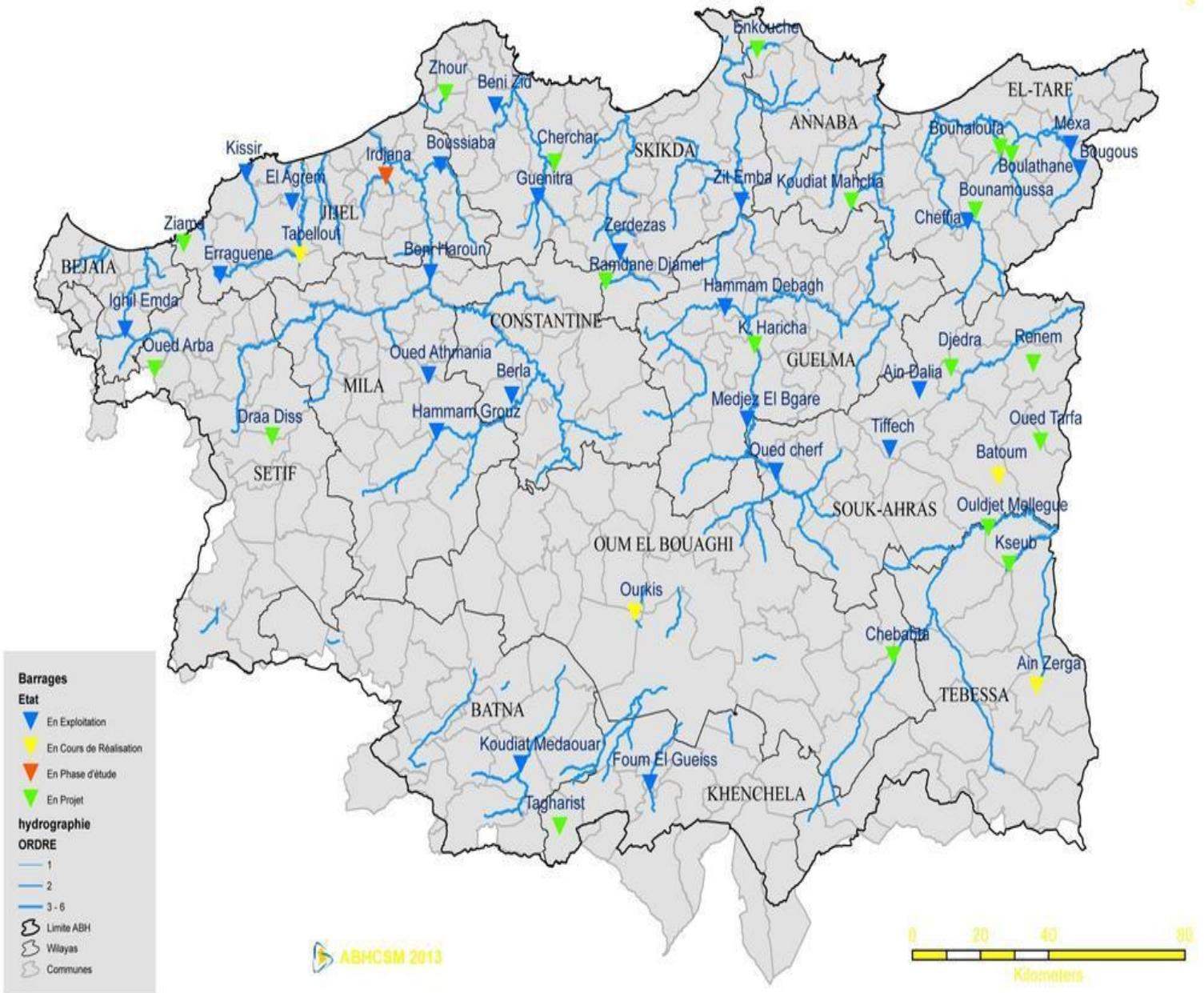


Figure I 3 : Réseau hydrographique du bassin Seybouse (Agence des bassins hydrographiques, 2013)

1.9. Etude climatologique :

Dans un projet d'irrigation, les facteurs climatiques les plus déterminants sont les températures, l'humidité relative, l'intensité de gelée et de sirocco ; ils constituent un ensemble d'éléments décisifs.

1.9.1. Introduction :

La connaissance exacte des différents paramètres caractérisant le climat de la zone à étudier est indispensable parce qu'ils nous permettent de mieux cerner les contraintes naturelles susceptibles de compromettre le développement de l'agriculture.

En un lieu et à un instant donné, la situation météorologique résulte de la combinaison des circulations et des caractéristiques de masses d'air présentes, l'ambiance ou mêlent les effets de la température, de l'humidité de l'air, du vent et en fin de précipitations

1.9.2. Choix de la station de référence :

Afin de caractériser l'environnement de notre zone d'étude, nous avons utilisées données relevées de la station météorologique de Skikda qui a pour coordonnées :

| Station | Latitude(N) | Longitude(E) | Altitude(m) |
|---------|-------------|--------------|-------------|
| SKIKDA | 36°53 | 06°54E | 2 |

Source : station météorologique de SKIKDA

1.9.3. Les éléments climatiques :

L'état de l'atmosphère peut se caractériser par la mesure des différentes grandeurs physiques comme la température, les précipitations, l'humidité, le vent, ... etc.

Ces éléments agissent sur le sol et surtout sur la plante, leurs actions s'exercent simultanément dans la nature et seul le résultat global est observé

1.9.4. La pluviométrie :

Le régime pluviométrique dans la région est très irrégulier, en effet il connaît d'énorme variation au cours de l'année

Tableau I. 3 Les précipitations mensuelles et annuelles en mm

| Mois | septembre | octobre | novembre | décembre | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | Année |
|-----------------------|-----------|---------|----------|----------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-------|
| P _{moy} (mm) | 54.2 | 57.5 | 132.1 | 149.4 | 113.2 | 104.6 | 55.8 | 59.9 | 42.2 | 12 | 2.5 | 14.8 | 798.2 |

Source : station météorologique de SKIKDA

La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 798.2 mm/an, le mois le plus pluvieux est décembre avec 149.4 mm de précipitation moyenne tombant pendant 10 jours et représentant 21.39% de la pluviométrie annuelle.

Le mois le plus sec est juillet avec une hauteur moyenne de 2.5mm durant un jour et couvrant un taux de 0.3% du total annuelle.

Tableau I. 4 Répartition saisonnier des précipitations

| Saison | Automne | Hiver | Printemps | Été | Année |
|--|---------|-------|-----------|------|-------|
| P _{moy} saison(mm) | 243.8 | 367.2 | 157.9 | 29.3 | 798.2 |
| Nombre de jour de pluie par saison | 27j | 34j | 20j | 9j | 90 |

Source : station météorologique de SKIKDA.

Ce tableau ne montre une variabilité saisonnière du régime pluviométrique annuel dont la plus importante hauteur tombe en hivers 367.2mm

La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 798.2 mm mais sa répartition n'est pas homogène, tant du point de vue spatial que temporel.

La pluie tombe surtout entre octobre et avril, mais l'été peut connaître des orages courts et violents, 650mm au nord et jusqu'à 350mm au sud

Les précipitations entre l'hiver et l'été varient considérablement, de 2,5 à 149,4 mm. Cette répartition inégale des précipitations n'est pas propice au développement harmonieux de l'agriculture et nécessite des investissements supplémentaires pour répondre aux besoins des plantes.

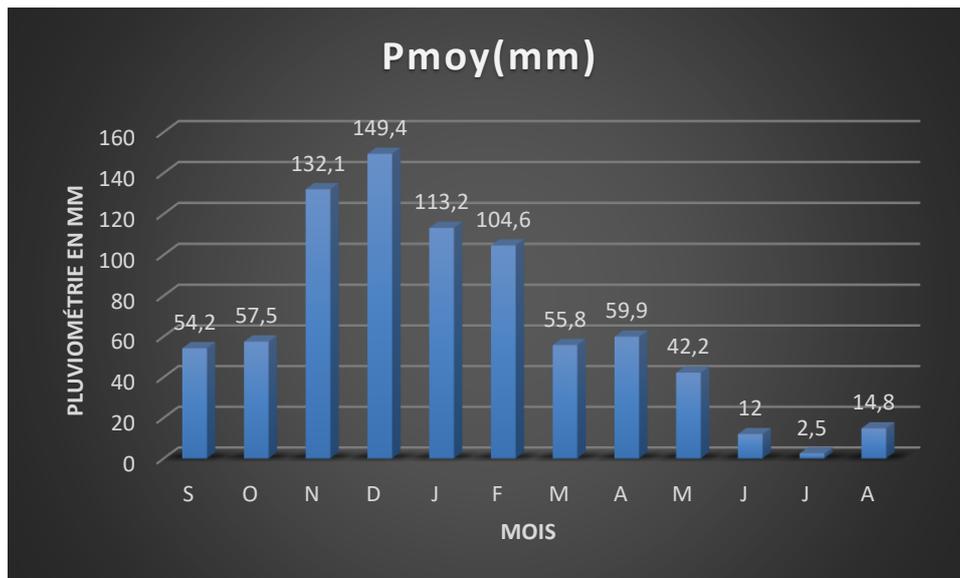


Figure I 4 : Variations mensuelles des pluies.

I.9.5. Les températures :

Elle permet de mesurer la chaleur qui règle le rythme de développement de la plante. La température mesurée est celle de l'air ambiant qui ne correspond pas exactement à celle de la plante, mais elle caractérise cependant l'ambiance moyenne où se déroulent les principaux processus biologiques.

Tableau I. 5 : variation des températures moyennes mensuelles & annuelles en °C.

| | septembre | octobre | novembre | décembre | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | Annee |
|--------|-----------|---------|----------|----------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| Tmax°C | 27.5 | 25.6 | 20.6 | 17.8 | 16.78 | 16.2 | 18.92 | 20.4 | 23.00 | 26.8 | 28.34 | 30.00 | 22.66 |
| Tmin°C | 20.4 | 17.3 | 13 | 10.2 | 9 | 8.5 | 10.8 | 12.4 | 15.8 | 19.5 | 22 | 23 | 15.25 |
| Tmoy°C | 24.0 | 21.4 | 16.83 | 14 | 12.85 | 12.35 | 14.86 | 16.4 | 19.4 | 23.15 | 25.17 | 26.5 | 18.9 |

Source : station météorologique de SKIKDA.

Avec :

Tmin : moyenne de tous les minima observés pour chaque mois,

Tmax : moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois,

Tmoy : moyenne mensuelle.

Le climat méditerranéen a créé la province de Skikda, où la température est généralement modérée. L'été est chaud, selon la station climatique de Skikda, la température la plus élevée est de 30°C et l'hiver est relativement doux. La zone environnante est touchée par l'océan et favorise le développement des cultures.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

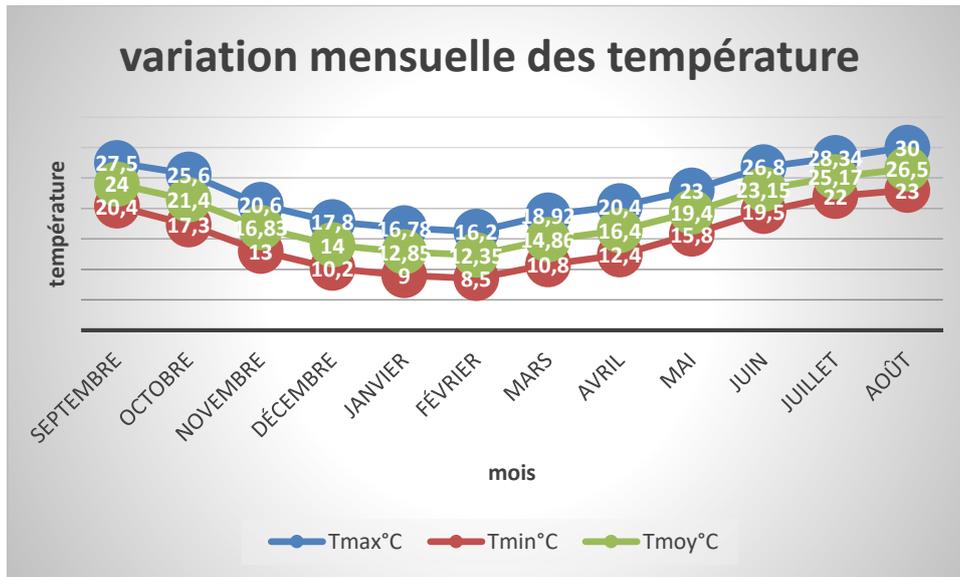


Figure I.5 : Variation mensuelle des températures maximales, minimales et moyennes.

D’après le tableau I.3 on remarque que la période la plus chaude correspond au mois d’Aout avec une température moyenne de 30 °C, tandis que la période la plus froide correspond au mois de janvier et fevrier avec une température moyenne de 8.5 °C.

I.9.6 L’humidité relative de l’air :

C’est la proportion de vapeur d’eau contenue dans l’atmosphère par rapport à la quantité maximale qui peut être fixée à la température considérée

Les données hygrométriques fournisses sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau I.6 : variation de l’humidite de lair

| | septembre | octobre | novembre | décembre | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | ANNEE |
|-------------------|-----------|---------|----------|----------|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-------|
| Humidité % | 74 | 72 | 75 | 67 | 67 | 68 | 66 | 66 | 69 | 73 | 71 | 72 | 70 |

Source : station météorologique de SKIKDA.

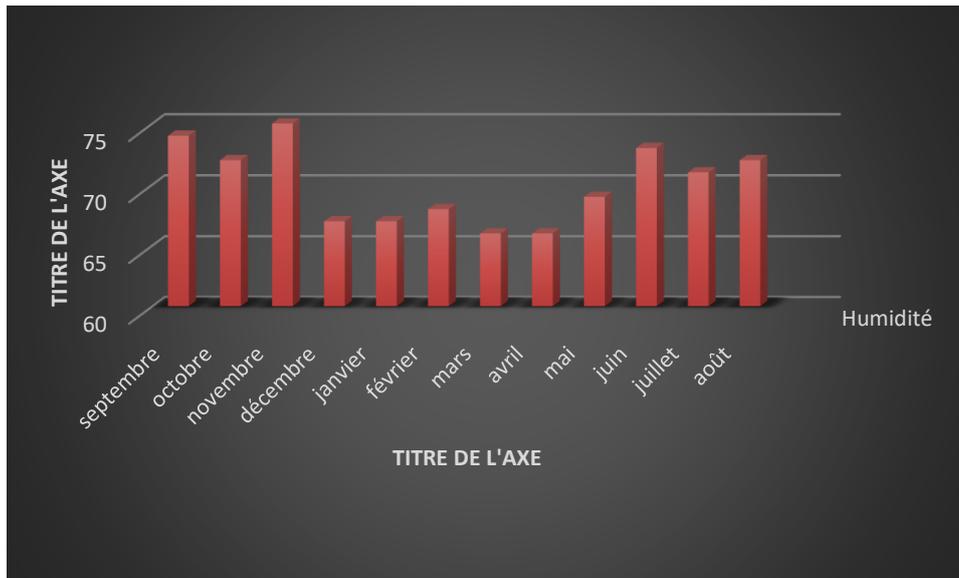


Figure I .6 : Variation d’humidité relative durant l’année.

L'humidité relative moyenne maximale est enregistrée pendant le mois de septembre, la plus faible est celle de mars

On remarque que l'humidité relative pour tous les mois est aux alentours de 70%. La valeur moyenne annuelle d'humidité est de 70%.

I.9.7. Le vent :

L'existence de haute et de basses pressions est l'origine du vent, on le caractérise par sa direction et la vitesse de sa composante horizontale

Le vent est agent d'évaporation qui risque d'augmenter les dégâts causés par l'échaudage, il peut assurer le transport des semences de mauvaises herbes ou également favoriser la verse des céréales. Lorsque le vent est fréquent et sa vitesse est élevée, il influe beaucoup sur la demande climatique en eau et accroît considérablement les besoins des cultures

Tableau I. 7 : Variation mensuelle de la vitesse du vent.

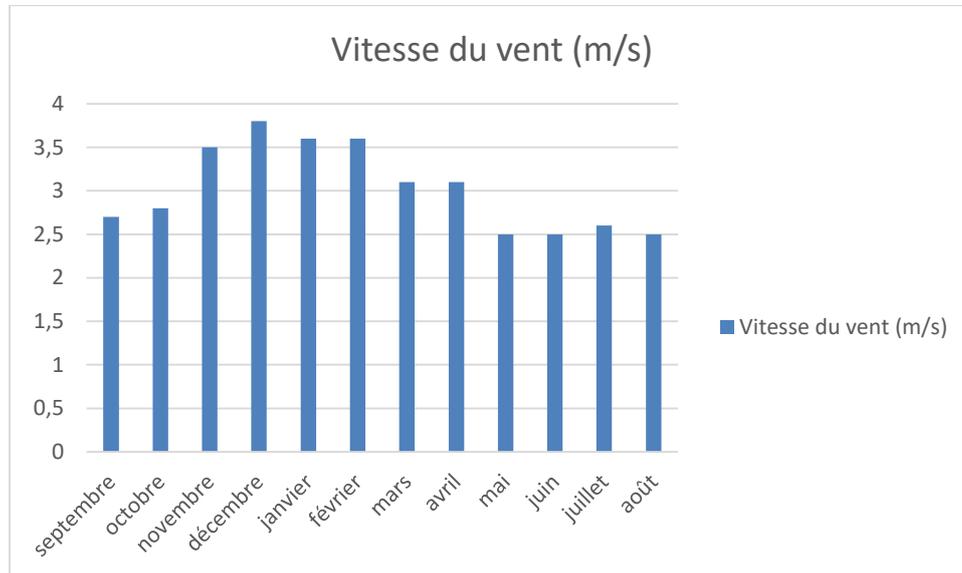
| Mois | septembre | octobre | novembre | décembre | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | Annee |
|------------------------------|-----------|---------|----------|----------|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-------|
| Vitesse du vent (m/s) | 2.7 | 2.8 | 3.5 | 3.8 | 3.6 | 3.6 | 3.1 | 3.1 | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 2.5 | 3.03 |

Source : station météorologique de SKIKDA.

La vitesse moyenne du vent durant l'année est de l'ordre de 3.03m/s. cette valeur appartenant à ; l'intervalle des vents modères compris entre 2m/s et 5m/s (selon les normes F. A. O.) Caractérise son effet bénéfique puisqu'il favorise les échanges de vapeur d'eau, de chaleur et de gaz CO₂ / O₂

entre les organes végétatifs et le milieu environnant.

La vitesse moyenne annuelle du vent ne change pas beaucoup, de la valeur minimale en août est de 1,5 m/s et la valeur maximale est d'environ 2,4 m/s en Avril



FigureI.7 : moyennes mensuelles de la vitesse des vents

I.9.8. Le Sirocco :

Sirocco, également connu sous le nom de Chihili, est un vent chaud et sec soufflant du désert du Sahara à la côte. Il est très nocif pour les plantes car il peut provoquer le flétrissement des plantes et la baisse des rendements. Il augmente l'évapotranspiration des cultures à une fréquence annuelle assez faible, 4 à 5 jours par an, entre mai et septembre, jusqu'en août. Choisir les espèces recommandées dans les environs.

I.9.9. L'insolation :

C'est la durée pendant laquelle le soleil a brillé sur le sol, elle conditionne l'activité photosynthétique.

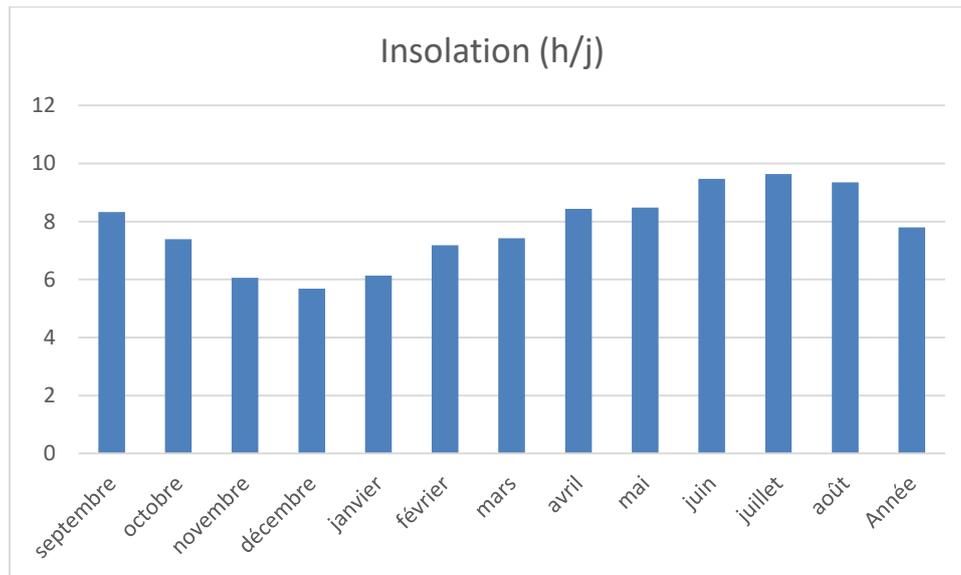
L'intensité lumineuse agit différemment selon le stade de la plante qui a besoin de plus de lumière au fur et à mesure qu'elle vieillit, les éclaircissements faibles sont favorables au développement végétatifs alors que les éclaircissements intenses favorisent le développement des organes de réserve (racines, tubercules) et améliorent la qualité de fruits

Par son intensité et ses fluctuations au cours du cycle annuel, la lumière constitue pour la végétation un facteur limitant, aussi bien pour les faibles éclaircissements que pour les flux intenses

Tableau I. 8 : Valeurs moyennes des durées d'insolation journalières en Heure/jour

| Mois | septembre | octobre | novembre | décembre | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | Année |
|-------------------------|-----------|---------|----------|----------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-------|
| Moy(h/mois) | 250 | 229 | 182 | 176 | 190 | 201 | 230 | 253 | 263 | 284 | 299 | 290 | 2847 |
| Insolation (h/j) | 8.33 | 7.39 | 6.06 | 5.68 | 6.13 | 7.18 | 7.42 | 8.43 | 8.48 | 9.47 | 9.64 | 9.35 | 7.8 |

Source : station météorologique de SKIKDA.

**Figure I.8 : Valeurs moyennes du nombre d'heures d'insolation journalière****I.9.10. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :**

L'évapotranspiration potentielle représente les pertes d'eau par évaporation et par transpiration des plantes d'un terrain couvert de gazon, (évapotranspiration de référence).

Tableau I. 9 : valeurs de l'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle en mm/mois.

| mois | septembre | octobre | novembre | décembre | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | Année |
|-----------------|-----------|---------|----------|----------|---------|---------|------|-------|-----|-------|---------|------|-------|
| ETP (mm) | 113,5 | 73,4 | 41,2 | 22,5 | 25,8 | 40,5 | 74 | 108,6 | 133 | 152,6 | 173,9 | 164 | 1123 |

Source : station météorologique de SKIKDA.

L'évaporation moyenne décennale enregistrée par l'ONM est de 1123 millimètres par an, avec des pics supérieurs à 173,9 millimètres (juillet) et inférieurs à 25,8 millimètres (janvier).

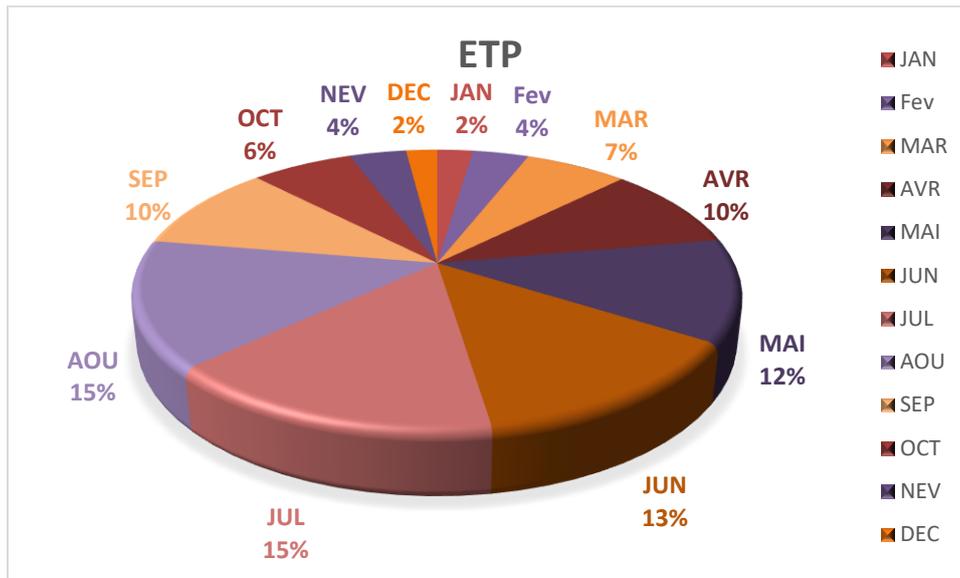


Figure I 9 : Répartition d'évapotranspiration relative mensuelle

I.9.11. L'évaporation :

La capacité de l'air nécessaire à accroître la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère détermine le pouvoir évaporant

L'évaporation est évaluée l'aide de l'évaporimètre de Piché

Tableau I.10 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'Evaporation en mm

| Mois | septembre | octobre | novembre | décembre | janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | Année | |
|------|-----------|---------|----------|----------|---------|---------|------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|----------------|
| E | mm | 165.5 | 140.62 | 98.84 | 86.6 | 78.5 | 78.7 | 102.2 | 108.6 | 132.5 | 177.8 | 231.9 | 227.5 | 1629.27 |
| | % | 10.15 | 8.63 | 6.06 | 5.31 | 4.8 | 4.83 | 6.3 | 6.66 | 8.13 | 10.9 | 14.23 | 14 | 100 |

Source : station météorologique de SKIKDA.

On remarque que l'évaporation est importante en été, Elle atteint son maximum au mois de juillet avec une valeur de 231.9 mm. Le minimum est enregistré au mois de janvier avec une valeur de 78.5 mm, celle de la moyenne annuelle est de 1629.27mm.

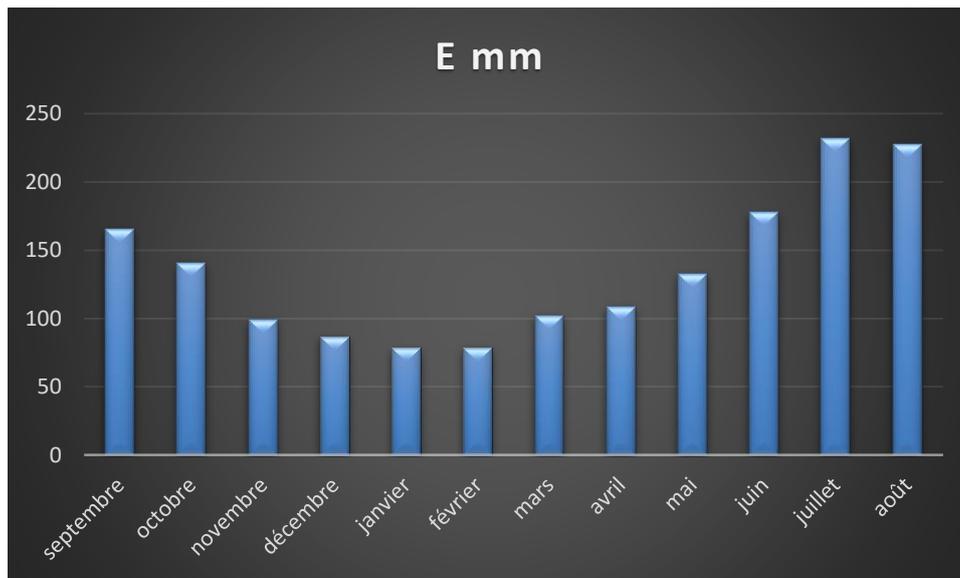


Figure I.10 : Moyennes mensuelles de l'évaporation

I.9.12. La neige :

Elle constitue aussi un élément climatique important, la couverture neigeuse, par ses propriétés isolantes, protège efficacement la végétation de froid, elle ralentit relativement les pertes par ruissellement et laisse le sol s'imbibber d'une façon continue et s'humecter profondément

A la station météorologique de Skikda le nombre de jours neigeux est en moyenne 0.5 jour par an

I.10. Calcul des indices Agro-météorologiques :

Pour déterminer le type du climat et l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes, nous avons deux facteurs essentiels : la pluviométrie et la température. Les indices les plus connus sont ceux de DeMartonne et le quotient ombrothermique d'Emberger.

I.10.1. L'indice d'aridité de Martonne :

L'indice d'aridité de Martonne est un paramètre qui permet la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, cet indice nous renseigne sur la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat :

$$I_A = \frac{P}{T+10} ;$$

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Les limites des climats d'après l'indice climatique de De Martonne sont données dans le tableau *I.11*.

Tableau I.11: Classification du climat selon de Martonne

| Valeur de I_A | Type de climat | irrigation |
|-----------------|---------------------|-----------------------|
| $I_A < 5$ | Désertique | Indispensable |
| $5 < I_A < 10$ | Très sec | Indispensable |
| $10 < I_A < 20$ | sec | Souvent indispensable |
| $20 < I_A < 30$ | Relativement humide | Parfois utile |
| $I_A > 30$ | Humide | inutile |

Dans notre cas, nous avons

$P=798.2$ mm et $T=17.15^\circ\text{C}$, on trouve donc :

$$I_A = \frac{798.2}{17.15 + 10} = 29.4$$

Selon la classification de Martonne, $20 < I_A < 30$, d'où le climat est relativement humide, ce qui implique que l'irrigation est parfois utile.

I.10.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger :

Le quotient pluviométrique d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatiqué d'Emberger. Il s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.P}{(M+m)(M-m)/2} = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} ;$$

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : $p=798.2$ mm, $M=30^\circ\text{C} = 30+273.15=303.15$ K, $m=8.5^\circ\text{C} = 281.65$ K.

$$Q = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} = \frac{2.1000.798.2}{303.15^2 - 281.65^2} = 126.96$$

D'où $Q=126.96 \text{ mm /}^\circ\text{K}$

En portant la valeur de ($Q=126.96 \text{ mm /}^\circ\text{K}$) dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid ($m=8.5^\circ\text{C}$), on peut confirmer que notre région se situe dans :

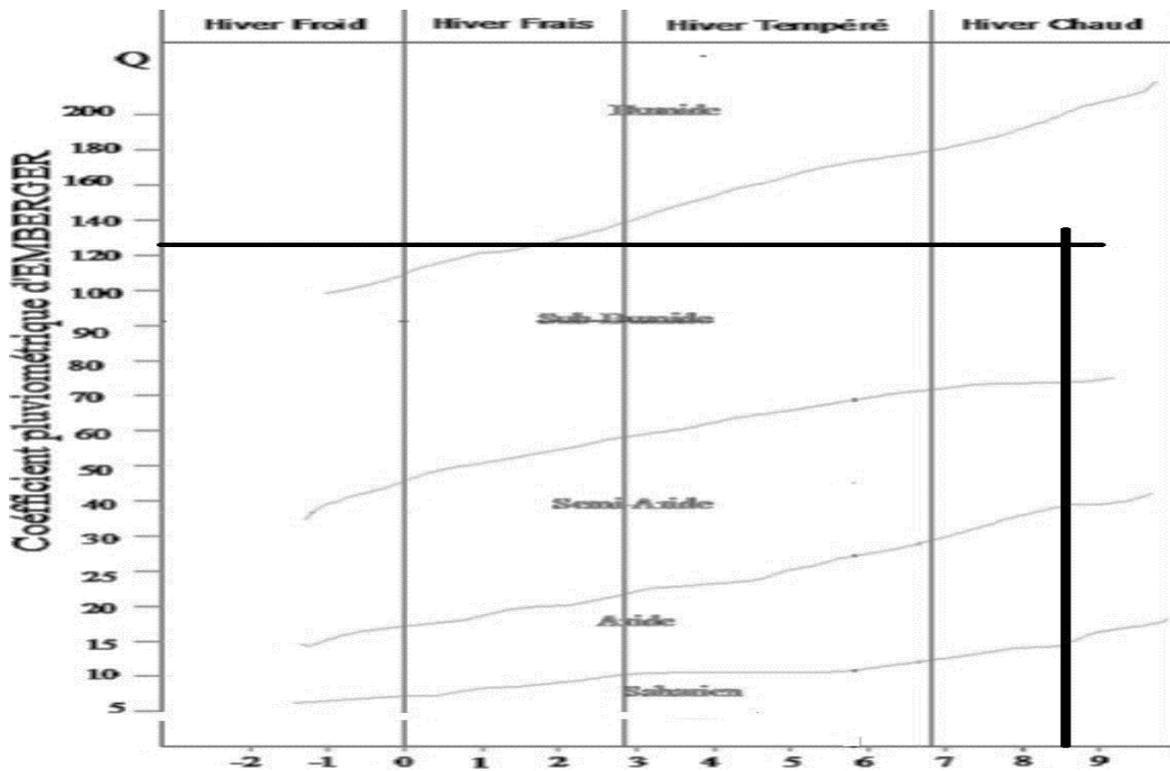


Figure. I.11 : Diagramme bioclimatique d'Emberger-I 'étage bioclimatique : Subhumide

I.10.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme Ombrothermique de F. Bagnouls et H. Gaussen permet de faire ressortir la période sèche au cours de l'année. Dans ce diagramme, on considère un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en $^\circ\text{C}$ ($P \leq 2T$), c'est-à-dire quand la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures.

La période s'étalant entre les abscisses des points de l'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche.

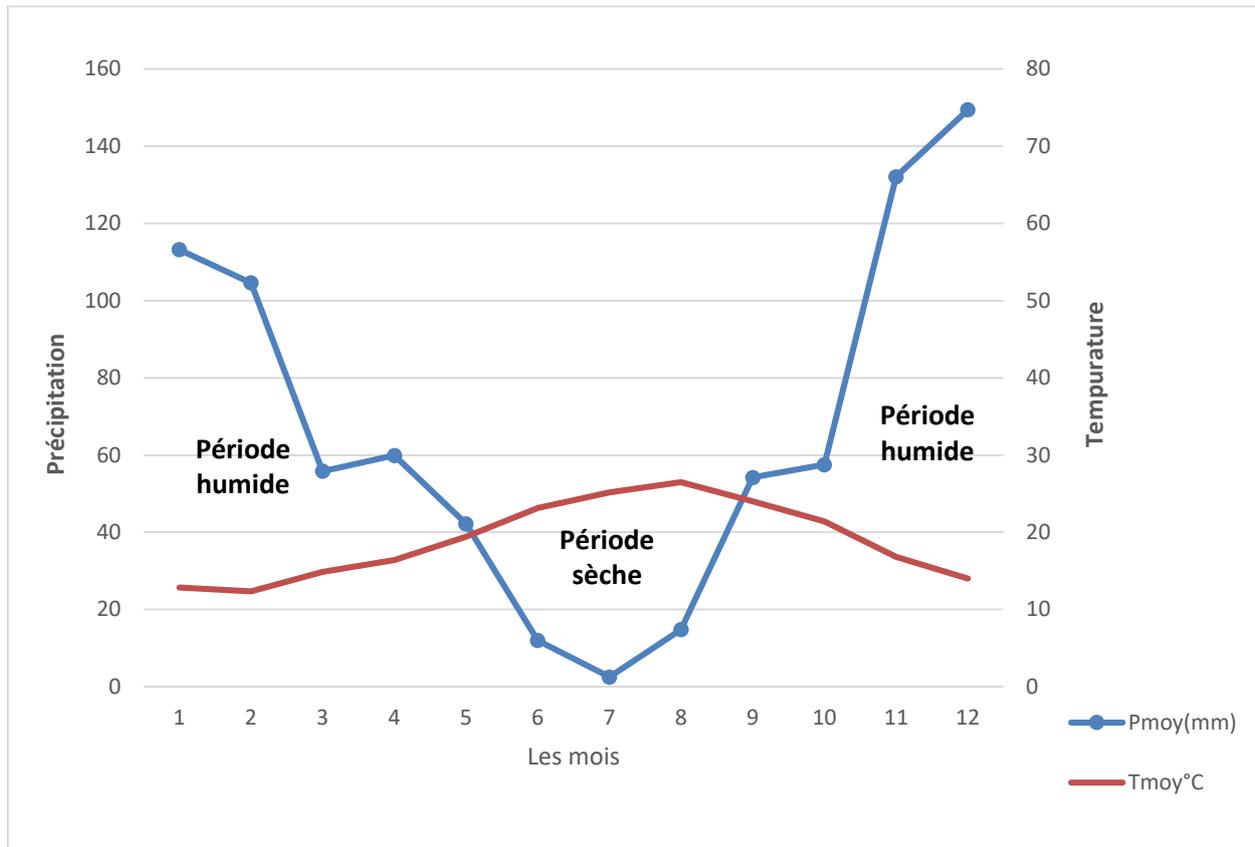


Figure I.12 : Climogramme de Gaussen

Description du graphe :

On constate que la période sèche s'étale du mois de mai jusqu'au mois de Septembre.

I.11. Etude Socio-économique :

La population de la province de Skikda est relativement jeune, la population de moins de 15 ans représente 24 % de la population totale, ce qui constitue une ressource humaine importante pour l'avenir.

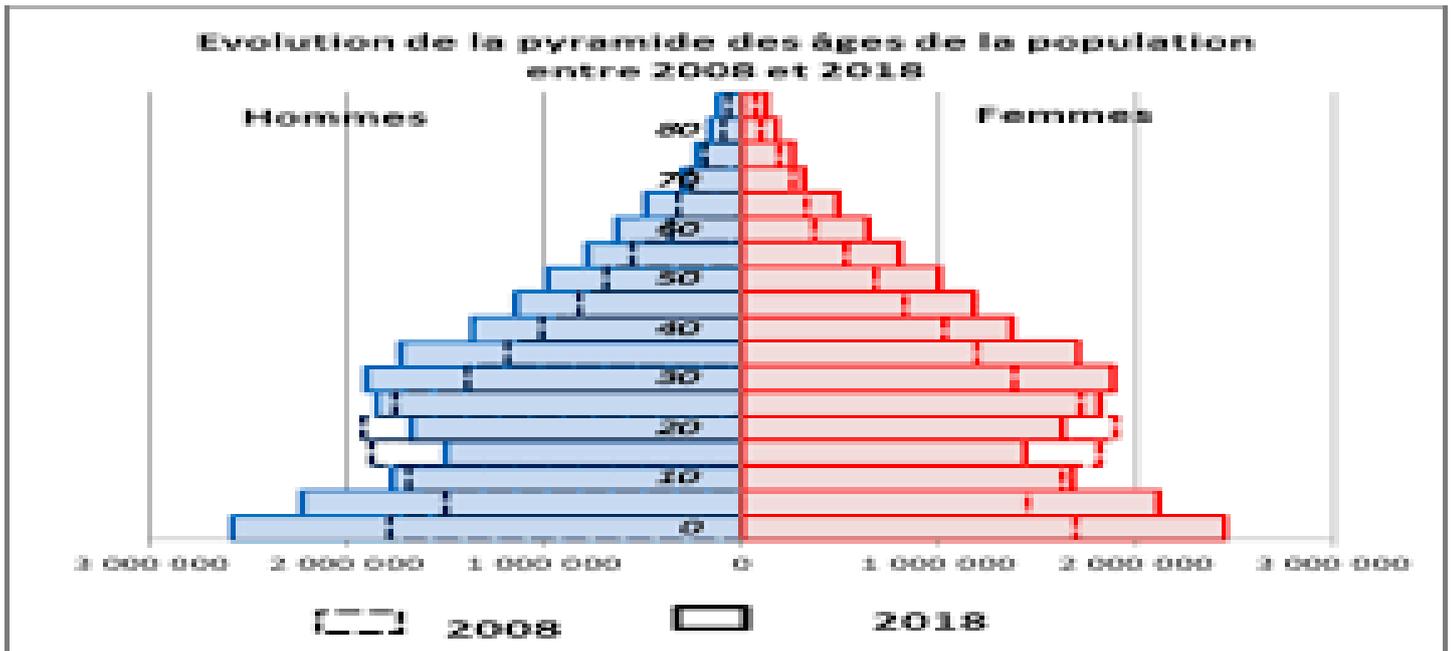


Figure I.13 : Pyramide des âges de la wilaya de Skikda

L'emploi total dans tous les secteurs est d'environ 275 103 emplois, Le taux d'occupation était de 89,45%.

Le secteur agricole reste le plus gros employeur, avec une population active de 106 893 employés et ratio de 39 %.

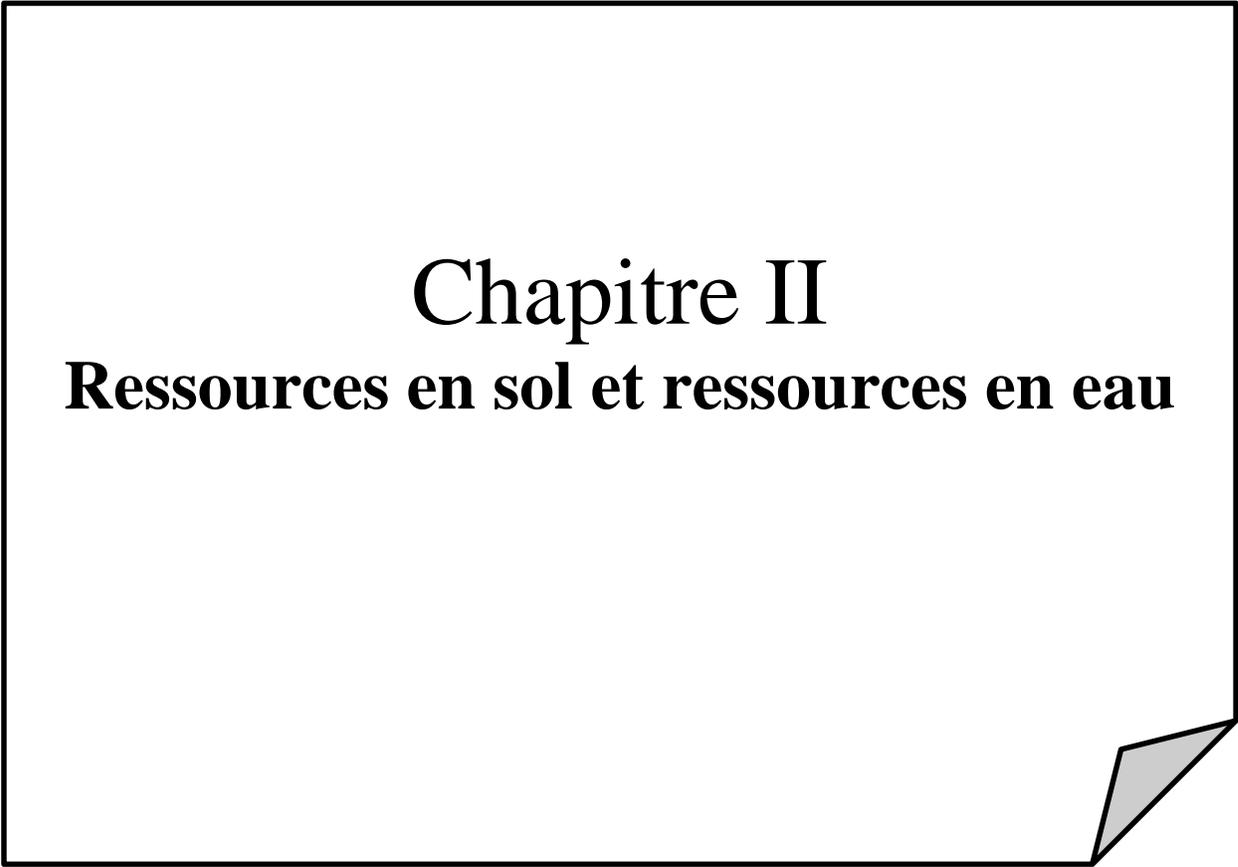


Figure I.14 : Répartition des secteurs d'activité

I.12. Conclusion :

A travers ce chapitre, qui est basé principalement sur l'étude des données pluviométriques et climatiques du périmètre d'étude, nous avons estimé que le périmètre de Zit Emba est caractérisé par un climat chaud en été et relativement doux en hiver, et par une moyenne pluviométrique de l'ordre de 798.2mm/an qui tombe essentiellement durant la période Novembre –Avril.

Le périmètre Zit Emba situé dans la wilaya de Skikda jouit d'un climat sub-humide . L'agriculture constitue la principale activité de la zone, ce qui importe son développement, en implantant des cultures à haut rendement.



Chapitre II
Ressources en sol et ressources en eau

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

II.1. Ressources en sol :

II.1.1. Introduction :

Le sol intervient, comme support à la plante et réservoir pour l'eau. De ce point de vue, chaque type de sol se caractérise par :

- Sa granulométrie et sa texture
- Sa perméabilité
- Sa capacité de rétention

Ces divers éléments doivent être connus, afin d'estimer la quantité d'eau que contient un sol détermine, et il serait possible d'évaluer la dose éventuelle d'irrigation

II.1.2. But de l'étude pédologique :

L'étude pédologique a pour but de :

- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié pour assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement. Les aptitudes culturales sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles ;
- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer ;
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion ; goutte à goutte ; submersion).

II.1.3. Description et classification des sols du périmètre :

Grâce aux progrès de la mécanique des sols et du génie géotechnique, l'exploration des sols et l'analyse d'échantillons en laboratoire permettent d'identifier et de distinguer plusieurs types de sols, qui se répartissent en quatre (04) catégories :

❖ **Les sols calcimagnésiques:**

Cette catégorie se subdivise en deux catégories : les carbonates et les sels saturés. Ces sols sont caractérisés par des tranches constituées de couches caillouteuses humifères parfois moyennes à légères, la couche intermédiaire est riche en calcaire (grappes, nodules) et se situe sur des dépôts calcaires continus et rarement durs.

❖ Les sols à sesquioxyde de fer et de manganèse :

Les réserves de calcium de ces sols s'étendent jusqu'à des endroits où la lithologie est dominée par des conglomérats calcaires, gréseux et gréseux calcaires dont la couleur entoure le rouge et le brun rougeâtre, et on les observe au sud de Ben Azouz.

❖ Les sols peu évolués:

Ces sols ont peu évolué, conservant la plupart des caractéristiques des roches mères environnantes. Leur profil de sol est très profond, la texture est uniforme et la texture est généralement fine à moyenne. Cependant, le processus secondaire de formation du sol se produit dans des endroits tels que le verdissement profond et parfois superficiel, la salinisation et la formation d'eau. Ces trois aspects peuvent être exploités conjointement ou séparément, mais ils sont encore étroitement liés à la lithologie des terrasses et des plaines alluviales.

❖ Les vertisols:

Ces sols ont l'apparence de gros blocs de sol, avec des contours profonds et des couleurs sombres, et l'horizon est presque indiscernable. Ils ne peuvent être distingués que par la structure ronde de la surface et la structure de blocs épais avec une profondeur élargie. Les fissures de retrait sont évidentes (quelques millimètres de diamètre), et parfois la plus facile à observer est la surface lisse causée par le mouvement interne (retrait et expansion de l'argile). Ils sont situés dans la partie centrale de la périphérie et au niveau de diverses dépressions

Le périmètre de Zit Emba s'étend sur une superficie de 6475 ha sur la plaine de Azzaba, et suite au types défini au-dessus, on trouve que le vertisol est majoritaire sur le site (la partie centrale du périmètre) et au niveau des différentes dépressions. Comme le sud de Ben Azzouz et les extrémités du site est de sol calci-magnésique (de couleur brun rougeâtre).

II.1.4. Catégories des sols :

Selon les normes biologiques et physico-chimiques et selon l'adéquation de la parcelle aux cultures, il existe cinq types de répartition des sols.

La synthèse des qualités de sols rencontrés est présentée sous la forme de "zones homogènes" qui reflètent leur aptitude à l'irrigation.

- La classe I rassemble les sols qui n'ont aucune contrainte et permettent toutes les cultures,
- Dans la classe II, certaines cultures ne sont pas possibles ou des travaux complémentaires à l'irrigation sont nécessaires (assainissement par exemple),
- Dans la classe III, les contraintes sont plus nombreuses et l'arboriculture n'est pas conseillée.
- En classe IV, les contraintes sont multiples et seules certaines cultures irriguées sont possibles.

Les sols de cette classe IV sont en légère augmentation dans le présent périmètre de 6478 ha par rapport à celui de 6 140 ha du fait de l'adjonction de certaines zones destinées à donner la continuité géographique entre les zones initialement retenues

Tableau II.1 : les classes de répartition des sols du périmètre de Zit Emba

| Classe | I | II | III | IV | total |
|----------------------|----|----|-----|----|-------|
| % de surface équipée | 47 | 39 | 10 | 4 | 100 |

Source : ONID Skikda

II.1.5. Propriétés physique et mécanique du sol :

Pour connaître la composition élémentaire des sols (texture) de notre zone d'étude, c'est à dire la classification par dimensions des particules qui les constituent, on a procédé à l'analyse mécanique. Cette analyse a été précédée d'une dispersion, qui a pour but la destruction des agrégats et la mise en liberté des particules élémentaires.

La dispersion consiste essentiellement en un délayage dans l'eau du sol à étudier, complète par un retraitement acide ayant pour but d'éliminer les diversions qui maintiennent les colloïdes à l'état floccule.

L'analyse mécanique à laquelle on a procédé ensuite s'est fait par tamisage et sédimentation.

Les renseignements donnés par l'analyse mécanique du sol correspondent à un des caractères essentiels à prendre en considération lorsqu'on commence l'étude technique du projet.

Ils sont précieux pour la connaissance de la constitution physique de ce sol qui est facteur fondamental en agriculture

II.1.5.1. La granulométrie :

La granulométrie est l'analyse d'une certaine quantité de terre sèche en x% d'argile, y% de limons et z% de sable

La granulométrie répartit les constituants de la terre en classe de particules d'après leur taille et indique la proportion (en masse) de ces différentes classes dans l'échantillon.

II.1.5.2. La texture du sol :

La texture du sol ne doit pas être confondue avec la granulométrie, c'est un comportement de la terre, connu par les agriculteurs avant qu'on invente la granulométrie.

La texture se définit en particulier dans son comportement mécanique aux différentes humidités, sa réaction au climat, ses capacités de stockage de l'eau, on la nomme argileuse, limoneuse ... etc.

Tableau II.3 : La texture de notre périmètre

| Texture | Très fine | Fine | Moyenne | Total |
|---------|-----------|------|---------|-------|
| | | | | |

| Classe | a | n | m | % |
|---------------|------------------------------|-------------------|--|-----|
| % | 19 | 39 | 42 | 100 |
| types de sols | -très argileux - argileux | - argilo limoneux | - équilibré limoneux - sablo argileux | |

Seule une petite partie a été trouvée dans des sols difficiles à irriguer.

II.1.5.3. la densité apparente :

La densité apparente est le poids des grains par rapport au volume de terre en place

$$DA = \frac{\text{poids sec de terre}}{\text{volume de terre en place}}$$

On mesure la densité apparente un sol par enfoncement d'un cylindre de volume connu dans le terrain, et par détermination du poids sec de cet échantillon.

Les densités apparentes varient davantage de 1,4 à 2,1 et plus ; ces variations sont liées à la texture et à la structure du sol. Les sols à texture très fine ont une forte densité apparente de l'ordre de plus de 2 (mauvais état structural).

II.1.5.4. la densité réelle :

La densité réelle ou le poids spécifique d'un sol se exprime par le rapport entre la masse d'un certain volume de ce sol et la masse du même volume d'eau

On mesure la densité réelle par détermination du poids sec et du poids du volume d'eau déplacée par les particules solides correspondant au volume des particules solides

Les densités réelles varient de 2,2 à 2,9 et décroissent en fonction de la profondeur.

II.1.5.5. La porosité :

Dans un sol en place la matière solide n'occupe pas en effet qu'une partie du volume total, les vides étant occupés soit par de l'eau soit par des gaz.

Il faut entendre par porosité, la fraction de l'unité de volume du sol en place qui n'est pas occupée par la matière solide.

En d'autres termes, la proportion du volume total du sol qui est accordée aux gaz et à l'eau.

Si l'on veut exprimer la porosité totale en % du volume de terre en place l'expression de la porosité est :

$$P\% = \frac{Dr - Da}{Dr}$$

La porosité varie de 4,5% à 37,5%

II.1.5.6. La perméabilité :

La perméabilité est la facilité plus ou moins grande avec laquelle s'effectue le passage de l'eau dans le sol **Perméabilité (par la méthode du double anneau) :**

Tableau II.4 : la répartition de la perméabilité du périmètre Zit Emba (par la méthode du double anneau)

| Classe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
|--------|------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------|-------|
| cm / h | < 1 | 1 à 2 | 2 à 3 | 3 à 4 | > 4 | |
| % | 14 | 17 | 57 | 7 | 5 | 100 |
| | trop imperméable | très imperméable difficile à irriguer | Imperméable irrigable | Perméable irrigable | très perméable | |

II.1.5.7. La réserve facilement utilisable :

La Réserve en eau Facilement Utilisable (RFU) exprimée en mm, Correspond à la quantité d'eau que le sol peut absorber et au-dessous de laquelle une plante flétrit, ce qui permet de déterminer les doses d'irrigation. La RFU est autrement dit la différence entre l'humidité à la capacité au champ et l'humidité au point de flétrissement permanent composée de RFU (Réserve Facilement Utilisable ou confort hydrique) et de RDU (Réserve Difficilement Utilisable ou réserve de survie) qui engendre du stress hydrique.

$$RU = (HCC - HPFP).DA. Z \dots (II. 3).$$

HCC = Humidité à la Capacité au Champ

HPFP = Humidité au Point de Flétrissement Permanent

DA = Densité Apparente du sol

Z = Profondeur d'enracinement en dm

)

Tableau II.5 : valeurs de la RFU à travers le périmètre de Zit-Emba

| Classe | A | B | C | D | Total |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
| m ³ / ha* | 300 | 500 | 700 | 900 | |

| | | | | | |
|---|--------|---------|--------------|--------|-----|
| % | 0 | 16 | 52 | 32 | 100 |
| | faible | moyenne | assez élevée | élevée | |

*Valeur centrale de la classe

Les valeurs de RFU des classes C et D ont été utilisées pour les calculs d'arrosage par aspersion dans les vergers qui se trouvent dans ces types de sols.

Pour les autres cultures, les calculs d'arrosage par aspersion ont été faits avec la RFU représentative des sols les moins favorisés, soit, la classe B.

II.1. 6. Détermination des aptitudes culturales des sols :

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent principalement sur les caractéristiques morphologiques du sol (principalement la profondeur) et sa situation topographique, sans tenir compte des ressources en eau. Par conséquent, la détermination est déterminée en considérant que nous avons une eau d'irrigation de haute qualité.

L'étude de l'aptitude à la culture du sol vise à évaluer la valeur agronomique du sol du point de vue des cultures. :

➤ 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.

➤ 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.

➤ 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 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 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 spéculation. 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.

II.2. Ressources en eau :

L'eau représente le premier élément nécessaire pour la végétation, il constitue pour la plante un support, une réserve d'eau et d'élément nutritifs. L'analyse des ressources en eau sera axée sur la mobilisation des ressources en eau suffisantes et la qualité de l'eau d'irrigation ainsi la détermination de l'année de calcul ou la pluie de projet. 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.

Le présent chapitre a pour objet d'examiner les ressources en eau du barrage de **Zit-Emba** qui permettent d'approvisionner en eau et d'irriguer le périmètre de **Zit-Emba**.

II.2.1. Caractéristiques principales du Barrage:

Tableau II.6 : Caractéristiques hydrauliques du barrage Zit-Emba.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Type | terre hétérogène a v e c noyau d'argile. |
| Capacité de la retenue | 120 Mm3 |
| Volume régularise | 43,4 Mm3 |
| Hauteur de la digue | 50 m |
| Longueur en crête | 598,5 m |
| Altitude de retenue normale | 86 m |
| Altitude des plus hautes eaux | 91 m |
| Superficie p l a n d'eau au N.N.R | 810 ha |
| Pluviométrie | 700 mm |

(Source : ONID Skikda)

➤ Situation :

Le barrage de Zita Emba est situé sur l'oued El Hammam à 2 Km environ de la commune de Bekkouche Lakhdar.

Les coordonnées du site : X=883,50 m Y=207,50 m, Z =80,50m.

➤ DESTINATION :

-Régularisation de l'écoulement sur plusieurs années.

-AEP des communes Azzaba, Djendel, Ain Charchar +renforcement AEP Skikda. Ville :33 000 m3/Jour.

-Irrigation par réseaux (ONIDE).

*Terres adjacents au barrage : 2500 ha : 3.5 hm³/ an.

-Irrigation par lâchers : Ben AZZOUZ-Marsa Oued Elkebir -Boumaiza

L'Hama : 6.0 Hm³/an.

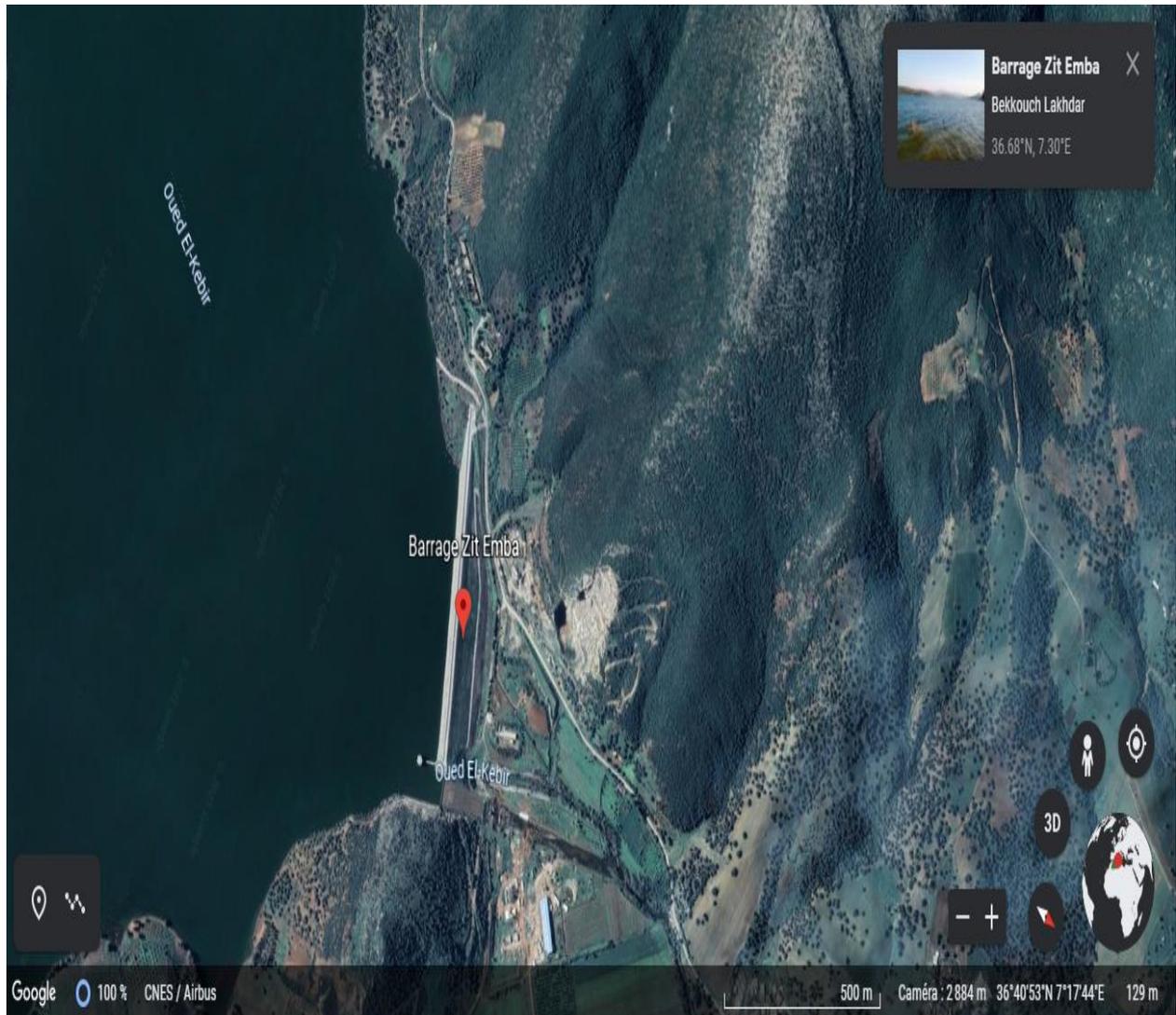


Figure II.1. Photographie satellitaire du barrage de Zit-Emba et ses environs

II.2.2. LES EAUX SOUTERRAINES :

L'analyse des ressources en eau souterraines de la région de Zit-Emba a montré que les prélèvements d'eau à usages urbains ou industriels par forage ont déjà atteint les potentialités reconnues du sous-sol de la région.

Pour les forages à usage non agricole recensés en 1991 et ceux en cours en 1992 (destinés notamment à la wilaya de Annaba), le débit d'équipement est de 517 l/s environ, alors que le débit d'exploitation conseillé après l'étude hydrogéologique de l'oued Kebir Ouest est de 450 l/s, en incluant la zone des dunes de Guerbes.

Au-delà des réalisations recensées en 1991-1992, le programme de creusement de forages s'est poursuivi ; ainsi sept forages sont réalisés au profit de la zone Ouest de Annaba au lieu de six déjà pris en compte dans le bilan présenté (1991-1992) (un huitième improductif a été abandonné).

Sur le plan de la qualité de ces eaux, les analyses anciennes et récentes montrent que toutes les eaux sont complètement en dehors des normes acceptables pour l'irrigation (d'après la classification de Riverside), leur salinité est trop élevée (conductivité souvent mesurée entre 1 à 5 mm ho/cm pour une limite à 0.75).

Les eaux souterraines ne peuvent donc pas être envisagées pour l'irrigation dans le projet de Zit-Emba tant du fait de leur utilisation déjà engagée par les communautés urbaines que de leur mauvaise qualité. [2]

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

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

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

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

Les données sur le tableau II.7 sont déterminées par l'ANRH à partir des prélèvements effectués à la station hydrométrique.

Tableau II.7 : Qualité d'eau d'irrigation du barrage Zit-Emba. (Source : ONID Skikda)

| | | |
|---------------------|--|--|
| Teneur en ions mg/l | | |
|---------------------|--|--|

| Période | Année | PH | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | HCO ₃ ²⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Minéralisation mg/l | CE mm ho/cm |
|-----------------------------|-------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Valeurs souhaitables | | 6,5 à 8,4 | - | - | <69 | <90 | - | <106 | <480 | <0,75 |
| Crues | 1972 | 7.1 | 50 | 23 | 29 | 165 | 95 | 43 | 395 | - |
| | 1978 | 8.4 | 68 | 14 | 13 | 201 | 24 | 25 | 357 | - |
| | 1984 | 7.7 | 38 | 11 | 15 | 129 | 38 | 23 | 255 | - |
| | 1991 | 8.2 | 24 | 17 | 17 | 116 | 44 | 25 | 122 | 0.2 |
| Etiage | 1971 | 8.7 | 200 | 55 | 115 | 183 | 346 | 298 | 1197 | - |
| | 1972 | 8.3 | 178 | 50 | 93 | 201 | 410 | 153 | 1075 | - |
| | 1973 | 8.1 | 122 | 52 | 100 | 165 | 362 | 173 | 1001 | - |
| | 1973 | 7.5 | 160 | 53 | 95 | 96 | 470 | 168 | 1047 | - |

II.2.4. Classification des eaux pour l'irrigation :

Dans notre thèse, nous nous sommes basées sur la classification américaine des eaux d'irrigation qui est basée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

La conductivité électrique : permet d'avoir rapidement l'ordre de la minéralisation globale de l'eau, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

On distingue quatre classes d'eau :

Tableau II.8: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.

| Classe | Conductivité électrique CE (mmhos/cm) | Qualité des eaux | Cultures |
|--------|---------------------------------------|-------------------------------|---|
| C1 | $CE \geq 0.25$ | Risque faible de salinité | Pour toutes les cultures |
| C2 | $0.25 \leq CE \leq 0.75$ | Risque moyen de salinité | pour les plantes moyennement tolérantes. |
| C3 | $0.75 \leq CE \leq 2.25$ | Risque élevé de salinité | ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes. |
| C4 | $CE > 2.25$ | Risque très élevé de salinité | eau difficilement utilisable |

a) Sodicité et Alcanisation:

Le sodium contenu dans une eau peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors un risque

déflocculation.

Pour diminuer ce risque il est nécessaire de comparer entre la concentration des cations Na^+ avec celle de Mg^{++} et Ca^{++} , donc on parle de l'indice du SAR qui est :

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

Na : Sodium en mg équiv/l ;

Ca : Calcium en mg équiv/l ;

Mg : Magnésium en mg équiv/l.

Tableau II.9 : Valeurs de calcul du SAR de l'eau de simulation du Barrage de Zit Emba

| | Ca ⁺⁺ | | Mg ⁺⁺ | | Na ⁺ | | SAR |
|---------------|------------------|-------|------------------|-------|-----------------|-------|-------------|
| | mg/l | meq/l | mg/l | meq/l | mg/l | meq/l | |
| Crue | 50 | 2,5 | 23 | 1,89 | 29 | 1,26 | 0,85 |
| | 68 | 3,4 | 14 | 1,15 | 13 | 0,57 | 0,37 |
| | 38 | 1,9 | 11 | 0,90 | 15 | 0,65 | 0,55 |
| | 24 | 1,2 | 17 | 1,40 | 17 | 0,74 | 0,65 |
| Etiage | 200 | 10 | 55 | 4,52 | 115 | 5,00 | 1,86 |
| | 178 | 8,9 | 50 | 4,11 | 93 | 4,04 | 1,59 |
| | 122 | 6,1 | 52 | 4,27 | 100 | 4,35 | 1,91 |
| | 160 | 8 | 53 | 4,36 | 95 | 4,13 | 1,66 |

Pour l'année 2015 on a :

$Ca^{++}=95mg/l= 4.75 meq/l$, $Mg^{++}=93mg/l= 7.97 meq/l$, $Na^+ =115mg/l= 5 meq/l$

$$SAR = \frac{5}{\sqrt{\frac{4.75+7.97}{2}}}$$

$$SAR = 1.98 < 10$$

On distingue quatre classes de danger d'alcalinisation qui sont montrées dans le tableau II.10:

Tableau II.10: Classification des eaux en fonction de SAR.

| Classe | S.A.R. | Danger d'alcalinisation |
|--------|--------|-------------------------|
|--------|--------|-------------------------|

| | | |
|----------------|---------------|-------------------|
| S ₁ | SAR ≤ 10 | Risque faible |
| S ₂ | 10 < SAR ≤ 18 | Risque moyen |
| S ₃ | 18 < SAR ≤ 26 | Risque élevé |
| S ₄ | SAR > 26 | Risque très élevé |

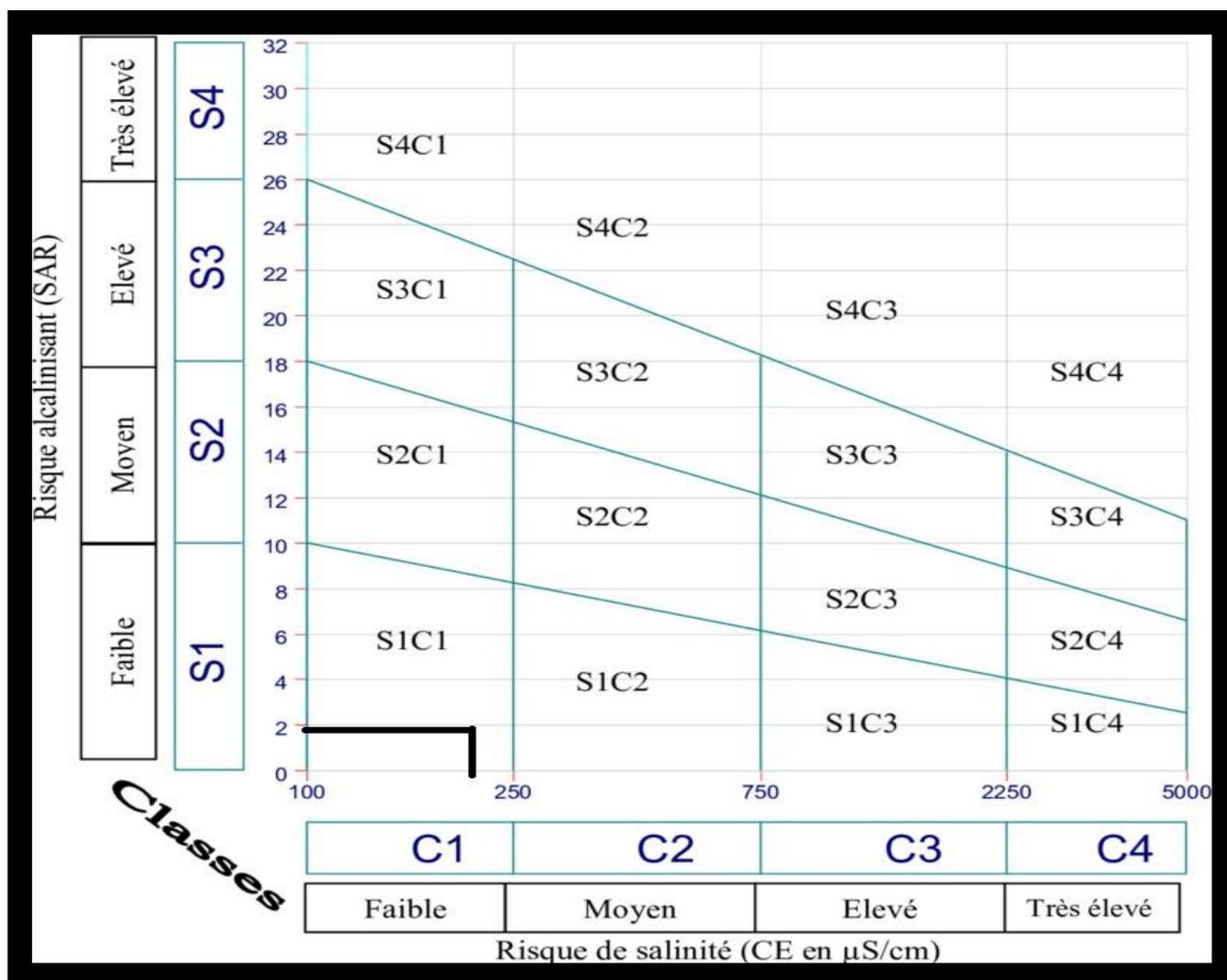


Figure II.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

Interprétation :

Puisque l'eau du barrage à un SAR de 1.98 meq/l, et une CE=0.2mmhos/cm, et en se référant, sur

le diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut dire que notre eau est caractérisée par une faible salinité avec un degré d'alcalinité faible (C1-S1), donc il y'a un risque faible de salinité. Ce qui veut dire que l'irrigation avec cette eau est possible, sans aucune nuisance sur le sol ou les plantes, puisque l'alcalinité et le risque de salinité sont faibles, donc le lessivage n'est pas à effectuer pour notre périmètre.

b) Qualités physiques

-pH de l'eau d'irrigation : Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation puisqu'il conditionne la solubilité de la plupart des microéléments.

Le pH de l'eau du barrage est de 7.5.

-La température : Elle est généralement égale à la température ambiante

II.3. Calcul de la pluie de projet :

Le calcul de la pluie de projet est nécessaire, puisqu'elle intervient dans l'estimation dans les besoins en eau des cultures projetées dans le périmètre.

II.3.1. Choix de la station :

En tenant compte de la position de notre périmètre le choix de la station se fait en vérifiant les conditions suivantes :

- Localisation géographique proche au périmètre ;
- Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable ;

Tableau II.11: caractéristique principales de la station pluviométrique (ANRH Alger)

| Nom de la station | coordonnées | | Altitude | Période d'observation | Nbre d'années d'observer |
|-------------------|-------------|----------|----------|-----------------------|--------------------------|
| | X | Y | | | |
| BELKHIER | 07°28' E | 36°28' N | 227 m | 1997-2017 | 21 |

II.3.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle :

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique BELKHIER (1997-2017) est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau II.12 : Répartition mensuelle des précipitations (mm).

| Année | Sept | Oct | Nov | dec | janv | fev | Mars | avril | mai | juin | Juil | aout |
|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 1997 | 79,7 | 117,1 | 112,6 | 103,1 | 66,5 | 22,3 | 33,5 | 53,3 | 6,4 | 16,4 | 0,1 | 9,4 |
| 1998 | 98,2 | 35,80 | 190,1 | 43,40 | 48,00 | 62,0 | 31,10 | 56,10 | 77,9 | 2,40 | 0,30 | 46,3 |
| 1999 | 45,4 | 8,00 | 98,30 | 108,0 | 73,50 | 58,9 | 109,7 | 39,80 | 40,8 | 10,1 | 2,60 | 1,0 |
| 2000 | 16,5 | 47,00 | 16,40 | 37,80 | 42,40 | 21,1 | 15,50 | 34,60 | 139,3 | 15,2 | 0,00 | 19,5 |
| 2001 | 55,7 | 10,40 | 39,00 | 23,40 | 144,6 | 58,4 | 26,40 | 59,40 | 57,4 | 2,20 | 0,00 | 6,2 |
| 2002 | 27,1 | 30,20 | 120,2 | 108,6 | 31,60 | 66,4 | 15,30 | 32,30 | 12,4 | 3,60 | 10,20 | 45,9 |
| 2003 | 72 | 48,60 | 25,10 | 200,3 | 238,3 | 104,6 | 19,90 | 187,6 | 41,9 | 0,00 | 0,00 | 0,2 |
| 2004 | 41,6 | 20,30 | 177,1 | 129,9 | 86,80 | 9,70 | 71,10 | 82,60 | 88,2 | 93,3 | 0,10 | 4,1 |
| 2005 | 11 | 17,40 | 17,10 | 145,2 | 69,80 | 97,5 | 64,30 | 85,70 | 5,30 | 19,4 | 3,00 | 5,3 |
| 2006 | 12,3 | 12,80 | 28,60 | 89,50 | 140,1 | 76,7 | 42,70 | 14,20 | 43,0 | 1,30 | 4,50 | 12,6 |
| 2007 | 63,9 | 84,20 | 64,70 | 72,70 | 33,50 | 43,7 | 215,9 | 94,40 | 17,4 | 28,3 | 3,50 | 0,8 |
| 2008 | 29,5 | 25,40 | 70,50 | 35,70 | 16,60 | 11,5 | 91,80 | 22,30 | 53,5 | 14,8 | 5,90 | 4,3 |
| 2009 | 140,3 | 58,70 | 22,60 | 62,60 | 160,4 | 67,1 | 98,00 | 134,2 | 88,9 | 0,30 | 7,90 | 49,3 |
| 2010 | 23,4 | 69,80 | 147,9 | 48,40 | 102,6 | 27,1 | 60,70 | 46,40 | 53,5 | 23,5 | 0,80 | 10,0 |
| 2011 | 18,6 | 178,3 | 40,50 | 80,10 | 30,30 | 148,5 | 78,60 | 42,10 | 62,0 | 29,5 | 1,20 | 1,3 |
| 2012 | 65,3 | 38,70 | 34,90 | 34,40 | 82,80 | 141,4 | 89,00 | 51,60 | 4,70 | 1,80 | 1,30 | 25,1 |
| 2013 | 54,1 | 34,20 | 122,6 | 37,50 | 90,70 | 107,9 | 64,90 | 42,00 | 14,5 | 1,20 | 6,20 | 54,8 |
| 2014 | 7,10 | 29,30 | 14,90 | 159,7 | 56,50 | 48,4 | 139,5 | 4,40 | 37,0 | 12,7 | 0,50 | 1,7 |
| 2015 | 41,3 | 75,10 | 115,9 | 0,80 | 131,1 | 152, | 94,90 | 3,70 | 28,4 | 2,20 | 4,70 | 18,5 |
| 2016 | 70,5 | 41,50 | 50,40 | 27,70 | 88,80 | 16,5 | 71,70 | 49,30 | 29,8 | 8,30 | 6,20 | 3,9 |
| 2017 | 11,3 | 50,00 | 154,5 | 64,60 | 117,7 | 48,3 | 0,80 | 23,20 | 5,30 | 27,6 | 4,00 | 1,3 |
| TOT | 984,8 | 1032,8 | 1663,9 | 1613,4 | 1852,6 | 1390 | 1435,3 | 1159,2 | 907,6 | 314,1 | 63,0 | 321,5 |
| P MOY | 46,9 | 49,18 | 79,23 | 76,83 | 88,22 | 66,19 | 68,35 | 55,20 | 43,2 | 14,7 | 3,0 | 15,3 |

Source : ONID SKIKDA

II.3.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

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

II.3.3.1. Teste de Wilcoxon :

Ce test repose sur un procédé simple, permettant de tester l'homogénéité d'une série de données, sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation.

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

On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 > N_2$

On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

La série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

$$\text{Avec : } W_{\min} < W_x < W_{\max} \quad ; \quad W_x = |Rang|_x$$

$$W_x : \text{Somme des rangs de sous série } x = 150$$

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 \times \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right) \right]^{1/2}$$

$$W_{\max} = \left[(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min} \right].$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau II.13: Test d'homogénéité de la série pluviométrique

| RANG | ANNUEL | SÉRIE Y | SÉRIE X | TRIER | X UNION Y |
|------|--------|---------|---------|-------|-----------|
| 1 | 620,40 | 620,40 | 478,30 | 381,8 | X |
| 2 | 691,60 | 691,60 | 723,00 | 405,3 | Y |
| 3 | 596,10 | 596,10 | 381,80 | 464,6 | Y |
| 4 | 405,30 | 405,30 | 890,30 | 478,3 | Y |
| 5 | 483,10 | 483,10 | 614,10 | 483,1 | Y |
| 6 | 503,80 | 503,80 | 711,00 | 503,8 | Y |
| 7 | 938,50 | 938,50 | 571,00 | 508,6 | Y |
| 8 | 804,80 | 804,80 | 630,60 | 511,7 | X |
| 9 | 541,00 | 541,00 | 511,70 | 541 | Y |
| 10 | 478,30 | | 668,60 | 571 | X |
| 11 | 723,00 | | 464,60 | 596,1 | Y |
| 12 | 381,80 | | 508,60 | 614,1 | X |
| 13 | 890,30 | | | 620,4 | Y |
| 14 | 614,10 | | | 630,6 | X |
| 15 | 711,00 | | | 668,6 | X |
| 16 | 571,00 | | | 691,6 | X |
| 17 | 630,60 | | | 711 | X |
| 18 | 511,70 | | | 723 | X |
| 19 | 668,60 | | | 804,8 | Y |
| 20 | 464,60 | | | 890,3 | X |
| 21 | 508,60 | | | 938,5 | Y |

$$N : W_{min} = 93.42, \text{ et } W_{max} = 170.58$$

$$93.42 < W_x = 131 < 170.58$$

La condition d'homogénéité de Wilcoxon est vérifiée, donc les pluies annuelles de la station sont homogènes.

II.3.4. Ajustement statistique des pluies :

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

- Loi de Gauss ou loi normale ;

II.3.4.1. Traitement des données :

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN :

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II.14: Caractéristiques de la série pluviométrique.

| | |
|--------------------|-------|
| Taille de la série | 21 |
| moyenne | 607 |
| Ecart type | 145 |
| Cv | 0.246 |
| Cs | 0.688 |
| Ck | 2.51 |
| p _{min} | 382 |
| p _{max} | 939 |

II.3.4.2. Ajustement à la loi Normale :

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

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

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

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de belkhier sont les suivantes :

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ;
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées ;
- Calculer la fréquence expérimentale ;
- Variable réduite de gauss u ;
- Les caractéristiques empiriques ;
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien ;

Tableau.II.15 : Ajustement à la loi de Gauss (loi normale)

| | | | | |
|--------|--------|-----|------|---------|
| 5 | 0,8 | 732 | 38,1 | 657-807 |
| 3 | 0,6667 | 671 | 34,1 | 604-737 |
| 2 | 0,5 | 607 | 32,5 | 543-670 |
| 1,4286 | 0,3 | 529 | 34,8 | 460-597 |
| 1,25 | 0,2 | 481 | 38,1 | 407-556 |

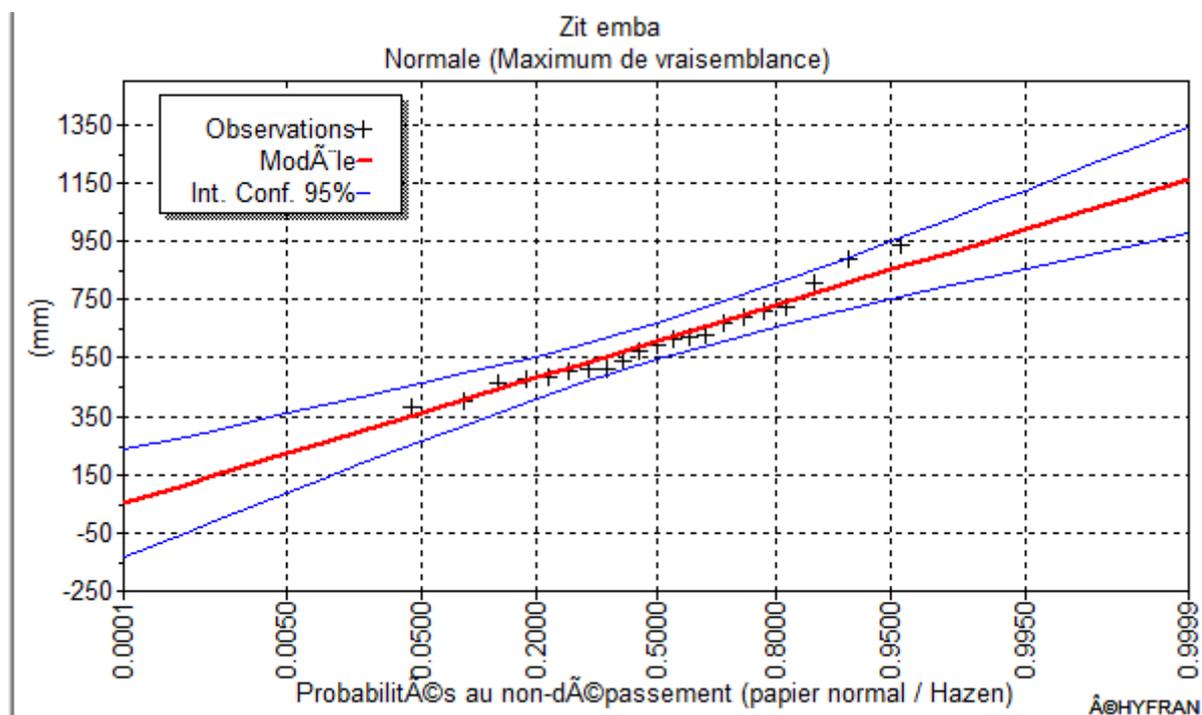


Figure II.3 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normale.

II.3.4.3. Test de validité d'un ajustement :

Après ajustement des données par la loi, Il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin d'adopter le meilleur ajustement. Dans notre cas, nous avons utilisé le teste de Khi carrée χ^2 . **Touaibia, B., (2004)**

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si :

$$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}} \text{ (voir annexe 1)}$$

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel **HYFRAN**.

Tableau II.15 : Test de validité des deux ajustements.

| |
|-----------------------------------|
| Loi normale |
| $\chi^2_{\text{calculé}}=5$ |
| Degrés de liberté =3 |
| $\chi^2_{\text{théorique}}=7.815$ |

II.3.5. Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi normale est adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

Tableau II.16: Résultat de l'ajustement.

| | | | | |
|--------|--------|-----|------|---------|
| 5 | 0,8 | 732 | 38,1 | 657-807 |
| 3 | 0,6667 | 671 | 34,1 | 604-737 |
| 2 | 0,5 | 607 | 32,5 | 543-670 |
| 1,4286 | 0,3 | 529 | 34,8 | 460-597 |
| 1,25 | 0,2 | 481 | 38,1 | 407-556 |

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 %.

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

$$P_{\text{théorique (80\%) annuelle}} = 481$$

$$P_{\text{théorique (50\%) annuelle}} = 607$$

$$P_{\text{moy 80\%}} = \frac{481}{607} \times P_{\text{moy de chaque mois}} = 0.79 \times P_{\text{moy de chaque mois}}$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

Tableau II.17: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).

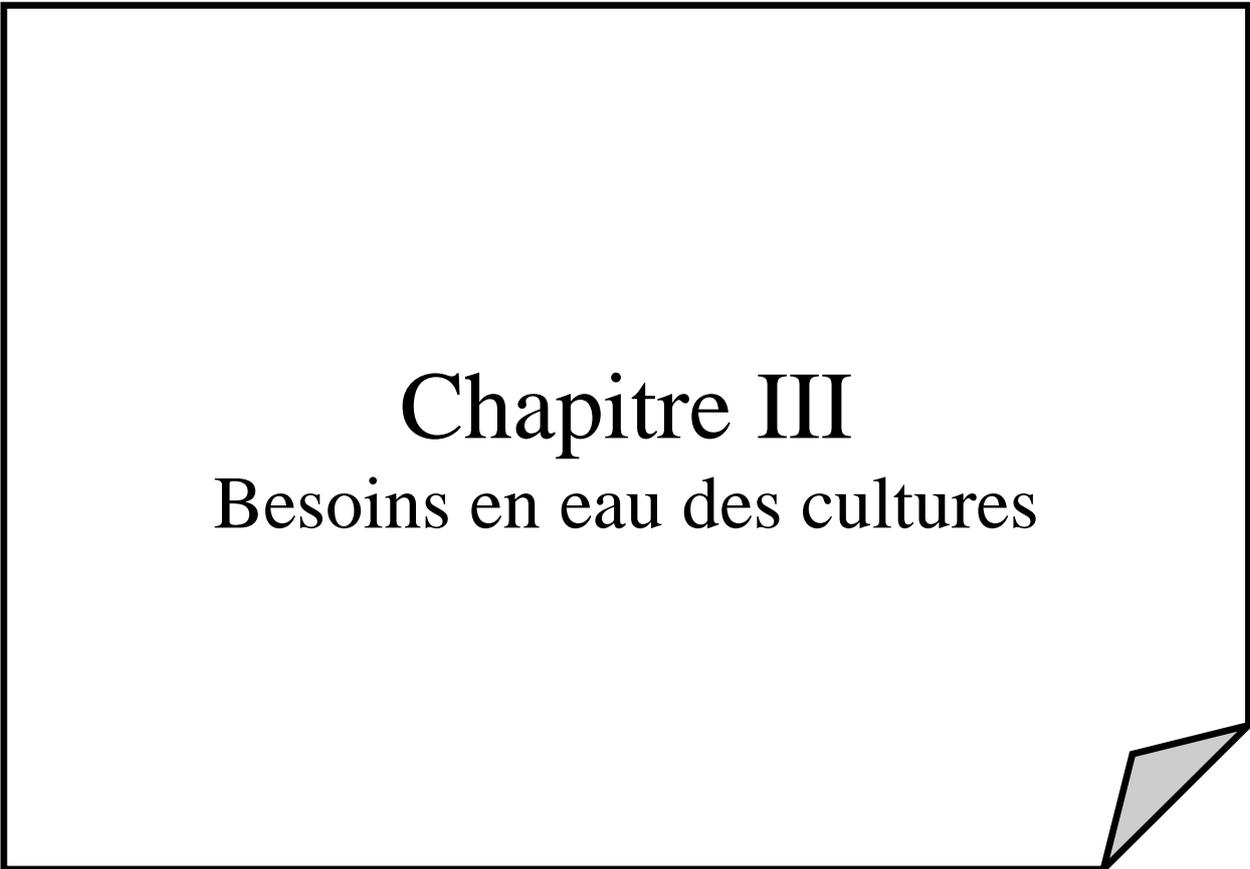
| Mois | sept | oct | Nov | Dec | janv | Fev | mars | avril | mai | juin | Juil | aout | Année |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|---------|
| P_{moy} (mm/mois) | 46,9 | 49,2 | 79,2 | 76,8 | 88,2 | 66,2 | 68,4 | 55,2 | 43,2 | 15 | 3 | 15,3 | 606,58 |
| $P_{\text{moy}80\%}$ (mm/mois) | 38.9 | 40.8 | 65.8 | 63.8 | 73.2 | 54.9 | 56.7 | 45.8 | 35.9 | 12.4 | 2.5 | 12.7 | 503.461 |

II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons obtenu que notre zone d'étude constituée de deux classes : sol calcimagnésiques et sol vertisol .

D'une manière générale la zone étudiée est composé principalement d'un sol plutôt argileux-Limoneux dont la matière organique est inexistante avec un taux faible de calcaire et sa conductivité électrique de 0.2 mmhos/cm

Concernant l'analyse des ressources en eau de barrage Zit Emba nous avons déduit que notre eau appartient à la classe C1-S1 avec une alcalinité faible et une salinité faible, et nous avons estimé les pluies mensuelles de l'année de calcul, nécessaire au calcul du bilan hydrique de chaque culture.



Chapitre III
Besoins en eau des cultures

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.1. Introduction :

Pour satisfaire les besoins en eau des cultures, il convient de les mettre dans des conditions hydriques optimales afin d'atteindre les objectifs de hauts rendements. Ces conditions peuvent être déterminées grâce à une bonne connaissance des besoins en eau de la culture (Evapotranspiration), des stocks d'eau dans le sol et des apports d'eau extérieurs (pluie, irrigation) au cours des divers stades de croissance de ces cultures.

III.2. Besoins en eau des cultures :

Selon Doorenbos et Pruitt (1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la quantité d'eau nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établi dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitant du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données ».

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite une bonne connaissance des plantes et aussi les données climatique et pédologique de la région pour pouvoir estimer la réserve en eau utile du sol 'RU' et la réserve facilement utilisable par la plante 'RFU'.

III.2.1. Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Sous le nom l'évapotranspiration, englobe la totalité de la consommation d'eau d'une plante mise en place, pour éviter le stress hydrique.

On distingue l'évapotranspiration de référence (ET_0), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)

Décrit le transport de l'eau depuis la surface vers l'atmosphère, ou la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal en pleine croissance ; l' ET_0 caractérise la demande en fonction des conditions climatiques exprimé en mm/j.

Il existe deux méthodes pour estimer l' ET_0 :

- Les méthodes directes « instruments et appareils » ;

- Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

- ✓ Formule de Turc (1960) ;
- ✓ Formule de Thornthwaite (1955) ;
- ✓ Formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- ✓ Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948) ;
- ✓ Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO ;

La formule de Penman-Monteith est la méthode la plus utilisée sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, qui sont rarement toutes disponibles sur une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée d'estimation de ET_0 .

II.2.2.1. Formule Modifiée de Penman Monteith

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Avec :

ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour^{-1}],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [$\text{MJ m}^{-2} \text{jour}^{-1}$],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [$\text{MJ m}^{-2} \text{jour}^{-1}$],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [$^{\circ}\text{C}$]

U_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s^{-1}],

E_s : pression de vapeur saturante [kPa],

E_a : pression de vapeur réelle [kPa],

$E_s - e_a$: déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$],

γ : constante psychrométrique [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

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

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0. Les résultats trouvés pour la station sont récapitulés dans le tableau III-1.

Tableau III-1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT

8.0

| Pays : Algérie Station : Skikda | | | | | | | |
|---|--------|--------|----------|------|----------------|----------------------|---------|
| Altitude : 2m. Latitude : 36.50 °N Longitude : 6.54°E | | | | | | | |
| Mois | T. Min | T. Max | Humidité | Vent | Ensoleillement | Radiation | ET_0 |
| | °C | °C | % | m/s | heurs | MJ/m ² /j | mm/mois |
| Jan | 9 | 16.78 | 67 | 3.6 | 6.13 | 9.8 | 58,78 |
| Fév. | 8.5 | 16.2 | 68 | 3.6 | 7.18 | 13.1 | 63,08 |
| Mars | 10.8 | 18.92 | 66 | 3.1 | 7.42 | 16.4 | 84,35 |
| Avr. | 12.4 | 20.4 | 66 | 3.1 | 8.43 | 20.4 | 103,7 |
| Mai | 15.8 | 23.00 | 69 | 2.5 | 8.48 | 22.1 | 121,8 |
| Juin | 19.5 | 26.8 | 73 | 2.5 | 9.47 | 24.0 | 134,6 |
| Juillet | 22 | 28.34 | 71 | 2.6 | 9.64 | 23.9 | 155,8 |
| Août | 23 | 30.00 | 72 | 2.5 | 9.35 | 22.2 | 148,4 |
| Sep | 20.4 | 27.5 | 74 | 2.7 | 8.33 | 18.4 | 105,5 |
| Oct. | 17.3 | 25.6 | 72 | 2.8 | 7.39 | 14.1 | 98,44 |
| Nov. | 13 | 20.6 | 75 | 3.5 | 6.06 | 10.2 | 68,68 |
| Déc. | 10.2 | 17.8 | 67 | 3.8 | 5.68 | 8.7 | 60,58 |
| Moye | 15.25 | 22.66 | 70 | 3.03 | 7.8 | 17.6 | 100.3 |

III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'Evapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et elle dépend aussi des conditions pédologiques et climatiques.

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

$$ETM = KC \cdot ET_0.$$

III.2.4. Les Coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (KC) (voir annexe 2) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la vitesse du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », **F.A.O N°24**.

III.3. Besoins en eau d'irrigation :

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$Bi = ETM - (Pe_{eff} + Y \cdot RFU_{i-1})$$

Avec :

- ✓ ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois) ;
- ✓ Pe_{eff} : pluie efficace en mm ;
- ✓ RFU : Réserve du sol assimilé à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;
- ✓ Y est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.

Le calcul de la RFU se fait comme suit

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

Avec :

- ✓ Y : degré de tarissement ;

- ✓ D_a : densité apparente ;
- ✓ Z : profondeur d'enracinement mm ;
- ✓ H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (28%) ;
- ✓ H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (17%).

➔ L'irrigation est faite lorsque B_i (bilan hydrique) > 0

III.3.1. Détermination de la pluie efficace :

La pluie efficace correspond à la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration réelle de la culture. L'eau des précipitations efficaces est répartie, au niveau du sol, en deux fractions : l'écoulement superficiel et l'infiltration.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer P_{eff} ici on va utiliser celle de pourcentage fixe (80%) :

Pluies efficaces (en mm/mois) = 80% × Pluies moyennes mensuelles (80%) (mm/mois)

Tableau III-2 : calcul des pluies efficaces pour chaque mois en MM.

| Mois | sept | oct | nov | dec | janv | fev | mars | avril | mai | juin | Juil | aout | Année |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| $P_{moy80\%}$ (mm/mois) | 38.9 | 40.8 | 65.8 | 63.8 | 73.2 | 54.9 | 56.7 | 45.8 | 35.9 | 12.4 | 2.5 | 12.7 | 503.5 |
| P_{eff} (mm/mois) | 31,1 | 32,7 | 52,6 | 51 | 58,6 | 44 | 45,4 | 36,7 | 28,7 | 9,9 | 2 | 10,2 | 402,8 |

III.3.2. Choix des cultures :

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

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

III.3.2.1. Cultures proposées :

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau III.3 :

Tableau III.3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

| Scénario | Céréales % | Fourrages % | Maraichage % | Arboriculture % | Total % |
|----------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|------------|
| 1 | 70 | 15 | 10 | 5 | 100 |
| 2 | 45 | 15 | 30 | 10 | 100 |
| 3 | 35 | 15 | 35 | 15 | 100 |
| 4 | 30 | 10 | 35 | 25 | 100 |

Dans notre mémoire on propose le scénario 4 qui est un scénario équilibré. La gamme des cultures proposée relatives aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau III.4.

Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures.

| Les cultures | Surface (%) | Surface (Ha) |
|--|-------------|--------------|
| La céréaliculture : ▪ Blé dur ▪ Orge grain | 30 | 60 |
| Les cultures fourragères : ▪ Luzerne | 10 | 20 |
| Le maraîchage : ▪ Pomme de terre ▪ Oignon vert ▪ Tomate ▪ Courgette ▪ Fraise ▪ Choux ▪ Melon | 35 | 70 |
| L'arboriculture : ▪ Olivier ▪ cerisier | 25 | 50 |
| Total | 100 | 200 |

III.3.2.2. Identification des principaux types d'assolement :

La pratique des assolements a pour but principal de maximiser les revenus et minimiser les risques de fluctuation de la fertilité de sol, d'une année à l'autre, elle permet l'association et la combinaison des grandes classes de cultures, à savoir : les maraîchages, arboriculture, céréaliculture, fourragères suivant la taille des exploitations, les moyens financiers, les capacités techniques et de la gestion des agriculteurs.

L'assolement proposé est détaillé dans le tableau III.5:

Tableau III.5 : Les assolements proposés.

| Assolement 1 | Assolement 2 |
|---|---|
| Blé dur | Oignon vert |
| Orge grain | Tomate |
| Luzerne | Melon |
| Pomme de terre | Fraise |
| Choux | courgette |
| Hors assolement : Arboriculture Olivier et cerisier. | Hors assolement : Arboriculture Olivier et cerisier. |

III.3.2.3. Avantages de la rotation des cultures :

La rotation culturale a un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes.

- Réserves minérales : la rotation permet aux plantes selon leur exigence et la zone de développement des racines d'exploiter au mieux les ressources minérales.
- Propriétés des sols : certaines plantes tendent à détériorer la structure du sol, d'autres plantes sécrètent des toxines racinaires, mais il existe par contre des cultures améliorantes.
- La rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites.

III.3.3. Cycle végétatif des cultures :

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau III.6:

Tableau III.6 : Cycle végétatif des cultures.

| Cultures | sep | oct | nov | dec | jan | fev | mars | avril | mai | Juin | juill. | aout | |
|----------------|---------|--------|---------|-----|-----|-----|--------|-------|-----|--------|--------|------|--|
| Blé | | | ←—————→ | | | | | | | | | | |
| Orge | | | ←—————→ | | | | | | | | | | |
| luzerne | ←—————→ | | | | | | | | | | | | |
| Pomme de terre | | ←————→ | | | | | | | | | | | |
| Tomate | | | | | | | ←————→ | | | | | | |
| choux | ←————→ | | | | | | | | | | | | |
| courgette | ←——→ | | | | | | | | | ←————→ | | | |
| fraise | | ←————→ | | | | | | | | | | | |
| melon | ←——→ | | | | | | | | | ←————→ | | | |
| Oignon vert | | ←————→ | | | | | | | | | | | |
| Oliviers | ←————→ | | | | | | | | | | | | |
| cerisier | ←————→ | | | | | | | | | | | | |

III. 4. Calcul des besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau sont calculés comme suit :

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau du Blé dur.

| Mois | P80% | Peff(mm) | ETP(mm/mois) | Z (m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|----------|--------------|-------|----------|----------|------|--------|-------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | | 0,00 | |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | | | | | 0,00 | |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 0,3 | 29,7 | 29,7 | 0,4 | 27,47 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | 0,5 | 49,5 | 49,5 | 0,7 | 42,41 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | 0,5 | 49,5 | 49,5 | 0,85 | 49,96 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 0,6 | 59,4 | 59,4 | 0,95 | 59,93 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | 0,6 | 59,4 | 59,4 | 1,05 | 88,57 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | 0,6 | 59,4 | 0 | 1 | 103,70 | 7,65 |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 0,6 | 59,4 | 0 | 0,8 | 97,46 | 48,97 |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | 0,6 | 59,4 | 0 | 0,45 | 60,58 | 50,65 |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | | | | | 0,00 | |

Tableau III-8 : calcul des besoins en eau de l'orge grain.

| Mois | P80% | Peff(mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|----------|--------------|------|----------|----------|------|-------|-------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | | 0,00 | |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | | | | | 0,00 | |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 0,3 | 29,7 | 29,7 | 0,4 | 27,47 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | 0,5 | 49,5 | 49,5 | 0,7 | 42,41 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | 0,5 | 49,5 | 49,5 | 0,85 | 49,96 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 0,6 | 59,4 | 59,4 | 0,95 | 59,93 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | 0,6 | 59,4 | 25,8 | 0,9 | 75,92 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | 0,6 | 59,4 | 0 | 0,9 | 93,33 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 0,6 | 59,4 | 0 | 0,8 | 97,46 | 48,97 |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | 0,6 | 59,4 | 0 | 0,45 | 60,58 | 50,65 |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | | | | | 0,00 | |

Tableau III -9 : Calcul des besoins en eau dela luzerne.

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|------|----------|----------|------|--------|--------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | | 0,00 | |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | 0,4 | 39,6 | 13,2 | 0,65 | 63,99 | 31,33 |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 0,7 | 69,3 | 3,1 | 0,7 | 48,08 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | 0,9 | 89,1 | 89,1 | 0,8 | 48,46 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | 1 | 99 | 99 | 0,9 | 52,90 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 1,2 | 118,8 | 118,8 | 0,95 | 59,93 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | 1,2 | 118,8 | 118,8 | 1,05 | 88,57 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | 1,2 | 118,8 | 39,6 | 1,05 | 108,89 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 1,2 | 118,8 | | 1,15 | 140,10 | 71,81 |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | 1,2 | 118,8 | | 1,25 | 168,28 | 158,34 |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | | | | | 0,00 | |

Tableau III-10 : Calcul des besoins en eau d'oignon vert.

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|------|----------|----------|------|-------|-------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | | 0,00 | |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | 0,4 | 19,8 | 6,6 | 0,5 | 49,22 | 16,56 |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 0,4 | 19,8 | 6,6 | 0,75 | 51,51 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | 0,4 | 19,8 | 19,8 | 0,95 | 57,55 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | 0,4 | 19,8 | 19,8 | 0,95 | 55,84 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 0,4 | 19,8 | 19,8 | 0,75 | 47,31 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | | | | | 0,00 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | | | | | 0,00 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | | | | | 0,00 | |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | | | | | 0,00 | |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | | | | | 0,00 | |

Tableau III-11 : calcul des besoins en eau de la pomme de terre

| Mois | P80% | Peff(mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|----------|--------------|------|----------|----------|------|--------|-------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | | 0,00 | |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | | | | | 0,00 | |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | | | | | 0,00 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | | | | | 0,00 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | | | | | 0,00 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 0,3 | 29,7 | 29,7 | 0,45 | 28,39 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | 0,6 | 59,4 | 59,4 | 0,8 | 67,48 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | 0,6 | 59,4 | 19,8 | 1,05 | 108,89 | 12,83 |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 0,6 | 59,4 | | 0,7 | 85,28 | 36,78 |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | | | | | 0,00 | |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | | | | | 0,00 | |

Tableau III-12 : calculs des besoins en eau de la fraise

| Mois | P Moy(mm) | Peff(mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------------|----------|--------------|------|----------|----------|------|--------|-------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | | 0,00 | |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | | | | | 0,00 | |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | | | | | 0,00 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | | | | | 0,00 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | | | | | 0,00 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 0,3 | 29,7 | 29,7 | 0,45 | 28,39 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | 0,6 | 59,4 | 59,4 | 0,8 | 67,48 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | 0,6 | 59,4 | 19,8 | 1,05 | 108,89 | 12,83 |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 0,6 | 59,4 | | 0,7 | 85,28 | 36,78 |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | | | | | 0,00 | |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | | | | | 0,00 | |

Tableau III-13 : Calcul des besoins en eau du melon

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|------|----------|----------|------|--------|--------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | 0,85 | 89,70 | 58,56 |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | | | | | 0,00 | |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | | | | | 0,00 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | | | | | 0,00 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | | | | | 0,00 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | | | | | 0,00 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | | | | | 0,00 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | | | | | 0,00 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 0,4 | 39,6 | 0 | | 0,00 | |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | 0,45 | 44,55 | 0 | 0,5 | 67,31 | 57,38 |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | 0,5 | 49,5 | 0 | 0,75 | 116,84 | 114,85 |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | 0,6 | 59,4 | 0 | 0,85 | 126,16 | 115,99 |

Tableau III-14 : Calcul des besoins en eau du chou.

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|------|----------|----------|------|-------|-------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | 0,3 | 29,7 | | 0,5 | 52,77 | |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | 0,4 | 39,6 | 13,2 | 0,7 | 68,91 | 36,25 |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 0,5 | 49,5 | 16,5 | 0,95 | 65,25 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | 0,6 | 59,4 | 59,4 | 0,8 | 48,46 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | | | | | 0,00 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | | | | | 0,00 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | | | | | 0,00 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | | | | | 0,00 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | | | | | 0,00 | |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | | | | | 0,00 | |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | | | | | 0,00 | |

Tableau III-15 : Calcul des besoins en eau de la courgette.

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|------|----------|----------|------|--------|--------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | | | | 0,85 | 89,70 | 58,56 |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | | | | | 0,00 | |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | | | | | 0,00 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | | | | | 0,00 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | | | | | 0,00 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | | | | | 0,00 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | | | | | 0,00 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | | | | | 0,00 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 0,4 | 39,6 | 0 | | 0,00 | |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | 0,45 | 44,55 | 0 | 0,5 | 67,31 | 57,38 |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | 0,5 | 49,5 | 0 | 0,75 | 116,84 | 114,85 |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | 0,6 | 59,4 | 0 | 0,85 | 126,16 | 115,99 |

Tableau III-16 : Calcul des besoins en eau de la tomate.

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z(m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|------|----------|----------|------|--------|-------|
| Sep | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | 0,9 | 89,1 | 0 | 0,9 | 94,98 | 63,84 |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | 1,2 | 118,8 | 39,6 | 1,15 | 113,21 | 80,55 |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 1,2 | 118,8 | 39,6 | 0,8 | 54,94 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | | | | | 0,00 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | | | | | 0,00 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | | | | | 0,00 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | | | | | 0,00 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | | | | | 0,00 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | | | | | 0,00 | |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | | | | | 0,00 | |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | | | | | 0,00 | |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | 0,7 | 97,53 | 0 | 0,45 | 66,79 | 56,62 |

Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau des oliviers.

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z (m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|-------|----------|----------|------|--------|--------|
| Sept | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | 1,5 | 148,5 | | 0,85 | 89,70 | 58,56 |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | 1,5 | 148,5 | 4,25 | 0,85 | 83,67 | 51,02 |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 1,5 | 148,5 | 4,25 | 0,75 | 51,51 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | 1,5 | 148,5 | 148,5 | 0,65 | 39,38 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | 1,5 | 148,5 | 148,5 | 0,65 | 38,21 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 1,5 | 148,5 | 148,5 | 0,65 | 41,00 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | 1,5 | 148,5 | 70,5 | 0,65 | 54,83 | |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | 1,5 | 148,5 | 4,25 | 0,65 | 67,41 | |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 1,5 | 148,5 | | 0,65 | 79,19 | |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | 1,5 | 148,5 | | 0,8 | 107,70 | 97,76 |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | 1,5 | 148,5 | | 0,85 | 132,42 | 130,43 |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | 1,5 | 148,5 | | 0,85 | 126,16 | 115,99 |

Tableau III.18 : Calcul des besoins en eau des cerisiers.

| Mois | P80% | Pe _{eff} (mm) | ETP(mm/mois) | Z (m) | RFU_THEO | RFU_REEL | KC | ETM | B(mm) |
|-------|--------|------------------------|--------------|-------|----------|----------|------|-------|-------|
| Sept | 38,927 | 31,1416 | 105,53 | 1,5 | 14,85 | | 0,55 | 58,04 | 26,90 |
| Oct | 40,819 | 32,6552 | 98,44 | 1,5 | 14,85 | 7,43 | 0,55 | 54,14 | 21,49 |
| Nov | 65,761 | 52,6088 | 68,68 | 1,5 | 14,85 | 7,43 | 0,55 | 37,77 | |
| Déc | 63,769 | 51,0152 | 60,58 | 1,5 | 14,85 | 14,85 | 0,75 | 45,44 | |
| Jan | 73,223 | 58,5784 | 58,78 | 1,5 | 14,85 | 14,85 | 0,75 | 44,09 | |
| Fév | 54,937 | 43,9496 | 63,08 | 1,5 | 14,85 | 14,85 | 0,75 | 47,31 | |
| Mars | 56,73 | 45,384 | 84,35 | 1,5 | 14,85 | 14,85 | 0,75 | 63,26 | 3,03 |
| Avril | 45,816 | 36,6528 | 103,7 | 1,5 | 14,85 | | 0,55 | 57,04 | 5,53 |
| Mai | 35,872 | 28,6976 | 121,83 | 1,5 | 14,85 | | 0,55 | 67,01 | 38,31 |
| Juin | 12,417 | 9,9336 | 134,62 | 1,5 | 14,85 | | 0,55 | 74,04 | 64,11 |
| Juill | 2,49 | 1,992 | 155,79 | 1,5 | 14,85 | | 0,55 | 85,68 | 83,69 |
| Août | 12,707 | 10,1656 | 148,42 | 1,5 | 14,85 | | 0,55 | 81,63 | 71,47 |

L'Estimation des besoins en eau pour chaque culture pour chaque assolement est donnée dans les tableaux, tableau III.19 et tableau III.20:

Tableau III.19: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.

| Mois | Blé | Orge en grain | Luzerne | Pomme de terre | chou | olivier | Cerisier | max | total |
|-------|-------|---------------|---------|----------------|-------|---------|----------|-------------|---------|
| Sept | | | | | | 58,56 | 26,9 | 58,56 | 85,46 |
| Oct | | | 31,33 | | 36,25 | 51,02 | 21,49 | 51,02 | 140,09 |
| Nov | | | | | | | | 0 | 0 |
| Déc | | | | | | | | 0 | 0 |
| Jan | | | | | | | | 0 | 0 |
| Fév | | | | | | | | 0 | 0 |
| Mar | | | | | | | 3,03 | 3,03 | 3,03 |
| Avr | 7,65 | | | 12,83 | | | 5,53 | 12,83 | 26,01 |
| Mai | 48,97 | 48,97 | 71,81 | 36,78 | | | 38,31 | 71,81 | 244,84 |
| Jui | 50,65 | 50,65 | 158,34 | | | 97,76 | 64,11 | 158,34 | 421,51 |
| Juill | | | | | | 130,43 | 83,69 | 130,43 | 214,12 |
| Août | | | | | | 115,99 | 71,47 | 115,99 | 187,46 |
| | | | | | | | | somme total | 1322,52 |

Tableau III.20 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement II

| Mois | Tomate | Melon | Oignon vert | Fraise | Courgette | oliviers | Cerisier | max | total |
|-------|--------|--------|----------------|--------|-----------|----------|----------|----------------|---------|
| Sep | 63,84 | 58,56 | | | 58,56 | 58,56 | 26,9 | 63,84 | 266,42 |
| Oct | 80,55 | | 16,56 | | | 51,02 | 21,49 | 80,55 | 169,62 |
| Nov | | | | | | | | 0 | 0 |
| Déc | | | | | | | | 0 | 0 |
| Jan | | | | | | | | 0 | 0 |
| Fév | | | | | | | | 0 | 0 |
| Mars | | | | | | | 3,03 | 3,03 | 3,03 |
| Avr | | | | 12,83 | | | 5,53 | 12,83 | 18,36 |
| Mai | | | | 36,78 | | | 38,31 | 38,31 | 75,09 |
| Jui | | 57,38 | | | 57,38 | 97,76 | 64,11 | 97,76 | 276,63 |
| Juill | | 114,85 | | | 114,85 | 130,43 | 83,69 | 130,43 | 443,82 |
| Août | 56,62 | 115,99 | | | 115,99 | 115,99 | 71,47 | 115,99 | 476,06 |
| | | | | | | | | somme total | 1729,03 |

III.4.1. Calcul du débit spécifique :

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

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

Avec :

- ✓ Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- ✓ Ni : nombre des heures d'irrigation=24h ;
- ✓ Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours ;
- ✓ Ei : Efficience d'irrigation=75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (AssolementII)

D'où les besoins de pointe correspondent au mois d'aout,

Bnet = 476.06mm/mois.

➔ **sq.=2.448l/s/ha > 1.5 l/s/ha**

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. Il y'a un risque de surdimensionnement

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- ✓ Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- ✓ Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
- ✓ On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante (luzerne 158,34mm).

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

➔ **Qs =0.81 l/s /ha** ; ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

III.4.2. Evaluation du débit caractéristique :

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

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 200 ha

$$\rightarrow Q_{car} = q_s \cdot S = 0.81 \cdot 200 = 162.9 \text{ l/s.}$$

III.4.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Le volume des besoins en eau = le besoin de la culture (m³) * la surface de la culture.

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau III-21.

Tableau III.21 : volume d'eau d'irrigation.

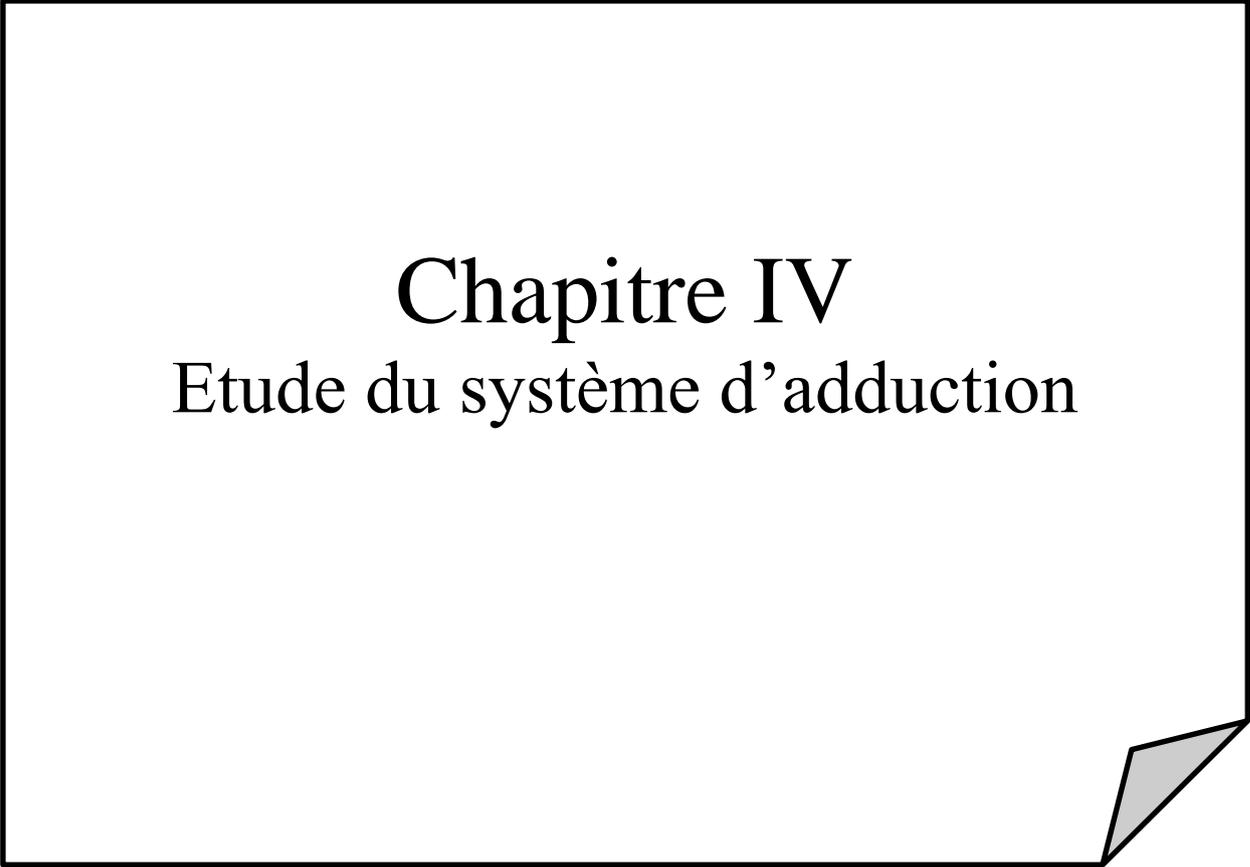
| Cultures | Besoin net (mm) | Surface (ha) | Besoin bruts (m ³ /ha) | Besoin brut (m ³) |
|----------|-----------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Blé | 107,27 | 30 | 1430,27 | 42908 |
| Orge | 99,62 | 30 | 1328,27 | 39848 |
| Luzerne | 261,48 | 20 | 3486,40 | 69728 |
| p. Terre | 49,61 | 10 | 661,47 | 6614,67 |
| Fraise | 49,61 | 10 | 661,47 | 6614,67 |
| Oignon V | 16,56 | 10 | 220,80 | 2208 |
| Tomate | 201,01 | 10 | 2680,13 | 26801,33 |

| | | | | |
|-----------|---------|-----|----------|-----------|
| Melon | 346,78 | 10 | 4623,73 | 46237,33 |
| Choux | 36,25 | 10 | 483,33 | 4833,33 |
| Courgette | 346,78 | 10 | 4623,73 | 46237,33 |
| Olivier | 453,76 | 15 | 6050,13 | 90752 |
| Cerisier | 314,53 | 10 | 4193,73 | 41937,33 |
| Total | 2283,26 | 200 | 30443,47 | 424720 m3 |

On remarque que le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre de 424720 m³. Et comme le barrage d'alimentation est de capacité de 43 millions de m³ d'eau, dont un volume de 22.20 estimer pour irriguer la zone Nord avec une superficie de 3959 ha, et les 20.80 Mm³ qui restent seront utilisés pour irriguer la zone Sud du périmètre de Zit-Emba avec une superficie de 2516 ha.

III.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons choisi les cultures qu'on va implanter dans notre périmètre et nous avons déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante à causes des contraintes agricoles et agronomique. En deuxième lieu, nous avons calculé les besoins en eau totaux du périmètre et déduit que la capacité de la retenue suffit largement pour irriguer le périmètre de Zit Emba.



Chapitre IV
Etude du système d'adduction

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1. Introduction :

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système.

Le système d'adduction est la première tâche à laquelle doit se préoccuper l'ingénieur, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

IV.2. Alimentation en eau du périmètre :

. La conception du système d'irrigation du notre périmètre Zit Emba (secteur 02) repose sur un prélèvement de l'eau d'irrigation dans la retenue du barrage de Zit Emba, qui se trouve en amont du périmètre, et son adduction gravitaire jusqu'à la station de pompage (Sud) qui alimente par pompage le réservoir situé à proximité du périmètre. De là, l'eau sera transportée gravitairement par des conduites de distribution et par des réseaux ramifiés jusqu'aux bornes d'arrosage situées sur les parcelles exploitées.

IV.3. Organisation et structure du périmètre :

L'organisation de notre périmètre est faite en le répartissant en 11 ilots dont la superficie varie de 1,47 à 14.61 ha, et chaque ilot est à son tour discrétisé en une à quatre parcelles

IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation :

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles...etc.

On admet généralement que l'implantation des bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations doivent répondre aux critères suivants :

- Une prise par ilot d'exploitations ;
- Quatre (04) prises maximum sur une même borne ;
- Bornes implantées en limites d'ilots ou au centre pour les grands ilots.

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

Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer

simultanément.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'ilot ;
- Régler la pression ;
- Encaisser les suppressions accidentelles ;
- Compter les volumes distribués par la prise.

IV.3.3. Calcul hydraulique aux bornes :

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

$$Q_b = q_s \cdot S_i ;$$

Avec :

- ✓ Q_b : Débit de chaque ilot (l/s) ;
- ✓ Q_s : Débit spécifique (l/s/ha) ;
- ✓ S_i : Superficie de l'ilot (ha).

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

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement on admet :

- Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4) ;
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2) ;
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B) ;
- Pour les grands ilots ($S > 50$ ha) on prévoit des bornes de type C.

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

| Type | Débit fourni | Entrée | Sortie (prise) |
|---------|---|----------------------------|---------------------|
| Type A2 | $Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s | 1 Entrée $\Phi 80,100$ | 2 Entrée $\Phi 65$ |
| Type A4 | $Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s | 2 Entrée $\Phi 80,100$ | 4 Entrée $\Phi 65$ |
| Type B | $40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22) l/s | 2 Entrée $\Phi 80,100,125$ | 2 Entrée $\Phi 100$ |
| Type C | $Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33) l/s | 2 Entrée $\Phi 80,100,125$ | 1 Entrée $\Phi 150$ |

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

TableauIV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.

| N° d'Ilots | N° de laBornes | Nombre de parcelles | Surface de parcelle | Surface d'Ilots | Débit brute (l/s) | Débit de la borne (l/s) |
|------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| I 1 | B 1 | 1 | 14,05 | 33,55 | 11,381 | 27,1755 |
| | | 2 | 10,17 | | 8,2377 | |
| | | 3 | 9,33 | | 7,5573 | |
| I 2 | B 2 | 1 | 14,61 | 37,63 | 11,834 | 30,4803 |
| | | 2 | 10,7 | | 8,667 | |
| | | 3 | 12,32 | | 9,9792 | |
| I 3 | B 3 | 1 | 2,7 | 15,66 | 2,187 | 12,6846 |
| | | 2 | 2,41 | | 1,9521 | |
| | | 3 | 2,58 | | 2,0898 | |
| | | 4 | 2,4 | | 1,944 | |
| | | 5 | 1,47 | | 1,1907 | |
| | | 6 | 2,02 | | 1,6362 | |
| | | 7 | 2,08 | | 1,6848 | |
| I 4 | B 4 | 1 | 6,06 | 12,26 | 4,9086 | 9,9306 |
| | | 2 | 6,2 | | 5,022 | |
| I 5 | B 5 | 1 | 5,19 | 10,75 | 4,2039 | 8,7075 |
| | | 2 | 5,56 | | 0 | |
| I 6 | B 6 | 1 | 4,27 | 11,41 | 3,4587 | 9,2421 |
| | | 2 | 2,87 | | 2,3247 | |
| | | 3 | 4,27 | | 3,4587 | |
| I 7 | B 7 | 1 | 6,13 | 16,8 | 4,9653 | 13,608 |
| | | 2 | 2,95 | | 2,3895 | |
| | | 3 | 3,42 | | 2,7702 | |
| | | 4 | 4,3 | | 3,483 | |
| I 8 | B 8 | 1 | 6,22 | 14,3 | 5,0382 | 16,0785 |
| | | 2 | 7,11 | | 5,7591 | |
| | | 3 | 6,52 | | 5,2812 | |
| I 9 | B 9 | 1 | 3,73 | 15,16 | 3,0213 | 7,776 |
| | | 2 | 2,2 | | 1,782 | |
| | | 3 | 3,67 | | 2,9727 | |

| | | | | | | |
|------|------|---|------|-------|--------|---------|
| I 10 | B 10 | 1 | 3,82 | 14,4 | 3,0942 | 11,664 |
| | | 2 | 4,95 | | 4,0095 | |
| | | 3 | 5,63 | | 4,5603 | |
| I 11 | B 11 | 1 | 4,91 | 18,08 | 3,9771 | 14,6448 |
| | | 2 | 4,52 | | 3,6612 | |
| | | 3 | 5,54 | | 4,4874 | |
| | | 4 | 3,11 | | 2,5191 | |

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

Lors de l'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau et on choisit la variante adéquate pour alimenter notre périmètre.

IV.4.1. Choix de la variante d'aménagement :

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate se fait après étude des deux variantes d'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des pertes de charge minimales et le meilleur tracé (tracé économique).

IV.4.1.1. La variante 1 :

La variante 1 est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Une conduite enterrée en PEHD part de la chambre des vannes vers la station de tête(ST), qui alimentera le périmètre. Après analyse, cette variante a été écartée du fait des faibles pressions obtenues.

IV.4.1.2. La variante 2 :

La variante 2 consiste à alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage pour garantir les pressions adéquates au niveau des bornes.

IV.4.1.3. Choix de la variante :

Après analyse des deux variantes nous avons écartés la variante gravitaire vue les faibles pressions obtenues qui sont due aux faibles différences d'altitude entre le barrage et le périmètre. Donc on a choisi la plus adéquate c'est-à-dire un système mixte refoulement-Adduction gravitaire.

IV.5. Etude de système de pompage :

IV.5.1. Les pompes :

❖ Les turbopompes

Les pompes axiales, à écoulement radial ; les pompes semi axiales :

❖ 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.

➤ **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.

❖ Les pompes semi axiales:

Pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes. Les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

IV.5.2. Calculs hydrauliques du système d'adduction :

IV.5.3. Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{\text{cal}} = H_g + \sum h_p (\text{asp}) + \sum h_p (\text{ref}) + P_{\text{exh}}$$

Avec :

- ✓ H_g : Hauteur géométrique (m) ;
- ✓ $\sum h_p (\text{asp})$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;
- ✓ $\sum H_p (\text{réf})$: Pertes de charges au refoulement (m) ;
- ✓ P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur), $P_{\text{exh}} = (1,0 \div 1,5)$ m ;

On prend $P_{\text{exh}} = 1$ m.

IV.5.3.1. Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$H_{\text{MT}} = H_g + \Delta h_p ;$$

Avec :

- ✓ H_{MT} : Hauteur Manométrique Totale en (m) ;
- ✓ H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_a - h_r$;
- ✓ H_a : hauteur d'aspiration.

La hauteur géométrique H_g est la différence d'altitude entre la cote d'arrivée (Réservoir) et celle de départ (niveau de pompage).

➔ $H_g = 100 - 45 = 55 \text{ m}$.

IV.5.3.2. Calcul des pertes de charge totales :

a) Pertes de charge linéaires:

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} ;$$

Avec :

- ✓ L : longueur du tronçon en (m).
- ✓ V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).
- ✓ ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m) ;
- ✓ I : gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\xi}{D})^{-2} \quad (\text{Formule de Nikuradzé})$$

ξ : Rugosité absolue pour la fonte = 0,046mm.

b) Pertes de charge singulières:

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets...) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou conduite longue.

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l ;$$

IV.5.3.3. Calcul du diamètre économique :

Le diamètre des conduites de refoulement est approché par la loi de Bonin comme suit :

$$D = \sqrt{1.05 * Q_{ref}} ;$$

Avec :

- ✓ Q_{ref} : le débit de refoulement en m³/s ;
- ✓ D : diamètre de la conduite (m).

Donc : $D = \sqrt{1.05 * 0.1629} = 0.413 \text{ m} = \mathbf{450mm}$.

Ce diamètre est approximatif on doit établir une analyse technico-économique pour le choix du diamètre optimal de la conduite de refoulement.

Le dimensionnement de la conduite d'adduction s'établit en cherchant le diamètre économique qui permet de donner un coût de revient minimum entre les dépenses de fonctionnement et celle d'investissement, une étude technico-économique s'avère donc indispensable.

➤ **Puissance absorbée par la pompe :**

C'est la puissance fournie la pompe, définie comme suit :

$$P = \frac{\rho g * Q * HMT}{\eta} ;$$

- ✓ η : rendement de la pompe en (%) ($n=80\%$) ;
- ✓ Q : débit refoulé par la pompe en (m³/s) ;
- ✓ g : pesanteur (9.81 m/s²) ;
- ✓ ρ : masse volumique de l'eau (kg/ m³).

➤ **Energie consommée par la pompe**

$$E = P * t * 365 \text{ [KWh]} ;$$

Avec :

- ✓ t : c'est le temps de pompage par jour en (heure) ; dans notre cas t =22h.
- ✓ P : puissance de la pompe en (kW).

➤ **Frais d'exploitation**

Les frais d'exploitation sont définis comme suit :

$$F_{ex} = E * e \text{ [DA]}$$

Avec : E : énergie consommée par la pompe en (KW H) ;

- ✓ e : prix unitaire d'un KWh imposé par la SONELGAZ (e=4,69DA).

➤ **Frais d'amortissement**

Les frais d'amortissement sont donnés comme suit :

$$F_{am} = P_{rc} * A \text{ [DA]}$$

Avec : P_{rc} : prix de la conduite en (DA)

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

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

✓ i : Taux d'annuité annuel, $i = 8\%$;

✓ n : nombre d'années d'amortissement, $n = 29$ ans.

$$A = \frac{0.08}{(0.08 + 1)^{29} - 1} + 0.08 = 0.0896$$

$$A = 8.96\%$$

Les frais d'exploitation et d'amortissement sont présentés dans **l'Annexe 3**.

Les résultats sont résumés dans le tableau IV.8: lambda

Tableau IV.3 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite.

| D | L | Q | V | Ré | Lambda | $\Delta H(m)$ | $\Delta H_t(m)$ | Hg(m) | Hmt (m) |
|-----|-----|--------|------|--------|--------|---------------|-----------------|-------|---------|
| 0,4 | 570 | 0,1629 | 1,3 | 0,0078 | 0,96 | 1,05 | 1,05 | 55 | 56,05 |
| 0,5 | 570 | 0,1629 | 0,83 | 0,0076 | 0,3 | 0,33 | 0,33 | 55 | 55,33 |
| 0,6 | 570 | 0,1629 | 0,58 | 0,0074 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 55 | 55,13 |
| 0,7 | 570 | 0,1629 | 0,42 | 0,0072 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 55 | 55,06 |

Tableau IV.4 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre

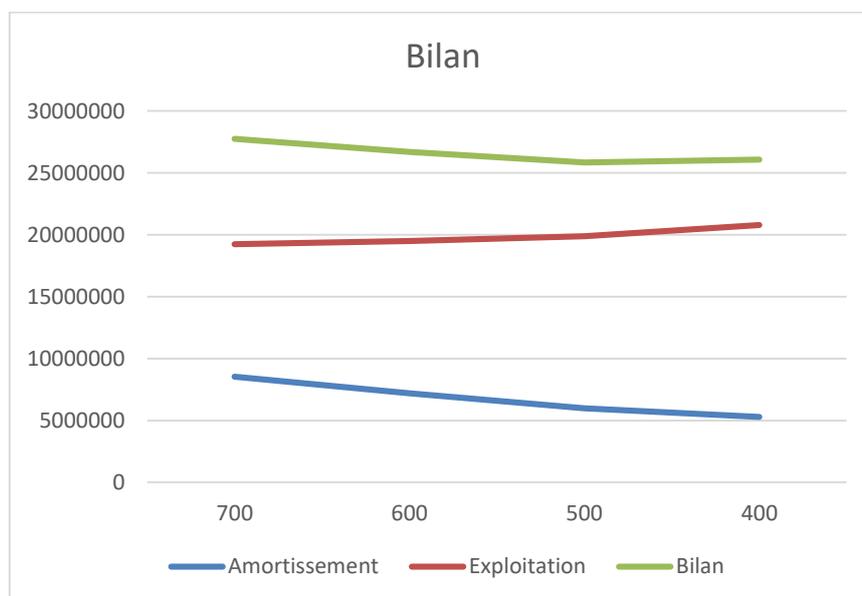
| D (mm) | Prix ML (TTC) | prix de pose | L (m) | Prix (DA) | ANNUITE | FA mort (DA) |
|--------|---------------|--------------|-------|-----------|---------|--------------|
| 400 | 15500 | 900 | 570 | 9348000 | 0,089 | 831972 |
| 500 | 17500 | 1000 | 570 | 10545000 | 0,089 | 938505 |
| 600 | 21000 | 1290 | 570 | 12705300 | 0,089 | 1130771,7 |
| 700 | 24000 | 2400 | 570 | 15048000 | 0,089 | 1339272 |

Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation.

| D(mm) | Q(m ³ /h) | Hmt(m) | Puissance(kw) | E(kwh) annuels | Prix du kwh (da) | Exploitation (da) |
|-------|----------------------|--------|---------------|----------------|------------------|-------------------|
| 400 | 586,44 | 56,05 | 111,97 | 899122,37 | 4,69 | 4216883,92 |
| 500 | 586,44 | 55,33 | 110,53 | 887576,95 | 4,69 | 4162735,91 |
| 600 | 586,44 | 55,13 | 110,13 | 884317 | 4,69 | 4147446,72 |
| 700 | 586,44 | 55,06 | 109,98 | 883170,08 | 4,69 | 4142067,67 |

Tableau IV.6 : Calcul du bilan total.

| Bilan | Exploitation | Amortissement | D(mm0) |
|------------|--------------|---------------|--------|
| 26080559,6 | 20786590,4 | 5293969,2 | 400 |
| 25843905,1 | 19872049,6 | 5971855,5 | 500 |
| 26692005,3 | 19496726,5 | 7195278,9 | 600 |
| 27759371,3 | 19237372,1 | 8521999,2 | 700 |

**Figure IV.1. Résultat de l'étude technico-économique**

D'après le graphe du bilan, on remarque que le diamètre économique est de 400 mm correspond à une H_{MT} de l'ordre de 56.05m.

IV.5.3.4. Choix des pompes et nombre des pompes :

Les Critères du choix du nombre de pompes sont les suivants :

- ✓ Nombre minimal de pompes ;
- ✓ Puissance absorbée minimale ;
- ✓ $(NPSH)_r$ minimal ;
- ✓ Meilleur rendement ;

Les intervalles des nombres de pompes sont présentés dans le Tableau IV.7:

Tableau IV.7: Choix de Nombre de pompes.

| Nombre de pompes principales | Nombre de pompes de secours |
|------------------------------|-----------------------------|
| $N_p \leq 4$ | 1 pompe de secours |
| $4 < N_p \leq 6$ | 2 pompes de secours |
| $N_p \geq 6$ | 3 pompes de secours |

D'après les données recueillies et le choix du diamètre économique, nous avons :

- Le débit d'équipement qui est de 462 l/s ;
- La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction elle est de 49m ;
- La conduite de refoulement a un linéaire de 2520m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau IV. Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau IV.8 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.

| Nombre de pompe | Q (l/s) | H _{MT} (m) | Type de pompe | η % | N (tr/mn) | P _{ab} (kw) | NPSH _r (m) | Ø mm |
|-----------------|--------------|------------------------|------------------------|-------------|--------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| 1 | 162.9 | 56 | E18S64/1A+M10180 | 80.2 | 2900 | 111 | 10.8 | 230 |
| 2 | 91.96 | 56.4 | E14S50/2D+MC890 | 77.5 | 2900 | 65.5 | 8.92 | 200 |
| 3 | 60.11 | 56.3 | E12S55/2D+MC860 | 81 | 2900 | 45 | 7.68 | 150 |

Après la comparaison entre les caractéristiques des différents nombres de pompe, et pour des raisons technico-économiques, on a choisi la variante de 3 pompes identiques (+1 pompes de secours) qui portent les caractéristiques suivantes.

1. Rendement 81%
2. Puissance absorbée 45Kw
3. NPSHr minimal 7.68. Voir (Annexe 4)

La courbe caractéristique de la pompe est comme suivie

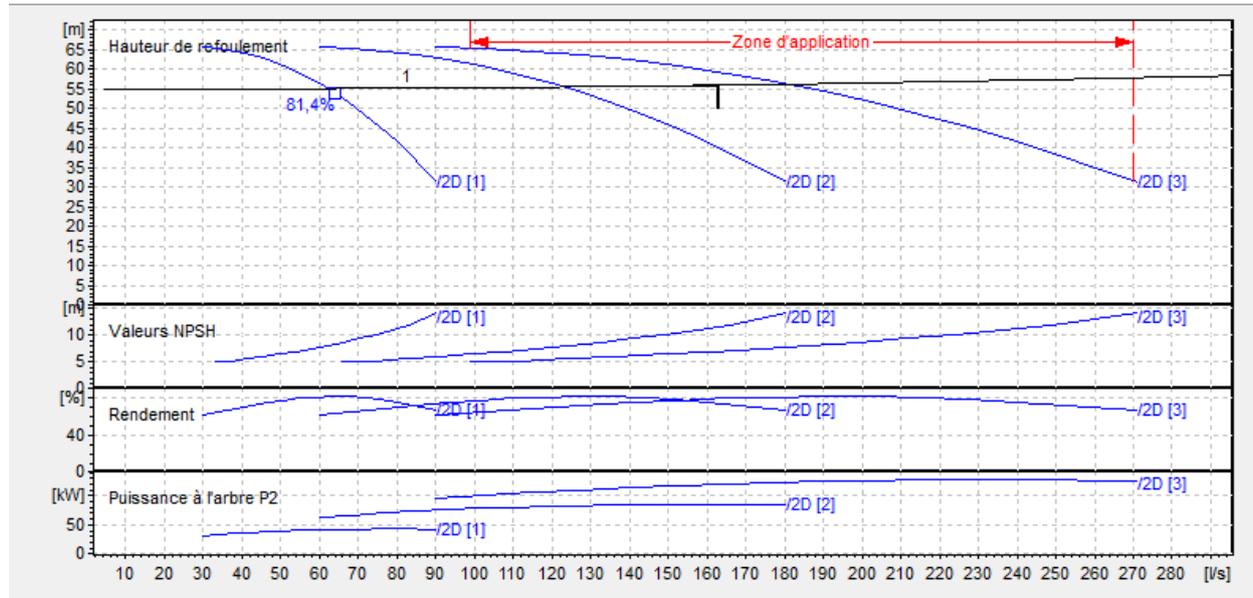


Figure IV.2 : Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)

IV.5.3.5. Protection contre de la cavitation :

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en fonctionnement, cela se produit pour à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

La condition suivante doit être vérifiée :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d ;$$

- ✓ (NPSH)_r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;
- ✓ (NPSH)_d : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

La relation qui permet de calculer le NPSH_r est la suivante :

$$(NPSH)_d = \frac{pa}{\rho g} - ZE - \Delta Ha - \frac{Pv}{\rho g}$$

Avec :

- ✓ $\frac{pa}{\rho g}$: en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de l'emplacement de la station de pompage

Tableau IV.9 : pression atmosphérique en fonction de la cote.

| | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------|-------|-----|------|-----|
| H(m) | -50 | 0 | 100 | 300 | 500 | 1500 | 200 |
| $\frac{pa}{\rho g}$ | 10.86 | 10.33 | 10.2 | 10.06 | 9.7 | 8.6 | 8.4 |

Dans notre cas la station de pompage est sur la côte de 45 m, donc on pose que $\frac{pa}{\rho g} = 10.24$.

- ✓ Pv : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante.

Tableau IV.10 : Pression de vapeur en fonction de la température.

| | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| T°(c) | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 80 | 100 |
| $\frac{Pv}{\rho g}$ | 0.09 | 0.12 | 0.24 | 0.43 | 0.75 | 1.24 | 4.82 | 10.33 |

Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est recommandé de prendre Pv=20

hPa, soit $\frac{Pv}{\rho g} = 0.24$ m

Z_E : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.

- ✓ ΔH_a : perte de charge à l'aspiration.

Les pertes de charge sont calculées par la formule de Williams-Hazen :

$$\Delta H_{\left(\frac{m}{100m}\right)} = 1.23 \times 10^{12} \times \frac{Q^{1.85}}{C_{wh} D^{4.87}}$$

$$(\text{NPSH})_d = \frac{pa}{\rho g} - Z_E - \Delta H_a - \frac{Pv}{\rho g}$$

$$= 10.24 - 0.046 - 7.18 \times 10^{-4} - 0.24 = \text{m.}$$

$$(\text{NPSH})_d = 9.95 \text{ m.}$$

Interprétation :

On remarque que $\text{NPSH}_r > \text{NPSH}_d$, ce qui explique que les pompes sont protégées contre la cavitation.

IV.5.3.5. Bâtiments de la station :

Il existe différents types de bâtiment pour une station de pompage :

- ✓ Bâtiment type bloc.
- ✓ Bâtiment type bache sèche.

- ✓ Bâtiment type bache mouillée.
- ✓ Bâtiment de type semi-enterré et sur sol.

On choisit le type de bâtiment en fonction des paramètres mentionnés dans le tableau suivant

Tableau IV.11 : Choix du type de bâtiment

| Paramètres | Type du bâtiment | | | |
|--|-------------------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|
| | Bloc | Bâche sèche | Bâche mouillée | Sur sol ou semi-enterré |
| Q m ³ /s | >2 | <2 | <6 | <1,5 |
| Type de pompe | Axiale à axe vertical ou horizontal | Pompe centrifuge | Axiale noyée à axe verticale | Pompe centrifuge |
| Hauteur admissible à l'aspiration (m) | <0 (en charge) | <0 >0 | <0 <0 | >0 (en aspiration) |
| ΔH : variation du plan d'eau de la rivière (m) | 1 à 2 | 1 à 3 | N'importe | importante |

On choisit le bâtiment de type sur Bâche mouillée car on a une pompe immergé et $Q < 6 \text{ m}^3/\text{s}$

VI.5.3.5.1. Hauteur du bâtiment :

Elle est calculée comme suit : $H_b = H_5 + H_6 + H_7 + H_8 + H_9$

Où :

$$H_5 = H_p + H_{rf} + H_r$$

H_p : hauteur de la pompe, $H_p = 2.059 \text{ m}$;

H_{rf} : hauteur à la sortie de la pompe, $H_{rf} = 0,5 \text{ m}$

H_r : hauteur de réserve $H_r = 0,5 \text{ m}$;

$$\text{A.N : } H_5 = 2.059 + 0,5 + 0,5, \text{ d'où : } H_5 = 3.059 \text{ m}$$

H_6 : hauteur réservée à l'homme, $H_6 = 2,2 \text{ m}$;

H_7 : hauteur du chariot, $H_7 = 0,3 \text{ m}$;

H_8 : hauteur profilée, $H_8 = 0,8 \text{ m}$;

H_9 : hauteur de sécurité, $H_9 = 0,5 \text{ m}$;

$$\text{A.N : } H_b = 3.059 + 2,2 + 0,3 + 0,8 + 0,5 \Rightarrow H_b = 6.859 \text{ m.}$$

Les hauteurs du bâtiment étant normalisées (3,6 ; 4,2 ; 4,8 ; 5,5 ; 9m) on prend comme hauteur du bâtiment $H_b = 9 \text{ m}$.

IV.5.3.5.2. Longueur du bâtiment :

Elle est donnée en fonction des paramètres suivant :

$$L_b = n \times L + L_{int} + L_{pf} + L_r + L_p + L_m + L_{pm};$$

- ✓ n: nombre de pompes, $n = 4$ (tenant compte de la pompe de secours) ;
- ✓ L : longueur de la pompe et celle du moteur ($L = 0.264$ m) ;
- ✓ L_{int} : distance entre deux pompes voisines, $L_{int} = (0,8-1,2)$ m. On prend : $L_{int} = 0.9$ m ;
- ✓ L_{pf} : longueur de la plate-forme de montage, $L_{pf} = 4$ m ;
- ✓ L_r : longueur de l'armoire électrique, $L_r = (2-3)$ m ; On prend : $L_r = 2.5$ m ;
- ✓ L_p : longueur du bureau du personnel, On prend : $L_p = 4$ m ;
- ✓ L_m : épaisseur du mur, on prend : $0,2$ m ;
- ✓ L_{pm} : distance entre pompe et mur, on prend : $0,3$ m.

$$A.N : L_b = 4 \times 0.264 + 0.9 \times 3 + 4 + 2.5 + 4 + 0.2 + 0.3 \Rightarrow L_b = 14.756 \text{ m.}$$

On opte pour une longueur de **15 m**.

IV.5.3.5.3. Largeur du bâtiment :

Elle est donnée par la relation :

$$L_b = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 2.s ;$$

- ✓ S : épaisseur du mur, $s = 0,2$ m ;
- ✓ L_1 : distance entre mur et premier organe de la pompe, $l_1 = 0,3$ m ;
- ✓ L_2 : largeur pompe moteur, $l_2 = 0.264$ m ;
- ✓ L_3 : longueur des accessoires d'aspiration,
- ✓ l_4 : longueur des accessoires de refoulement, $l_3 + l_4 = 3.524 \text{ m}$
- ✓ L_5 : longueur des collecteurs de refoulement, $l_5 = 2$ m.
- ✓ L_6 : distance entre mur et escalier, $l_6 = 1$ m.

Finalement le largeur total est de : **5.574 m**.

Donc on prend 6 m

IV.5.3.6. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :

Etant donné la superficie importante, on opte pour un réservoir rectangulaire (ou bassin).

Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Q_c \times T_{nf}$$

Avec :

- ✓ V : Volume d'eau d'irrigation (m^3).
- ✓ Q_c : débit caractéristique (m^3/h), $Q_c = 162.9 \text{ l/s.} = 586.44 \text{ m}^3/\text{h}$
- ✓ T_{nf} : temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

On trouve donc $V = 586.44 \times 2 = 1172.88 \text{ m}^3$.

On prend un volume de $V = 1300 \text{ m}^3$.

Vu le volume de régulation nous optons pour 2 variantes de réservoirs :

1. Réservoir circulaire :

Les dimensions finales du bassin sont : $5 \times 18 = 1300 \text{ m}^3$.

2. Bassin rectangulaire :

Les dimensions finales du bassin sont : $5 \times 20 \times 13 = 1300 \text{ m}^3$.

IV.6. Etude du système d'adduction-distribution :

IV.6.1. Dimensionnement du réseau de distribution :

IV.6.1.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

IV.6.1.2. Vitesses admissibles :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

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

IV.6.1.3. Choix du matériau des conduites :

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et là surtout la disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC etc.

a) Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- ✓ Coût relativement important.

b) Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- ✓ Sont les plus légers et faciles à couper ;
- ✓ Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- ✓ Disponible sur le marché ;
- ✓ Une pose de canalisation facile ;
- ✓ Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

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

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

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, et en fonte dans le cas contraire (> 400mm).

IV.6.1.4. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{ad}}} \times 1000 ;$$

Avec :

- ✓ Q : débit exprimé en m³/s, D : diamètre exprimé en mm ;
- ✓ V_{ad}: vitesse admissible =1.5 m/s.

IV.6.1.5. Estimation 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 m/m ;
- ✓ L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations ;
- ✓ C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :

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

Tableau IV.12 : 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 |

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

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD.

Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra.

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

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_{21} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

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 sont détaillés dans le tableau IV.13.

Tableau. IV.13: Calculs hydrauliques du réseau de distribution.

| No | Long. (m) | Diamètres (mm) | Matériau de canalisation | Max débit (l/s) | Vitesse (m/s) | P. charge (m) | Cote de sol (m) | Cote pièce (m) | Pression (m) | Pression (bars) |
|----------------|----------------------|---------------------------|---|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| R- VE | 500 | 250 | PEHD | 160 | 3,25 | 3,72 | 20.40 | 82,16 | 66,42 | 6,64 |
| VE-B01 | 500 | 400 | Fonte | 185 | 1,47 | 0,47 | 20.22 | 80,51 | 60,55 | 6,05 |
| B08-B02 | 250 | 200 | PEHD | 38 | 1,22 | 0,77 | 20.29 | 79,37 | 60,10 | 6,01 |
| B08-B07 | 200 | 200 | PEHD | 42 | 1,35 | 0,93 | 21.02 | 79,72 | 60,67 | 6,07 |
| B08-B05 | 300 | 315 | PEHD | 102 | 1,45 | 0,65 | 20.52 | 79,19 | 59,85 | 5,99 |
| B05-B06 | 200 | 200 | PEHD | 42 | 1,33 | 0,90 | 20.40 | 77,97 | 58,86 | 5,89 |
| B06-B01 | 200 | 200 | PEHD | 40 | 1,26 | 0,82 | 21.5 | 77,18 | 57,99 | 5,80 |
| B05-B04 | 200 | 315 | PEHD | 102 | 1,45 | 0,65 | 20.40 | 79,07 | 59,74 | 5,97 |
| B04-B03 | 200 | 110 | PEHD | 11 | 1,42 | 2,40 | 20.42 | 73,35 | 55,75 | 5,57 |
| B04-B10 | 200 | 110 | PEHD | 9 | 1,17 | 1,66 | 20.45 | 76,83 | 58,46 | 5,85 |
| B05-B09 | 100 | 110 | PEHD | 11 | 1,4 | 2,34 | 22.01 | 76,76 | 59,13 | 5,91 |

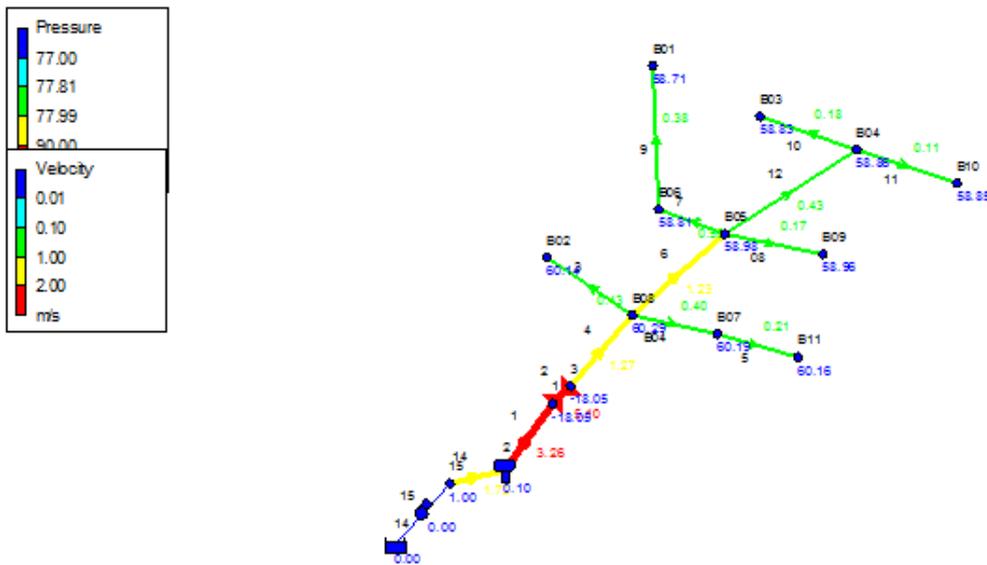


Figure IV.3. Schéma de distribution par epanet

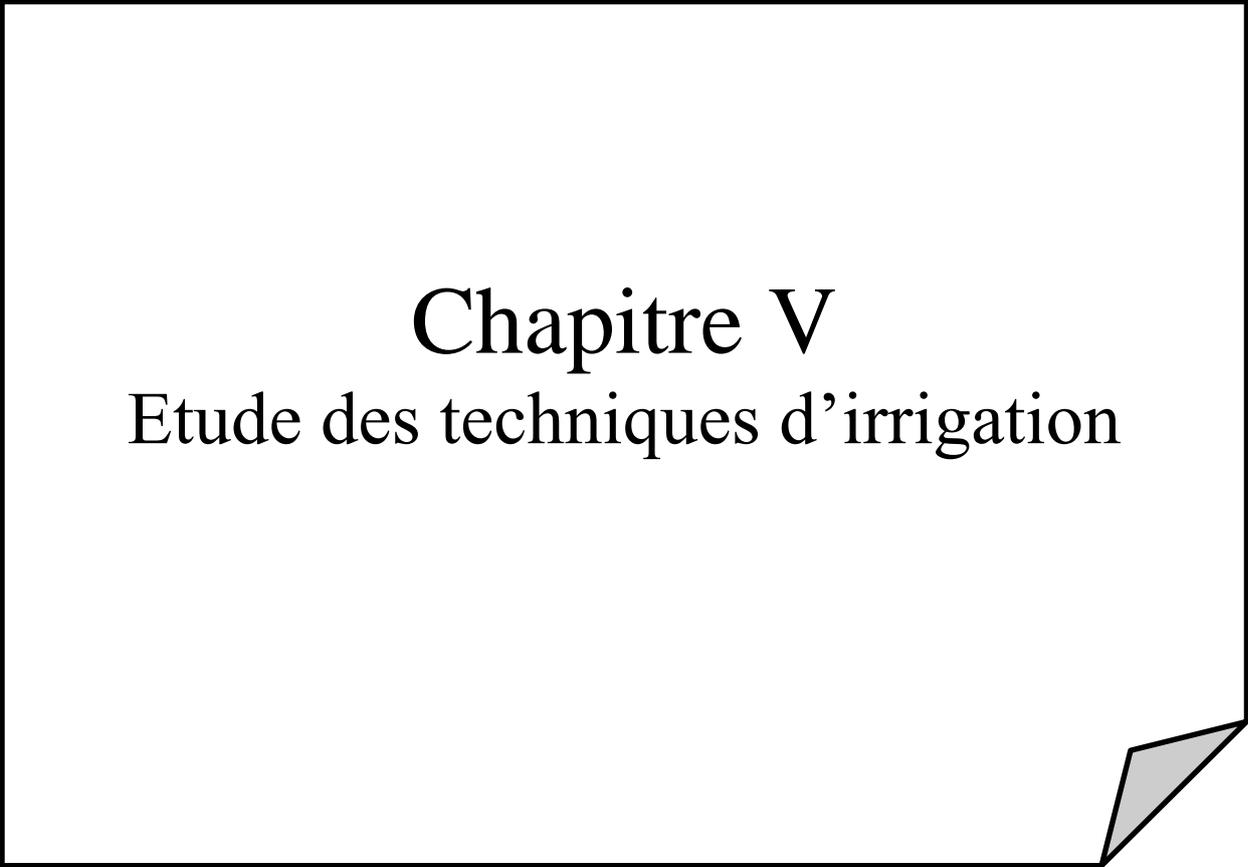
IV.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction ainsi que les calculs hydrauliques des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 11 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 200 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de refoulement et 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 supérieures à 2.5 bars, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte.



Chapitre V
Etude des techniques d'irrigation

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

V.1.Introduction :

Le choix du système d'irrigation est le problème le plus délicat pour la bonne répartition des eaux, provenant de différentes sources, sur le sol de façon que les plantes puissent tirer le maximum d'eau.

Dans ce chapitre on va étudier les différentes techniques d'irrigation puis on va choisir la celle qui correspond le mieux avec les caractéristiques de notre périmètre ZIT EMBA.

V.2.Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et site celle-ci :

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

V.3. Les différentes techniques d'arrosages :

Les techniques d'arrosage ont été classées en trois classes.

1. L'irrigation gravitaire ou de surface ;
2. L'irrigation par aspersion ;
3. L'irrigation par micro-irrigation (goutte à goutte). **Tiercelin,1998.**

V.3.1. Irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration.

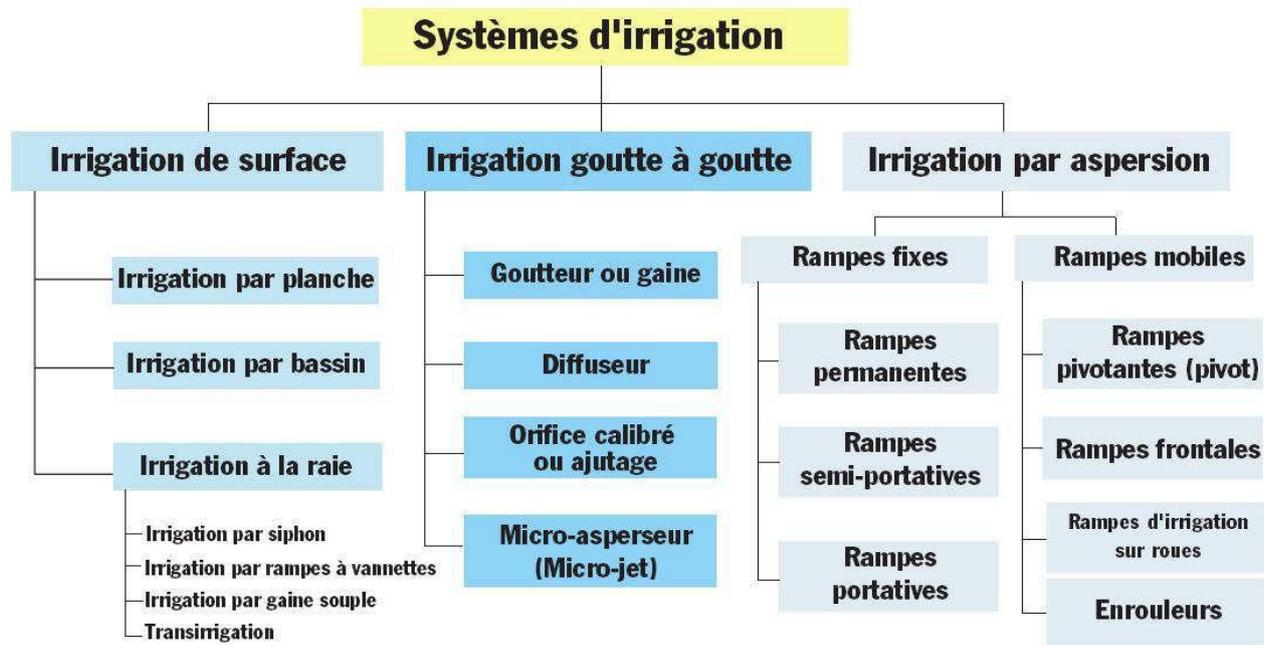


Figure V.1 : Systèmes d'irrigation. (AQUAG à Marrakech).

V.3.1.1. 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.

V.3.1.2. 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.3.1.3. L'arrosage par submersion :

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre une réserve d'eau indispensable au développement des cultures.

V.3.1.4. Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :

a) Avantages :

- ✓ Coût d'investissement relativement faible.
- ✓ Besoins en énergie faibles ou nul.
- ✓ Insensible au vent.
- ✓ Bonne adaptation aux eaux usées.
- ✓ Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

b) Inconvénients :

- ✓ Perte importantes d'eau.
- ✓ Temps d'irrigation important.
- ✓ Nécessité de nivellement du terrain.
- ✓ Main d'œuvre importante.

V.3.2. L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion projette l'eau et tombe à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes.

C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou de buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fines gouttes à la surface du sol.

V.3.2.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

a) **Avantage :**

- ✓ Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation ;
- ✓ Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie ;
- ✓ Elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation ;
- ✓ Elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée ;
- ✓ Elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souples ;
- ✓ Possibilité d'automatisation ;
- ✓ Bonne adaptation à tous les types de sol.

b) **Inconvénients :**

- ✓ Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication ;
- ✓ Elle favorise l'évaporation et le développement des mauvaises herbes ;
- ✓ L'eau donnée en pluie passe le sol et provoque la formation d'une croûte superficielle.

VI.3.2.2. Différentes installations à la parcelle :

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

- L'installation totalement fixe,
- L'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixe, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixés de façon permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

VI.3.2.3. Couverture totale et couverture intégrale :

Dans la couverture totale, qui est le dispositif le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés.

Dans le cas d'une couverture totale la parcelle à arroser est entièrement couverte par des conduites et des arroseurs à poste fixe, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

V.3.3. L'irrigation localisée (Goutte à Goutte) :

La micro irrigation ou « irrigation localisée », appelée aussi goutte à goutte consiste à distribuer par un réseau de canalisations sous faible pression, apportant l'eau à un voisinage immédiat des plantes cultivées.

V.3.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :

a) Avantages :

- ✓ Rendement des cultures importants ;
- ✓ Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;
- ✓ Très faible besoin de main d'œuvre ;
- ✓ Insensibilité au vent ;
- ✓ Economie d'engrais ;
- ✓ Compatible à l'automatisation

b) Inconvénients :

- ✓ Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;
- ✓ Coût très élevé du matériel ;
- ✓ Risque d'obstruction des goutteurs ;
- ✓ Nécessité d'une main d'œuvre spécialisée ;
- ✓ Incompatible avec les cultures en plein champ.

V.4. 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.

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 ;

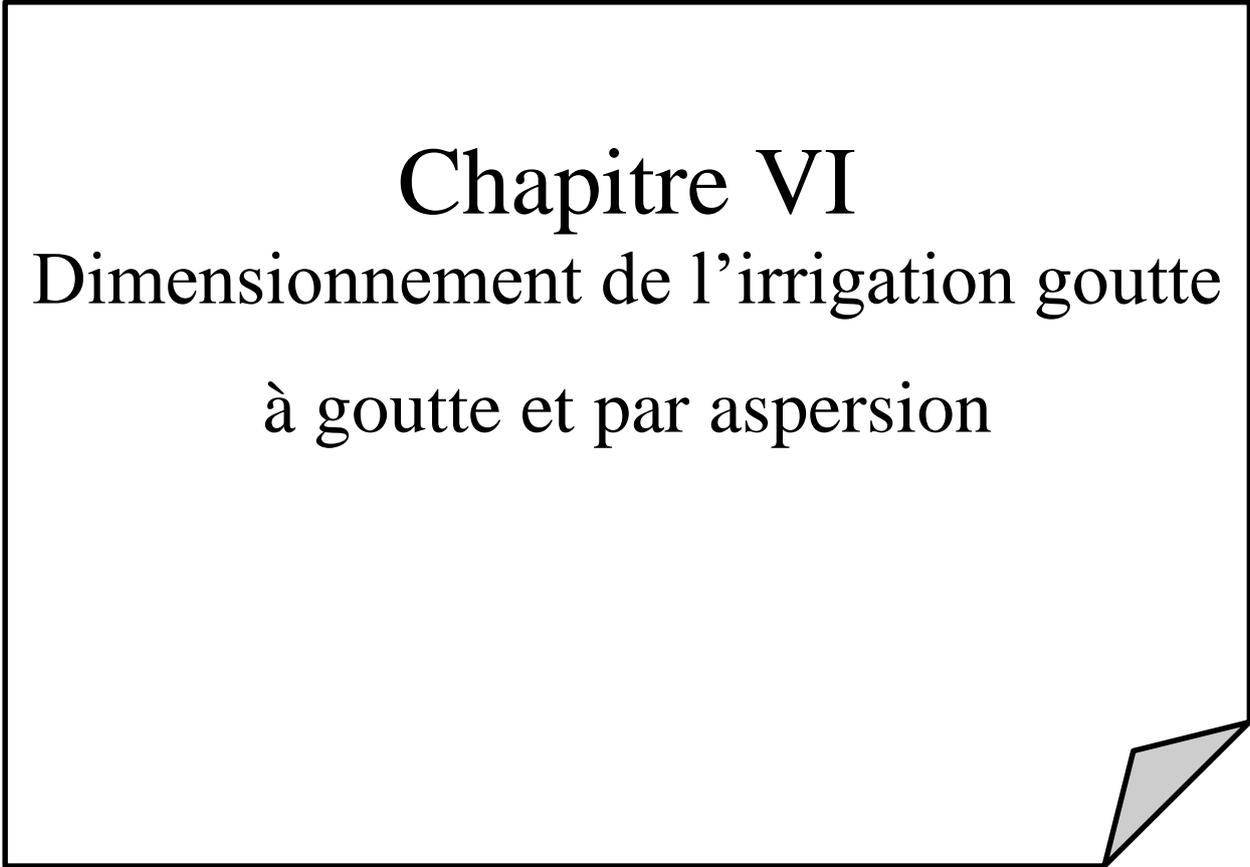
+ + : Adapté ;

+ + + : Très Adapté.

V.5.Conclusion :

En vue des conditions climatiques de la zone d'étude, le type de substrat et des préférences écologiques (intervalles écologiques des cultures disponibles, et les quantités d'eau disponible).

Nous pouvons opter pour des techniques d'irrigation par goutte à goutte et par aspersion.



Chapitre VI
Dimensionnement de l'irrigation goutte
à goutte et par aspersion

Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte et par aspersion***VI.1. Introduction :***

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

Pour ce projet, nous avons choisi l'Olivier comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte et la luzerne pour le dimensionnement de l'aspersion.

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

Le réseau d'irrigation goutte à goutte est installé sur la parcelle 4 ilot 3 ; dont la surface est de 2.4 ha ; alimentée par la borne **B3** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 5 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Données générales :

Culture : Olivier

Besoin de pointe : 130.43 mm (Juillet)

Organisation du réseau : Avec un écartement de 4*4m, et un espacement des goutteurs 1 m,

- Surface : **2.4 ha** ;
- Longueur : **170m** ;
- Largeur : **140 m**.

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4l/h et
- Pression nominale : 10 mce ;
- Espacement des goutteurs : 2 m ;
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2.

VI.2.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :***VI.2.1.1. Influence du taux de couverture du sol :***

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol. On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction « K_r » dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes.

K_r peut être calculé par la formule proposée suivantes.

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs)$$

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

On prendra un coefficient $Kr = 0.80$

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

$$B_{jl} = (130.43/30) * 0.8 = \mathbf{3.48 \text{ mm/j}}$$

VI.2.1.2. Dose nette pratique :

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

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU \times P\%$$

Avec :

- ✓ Hcc : (27%), Hpf : (15%), da=1.35 et Y : (2/3) ;
- ✓ Z : P. racines (1500 mm),
- ✓ P : Pourcentage du sol humidifié

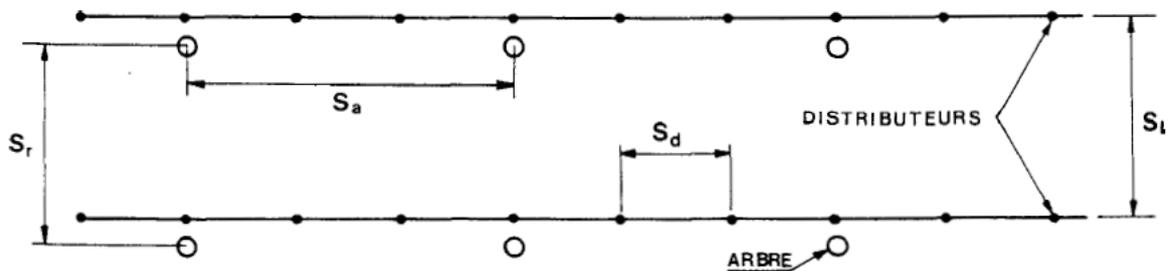


Figure VI.1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

Avec :

- ✓ P : Volume du sol humidifié ;
- ✓ N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2 ;
- ✓ S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre =(2m) ;
- ✓ S_h : Largeur de la bande humidifiée (tirée de la table) = 1m (arbres) ;
- ✓ S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4m) ;
- ✓ S_a : espacement des arbres sur les rangs (4m).

$$P\% = \frac{2.2.1}{4.4} = 25\%$$

$$D_p = \frac{(27-15)}{100} \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1.35 \times 0.25 \text{ on trouve } \mathbf{D_p=40.5 \text{ mm.}}$$

VI.2.1.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :

L'intervalle entre deux d'arrosage (tour d'eau) est donné par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose pratique}}{Bjl} = \frac{40.5}{3.48} = 11.6 \text{ jours}$$

Donc on prend une fréquence de **11 jours**.

VI.2.1.4. Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose pratique :

$$D_p' = Fr. Bjl = 11 \times 3.48 = 38.28 \text{ mm}$$

$$D_{brute} = \frac{38.28}{\text{Ef.Cu}},$$

Avec :

- ✓ Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90% ;
- ✓ Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%.

$$D_{brute} = \frac{Dr}{Cu * eff} = \frac{38.28}{0.9 * 0.9} = 47.25 \text{ mm donc } 48 \text{ mm}$$

VI.2.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{D_{br} * Sa * Sr}{n * Qg};$$

Avec : Sr et Sd espacement entre rang et distributeur,

- N et Qg nombre et débit du goutteur.

$$= \frac{48 * 2 * 4}{2 * 4} = 48h/mois$$

VI.2.1.6. Durée d'arrosage effective :

$$D_j = \text{durée d'arrosage} / Fr = 48/11 = 4.36 \text{ heures/jour}$$

VI.2.1.7. Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{20}{4.36} = 4.58 \text{ On prend } 4 \text{ poste.}$$

VI.2.1.8. Surface du poste :

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{2.4}{4} = 0.6 \text{ ha}$$

$$N_{\text{bre de goutteurs}} = Sp = \frac{\text{Surface totale}}{S_{rxSpd}} = \frac{2.4 \times 10000}{4 \times 2} = 3000 \text{ goutteurs}$$

VI.2.2. Calculs hydrauliques :

- ✓ S=2.4 ha,
- ✓ La longueur de la rampe : 72 m
- ✓ La longueur de la porte rampe : 80m
- ✓ La longueur de la conduite secondaire : 10m,
- ✓ S irriguée = 1.15ha.

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

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

2. La variation maximale de la pression :

$$Q = K \cdot Hx \quad \text{avec : } x=0.5 \text{ (caractéristique du goutteur)}$$

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

Avec : $q(g)$: débit nominal du goutteur

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

Donc selon la règle de Christainsen 10% ΔH singulières = 0.2 m

- Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m ;
- Donc pour les rampes = $2/3 \times 1.8 = 1.2$ m ;
- Pour le porte rampe = $1/3 \times 1.8 = 0.6$ m.

VI.2.3. Dimensionnement des canalisations du réseau :

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

➤ **Les rampes**

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

➤ **Porte-lampes**

C'est la conduite qui alimente les rampes, ils sont généralement en polyéthylène (PEHD). Le

diamètre des rampes ainsi que du porte- rampe est calculé d'après les formules suivantes :

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

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

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe ;
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h ;
- L(r) : la longueur de la rampe en m ;
- $\varnothing r(cal)$: le diamètre de rampes ;
- $\varnothing pr(cal)$: le diamètre de porte rampe.

VI.2.3.1. Pour les rampes : L=140 m

1) Le nombre d'arbres par rampe:

$$N_{arbres} = Lr/Ea = 140/4 = 35 \text{ arbres.}$$

2) Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{arbres} * n = 35 * 2 = 70 \text{ goutteurs.}$$

3) Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g \times Q_g$$

$$Q_r = 4 \times 70 = 280 \text{ l/h}$$

$$P_{dc} = 1.2 \text{ m}$$

4) Diamètre de la rampe :

$$Q_r = 144 \text{ l/h ;}$$

$$P_{dc} = 1.2 \text{ m ;}$$

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

D_rampe = 11.75 mm, on prend DN = **16 mm**.

5) Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm

Perte de charge selon Hazen-williams.

$$\Delta H = \frac{0.478 * L * D^{-4.75} * Q^{1.75}}{2.75}$$

Avec : L : la longueur de la conduite ;

✓ Q : débit (m³/s) et D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

On a: L=140 m, D= 16 mm, Q= 144 l/h

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.28 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$ (vérifiée).

VI.2.3.2. Pour le porte rampe : L=170 m

1) Le nombre des rampes:

$N_r = L_{pr} / E_r = 170 / 4 = 43$ rampes.

2) Débit du porte rampe :

$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 144 \times 43 = 6192 \text{ l/h}$;

3) Diamètre de la porte rampe :

$Q_{pr} = 6192 \text{ l/h}$;

$P_{dc} = 0.6 \text{ m}$;

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

Donc : $D_{pr} = 56.66$ on prend 63 mm.

4) Vérification des pertes de charges :

$$\Delta H = \frac{0.478 * L * D^{-4.75} * Q^{1.75}}{2.75}$$

L=170 m, D= 63mm, Q= 6192 l/h

$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.36 \text{ m} < 0.6 \text{ m}$ (vérifiée)

Donc les pertes de charges sur rampes et porte-rampe sont :

$\Delta H_{\text{rampe+porte rampe}} = 0.64 \text{ m} < 1.8 \text{ m}$ (Règle de Christiansen Vérifiée).

VI.2.3.3. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire :

$N_{pr}=1$ (1 seul porte rampe)

$$Q_{csl}=Q_{pr}*N_{pr} = 6192*1 = 6192 \text{ l/h} = 0.0017025 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

Donc on prend $\phi_{pr} = 63 \text{ mm}$

Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution

Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques du réseau goutte à goutte

| Conduites | La rampe | Porte rampe | C. tertiaire |
|---------------------------|----------|-------------|--------------|
| Longueur(m) | 140 | 170 | 100 |
| Diamètre(m) | 16 | 63 | 63 |
| Débit (m ³ /s) | 0.000077 | 0.00172 | 0.00172 |
| Pertes de charge(m) | 0.28 | 0.36 | 0.10 |

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

$$P(m) = 10+0.28+0.36+0.10= \mathbf{10.74 \text{ m} = 1.074 \text{ bar}}$$

Donc la pression requise est nettement inférieure à celle de la borne.

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

Le réseau d'irrigation par aspersion est installé sur la parcelle P2 ; dont la surface est de 2.2 ha ; alimentée par la borne **B9** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 5 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle. (**Paul Audoye, Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat,2007**).

Données générales :

- ✓ **Choix de la culture** : Luzerne
- ✓ **Choix du mode de couverture** : couverture totale.
- ✓ **Temps de travail** : 20 heures par jour, et 26 jours par mois
- ✓ **Besoins en de pointes** : 158,34 mm/mois pour le mois de mai.
- ✓ **Perméabilité du sol** : le sol est de type argileux- limoneux estimée de : $K= 7.2 \text{ mm/h}$.

VI.3.1. Dose pratique : RFU :

elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z = 118.8 \text{ mm}$$

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

Da : densité apparente : égale à 1.35

Z : profondeur d'enracinement mm (120cm)

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (28%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (17%).

VI.3.2. Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $k = 7.2 \text{ mm/h}$. pluviométrie admissible.

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

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

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

$$d = \frac{p \times 1.04}{1.5} \text{ D'où : } d = \frac{7.2 \times 1.04}{1.5} = 4.992 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot (Annexe 6), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

VI.3.3. Calcul de la portée du jet (L) :

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

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

Ou : d : diamètre de la buse (mm)

✓ h : pression à la buse (m), dans notre cas $P = 3 \text{ bars}$, $h = 30 \text{ m}$.

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

D'après le catalogue (voir annexe I), pour le diamètre de la buse de 4,8mm à une pression de 3 bars la portée sera de 15.38m.

VI.3.4. Ecartements entre les rampes et arroseurs :

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

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

Notre zone d'étude présente des vitesses pour des vents faibles de l'ordre de 3 m/s, donc on prend les valeurs suivantes :

$$El = 1.25 \times 16 = 20 \text{ m}$$

$$Ea = 0.8 \times 16 = 12.8 \text{ m}$$

On prend les valeurs normalisées des écartements multiple de 6 :

$$El = 18 \text{ m}, \quad Ea = 12 \text{ m}.$$

VI.3.5. Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :

VI.3.5.1. Débit de l'asperseur :

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

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \sqrt{2 \times g \times h} = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8 \times 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \times 30}$$

Avec q débit de l'asperseur (m³/s). = 0.000417 m³/s = 1.50 m³/h

VI.3.5.2. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

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

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

$$D'où \quad p = \frac{q}{El \times Ea} = 6.94 \text{ mm/h}$$

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

VI.3.6. Paramètres d'arrosage :

VI.3.6.1. Calcul du tour d'eau :

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose}_{\text{RFU}} \cdot N_j}{Bmp}$$

Dose_{RFU} = 118.8 mm, N_j = 26, Bmp = 158.34 mm

T_{eau} = 19.5 jours, On prend un T_{eau} = 15 jours.

VI.3.6.2. Nombre d'irrigation par mois :

donc on irrigue 30/15 = 2 fois.

VI.3.6.3. calcul de la dose réelle :

Dose_{réelle} = T_{eau} × la dose journalière = Dose_{réelle} = 15 × 5.28 mm = 79.2 mm .

VI.3.6.4. Calcul de la dose brute :

$$\text{Dose}_{\text{brute}} = \frac{Dr}{0.75} = 105.6 \text{ mm}.$$

VI.3.6.5. Temps d'arrosage :

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

$$T = \frac{\text{Dose-brute}}{k \text{ pluviométrie}} = \frac{105.6}{6.34} \approx 16 \text{ heures}$$

Donc on pourra adopter une position par jour pour un asperseur, sans dépasser 16 heures.

VI.3.6.6. Calcul de l'unité d'arrosage

$$S_u = \frac{S}{T \text{-eau} \times N} = \frac{2.2}{16 \times 1} = 0.1375 \text{ ha}$$

VI.3.6.7. Calcul du débit d'équipement :

Il se calcule comme suit :

$$Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T_a \times n \times N_j} = \frac{2.2 \times 158,34 \times 10}{16 \times 1 \times 26 \times 0.75} = 11.165 \text{ m}^3/h$$

VI.3.6.8. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

$$V = Q_{\text{asp}} \times N_p \times T_a \times N_j ;$$

$$V = 1.5 \times 2 \times 9 \times 26 = 702 \text{ m}^3.$$

VI.3.6.9. Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :

$$V_t = (B_{mp} \times L_r \times L_{ar}) / 1000 = (158,34 \times 120 \times 183) / 1000 = 3477.1464 \text{ m}^3.$$

VI.3.6.10. Nombre d'asperseurs (à acheter) Nombre d'asperseur requis

$N_{\text{asp}} = (\text{surface unitaire à arroser (m}^2\text{)}) / (\text{implantation}) ;$

$$N_{\text{asp}} = \frac{S_u \times 10000}{E_l \times E_a} = \frac{0.1375 \times 10000}{12 \times 18} = 6.365 = 7 \text{ asperseurs.}$$

VI.4. Calculs hydrauliques :**VI.4.1. Dimensionnement hydraulique des rampes :**

- ✓ La longueur du terrain est de 183m,
- ✓ La largeur du terrain est de 120 m.

VI.4.1.1. La longueur de la rampe :

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

La longueur de la rampe est donc :

- Pour le type 1 : $L = n \cdot E$;
- Pour le type 2 : $L = (n - 0,5) \cdot E$.

D'ou :

$$L_r = \frac{\text{largeur de terrain}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

$$L_r = \frac{120}{2} - \frac{12}{2} = 54\text{m}$$

VI.4.1.2. Nombre d'asperseurs/rampe :

$$N_{\text{asp}}/R : \frac{L_r}{Ea} = \frac{54}{12} = 5 \text{ asperseurs.}$$

VI.4.1.3. Nombre de rampes :

On travaille avec une rampe et 5asperseurs.

VI.4.2. Dimensionnement de la rampe :

VI.4.3.1. Le débit de la rampe :

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

$$Q_r = 1,5 \times 5 = 7.5 \text{ m}^3/\text{h.} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} ;$$

VI.4.2.1. Nombre de position des rampes :

$$N_{\text{position rampe}} = \frac{183}{El} \approx 10.16$$

Avec :

✓ L_r : longueur du terrain = 183m, et El : espacement entre les rampes (=18m).

Le nombre de rampes égale à 10

VI.4.2.2. Calcul du Diamètre de la rampe :

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

Avec :

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

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

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 2 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.041 \text{m} = 41 \text{ mm.}$$

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

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

Donc le diamètre de la rampe normalisé = 50mm ce qui permet de calculer la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 2 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.05^2} = 1.018 \text{ m/s} \leq V_{\text{adm.}}$$

VI.4.3. Dimensionnement de la porte rampe :**VI.4.3.1. Longueur de la porte Rampe :**

La longueur de la porte rampe est calculée par :

$$L_{pr} = L - \frac{El}{2} = 174\text{m} ;$$

VI.4.3.2. Débit de porte rampe :

$$Q_{P-r} = Q_{asp} \times N_{asp/rampe} \times N_{rampe} ;$$

$$Q_{P-r} = 4.17 \times 10^{-4} \times 5 \times 1 = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}.$$

VI.4.3.3. Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$\text{Diamètre de la porte-rampe : } D_{p-r} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} ;$$

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

On suppose que $v = 1.5 \text{m/s}$ et on calcule D_{p-r} .

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.002}{\pi \times 1.5}} = 0.041 \text{m} = 41 \text{mm} ;$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{p-r} = 50 \text{mm}$). Donc la nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 2 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.05^2} = 1.018 \text{ m/s} \leq V_{adm}.$$

VI.4.4. Calcul des pertes de charge :

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

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

Avec : J = Perte de charges linéaire en m ;

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

VI.4.4.1. les pertes de charge de la rampe :

on a $L_{rampe} = 54 \text{m}$; $D_r = 0.05 \text{ m}$; $Q_r = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

Donc $\Delta H_{rampe} = 1,33 \text{ m}$;

VI.4.4.2. les pertes de charge de la porte rampe :

On a: $L_{pr} = 174 \text{m}$; $D_{pr} = 0.05 \text{ m}$; $Q_{pr} = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$.

Donc $\Delta H_{rampe} = 4,284761337 \text{ m}$, la perte de charge est importante.

On prend donc le diamètre du porte-rampe de 75 mm, les pertes de charges sont donc de **0.59 m**.

Les résultats sont présentés dans le tableau VI.2 :

Tableau VI.2: Résultat de calcul pratique d'aspersion.

| Conduites | Rampe | Porte Rampe |
|----------------------------|-------|-------------|
| Longueur (m) | 54 | 174 |
| Diamètre (mm) | 50 | 75 |
| Débit (m ³ /h) | 0.002 | 0.002 |
| Vitesse (m/s) | 1.018 | 1.018 |
| Perte de charge totale (m) | 1.33 | 0.59 |

$\Delta H_t = 1.33 + 0.59 = 1.92$ m de perte de charge (<10%), la règle de Christiansen est vérifiée.

VI.4.5. Calcul de la pression en tête du réseau :

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

Avec :

- ✓ H : pression à la tête de la parcelle.
- ✓ H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3.0bar).
- ✓ H2 : perte de charge totale.
- ✓ H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

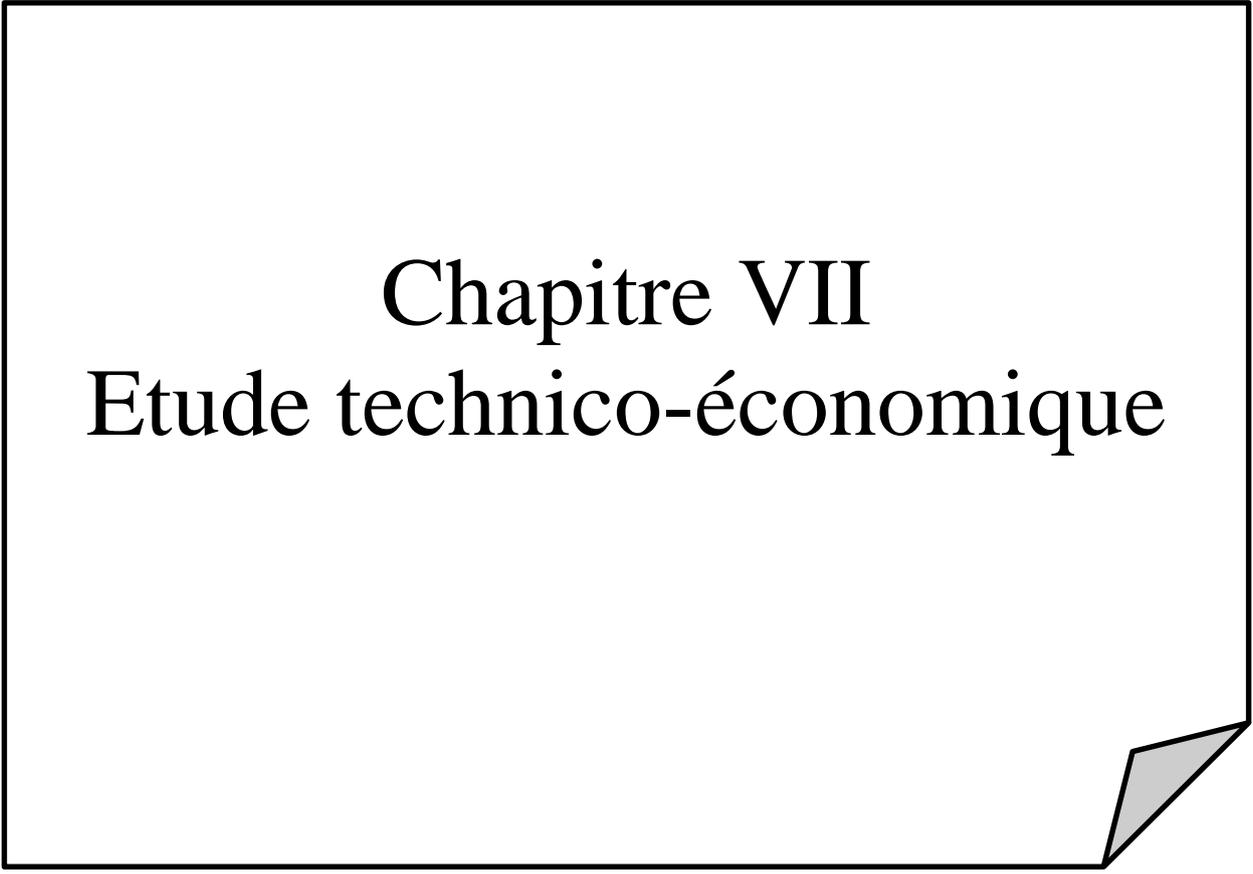
$$H = 30 + 1.92 + 0 = 30.92 \text{ m.}$$

Donc la pression = 3.029 bars ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 5bars.

IV.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte, pour la culture l'olivier et un réseau d'aspersion pour la culture de pomme de terre (as).

L'utilisation de ces systèmes a pour but d'économiser l'eau d'irrigation, et aussi d'améliorer les rendements des cultures, ce qui permettra d'intensifier les cultures dans la wilaya de Skikda.



Chapitre VII
Etude technico-économique

Chapitre VII : Etude technico-économique.**VII.1. Introduction :**

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

Ces travaux constituent :

- ✓ Le système d'adduction ;
- ✓ Le réseau de distribution ;
- ✓ La station de pompage.

VII.2. Exécution des travaux de pose des canalisations :**1. Exécution des tranchées:**

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

2. Pose du lit de sable :

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

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

Dans notre cas on a une épaisseur de 20 cm.

3. Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

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

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

4. Assemblage des conduites en PEHD :

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

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

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

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

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

5. Contrôle du compactage des tranchées :

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

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

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

VII.3. Choix des engins du chantier :

Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau VII.1.

Tableau VII.1. Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.

| Nom de l'engin | Rôle de l'engin |
|-------------------------------|---|
| Un chargeur | Charger les déblais excédentaires dans les camions. |
| Une pelle mécanique | Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai. |
| Un compacteur à rouleau lisse | Compacter la couche de sable de 20 cm. |
| Un camion | Evacuer les déblais. |
| Appareil de soudure | Assurer l'assemblage des conduites. |
| Sonde battu | Contrôler le compactage des tranchées. |
| Une dame sauteuse | Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support. |



Figure VII.1. Une pelle mécanique.

VII.3.1. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

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

| Conduites | Type de conduite | Unités de mesure | Quantité | Prix unitaire | Montant (DA) |
|--------------------|------------------|------------------|----------|---------------|--------------------|
| | | | (m) | (DA/m) | |
| Ø 110 | PEHD | ml | 500 | 416,1 | 208050 |
| Ø 200 | PEHD | ml | 850 | 1358,5 | 1154725 |
| Ø 250 | PEHD | ml | 800 | 2109 | 1687200 |
| Ø 315 | Fonte | ml | 800 | 3363 | 2690400 |
| Ø400 | Fonte | ml | 1070 | 5396 | 5773720 |
| Ø500 | fonte | ml | 1574 | 8393 | 13218452 |
| Total (HT) | | | | | 24938222 |
| TVA (19%) | | | | | 4738262,18 |
| Total (TTC) | | | | | 20199959,82 |

VII.3.2. Frais des travaux sur réseau d'irrigation :

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

VII.3.2.1. Calcul des volumes de remblai et de déblai :✓ **La longueur du fond de tranchée :**

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

$$B=D+(2\times 0.3) ;$$

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

✓ **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H=D+0.8+e ;$$

e=hauteurs du lit de pose (m).

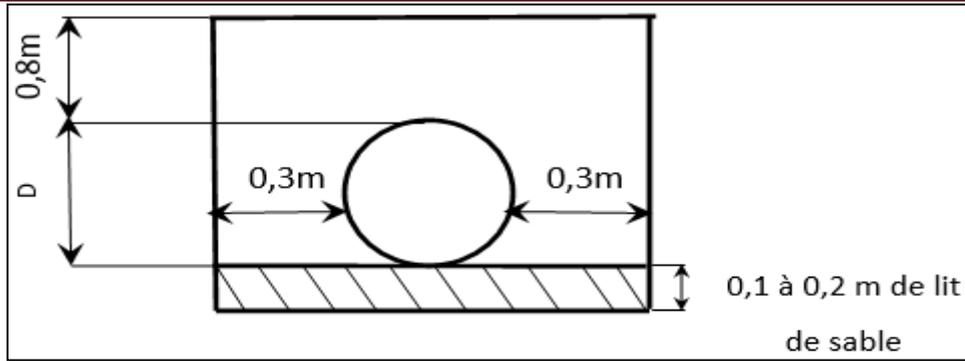


Figure VII.2 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

✓ **Volume de déblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$S=B \times H.$$

$$V_{\text{déblai}}=V_d-V_c-V_s;$$

V_d : volume de déblai (m^3) ;

V_s : volume du sable (m^3) ;

V_c : volume occupé par la conduite (m^3). $V_c=L \times (\frac{\pi \times D^2}{4})$.

✓ **Volume de lait du sable :**

Ce lit correspond à une couche de sable de 12 cm sur le fond de la tranchée.

$$V_s=e \times B \times L ;$$

Tableau VII.3. Calcul des différents volumes.

| Conduites | Type de conduite | La longueur (m) | La largeur (m) | La hauteur (m) | V déblai | V sable | V conduit | V remblai |
|-----------|------------------|-----------------|----------------|----------------|----------|---------|-----------|-----------|
| | | | | | m^3 | m^3 | m^3 | m^3 |
| 110 | PEHD | 500 | 0,71 | 1,11 | 394,05 | 35,50 | 4,75 | 389,30 |
| 200 | PEHD | 850 | 0,8 | 1,2 | 816,00 | 68,00 | 26,70 | 789,30 |
| 250 | PEHD | 800 | 0,85 | 1,25 | 850,00 | 68,00 | 39,27 | 810,73 |
| 315 | Fonte | 800 | 0,915 | 1,315 | 962,58 | 73,20 | 62,34 | 900,24 |
| 400 | Fonte | 1070 | 1 | 1,4 | 1498,00 | 107,00 | 134,46 | 1363,54 |
| 500 | Fonte | 1574 | 1,1 | 1,5 | 2597,10 | 173,14 | 309,05 | 2288,05 |

Tableau VII.4. Coût des travaux de terrassement.

| volumes | unité de mesure | quantités | prix unitaire (DA) | montant (DA) |
|------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|--------------------|
| Déblai | m ³ | 7117,73 | 1000 | 7117730 |
| Pose du lit de sable | m ⁴ | 524,84 | 1100 | 577324 |
| Remblai de la tranchée | m ⁵ | 576,5843537 | 600 | 345950,6122 |
| Evacuation de terres | m ⁶ | 6541,145646 | 500 | 3270572,823 |
| | | | total | 11311577,44 |
| | | | TTC | 13460777,15 |

VII.4 Estimation du coût du réservoir :*Tableau VII. 5 Estimation des coûts du réservoir.*

| Désignation | Unitée | Quantité | Prix unitaire (DA) | Montant (DA) |
|-----------------------------|----------------|----------|-----------------------|---------------------|
| Terrassement | m ³ | 731,13 | 450,00 | 329 008,50 |
| Béton de propreté | m ³ | 62,83 | 6 000,00 | 376 980,00 |
| Béton armé | m ³ | 232,43 | 35 000,00 | 8 135 194,08 |
| Etude géotechnique | /// | 1 | 500 000,00 | 500 000,00 |
| Chambre de vanne | /// | 1 | 45 000,00 | 45 000,00 |
| Equipements hydromécaniques | /// | 1 | 100 000,00 | 100 000,00 |
| Total | | | | 9 486 182,58 |

VII.5 Estimation des coûts de la station de pompage :**Tableau VII. 6 : Coûts de construction de l'abri de la station.**

| Description | | Qtte | Prix unitaire (DA) | Montant (DA) |
|-------------------|----------------|------------|---------------------------|-------------------|
| Terrasse h | | 20 | 2000 | 40000 |
| Béton | Béton(m3) | 95,548 | 7500 | 716610 |
| Acier | Acier14(m) | 5098,08 | / | / |
| | Acier14(barre) | 425 | / | / |
| | Acier14(Q) | 61 | 9000 | 546222,857 |
| | Acier8(m) | 18526,4 | / | / |
| | Acier8(barre) | 1544,46667 | / | / |
| | Acier8(Q) | 74 | 8000 | 588368,254 |
| Maçonnerie | Briques | 4826 | 18 | 86868 |
| | hourdis | 864 | 45 | 38880 |
| | poutrelles | 151,2 | 230 | 34776 |
| | Fiche poteau | 28 | 7000 | 196000 |
| | Chappe | 115,2 | 1500 | 172800 |
| | Poteaux | 28 | 6500 | 182000 |
| | Dalle | 115,2 | 1500 | 172800 |
| | briquetage | 492,48 | 400 | 196992 |
| Total (DA) | | | | 2972317.11 |

VII.6 Estimation des coûts du réseau d'irrigation :**VII.6.1 Par aspersion :****Tableau VII. 7 : Coût du réseau d'aspersion.**

| Désignation | Unité | Prix unitaire (DA) | Quantité | Montant (DA) |
|--------------------------------|-----------|-----------------------|---------------|------------------|
| Porte rampe DN 75mm | ml | 260,36 | 174,00 | 45302.64 |
| Rampe DN 50mm | ml | 214,26 | 540 | 115700.4 |
| Asperseu r | U | 1116 | 50 | 55800 |
| Total | | | | 216803.04 |

VII.6.2 Réseau goutte à goutte :**Tableau VII. 8 : coût du réseau d'irrigation localisée.**

| Désignation | Unité | Prix unitaire (DA) | Quantité | Montant (DA) |
|---------------------------|-------|--------------------|----------|------------------|
| Porte ramp DN 63mm | ml | 234,26 | 170,00 | 39824.2 |
| Rampe DN 16mm | ml | 31 | 6020 | 186620 |
| Goutteurs | U | 1596 | 3010 | 4803960 |
| Total | | | | 5030404.2 |

Tableau VII.9 : Devis estimatif total du projet

| Désignation | Prix hors taxe (DA) | Montant TTC (DA) |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|
| Pose de la conduite | 36249799,44 | 43137261,33 |
| Reservoir | 9486182,58 | 11288557,27 |
| Station de pompage | 2972317,11 | 3537057,361 |
| Réseau d'aspersion | 216803,04 | 257995,6176 |
| Réseau goutte à goutte | 5030404,2 | 5986180,998 |
| Total | 53955506,37 | 64207052,58 |

VII.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et déterminé les engins nécessaires pour faciliter l'opération de pose. Une pose bien faite influe positivement sur la canalisation qui va devenir un excellent outil de transport, sûr, économique et durable.

En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs. Le cout total du projet (TTC) est de l'ordre de : Soixante-quatre millions deux cent-sept mille cinquante-deux Dinars Algériens (64207052,58 DA)

Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons abordé dimensionnement de notre périmètre de ZIT EMBA W. SKIKDA, de superficie 200 Ha qui a effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

En premier lieu, une étude détaillée de la région et sous différents angles a permis de classer son climat comme étant subhumide avec un hiver humide et un été chaud.

Deuxièmement il a été question de l'identification des ressources en sol et en eau disponible dans notre région afin de les exploiter au mieux dans la réalisation du projet.

Puis vient alors l'estimation et le calcul des besoins en eau des cultures mise en place dans l'objectif de leur assurer une bonne alimentation en eau car les rendements en dépendent.

Le système d'adduction est l'épine dorsale de l'aménagement puisque c'est grâce au bon dimensionnement de ses divers ouvrages que l'opération d'acheminer l'eau au périmètre se fera de manière optimale.

Pour compléter notre travail, un choix des techniques d'irrigation s'est imposé tout en veillant à ce que l'économie et la gestion de l'eau soit une priorité.

Après d'avoir opté pour la technique du goutte à goutte et celle de l'aspersion étant donné les multiples avantages qu'elles offrent on est passé au dimensionnement à la parcelle.

Estimer le cout du projet est primordiale car l'ingénieur doit avoir la notion de la faisabilité technique mais aussi de la rentabilité économique, dans notre cas l'aménagement demande un montant d'environ cent vingt millions de dinars, cette hausse du prix est due à l'installation d'une station de pompage et un réservoir de stockage qui sont nécessaires, d'une part pour garantir les pression aux asperseur, et d'autre part pour éviter une mauvaise installation du réseau d'irrigation qui mènera à son dysfonctionnement

Les abréviations

DSA Skikda. Direction du Service Agricole.

ONID SKIKDA. Office national d'irrigation et drainage

ONM. Office Nationale de la Météorologie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **AGRED.A (2014)** : MEMOIRE DE FIN D'ETUDES l'irrigation du périmètre de Zit-Emba (zone nord) à partir du Barrage de zit-emba wilaya de Skikda ,2014 ;
- **ONID.** Aménagement hydro agricole du périmètre Zit Emba 6416ha wilaya de Skikda (avant projet detaille) ;
- **Touaibia, B, (2004).** Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
- **Doorenbos et puill, (1976).** Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures.
Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.
- **FAO N°24.** Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975 (A C* E F).
- **Paul Audoye, Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat.** Bases techniques de l'irrigation par aspersion, 2007.
- **Tiercelin,1998.** Traité d'irrigation, paris .1011p.
- **BROUWER.** Méthodes d'irrigation. 1990, 80p

Annexes :

Annexe 1

Coefficients culturaux (Kc)

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

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

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

ANNEXES

Annexe 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

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur

| Diamètre extérieur nominal d_n (mm) | Diamètre extérieur moyen | |
|---------------------------------------|--------------------------|----------------|
| | d_{ext} (mm) | d_{ext} (mm) |
| 16 | 16,0 | 16,3 |
| 20 | 20,0 | 20,3 |
| 25 | 25,0 | 25,3 |
| 32 | 32,0 | 32,3 |
| 40 | 40,0 | 40,4 |
| 50 | 50,0 | 50,4 |
| 63 | 63,0 | 63,4 |
| 75 | 75,0 | 75,5 |
| 90 | 90,0 | 90,6 |
| 110 | 110,0 | 110,7 |
| 125 | 125,0 | 125,8 |
| 140 | 140,0 | 140,9 |
| 160 | 160,0 | 161,0 |
| 180 | 180,0 | 181,1 |
| 200 | 200,0 | 201,2 |
| 225 | 225,0 | 226,4 |
| 250 | 250,0 | 251,5 |
| 280 | 280,0 | 281,7 |
| 315 | 315,0 | 316,9 |
| 355 | 355,0 | 357,2 |
| 400 | 400,0 | 402,4 |
| 450 | 450,0 | 452,7 |
| 500 | 500,0 | 503,0 |
| 560 | 560,0 | 563,4 |
| 630 | 630,0 | 633,8 |
| 710 | 710,0 | 716,4 |
| 800 | 800,0 | 807,2 |
| 900 | 900,0 | 908,1 |
| 1000 | 1000,0 | 1009,0 |
| 1200 | 1200,0 | 1210,8 |
| 1400 | 1400,0 | 1412,6 |
| 1600 | 1600,0 | 1614,4 |

Annexe 4

Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

| Ø de la buse Ø 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 | 3,6 |
| | 3,5 | 16,5 | 1,63 | 18/24 | 24/24 | 324 | 576 | 3,78 | 2,82 |
| | 4,0 | 17 | 1,75 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 4,05 | 3,04 |
| 5,0 | 2,5 | 14,5 | 1,48 | 18/18 | 18/24 | 432 | 432 | 4,57 | 3,43 |
| | 3,0 | 16,5 | 1,63 | 18/18 | 18/24 | 432 | 432 | 5,04 | 3,77 |
| | 3,5 | 17 | 1,76 | 18/24 | 24/24 | 324 | 576 | 4,08 | 3,05 |
| | 4,0 | 17,5 | 1,88 | 18/24 | 24/24 | 324 | 576 | 4,35 | 3,26 |
| 5,5 | 2,5 | 15,2 | 1,82 | 18/18 | 18/24 | 432 | 432 | 5,62 | 4,22 |
| | 3,0 | 17 | 1,99 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 4,61 | 3,45 |
| | 3,5 | 17,5 | 2,14 | 18/24 | 24/24 | 324 | 576 | 4,95 | 3,71 |
| | 4,0 | 18 | 2,29 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 5,31 | 3,98 |
| 6,0 | 2,5 | 16,2 | 2,16 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 5,00 | 3,75 |
| | 3,0 | 17,5 | 2,37 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 5,50 | 4,12 |
| | 3,5 | 18 | 2,56 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 5,92 | 4,43 |
| | 4,0 | 18,5 | 2,74 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 6,35 | 4,76 |
| 7,0 | 2,5 | 17,5 | 2,96 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 6,9 | 5,1 |
| | 3,0 | 18,0 | 3,22 | 18/24 | 24/24 | 432 | 576 | 7,5 | 5,6 |
| | 3,5 | 18,5 | 3,48 | 24/24 | 24/24 | 576 | 576 | 6,0 | 6,0 |
| | 4,0 | 19,0 | 3,73 | 24/24 | 24/30 | 576 | 720 | 6,5 | 6,7 |

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)

Annexe 5

Perte de charge Lechapt-Calmon

A/ NOTATIONS - EXPLOITATION DE LA TABLEFormule utilisée

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

où Q est en m³/s ; D en mètre ; J en mm/m
valable pour une eau à 10° centigrades.

| | | | |
|---------------|-----------|-----------|----------|
| 1 - K = 2 | L = 1,863 | M = 2 | N = 5,33 |
| 2 - K = 1 | L = 1,601 | M = 1,975 | N = 5,25 |
| 3 - K = 0,5 | L = 1,40 | M = 1,96 | N = 5,19 |
| 4 - K = 0,25 | L = 1,160 | M = 1,93 | N = 5,11 |
| 5 - K = 0,1 | L = 1,100 | M = 1,89 | N = 5,01 |
| 6 - K = 0,05 | L = 1,049 | M = 1,86 | N = 4,93 |
| 7 - K = 0,025 | L = 1,01 | M = 1,84 | N = 4,88 |
| 8 - K = 0 | | | |

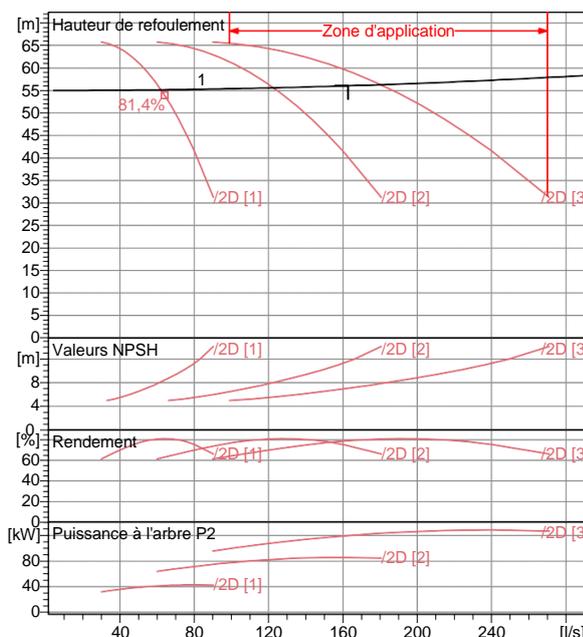
Annexe 6

Les caractéristiques de la pompe choisie.



COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| E12S55/2D + MC860 | |
| Caractéristiques requises | |
| Débit | 163 l/s |
| Hauteur de refoulement | 56 m |
| Fluide | Eau potable |
| Température | 290 K |
| Type d'installation | Pompes identiques en parallèle |
| N.be de pompes | 3 |
| Caractéristiques de la pompe | |
| Débit | 60,1 l/s |
| Hauteur de refoulement | 56,3 m |
| Puissance absorbée | 41,1 kW |
| Rendement | 81% |
| Hauteur manométrique H(Q=0) | 59,9 m |
| Orif. de refoulement | 150 mm |
| Caractéristiques moteur | |
| Fréquence | 50 Hz |
| Tension nominale | 400 V |
| Vitesse nominale | 2900 1/min |
| Nombre de pôles | 2 |
| Puissance nominale P2 | 45 kW |
| Courant nominal | 88,5 A |
| Type de moteur | 3~ |
| Classe d'isolation | Y |
| Degré de protection | IP 68 |
| Limites opérationnelles | |
| Démarrages / h max. | 8 |
| Température maxi. du liquide pompé | |
| Teneur maximum en matières solides | 40 g/m ³ |
| Densité max. | 998 kg/m ³ |
| Viscosité maxi. | 1 mm ² /s |
| Caractéristiques générales | |
| Poids | 270 kg |

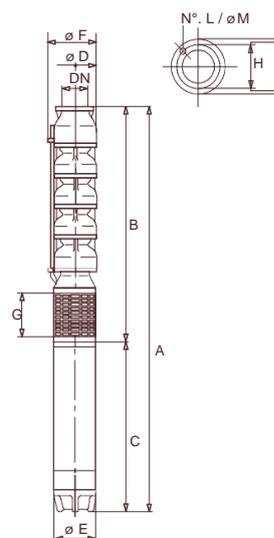


Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

| Q [l/s] | H [m] | P [kW] | Rend. [%] | NPSH [m] |
|---------|-------|--------|-----------|----------|
| | | | | |

Dimensions mm

- A = 2059
- B = 832
- C = 1227
- D = 240
- DN = 150
- E = 191
- F = 264
- G = 198
- H = 206
- I = 234
- L = 6
- M = 16



| Matériaux | |
|-----------------------------|------------------|
| CONSTRUCTION POMPE | |
| Corps du clapet | Fonte |
| Clapet | Fonte/Acier inox |
| Corps d'aspiration | Fonte |
| Corps d'étage | Fonte |
| Arbre | Acier inox |
| Roue | Fonte |
| Bague d'usure | Caoutchouc |
| Crépine | Acier inox |
| Gouttière protection câbles | Acier inox |
| Accouplement | Acier inox |
| CONSTRUCTION MOTEUR | |
| Support supérieur | Fonte |
| Support inférieur | Fonte |
| Chemise stator | Acier inox |
| Arbre | Acier inox |
| Anneau d'étanchéité | Acier-caoutchouc |
| Para-sable | Caoutchouc |
| Bobinage | Cuivre isolé |
| Butée | Type Michell |

Notes:

| | | | |
|------|------|----------|--------|
| Date | Page | Offre n° | Pos.N° |
|------|------|----------|--------|