



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**ETUDE D'AMÉNAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU
PÉRIMÈTRE HASSI KHEFFIF (120 ha) À PARTIR D'UN
FORAGE (WILAYA D'OUARGLA)**

Présenté par :

DJELLAI Mounia

Devant les membres du jury

| Nom et Prénoms | Grade | Qualité |
|-----------------------------|--------------|----------------|
| Mr.KAHLERRAS Djillali | M.C.A | Président |
| Mr.KHEDIMALLAH Abderrahmane | M.C.B | Examineur |
| Mr.BOUZIANE Omar | M.A.A | Examineur |
| Mr.MEDDI Mohamed | Professeur | Promoteur |

Session Novembre 2024

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Tout d'abord, je remercie **Mr.MEDDI Mohamed**, pour son encadrement précieux, ses conseils avisés et son soutien tout au long de ce travail. Sa disponibilité et son expertise ont été des atouts majeurs dans la réalisation de ce projet.

Je souhaite également remercier l'ensemble de mes professeurs, pour leurs enseignements enrichissants et leur encouragement constant. Vos conseils et vos remarques critiques ont grandement contribué à la qualité de mon travail.

Je n'oublie pas de remercier ma famille et mes amies, pour leur encouragement inconditionnel et leur compréhension pendant cette période exigeante.

Enfin, je remercie l'Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (AGIR, Ouargla), pour leur aide et leurs ressources qui ont facilité cette recherche.

A chacun d'entre vous, je suis profondément reconnaissant pour votre contribution à la réussite de ce mémoire.

DJELLAI Mounia

DÉDICASE

Je dédie ce mémoire

À ma mère, pour son amour inconditionnel et son soutien constant ; à mon père, pour sa sagesse et ses encouragements ; à ma sœur, pour sa complicité et sa joie de vivre ; et à mes frères, pour leur camaraderie et leur force. Vous avez tous joué un rôle essentiel dans mon parcours, et je vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous faites.

À mes amies **Roumaïssa, Houda, Samah, Lara et Zineb** qui ont toujours été là pour m'encourager et me soutenir. Merci pour votre patience, vos conseils précieux et votre confiance. Sans vous, ce projet n'aurait pas été possible. Votre amour et votre amitié illuminent mon chemin et me motivent à donner le meilleur de moi-même. Merci d'être des piliers dans ma vie. Les souvenirs que nous avons partagés resteront gravés dans mon cœur. Vous êtes des trésors dans ma vie, et je vous en suis profondément reconnaissant.

Avec toute mon affection,

DJELLAI Mounia

ملخص :

الهدف الرئيسي من هذه المذكرة هو إيجاد حلول لتنمية المنطقة الزراعية حاسي الخفيف (120 هكتار) الواقعة في منطقة نقوسة بولاية ورقلة. تستند هذه الطريقة إلى تحليل شامل للبيانات المناخية والزراعية لتوجيه اختيار المحاصيل وتحديد احتياجات المياه لنظام توزيع فعال. اعتماد تقنيات السقي الحديثة، مثل السقي بالرش والسقي بالتنقيط، يهدف إلى تحديث نظام التوزيع وتحسين إنتاجية المحاصيل وضمان ربحية المشروع.

الكلمات المفتاحية: المنطقة الزراعية، السقي بالرش، السقي بالتنقيط، نظام التوزيع.

Résumé :

L'objectif principal de ce mémoire est de définir la gestion des périmètres irrigués pour l'aménagement hydro-agricole du périmètre HASSI KHEFFIF (120 ha) situé à N'GOUSSA (wilaya d'OUARGLA), à partir d'un forage albien. Cette démarche repose sur une analyse approfondie des données climatologiques, pédologiques et agronomiques afin d'orienter le choix des cultures et de déterminer les besoins en eau pour un système d'adduction efficace. L'adoption de techniques d'irrigation modernes, comme l'aspersion et le goutte-à-goutte, vise à moderniser le système de distribution, optimiser les rendements agricoles, et assurer la rentabilité du projet.

Mots - clés : Aménagement hydro-agricole du périmètre, Forage albien, Système d'adduction, Aspersion, Goutte-à-goutte, Système de distribution.

Abstract:

The main objective of this project is to define the management of irrigated perimeters for the agricultural water development of the HASSI KHEFFIF (120 ha) located in N'GOUSSA (OUARGLA province), from Albian drilling. This approach is based on a thorough analysis of climatological, pedagogical and agronomic data in order to guide the choice of crops and determine water needs for an efficient supply system. The adoption of modern irrigation techniques, such as sprinkler and drip irrigation, aims to modernize the distribution system, optimize crop yields, and ensure the profitability of the project.

Keywords: The management of irrigated perimeters, Albian drilling, Supply system, Sprinkler, Drip irrigation, Distribution system.

Sommaire

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION GENERALE | 2 |
| Chapitre I : Analyse des conditions naturelles | 4 |
| Introduction | 4 |
| I.1. Présentation général de la wilaya d’Ouargla | 4 |
| I.1.1. Situation géographique de la wilaya | 4 |
| I.1.2. Organisation administrative | 5 |
| I.2. Situation géographique de la région de N’GOUSSA | 5 |
| I.2.1. Situation du périmètre | 6 |
| I.3. Climatologie | 7 |
| I.3.1. Précipitation | 7 |
| I.3.2. Humidité relative | 8 |
| I.3.3. Températures | 9 |
| I.3.4. Le vent | 10 |
| I.3.5. L’insolation | 11 |
| I.3.6. L’évaporation | 12 |
| I.4. Classification du climat | 13 |
| I.4.1. Indice d’aridité de DE MARTONNE | 13 |
| I.4.2. Quotient pluviométrique d’EMBERGER | 14 |
| I.4.3. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN | 15 |
| I.5. Hydrogéologie et caractéristiques naturelles | 16 |
| I.5.1. Caractéristiques géologiques | 16 |
| I.5.2. Géomorphologie | 17 |
| I.5.3. Hydrogéologie | 18 |
| I.5.3.1. Nappe phréatique | 18 |
| I.5.3.2. Nappe du complexe terminal | 18 |
| I.5.3.3. Nappe du continental intercalaire | 19 |
| Conclusion | 19 |
| Chapitre II : Etude agro-pédologique | 21 |
| Introduction | 21 |
| II.1. Ressource en eau | 21 |
| II.1.1. Qualité des eaux | 21 |
| II.1.2. L’analyse de l’eau d’irrigation | 23 |
| II.1.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.I | 23 |
| II.2. Ressource en sol | 24 |
| II.2.1. Les sols de Sahara | 24 |

| | |
|---|----|
| II.2.2. Sol hors palmeraies | 25 |
| II.2.3. Sol des palmeraies | 25 |
| II.2.4. Caractéristiques physico-chimique des sols..... | 25 |
| II.2.4.1. La texture..... | 25 |
| II.2.4.2. La structure | 25 |
| II.2.4.3. La perméabilité..... | 25 |
| II.2.4.4. La densité apparente (Da) | 26 |
| II.2.4.5. Gypses et calcaire | 26 |
| II.2.4.6. La salinité..... | 26 |
| II.2.5. Analyse granulométrique | 27 |
| II.2.6. Les résultats d'analyse physico-chimique du sol..... | 28 |
| Conclusion..... | 28 |
| Chapitre III : Etude hydrologique..... | 30 |
| Introduction | 30 |
| III.1. Répartition de la pluie moyenne annuelle | 30 |
| III.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique..... | 32 |
| III.3. Ajustement de la série pluviométrique | 33 |
| III.3.1. Ajustement à la loi log-normale (Galton)..... | 33 |
| III.3.2. Ajustement à la loi normale | 34 |
| III.3.3. Test de validité d'un ajustement | 35 |
| III.4. Détermination de l'année de calcul..... | 36 |
| Conclusion..... | 36 |
| Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures | 38 |
| Introduction | 38 |
| IV.1. Besoin en eau du périmètre..... | 38 |
| IV.1.1. Calcul des besoins en eau | 38 |
| IV.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)..... | 38 |
| IV.2. Calcul de la pluie efficace | 40 |
| IV.3. Calcul de la réserve en eau du sol..... | 40 |
| IV.4. Choix des cultures..... | 40 |
| IV.4.1. Occupation des sols..... | 40 |
| IV.4.2. Les cultures proposées..... | 41 |
| IV.5. Estimation des besoins en eau des cultures | 41 |
| IV.5.1 Estimation des besoins en eau des céréales..... | 41 |
| IV.5.2. Estimation des besoins en eau des maraichères | 42 |
| IV.5.3. Estimation des besoins en eau des arboricultures..... | 44 |
| IV.5.4. Besoin mensuels totaux en eau des cultures sans lessivage | 44 |

| | |
|--|----|
| IV.5.5. Besoin mensuels totaux en eau des cultures avec lessivage | 44 |
| IV.6. Calcul du débit spécifique | 45 |
| IV.7. Évaluation du débit caractéristique | 46 |
| Conclusion | 46 |
| Chapitre V : Etude du système d'adduction-distribution | 48 |
| Introduction | 48 |
| V.1. Alimentation en eau du périmètre | 48 |
| V.2. Organisation et structure du périmètre | 48 |
| V.2.1. Ilots et bornes d'irrigation | 48 |
| V.2.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation | 49 |
| V.2.3. Caractéristiques de la borne d'irrigation | 49 |
| V.2.4. Calcul hydraulique des bornes | 49 |
| V.3. Dimensionnement du réseau d'adduction | 50 |
| V.3.1. Description du réseau d'adduction | 50 |
| V.3.2. Etude du système de pompage | 51 |
| V.3.2.1. Généralités sur les pompes | 51 |
| V.3.2.2. Types de pompes | 51 |
| V.3.2.3. Calcul de la hauteur manométrique | 51 |
| V.3.2.4. Calcul de la hauteur géométrique | 51 |
| V.3.2.5. Calcul de perte de charge | 51 |
| V.3.2.6. Calcul de débit de refoulement | 52 |
| V.3.2.7. Calcul de diamètre approximatif | 52 |
| V.3.2.8. Analyse technico-économique | 52 |
| V.3.2.9. Critères de choix du type de pompe | 54 |
| V.3.2.10. Critères de choix du nombre de pompe | 54 |
| V.3.2.11. Choix du nombre de pompe de secours | 55 |
| V.3.3. Choix de nombre de conduite d'aspiration et leur dimensionnement | 55 |
| V.3.4. Calcul de volume de la bache d'aspiration | 56 |
| V.3.5. Protection contre de la cavitation | 56 |
| V.3.6. Dimensionnement du réservoir de stockage | 57 |
| V.4. Dimensionnement du réseau de distribution | 57 |
| V.4.1. Choix du matériau des conduites | 57 |
| V.4.2. Calculs hydrauliques | 58 |
| V.4.2.1. Vitesses admissibles | 58 |
| V.4.2.2. Calcul des diamètres | 58 |
| V.4.2.3. Calcul des pressions | 58 |
| V.4.2.4. Estimation des pertes de charge | 58 |

| | |
|--|----|
| Conclusion | 62 |
| Chapitre VI : Choix de la technique d'irrigation | 64 |
| Introduction | 64 |
| VI.1. Classification des techniques d'irrigation | 64 |
| VI.1.1. L'irrigation de surface (gravitaire) | 64 |
| VI.1.1.1. L'irrigation par ruissellement | 64 |
| VI.1.1.2.L'arrosage par infiltration (à la raie) | 65 |
| VI.1.1.3.L'arrosage par submersion | 66 |
| VI.1.1.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface | 66 |
| VI.1.2. L'irrigation par aspersion | 67 |
| VI.1.2.1.Irrigation par des asperseurs | 67 |
| VI.1.2.2. Irrigation par pivot | 67 |
| VI.1.2.3.Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion | 68 |
| VI.1.3. L'irrigation localisée (goutte à goutte) | 68 |
| VI.1.3.1.Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée | 69 |
| VI.2. Choix de la technique d'arrosage pour la zone d'étude | 70 |
| Conclusion | 70 |
| Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle | 72 |
| Introduction | 72 |
| VII.1. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte | 72 |
| VII.1.1. Données générales | 72 |
| VII.1.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée | 72 |
| VII.1.2.1. Influence du taux de couverture du sol | 72 |
| VII.1.2.2. Dose nette pratique | 73 |
| VII.1.2.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) | 73 |
| VII.1.2.4. Calcul de la dose réelle | 73 |
| VII.1.2.5. La dose brute | 73 |
| VII.1.2.6. Durée de fonctionnement des goutteurs (durée d'arrosage h) | 73 |
| VII.1.3. Calcul hydraulique | 74 |
| VII.1.3.1. Nombre d'arbre par hectare | 74 |
| VII.1.3.2. Nombre d'arbre par rampe | 74 |
| VII.1.3.3. Nombre des goutteurs par rampe | 74 |
| VII.1.3.4. Débit d'une rampe | 74 |
| VII.1.3.5. Nombre de rampes | 74 |
| VII.1.3.6. Débit de la porte rampe | 74 |
| VII.1.3.7. Calcul des diamètres des portes rampes et rampes | 74 |
| VII.1.4. dimensionnement de la conduite tertiaire | 75 |

| | |
|--|-----|
| VII.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur | 76 |
| VII.2.1. Données agronomiques | 76 |
| VII.2.2. Dimensionnement de l'asperseur | 76 |
| VII.2.3. Paramètres d'arrosage | 77 |
| VII.2.4. Calcul hydraulique | 78 |
| VII.2.4.1. Dimensionnement hydraulique des rampes | 78 |
| VII.2.4.2. Dimensionnement hydraulique des portes rampes | 79 |
| VII.2.4.3. Vérification des pertes de charge | 79 |
| Conclusion | 80 |
| Chapitre VIII : Calcul technico-économique | 82 |
| Introduction | 82 |
| VIII.1. Réalisation d'une bache d'aspiration + une station de pompage | 82 |
| VIII.1.1. Réalisation d'une bache d'aspiration | 82 |
| VIII.1.1.1. Caractéristiques de bache d'aspiration | 82 |
| VIII.1.1.2. Calcul de volume de terrassement | 82 |
| VIII.1.1.3. Calcul de volume de gros œuvres | 82 |
| VIII.1.1.4. Devis quantitatif et estimatif de bache d'aspiration | 83 |
| VIII.1.2. Réalisation d'une station de pompage | 84 |
| VIII.1.2.1. Caractéristiques du bâtiment de station pompage | 84 |
| VIII.1.2.2. Devis quantitatif et estimatif de la station de pompage | 85 |
| VIII.2. Réalisation d'un réservoir de stockage | 87 |
| VIII.2.1. Calcul des volumes | 87 |
| VIII.2.2. Devis quantitatif et estimatif de réservoir | 89 |
| VIII.3. Réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution | 90 |
| VIII.3.1. Travaux à entreprendre pour le système d'adduction | 90 |
| VIII.3.2. Estimation du coût des travaux du réseau d'adduction-distribution | 91 |
| VIII.3.2.1. Calcul du volume de terrassement | 91 |
| VIII.3.3. Evaluation du coût des travaux d'adduction et de distribution | 93 |
| VIII.4. Devis estimatif du projet | 94 |
| Conclusion | 94 |
| CONCLUSION GENERALE | 96 |
| ANNEXE | 98 |
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 108 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1: Découpage administrative de la wilaya d'Ouargla. | 5 |
| Tableau I. 2: Pluviométrie totale mensuelle de la région. | 7 |
| Tableau I.3: L'humidité relative moyenne mensuelle..... | 8 |
| Tableau I.4: Moyennes des températures mensuelles..... | 9 |
| Tableau I.5: La moyenne mensuelle de la vitesse des vents..... | 10 |
| Tableau I.6: Répartition de l'insolation moyenne mensuelle..... | 11 |
| Tableau I.7: Evaporation mensuelle dans la région d'Ouargla (1984-2018)..... | 12 |
| Tableau I.8: Classification de climat selon DE MARTONNE..... | 14 |
| Tableau II.1: Classification des eaux d'irrigation..... | 21 |
| Tableau II.2 : Les classes de l'eau d'irrigation(DURAND.1958)..... | 23 |
| Tableau II.3 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe CI. | 24 |
| Tableau II.4 : Classification de sol en fonction de perméabilité. | 26 |
| Tableau II.5 : Perméabilité des sols de la région..... | 26 |
| Tableau II.6 : Classification des sols salsodiques selon SERVANT..... | 27 |
| Tableau II.7 : Résultat de la courbe granulométrique. | 27 |
| Tableau II.8 : Résultat analytique (granulométrie)..... | 28 |
| Tableau II.9 : Résultats d'analyse physique du sol..... | 28 |
| Tableau II.10 : Résultats d'analyse chimique du sol..... | 28 |
| Tableau III.1 : Pluie moyenne mensuelles. | 30 |
| Tableau III.2 : Caractéristiques de la série pluviométrique. | 31 |
| Tableau III.3 : Test d'homogénéité..... | 32 |
| Tableau III.4 : Résultats du test de WILCOXON..... | 33 |
| Tableau III.5 : Résultat de l'ajustement à la loi log-normale(HYFRAN). | 34 |
| Tableau III.6 : Résultat de l'ajustement à la loi normale(HYFRAN)..... | 35 |
| Tableau III.7 : Résultat du test de khi carré. | 35 |
| Tableau III.8 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul. | 36 |
| Tableau IV.1 : Evapotranspiration de référence ET0 calculée par le logiciel CROPWAT 8.0. | 39 |
| Tableau IV.2 : Pluviométrie moyenne et efficace pour chaque mois en mm..... | 40 |
| Tableau IV.3 : L'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre..... | 41 |
| Tableau IV.4 : Système de cultures proposées. | 41 |
| Tableau IV.5 : Besoin en eau du blé..... | 41 |
| Tableau IV.6 : Besoin en eau de l'orge..... | 42 |
| Tableau IV.7 : Besoin en eau de la pomme de terre..... | 42 |
| Tableau IV.8 : Besoin en eau de la tomate. | 43 |
| Tableau IV.9 : Besoin en eau du poivron. | 43 |
| Tableau IV.10 : Besoin en eau du palmier dattier. | 44 |
| Tableau IV.11 : Récapitule les besoin en eau des cultures projetées sans lessivage..... | 44 |
| Tableau IV.12 : Récapitule les besoins en eau des cultures projetées avec lessivage..... | 45 |
| Tableau V.1 : Choix du diamètre de la borne. | 49 |
| Tableau V.2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes. | 50 |

| | |
|--|----|
| Tableau V.3 : Résultat du calcul HMT pour différents diamètre..... | 52 |
| Tableau V.4 : Calcul des frais d'investissement..... | 53 |
| Tableau V.5 : Calcul des frais d'exploitation. | 53 |
| Tableau V.6 : Calcul de bilan total. | 53 |
| Tableau V.7 : Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre..... | 55 |
| Tableau V.8 : Paramètre de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon. | 59 |
| Tableau V.9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution..... | 60 |
| Tableau VI.1 : Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface. | 66 |
| Tableau VI.2 : Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion. | 68 |
| Tableau VII.1 : Récapitule de réseau d'irrigation goutte à goutte. | 75 |
| Tableau VII.2 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion. | 79 |
| Tableau VIII.1 : Devis quantitatif et estimatif de la bêche d'aspiration. | 83 |
| Tableau VIII.2 : Déffirents traveaux de la station de pompage. | 85 |
| Tableau VIII.3 : Devis quantitatif et estimatif de la station de pompage..... | 86 |
| Tableau VIII.4 : Devis quantitatif et estimatif de réservoir. | 90 |
| Tableau VIII.5 : Calcul des différents volumes. | 93 |
| Tableau VIII.6 : Devis quantitatif et estimatif de réseaux d'adduction et distribution..... | 93 |
| Tableau VIII.7 : Le cout total du projet. | 94 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I.1 : Carte de situation géographique de la wilaya d'Ouargla | 4 |
| Figure I.2: Carte de découpage administrative et des limites de la wilaya d'Ouargla | 6 |
| Figure I.3: Carte satellitaire du périmètre. | 7 |
| Figure I.4: Histogramme de la pluie moyenne mensuelle. | 8 |
| Figure I.5: Variation de l'humidité relative. | 9 |
| Figure I.6: Répartition des températures moyennes | 10 |
| Figure I.7: Répartition des vitesses de vent..... | 11 |
| Figure I.8: Diagramme de l'insolation moyenne mensuelle. | 12 |
| Figure I.9: L'évaporation mensuelle dans la région d'Ouargla | 13 |
| Figure I.10: Position d'Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE. | 15 |
| Figure I.11: Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN. | 16 |
| Figure I.12: Carte géologique de la zone saharienne (OSS-2003). | 17 |
| Figure I.13: Carte géologique locale (BG-2004)..... | 18 |
| Figure I.14: Carte des ressources en eau souterraines (UNESCO-1972)..... | 19 |
| Figure II.1: Diagramme de la classification des eaux d'irrigation de l'USSR(1954). | 22 |
| Figure III.1: Courbe d'ajustement des pluies à la loi log normal | 34 |
| Figure III.2: Courbe d'ajustement des pluies à la loi normal. | 35 |
| Figure V.1: Courbe des frais en fonction de diamètre..... | 54 |
| Figure V.2 : Courbe caractéristiques de la pompe..... | 55 |
| Figure VI.1: Système d'irrigation par ruissellement | 65 |
| Figure VI.2: Système d'irrigation à la rie. | 65 |
| Figure VI.3: Système d'irrigation par submersion..... | 66 |
| Figure VI.4 : Système d'irrigation par asperseur..... | 67 |
| Figure VI.5 : Système d'irrigation par pivot..... | 68 |
| Figure VI.6: Système d'irrigation par goutte à goutte. | 69 |
| Figure VII.1: Fiche Perrot nouvelle édition. | 76 |
| Figure VIII.1: Les éléments du réservoir | 86 |
| Figure VIII.2: Schéma d'un tranché. | 91 |

Liste des planches

Planche N°01 : Plan de situation du périmètre HASSI KHEFFIF.

Planche N°02 : Plan de réseau d'adduction et distribution.

Planche N°03 : Plan de réseau d'irrigation goutte à goutte.

Planche N°04 : Plan du profil en long.

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Dans les régions arides et semi-arides, la gestion de l'eau est devenue un enjeu crucial en raison de la rareté croissante et des coûts élevés associés à cette ressource vitale. En Algérie, l'absence d'un système d'irrigation performant a conduit à une agriculture majoritairement extensive, reposant sur des méthodes d'irrigation traditionnelles. Cette situation a eu des répercussions significatives sur les rendements agricoles, entraînant une dépendance accrue vis-à-vis des importations alimentaires, notamment les céréales, malgré la disponibilité croissante de terres agricoles.

La modernisation de l'agriculture et l'expansion des zones irriguées sont des éléments clés du développement économique et social. Elles visent à accroître la production nationale, réduire les importations, améliorer les revenus des agriculteurs, créer des emplois et renforcer la sécurité alimentaire.

Dans ce contexte, notre mémoire s'intéresse au développement d'un projet d'irrigation moderne dans la région de N'GOUSSA, située dans la wilaya d'Ouargla. Cette zone, bien que caractérisée par des conditions climatiques difficiles, possède un potentiel agricole sous-exploité. En tirant parti des ressources en eau disponibles, il est possible de concevoir un système de distribution d'eau efficace, capable de répondre aux besoins spécifiques de la région tout en préservant les ressources en eau.

Ce travail vise à étudier la conception du réseau d'irrigation pour le périmètre de HASSI KHEFFIF, en utilisant des méthodes et des principes hydrauliques adaptés aux conditions locales. Après une introduction générale, notre étude se déroulera en plusieurs phases : une analyse des conditions naturelles de la région, le calcul des besoins en eau pour l'irrigation, la conception du système d'adduction et de distribution, et enfin, une évaluation technico-économique du coût total du projet pour assurer une réalisation optimale.



Chapitre I
Analyse des conditions
naturelles

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Introduction

Les conditions naturelles sont essentielles pour établir le bilan hydrique réel et pour l'irrigation, car elles résultent de toutes les caractéristiques du climat et déterminent la quantité d'eau nécessaire pour les différentes phases de croissance des plantes. Cette section présente les aspects physique et bioclimatique de la région de N'goussa dans la wilaya d'Ouargla.

I.1. Présentation général de la wilaya d'Ouargla

I.1.1. Situation géographique de la wilaya

Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara Algérien, la wilaya est située au Sud-est de l'Algérie dans les limites de latitude **31°55'** et **32°00' Nord**, et de longitude **5°15'** et **5°25' Est**, couvrant une superficie de 136 787 Km² (figure I.1). Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle est limitée :

- ✓ Au Nord, par les wilayas de Djelfa, El Oued et Biskra ;
- ✓ A l'est, par la Tunisie ;
- ✓ Au sud, par les wilayas d'Ilizi et Tamanrasset ;
- ✓ A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa ;



Figure I.1 : Carte de situation géographique de la wilaya d'Ouargla. (Source : www.aniref.dz).

I.1.2. Organisation administrative

La wilaya d'Ouargla compte 06 daïras et 08 communes.

Tableau I.1: Découpage administrative de la wilaya d'Ouargla.

| Commune | Superficie (Km²) |
|--------------------|------------------------------------|
| Ouargla | 2 887 |
| Rouissait | 7 331 |
| Sidi Kouiled | 131 |
| Ain Beida | 1 973 |
| Hassi Ben Abdellah | 3 060 |
| N'Goussa | 2 907 |
| Hassi Messaoud | 71 237 |
| El Borma | 47 261 |
| Total | 136 787 |

(Source : DSA Ouargla).

I.2. Situation géographique de la région de N'GOUSSA

La commune de N'GOUSSA située à 22 Km au nord de la wilaya d'Ouargla, elle est située à latitude de **32°8'27'' Nord** et longitude de **5°18'30' Est**, englobant une superficie de **2907 km²**.

Les limites de cette région sont :

- ✓ El Hadjira et Al Alia au nord -Ouargla ;
- ✓ et sidi Khouiled au sud ;
- ✓ ouargla à l'ouest ;
- ✓ Hassi ben abdellah au l'est ;

La zone de N'Goussa couvre une superficie agricole utile de 2047 ha avec une superficie attribuée dans le cadre de mise en valeur de 3539 ha. La superficie occupée par les palmiers dattiers est de 1630,62 ha.

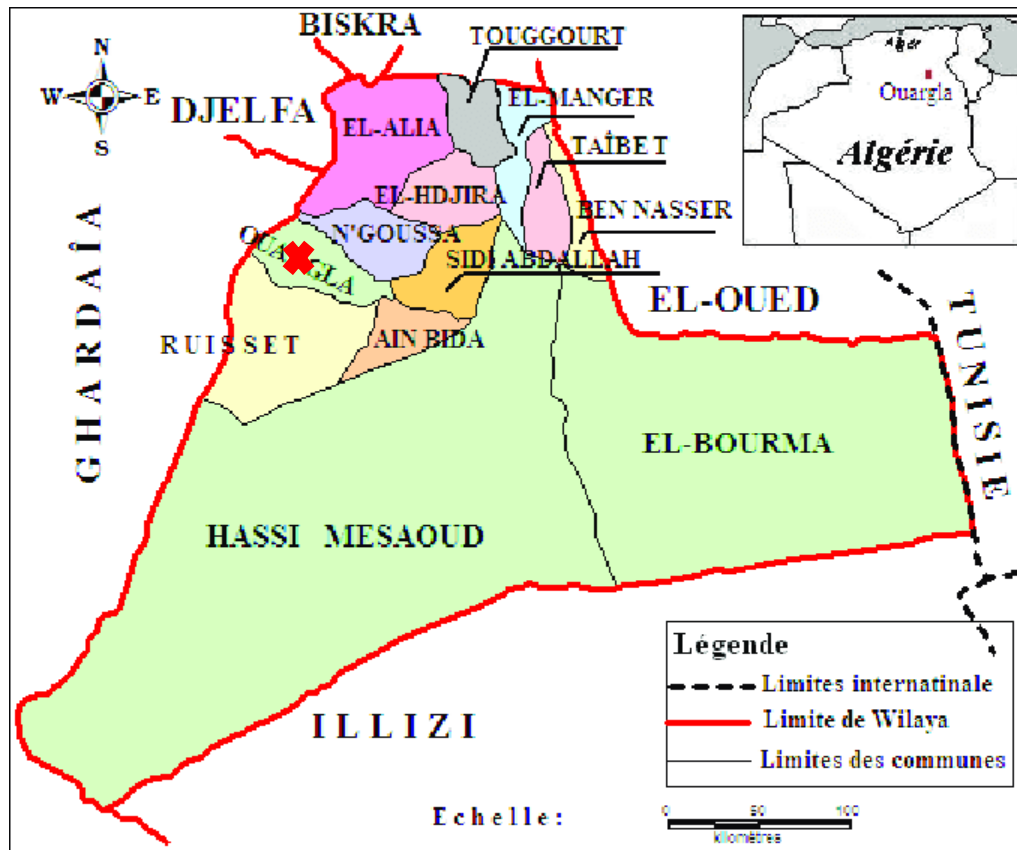


Figure I.2: Carte de découpage administrative et des limites de la wilaya d'Ouargla. (Source : www.aniref.dz).

I.2.1. Situation du périmètre

La zone d'étude est une exploitation située au niveau du périmètre agricole Hassi khefif. Elle est située le long de la route CW 202 qui relie entre deux communes N'GOUSSA et EL-HADJIRA. Le périmètre est en face de l'oasis de Hassi khefif. Notre étude vise une exploitation caractérisée par une superficie de 120 ha.

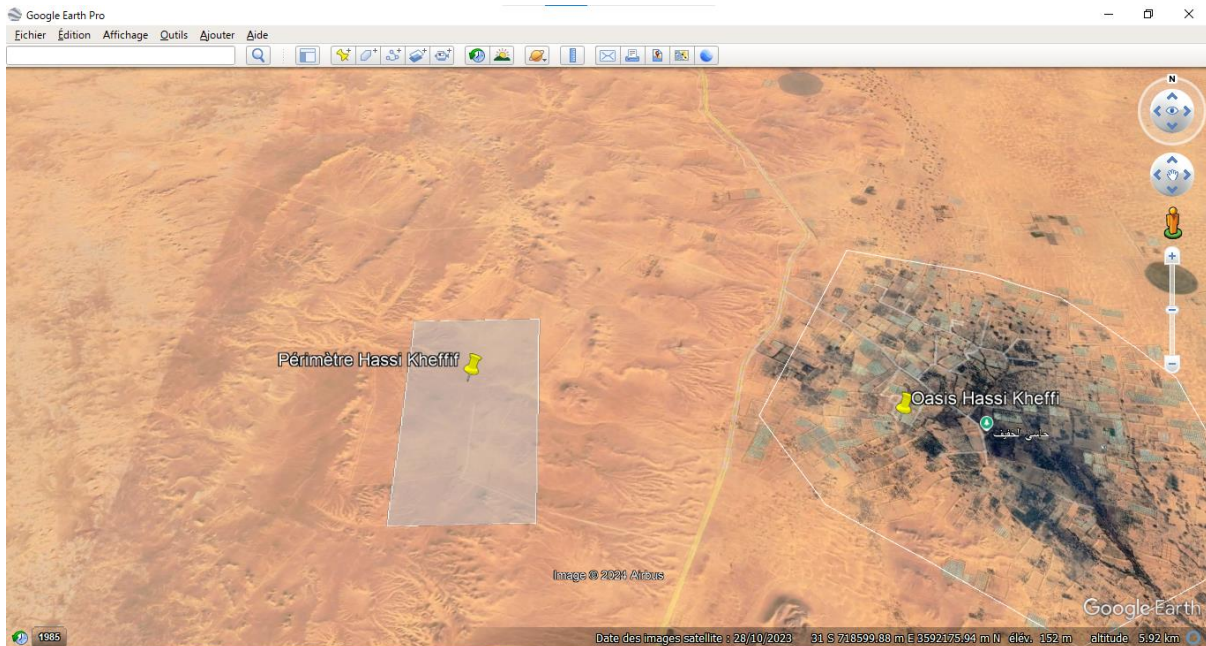


Figure I.3: Carte satellitaire du périmètre. (Source : Google Earth, 2024 le 22/05/2024 à 22 :00, 1/25000).

I.3. Climatologie

Le climat exerce une influence significative sur de nombreuses activités humaines, telles que l'agriculture, la production et la consommation d'énergie, ainsi que l'utilisation de ressources essentielles comme l'eau. Ces aspects sont directement liés à la climatologie.

L'objet de ce chapitre est l'étude des paramètres hydro-climatologiques mesurés depuis un 33 d'années, les facteurs les plus déterminants sont : la température, l'humidité, le vent, l'insolation et la précipitation. Nous avons complété les données existantes par des données récentes téléchargées à partir du site de la NASA (de 1990- 2023). (La Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

I.3.1. Précipitation

Tableau I. 2: Pluviométrie totale mensuelle de la région.

| Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Tot |
|---------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P (mm) | 5.53 | 6.32 | 6.53 | 4.79 | 11.54 | 2.15 | 6.13 | 5.17 | 5.50 | 0.19 | 0.16 | 1.32 | 55.33 |

(Source : la Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

D'après le **tableau I.2** On observe une grande irrégularité des précipitations, qui sont faibles en hiver (2.15 mm) et nulles en été (0.16 mm).

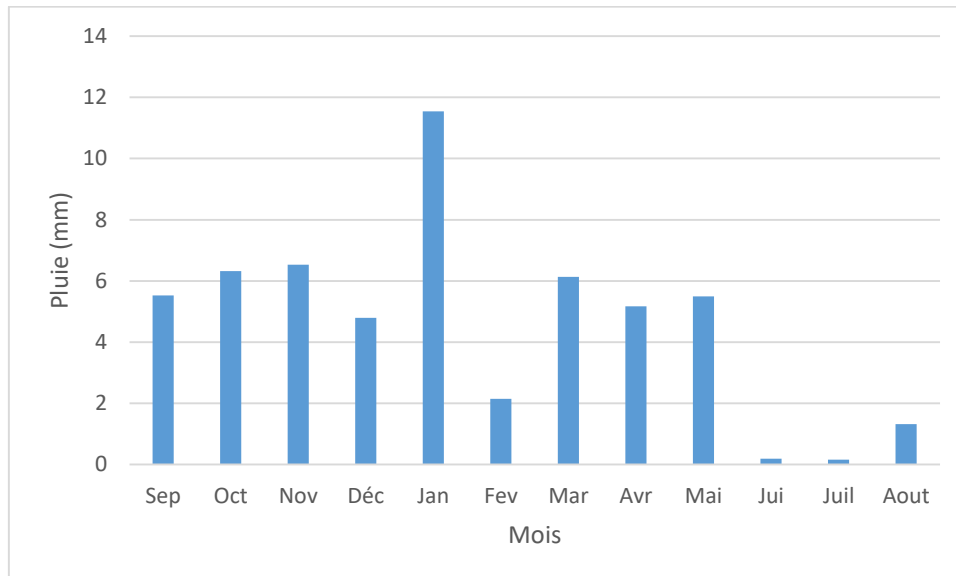


Figure I.4: Histogramme de la pluie moyenne mensuelle.

I.3.2. Humidité relative

L'humidité relative de l'air ou degré hydrométrique, correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température. Ce rapport changera si on change la température ou la pression. Elle s'exprime en pourcentage.

Tableau I.3: L'humidité relative moyenne mensuelle.

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jui | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| HR (%) | 63.21 | 54.3 | 45.17 | 37.06 | 32.24 | 28.25 | 24.3 | 26.6 | 36.19 | 50.12 | 56.08 | 64.04 |

(Source : la Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

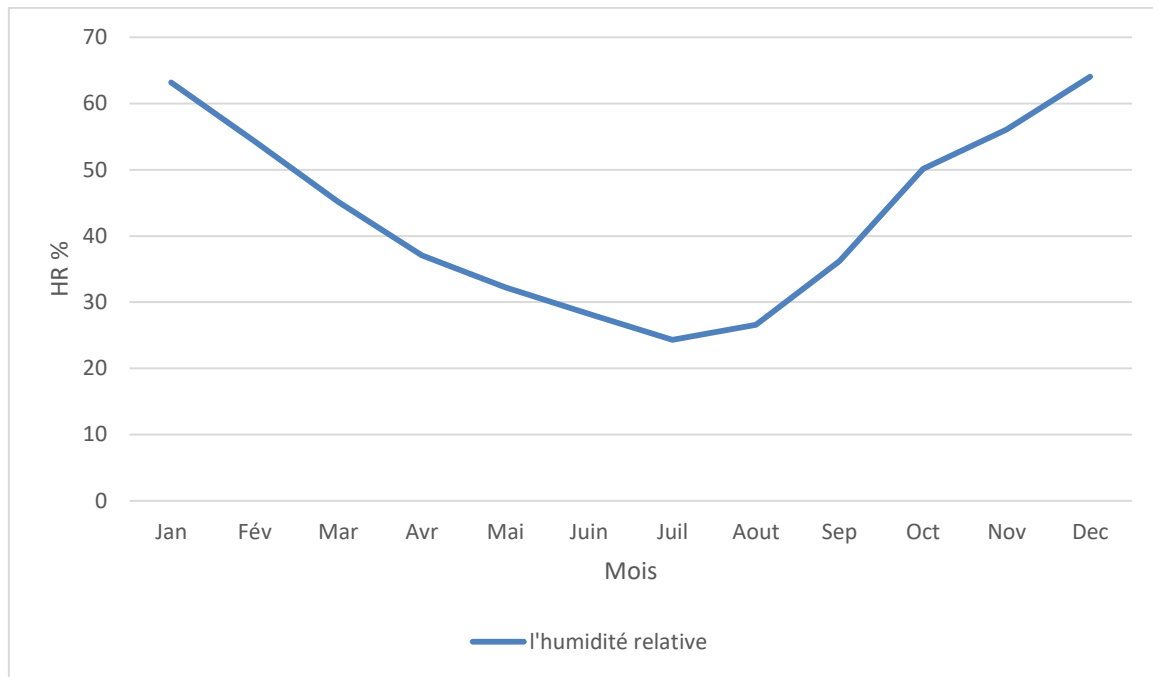


Figure I.5: Variation de l'humidité relative.

D'après la **figure I.5**, nous avons une humidité maximale 64.04% en décembre. Celle-ci diminue jusqu'à 24.3% en mois de juillet ce qui provoque une intense évapotranspiration, signe de sécheresse accentuée.

I.3.3. Températures

Tableau I.4: Moyennes des températures mensuelles.

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juil | Aout | Sep | Oct | Nov | Déc |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tmax (C°) | 21.66 | 25.07 | 31.10 | 37.47 | 41.33 | 45.34 | 47.48 | 46.28 | 43.15 | 36.8 | 28.72 | 22.21 |
| Tmin (C°) | 0.51 | 1.44 | 3.8 | 8.73 | 13.92 | 18.99 | 23.62 | 23.65 | 18.65 | 12.44 | 5.34 | 1.45 |
| Tmoy (C°) | 11.09 | 13.26 | 17.45 | 23.1 | 27.63 | 32.17 | 35.55 | 35 | 30.9 | 24.62 | 17.03 | 11.83 |

(Source : la Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

Le **tableau I.4** montre que les températures moyennes mensuelles montrent que le climat de la région est chaud particulièrement en été avec des températures qui avoisinent les 46°C (mois de Juin-Juillet et Août). Le mois de Janvier est considéré comme le mois le plus froid avec une température de (0.51° C) et le mois de Juillet est le plus chaud avec une valeur de (47.48°C). Le graphe de variations des températures est présenté comme suit :

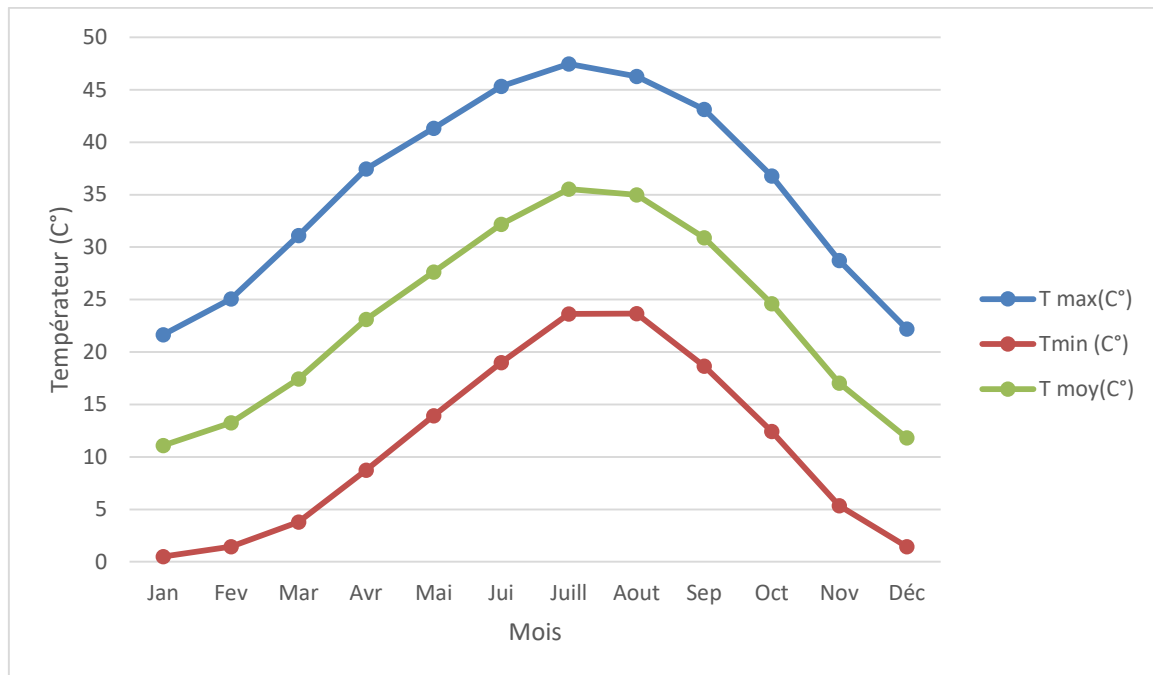


Figure I.6: Répartition des températures moyennes.

I.3.4. Le vent

Le vent est un facteur climatique important pour l'implantation des brises vents. Il se caractérise par sa vitesse et sa direction.

Tableau I.5: La moyenne mensuelle de la vitesse des vents.

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sep | Oct | Nov | Dec | moy |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|------|------|-----|
| Vitesse de vent (m/s) | 2.58 | 2.85 | 3.18 | 3.45 | 3.44 | 3.52 | 3.09 | 3.07 | 2.96 | 2.7 | 2.62 | 2.56 | 3.0 |

(Source : la Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

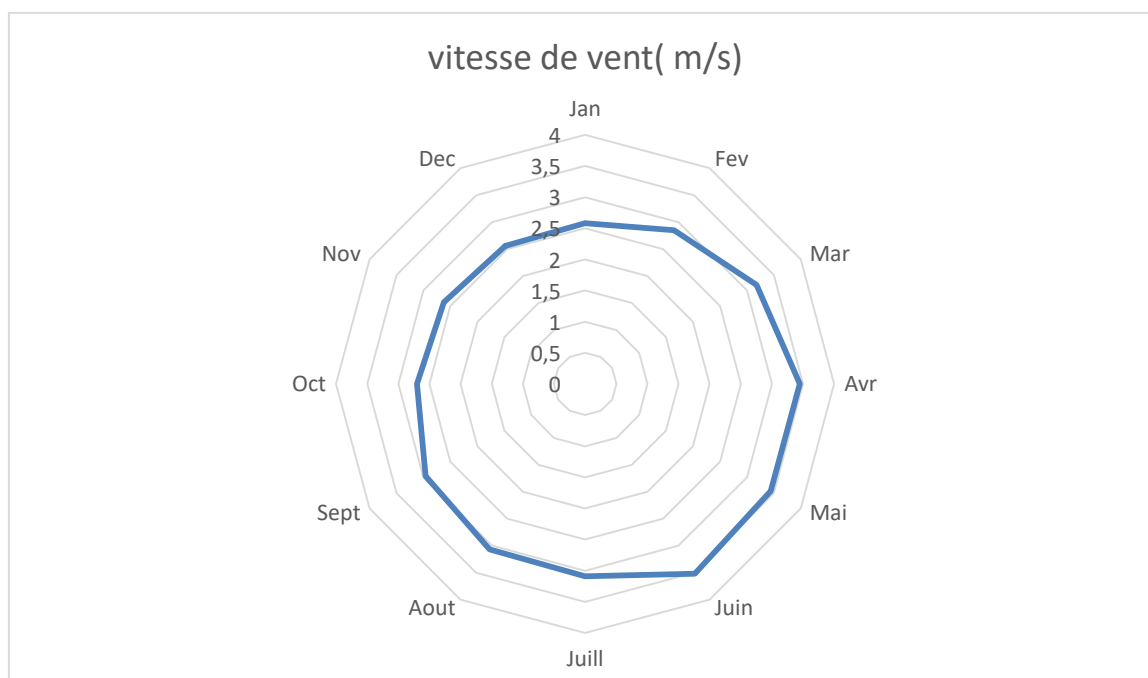


Figure I.7: Répartition des vitesses de vent.

Selon le **tableau I.5**, la vitesse minimale du vent est enregistrée pendant les mois de Décembre, janvier, atteignant 2,56 m/s. La vitesse maximale du vent est enregistrée en juin et atteint 3,52 m/s. Le vent souffle dans différentes directions.

Les vents dominants sont ceux de Nord-Nord-Est et de Sud-Sud-Est. Le Sirocco souffle à longueur d'année.

I.3.5. L'insolation

L'insolation est un paramètre climatique et crucial pour comprendre l'influence du rayonnement solaire sur divers phénomènes, y compris les variations climatiques. Il est utilisé pour évaluer l'énergie solaire reçue par la terre et son impact sur les processus climatiques et météorologiques.

Tableau I.6: Répartition de l'insolation moyenne mensuelle.

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sep | Oct | Nov | Dec | moy |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Insolation (h/j) | 7.6 | 7.9 | 8.6 | 9.4 | 9.3 | 9.8 | 10.4 | 10.2 | 8.5 | 8.2 | 7.9 | 6.9 | 8.73 |

(Source : la Nasa <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

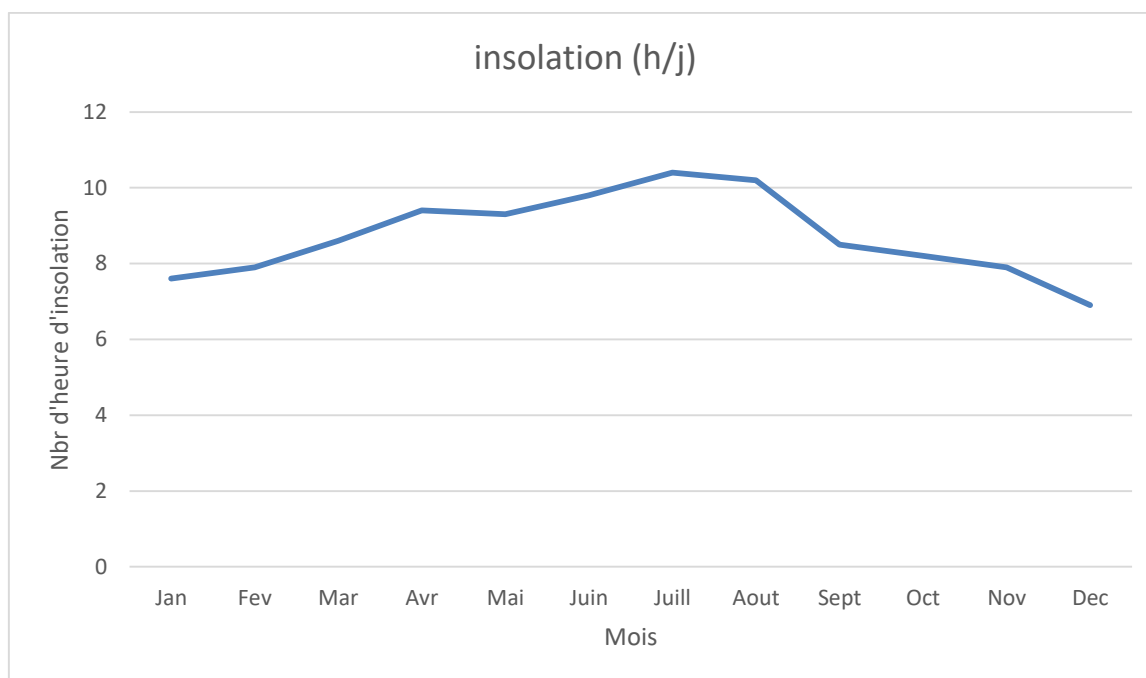


Figure I.8: Diagramme de l'insolation moyenne mensuelle.

D'après la **figure I.8**, l'insolation journalière est forte durant toute l'année (>7 h/j). Elle est de 6.9 h/j- 7.9 h/j pendant les mois froids et importants durant les mois chauds 10.4h/j.

I.3.6. L'évaporation

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau qui s'évapore pendant une période donnée dépend de plusieurs facteurs, à la fois liés à l'état de l'atmosphère et à la surface où l'évaporation se produit.

Tableau I.7: Evaporation mensuelle dans la région d'Ouargla (1984-2018).

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sep | Oct | Nov | Dec |
|--------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| L'évaporation (mm) | 237.2 | 174.7 | 102.7 | 85.7 | 85.68 | 110 | 144.9 | 201.2 | 236.3 | 278 | 307.2 | 314.3 |

(Source : ONM Ouargla 1984- 2018).

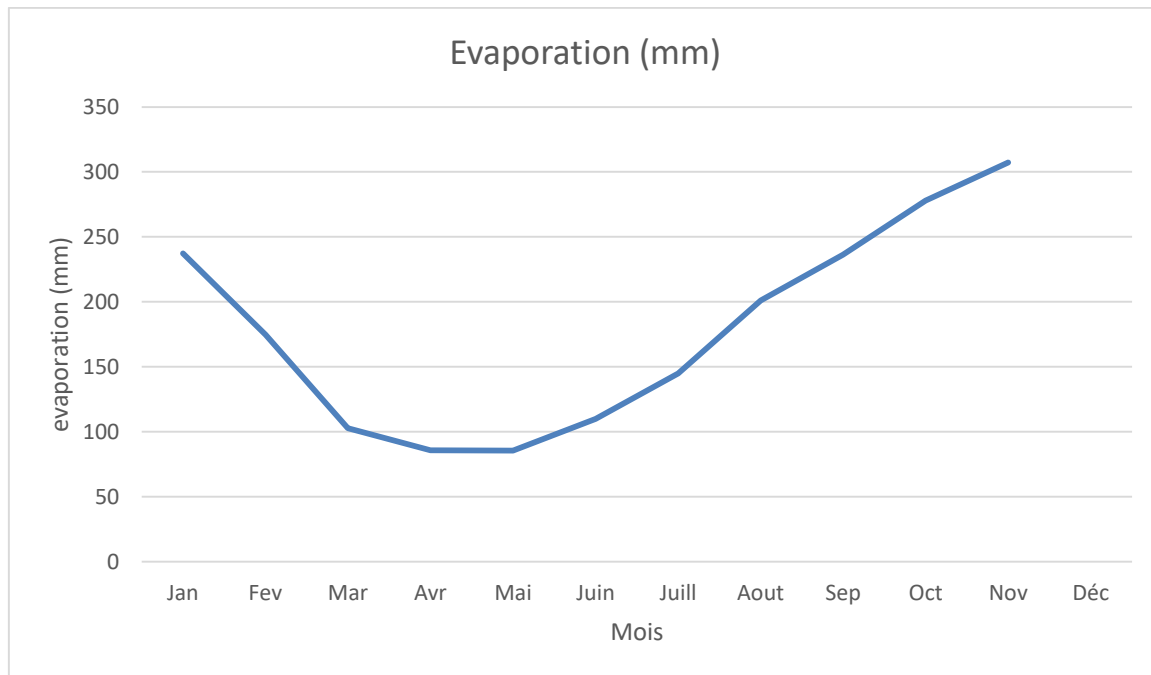


Figure I.9: L'évaporation mensuelle dans la région d'Ouargla.

Le diagramme ci-dessus montre qu'il y a une diminution de l'évaporation durant la période qui s'étale entre le mois Février et Octobre.

I.4. Classification du climat

Pour appréhender le climat d'Ouargla de manière globale, il est possible d'utiliser des indices ou des diagrammes climatiques. Ainsi, pour caractériser le climat de cette région nous utiliserons les indices de DE MARTONNE et d'EMBERGER, ainsi que le diagramme ombrothermique de GAUSSEN.

I.4.1. Indice d'aridité de DE MARTONNE

L'indice d'aridité De Martonne définit comme le degré de sécheresse du climat et par conséquent il nous oriente dans le choix des cultures.

Il est calculé par la formule suivante :

$$I_A = \frac{P}{T+10} \dots \dots \dots \text{.I.1}$$

Avec ;

I_A : Indice de De Martonne.

P : Précipitation annuelle en (mm).

T : Température moyenne annuelle (C°).

Application numérique :

Pour : $P=55.33$ mm ; $T=23.3$ C° $\rightarrow I_A = \frac{55.33}{23.3+10} \rightarrow I_A = 1.66$

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

Tableau I.8: Classification de 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 | Par fois utile |
| $I_A > 30$ | Humide | Inutile |

(Source : cours Mme AZIEZ).

On obtient un indice d'aridité : $I_A < 5$; Selon la classification de DE MARTONNE, il s'agit d'un régime Désertique, où l'irrigation est indispensable.

I.4.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Cet indice permet de définir la classification bioclimatique de la zone d'étude et est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.P}{\left(\frac{M+m}{2}\right).(M-m)} = \frac{2.1000.P}{M^2-m^2} \dots \dots \dots \text{I.2}$$

Avec ;

P : Moyenne annuelle pluviométrique (mm).

M : Moyenne des températures maximum du mois le plus chaud (Kelvin).

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

Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

Pour : M=47.48 C°= 320.48 K ; m=0.51 C° =273.51 K ; P=55.33 mm

$$\text{Application numérique : } Q = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 55.33}{320.48^2 - 273.51^2} = 3.97$$

Un coefficient d'EMBERGER Q=3.97 situe la région d'Ouargla (N'GOUSSA) dans **l'étage bioclimatique saharienne** à hiver chaud sur le climagramme d'EMBERGER (Figure 10).

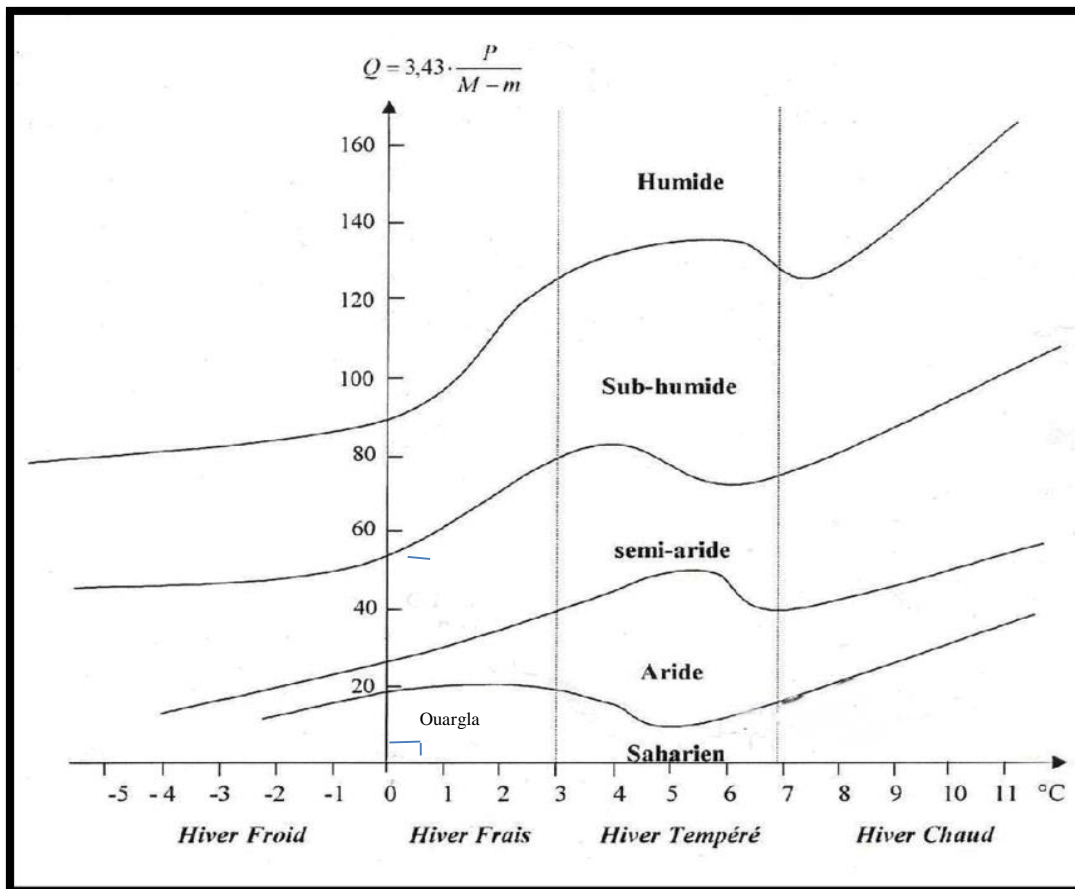


Figure I.10: Position d'Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE.

I.4.3. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme Ombrothermique F.Bagnouls et H.Gaussen représente graphiquement les variations des précipitations et des températures en fonction du temps (mois). Il nous permet de déterminer la période pendant laquelle l'irrigation est indispensable, c'est-à-dire la période sèche.

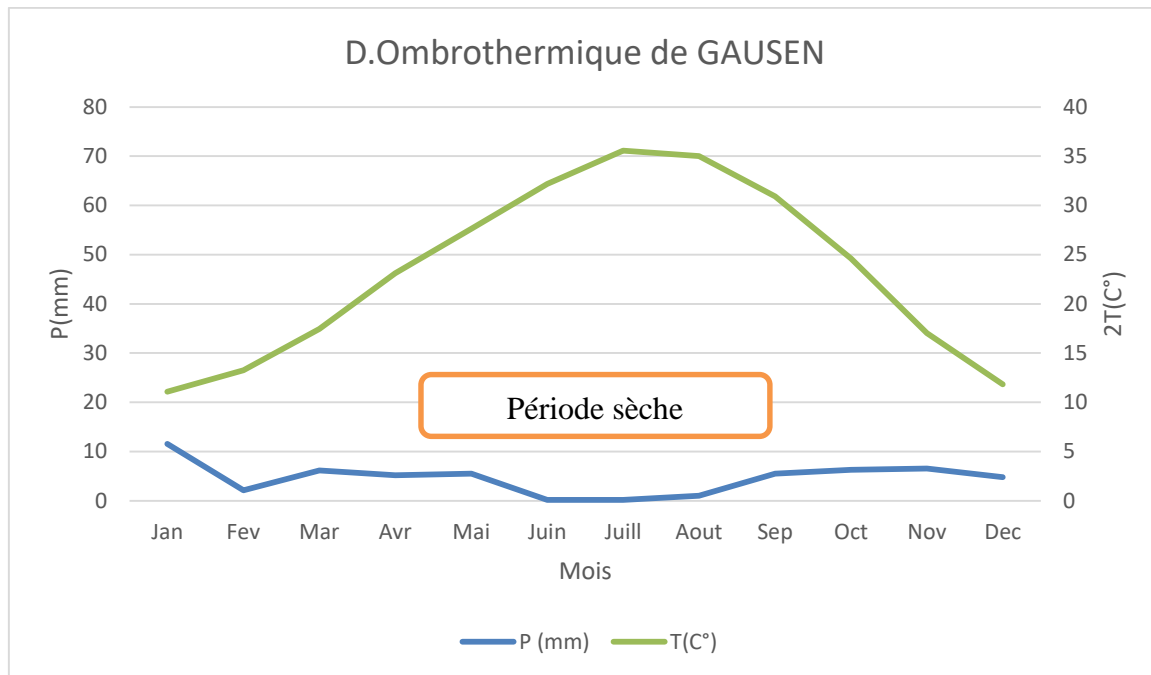


Figure I.11: Diagramme Ombrothermique de GAUSEN.

D'après ce diagramme, il est évident que dans la région étudiée, l'année hydrologique se distingue par une période exclusivement sèche, sans trace de période humide. Identifier cette période est essentiel pour évaluer précisément les besoins en eau en vue de l'irrigation.

I.5. Hydrogéologie et caractéristiques naturelles

I.5.1. Caractéristiques géologiques

La wilaya d'Ouargla est située dans l'immense bassin saharien caractérisé par la prédominance de dépôts plio-quadernaires, d'affleurements éocènes et de crétacés.

Son territoire est très peu accidenté et il est stable tectoniquement.

Trois régions principales se distinguent :

- Le grand erg oriental à l'Est et au Sud : vaste dépôt de sables éoliens.
- La région des vallées au centre : prédominance de dépôts d'alluvions.
- Le plateau du M'Zab à l'Ouest.

Du point de vue lithologique et pétrographique : présence d'affleurements d'alluvions actuelles, de sebchas et croutes gypso-salines, de sables éoliens mobiles, de regs et de terrasses.

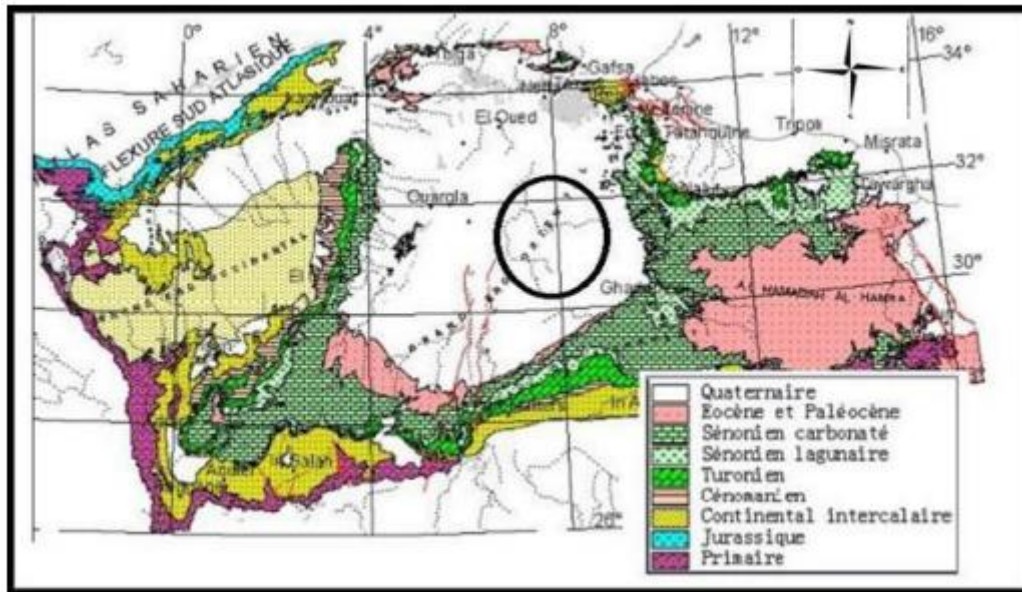


Figure I.12: Carte géologique de la zone saharienne (OSS-2003).

I.5.2. Géomorphologie

La géomorphologie de la Wilaya d'Ouargla est principalement influencée par son environnement désertique et par les processus géomorphologiques associés. Voici quelques caractéristiques principales de la géomorphologie de la région :

- **Ergs et regs** : La Wilaya d'Ouargla comprend des étendues de désert composées principalement de formations de sable, connues sous le nom d'ergs, ainsi que des plaines rocheuses appelées regs. Ces formations sont le résultat de l'action éolienne sur de vastes périodes de temps.
- **Dunes de sable** : Les dunes de sable sont des caractéristiques emblématiques du paysage désertique de la région. Elles peuvent être de différentes formes et tailles, allant des dunes en forme de croissant (barchans) aux dunes longitudinales plus complexes.
- **Dépressions et chotts** : Certaines parties de la Wilaya d'Ouargla comprennent des dépressions salées appelées chotts, qui sont des lits de lacs salés temporaires ou permanents. Ces dépressions peuvent avoir des formes et des tailles variées et sont souvent associées à des processus d'évaporation et de dépôt de sels.
- **Oueds et cours d'eau** : Bien que la région soit généralement aride, elle peut connaître des épisodes de précipitations sporadiques. Les oueds, ou lits de cours d'eau intermittents, peuvent se former lors de ces événements pluvieux. Cependant, ils restent souvent secs pendant la majeure partie de l'année.

- Érosion éolienne et hydrique : Les processus d'érosion éolienne et hydrique jouent un rôle majeur dans la formation du relief de la région. L'érosion éolienne peut sculpter les formations rocheuses et déplacer le sable, tandis que l'érosion hydrique peut créer des ravins et des canyons dans les zones où les précipitations sont plus abondantes.

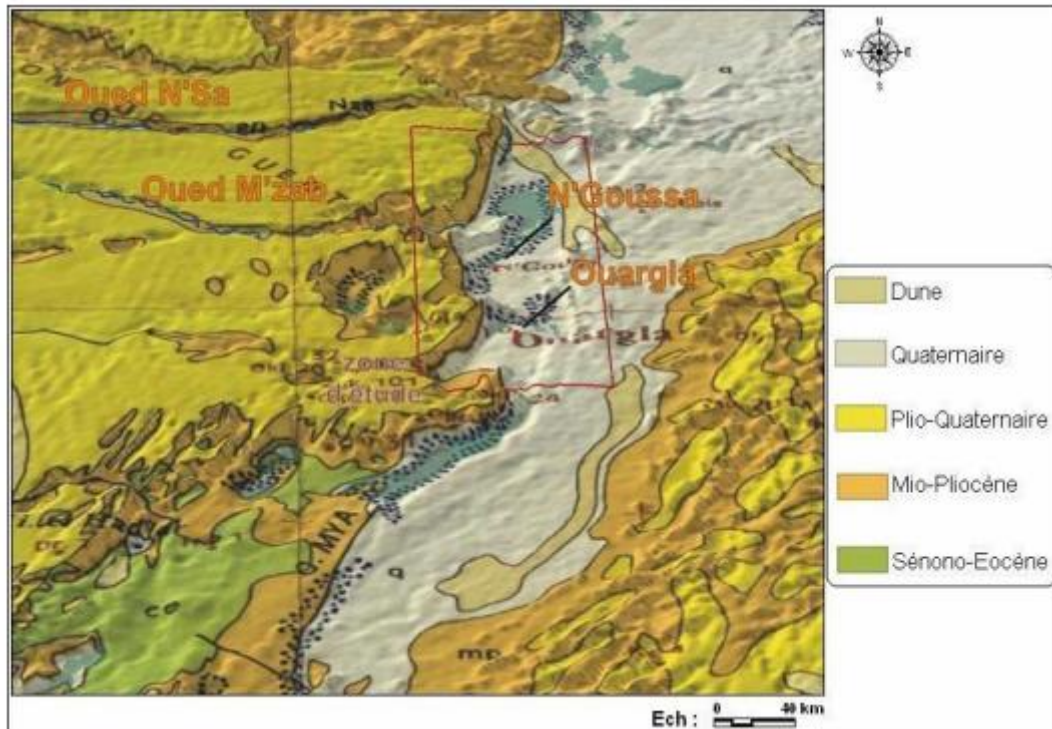


Figure I.13: Carte géologique locale (BG-2004).

I.5.3. Hydrogéologie

Les eaux souterraines représentent la principale ressource hydrique de la wilaya. Elles sont constituées de trois nappes :

I.5.3.1. Nappe phréatique

C'est une nappe libre dont la profondeur varie entre 0m et 60m. Elle affleure sur le sol en plusieurs endroits de la vallée. La lithologie dominante est constituée de sables ou sables argileux avec gypse. Son eau est généralement très salée et excessivement chargée dans les zones mal drainées. Le résidu sec atteint les 13 g/l.

L'alimentation de cette nappe provient essentiellement de l'excédent d'eau d'irrigation, fuites de réseaux et l'appert saisonnier des écoulements d'oueds ou averses. Elle est rarement exploitée à Ouargla.

I.5.3.2. Nappe du complexe terminal

- La nappe du mio pliocène, communément appelée nappe des sables, s'étend sur une épaisseur moyenne de 150 mètres et composée principalement d'alternance de sables et d'argiles.
- La nappe du sénonien Carbonaté, composée des Calcaires Sénoniens poreux et fissurés d'une épaisseur moyenne de 360 mètres.

La nappe du Turonien d'une épaisseur d'environ 60 mètres, principalement composée de calcaires fissurés.

I.5.3.3. Nappe du continental intercalaire

La nappe du continental intercalaire est la plus grande nappe d'eau souterraine au monde, s'étendant sur une superficie de 600 000 km² dans le bassin sédimentaire du Sahara septentrional algérien. Elle contient plus de 50 000 milliards de m³ d'eau, principalement saumâtre.

Communément appelé nappe de l'albien, le continental intercalaire est le géo réservoir le plus important du Sahara, composé essentiellement de sable, grès et argiles sableuses d'âge Albien et Barrémien. Elle est relativement peu minéralisée par rapport aux autres nappes du Sahara algérien comme celles du Complexe Terminal.

La profondeur moyenne de cet aquifère sur le territoire de la wilaya de Ouargla varie entre 1200 et 1700 mètres, le débit moyen d'exploitation est de 120 l/s.

Les eaux de cette nappe peuvent être chaudes, entre 45 et 65°C. Mais la recharge est minimale, en raison de l'enfouissement généralement profond de l'aquifère et du climat.

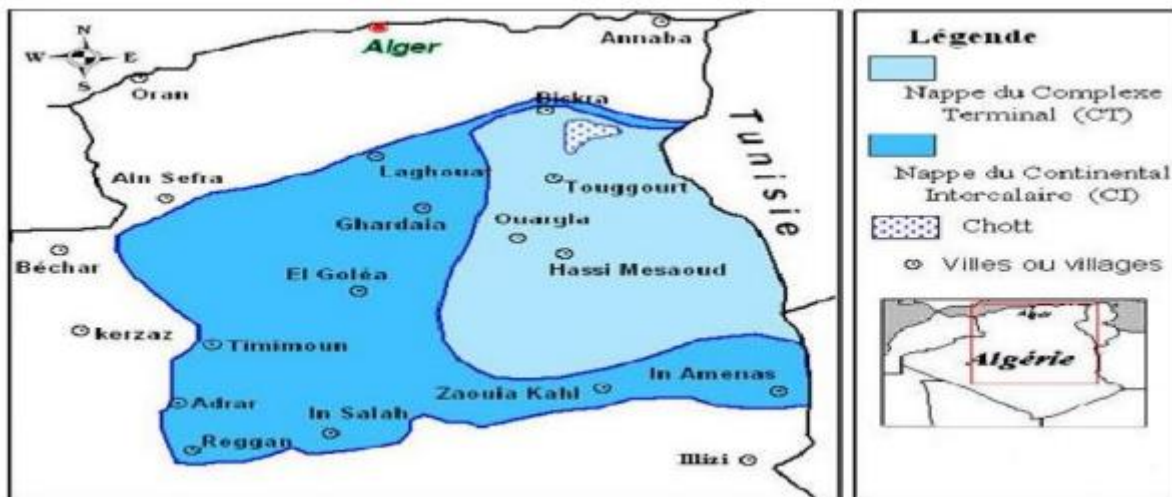


Figure I.14: Carte des ressources en eau souterraines (UNESCO-1972).

Conclusion

Ce chapitre, nous a permis de dégager une idée générale sur la situation actuelle du périmètre de HASSI KHEFFIF situé dans la wilaya d'Ouargla, caractérisé par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une évaporation forte.

Ces éléments constituent les premières informations clés pour élaborer le plan du réseau d'irrigation du périmètre d'étude.

Chapitre II
Etude agro-pédologique

Chapitre II : Etude agro-pédologique

Introduction

L'analyse pédologique permet d'identifier les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol d'une zone donnée à exploiter. Les résultats de cette analyse sont utilisés pour classer le sol en fonction de la répartition des caractéristiques et des contraintes spécifiques au sol. Ces propriétés influent directement sur l'irrigation, notamment sur les quantités d'eau à apporter et par conséquent sur la gestion des besoins en eau des cultures.

II.1.Ressource en eau

II.1.1.Qualité des eaux

La qualité de l'eau d'irrigation est représentée par deux paramètres :

- ✓ Risque liée à la salinité
- ✓ Risque d'alcalinité

a. Risque liée à la salinité

Le risque de salinité est lié à la probabilité d'effet négatif causé par une concentration élevée de sel dans l'eau ou les sols. Une salinité excessive peut entraîner, une diminution du rendement des cultures, problème d'infiltration d'eau et d'air. Elle est représentée par la conductivité électrique et mesurée par un conductimètre (CE).

La qualité des eaux est classée en quatre(04) catégories en fonction de sa teneur en sel mesurée en g/l, ou par la mesure directe de la conductivité électrique selon la classification USSL, (1954).

Tableau II.1 : Classification des eaux d'irrigation (USSL.1954).

| Teneur en sel en g/l | Conductivité électrique en micro mhos/cm à 25°C | Appréciation |
|----------------------|---|-------------------------------|
| < 0.2 | < 250 | C1 Eaux faiblement salines |
| 0.2-0.5 | 250-750 | C2 Eaux à salinité moyenne |
| 0.5-1.5 | 750-2250 | C3 Eaux à salinité forte |
| 1.5-3 | > 2250 | C4 Eaux à très forte salinité |

(Source : cours Mme.AZIEZ)

b. Risque d'alcalinité

L'équilibre de l'alcalinité dans l'eau d'irrigation est un facteur crucial à considérer. Les cations présents dans cette eau se regroupent en deux catégories distinctes : d'un côté le sodium (Na⁺), qui a une action défloculante sur le sol et est donc néfaste, de l'autre côté le calcium (Ca⁺⁺) et le magnésium (Mg⁺⁺), dont l'action est flocculant et donc bénéfique pour la structure du sol. La qualité de l'eau peut impacter la perméabilité du sol en raison d'un manque de calcium et de magnésium ou d'un excès de sodium. L'alcalinité d'une eau d'irrigation est évaluée par de

Sodium Adsorption Ratio (SAR), qui reflète l'équilibre des cations et révèle le potentiel alcalinisant de la solution. Cette mesure est déterminée par la formule suivante :

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

Avec ;

Na+ : sodium dans la solution du sol en (méq/l) ;

Ca++ : calcium dans la solution du sol en (méq/l) ;

Mg++ : magnésium dans la solution du sol en (méq/l).

Le diagramme de classification des eaux d'irrigation montre qu'il existe quatre (04) classes d'après united states salinity laboratory, U.S.S.L établie en 1954 (**Figure II.1**).

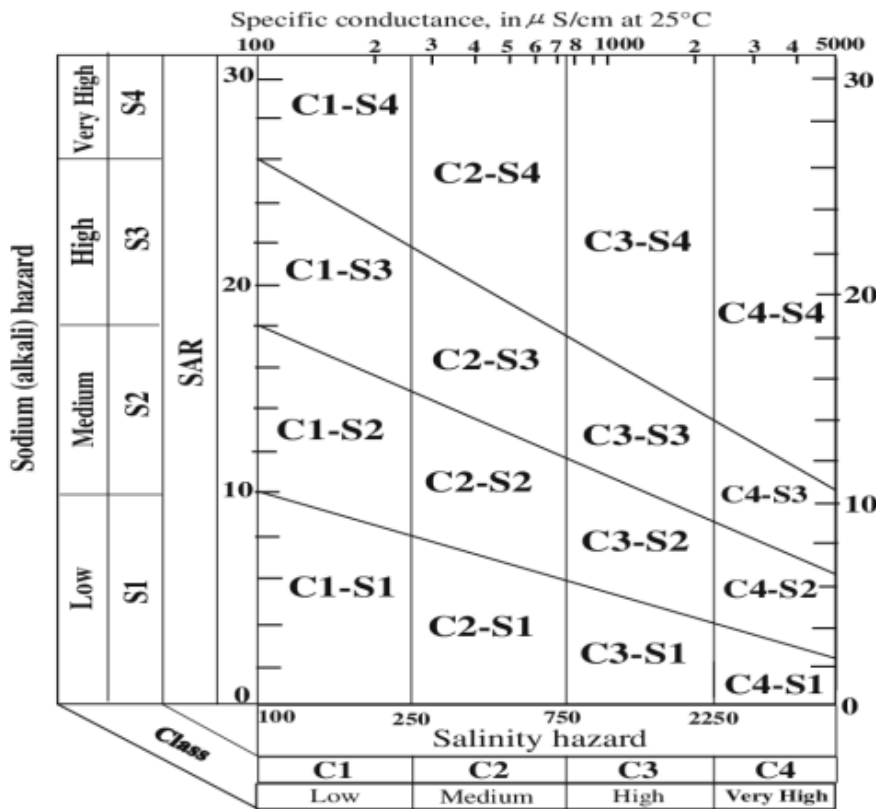


Figure II.1 : Diagramme de la classification des eaux d'irrigation de l'USSS(1954).

Tableau II.2 : Les classes de l'eau d'irrigation (DURAND, 1958).

| Classe | Qualité | Interprétation |
|--|--------------------------------|--|
| C1 – S1 | Bonne qualité | Précaution avec les plantes sensibles |
| C1 – S2 C2 – S1 | Qualité moyenne à bonne | A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensible (arbres fruitières). |
| C2 – S2 C1 – S3 C3 – S1 | Qualité moyenne à médiocre | A utiliser avec précaution. Nécessite de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse |
| C1 – S4 C2 – S3 C3 – S2 C4 – S1 | Qualité médiocre à mauvaise | Exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers, bien drainés avec doses de lessivage et/ou apports de gypse. |
| C2 – S1 S2 – C4 C3 – S3 | Qualité mauvaise | A utiliser, avec beaucoup de précautions que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensable |
| C3 – S4 C4 – S3 | Qualité très mauvaise | A utiliser que dans des circonstances exceptionnelles |
| C4 – S4 | Déconseiller pour l'irrigation | |

II.1.2. L'analyse de l'eau d'irrigation

Les eaux souterraines constituent la seule source d'eau de la wilaya, stockées dans les aquifères du complexe terminal et du continental intercalaire.

II.1.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.I

Tableau II.3 présente les résultats d'une analyse effectuée par l'ANRH sur le forage (albien) de CI, montrant les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du (C.I).

Tableau II.3 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe CI.

| Élément | mg/l | méq/l |
|------------------------------|-------|-------|
| Ca^{++} | 130 | 6.5 |
| Mg^{++} | 94.7 | 7.79 |
| Na^+ | 237.5 | 10.33 |
| K^+ | 40.8 | 1.05 |
| Cl^- | 383 | 10.79 |
| $(SO_4)^{-2}$ | 584 | 12.16 |
| $(CO_3)^{-2}$ | 0 | 0 |
| $(HCO_3)^-$ | 131 | 2,15 |
| $(NO_3)^-$ | 0 | 0 |
| Somme des cations (méq/l) | | 25.67 |
| Somme des anions (méq/l) | | 25.1 |
| Résidus secs à 105°C (mg/l) | | 1884 |
| Conductivité 25°C (mmhos/cm) | | 2.62 |
| PH | | 8.22 |
| SAR | | 3.86 |

(Source : ANRH 2023).

Selon les valeurs de la conductivité électrique et du SAR, les eaux du Complexe intercalaire de la région appartiennent à la classe C4S1.

La classe S1 indique que le SAR varie de 0 à 10, donc la quantité de sodium est presque moyenne et l'eau peut poser des problèmes pour les sols à texture fine.

La classe C4 indique que la conductivité électrique varie de 2,25 mmhos/cm à 5 mmhos/cm, c'est-à-dire que la salinité est très forte.

II.2. Ressource en sol

La pédologie, en tant qu'analyse essentielle, s'avère cruciale pour évaluer la fertilité des sols et identifier les stratégies permettant d'optimiser leur potentiel agricole. En examinant les caractéristiques du sol, cette étude vise à résoudre les défis spécifiques rencontrés dans la région, offrant ainsi des recommandations ciblées pour améliorer la qualité et la productivité des sols.

II.2.1. Les sols de Sahara

La formation et l'évolution des sols dans ce vaste territoire sont essentiellement conditionnées par le climat et la salinité. Le climat très aride influe sur la pédogenèse par la très forte évaporation, ce qui a engendré dans certaines zones de fortes accumulations salines surtout après la mise en irrigation. Ce phénomène est aggravé le plus souvent par une topographie généralement plane, qui ne facilite pas le drainage naturel des eaux excédentaires et par une eau d'irrigation relativement chargée en sels.

La roche mère des sols de ces régions est le plus souvent (Sahara septentrional), elle se caractérise par des formations gréseuses plus ou moins compactes avec des passées argileuses. Ces formations sont hétérogènes et présentent une texture le plus souvent saleuse, mais on peut rencontrer des textures limono sableuses des dépôts marneux ou un plan d'eau à une profondeur variable ces sols ne sont pas généralement calcarifères, mais, ils sont tous affectés plus ou moins de salinité. Ces caractères de sols expliquent en grande partie la prédominance

de ces facteurs pédogénétiques sur l'évolution des sols du Sahara qui sont principalement : la texture, la structure, la salinité et l'action de l'eau.

II.2.2. Sol hors palmeraies

Ces sols se trouvent généralement sur des terrasses d'apport qui servent de transition entre la terrasse d'érosion située au-dessus et les sebkhas en contrebas. D'un point de vue pédologique, ces sols peuvent présenter des profondeurs de plus de 80 cm de matériaux éoliens composés d'accumulations sableuses à sablo-limoneux. Dans certains cas, les dépôts colluviaux et éoliens se forment simultanément. Contrairement aux sols irrigués, ces sols ne subissent pas de processus d'accumulation de sels, ou du moins la salinité des horizons est relativement faible, et l'accumulation de carbonates ou de gypse est peu visible dans ces sols.

II.2.3. Sol des palmeraies

Les sols des palmeraies, souvent cultivés, conservent généralement leur matière minérale sans altération significative. Cependant, ils peuvent se désagréger et se fragmenter sous l'effet de phénomènes physiques, entraînant des redistributions et des migrations des sels minéraux, y compris les carbonates, les sulfates et les cations. Ces sols ont une faible teneur en matière organique et en éléments fertilisants, avec un PH généralement proche de la neutralité à légèrement alcalin.

II.2.4. Caractéristiques physico-chimique des sols

II.2.4.1. La texture

La composition granulométrique d'un sol, qui décrit la distribution des tailles de ses composants, est définie par une courbe granulométrique. Cette courbe illustre les proportions pondérales des éléments de tailles plus petites en fonction de leur diamètre apparent, et elle est obtenue en utilisant différentes techniques de séparation (comme le tamisage, la sédimentation, etc.) sur un échantillon de sol.

Les sols d'origine éolienne ont typiquement une texture sableuse ou sablo-limoneuse. La stratification de ces dépôts éoliens n'est pas toujours distincte, mais se manifeste principalement en surface par des couches alternées de sable grossier et de sable fin.

II.2.4.2. La structure

En règle générale, la structure de ces sols est granulaire, parfois avec une structure polyédrique peu développée. Ils présentent une faible compacité et une palette de couleurs allant du brun-rougeâtre au brun clair et au beige.

II.2.4.3. La perméabilité

La perméabilité du sol est définie par sa vitesse d'infiltration qui est la vitesse apparente de l'eau s'écoulant à travers un sol saturé, sous une pente motrice égale à l'unité c'est le coefficient K de la loi de Darcy.

Tableau II.4 : Classification de sol en fonction de perméabilité.

| Perméabilité (m/s) | Type de sol |
|---|--------------------|
| $K < 10^{-6}$ | Sol imperméable |
| $10^{-6} < K < 5 \cdot 10^{-6}$ | Sol peu perméable |
| $5 \cdot 10^{-6} < K < 5 \cdot 10^{-5}$ | Sol perméable |
| $K > 5 \cdot 10^{-5}$ | Sol très perméable |

La perméabilité est déterminée au laboratoire d'après la quantité d'eau s'écoulant par unité de temps, en travaillant sous charge constante.

Tableau II.5 : Perméabilité des sols de la région.

| Sol | Le point | Perméabilité " K " en (cm/h) | La masse volumique Kg/L |
|----------------|----------|------------------------------|-------------------------|
| Sable de dune | N'Goussa | 7.2-12.8 | 1.56-1.6 |
| Sable grossier | N'Goussa | 78 | 1.6 |

(Source : DSA Ouargla.)

II.2.4.4. La densité apparente (Da)

La densité apparente d'un sol est le rapport entre le poids d'un volume spécifique de sol sec après séchage en étuve et le poids d'un volume équivalent d'eau. Cette mesure est établie en laboratoire en fonction de la texture du sol.

II.2.4.5. Gypses et calcaire

L'accumulation de gypse en profondeur peut adopter diverses configurations. Elle peut se composer d'une abondance de petits cristaux, tels que des structures fibreuses ou des formations en roses de sable, conférant au sol une texture poreuse et spongieuse. De plus, elle peut se manifester sous forme de multiples taches ou agrégats de gypse pulvérulent, dispersés ou en réseau mycélien. La concentration totale en calcaire varie en fonction des types de sol. Bien que les accumulations superficielles puissent parfois atteindre 8 à 12%, les concentrations élevées en profondeur sont rares. En règle générale, les sols présentent de faibles niveaux de calcaire, tant en surface que sur toute leur profondeur, en raison du caractère peu calcaire ou non calcaire des roches mères.

II.2.4.6. La salinité

La salinité devient critique lorsque l'accumulation de sels dans la zone racinaire atteint un niveau qui entraîne une diminution du rendement, pouvant même conduire au dépérissement des cultures.

Tableau II.6 : Classification des sols salsodiques selon SERVANT.

| Classes | Désignation | C.Em. S/cm à 25°C | Σ des anions en méq. g/l |
|---------|---------------------|-------------------|---------------------------------|
| 0 | Non salé | <2.5 | <25 |
| 1 | Faiblement salé | 2.5-5 | 25-50 |
| 2 | Moyennement salé | 5-10 | 50-105 |
| 3 | Salé | 10-15 | 105-165 |
| 4 | Fortement salé | 15-20 | 165-225 |
| 5 | Très fortement salé | 20-27.5 | 225-315 |
| 6 | Excessivement salé | 27.5-40 | 315-620 |
| 7 | Hypersalé | >40 | >620 |

II.2.5. Analyse granulométrique

Les analyses des sols de notre parcelle sont faites au laboratoire sur un échantillon prélevé du périmètre à étudier (**Annexe I**).

Tableau II.7 : Résultat de la courbe granulométrique.

| Région | Cc | Cu | Classement |
|----------|-------|-------|--|
| N'GOUSSA | 1,774 | 0,275 | Granulométrie est uniforme (encore serrée) |

(Source : DSA Ouargla).

Tableau II.8 : Résultat analytique (granulométrie).

| Horizon (cm) analyse | 0-28 | 28-92 | 92-125 |
|----------------------|------|-------|--------|
| Argile % Limon | 3 | 5 | 4 |
| fin % Limon | 2 | 4 | 3 |
| grossier % | 3 | 1 | 1 |
| Sable fin % | 41 | 28 | 14 |
| Sable grossier % | 51 | 63 | 79 |

(Source : DSA Ouargla.)

II.2.6. Les résultats d'analyse physico-chimique du sol**Tableau II.9** : Résultats d'analyse physique du sol.

| Carrière | Texture | Structure | Vitesse d'infiltration (K) | n(%) | Da | Dr | e | Ce mmhos/cm |
|----------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-------|-----|------|-------|-------------|
| N'GOUSSA | Sablo-limoneuse | Particulaire à polyédrique | Sol perméable | 31,02 | 1,4 | 2,65 | 0,450 | 3.84 |

(Source : DSA Ouargla.)

Tableau II.9 : Résultats d'analyse chimique du sol.

| Carrière | Sels % | PH | MO% | Caco3 % |
|----------|--------|-----|-------|---------|
| N'GOUSSA | 0.017 | 7.9 | 0.344 | 0.220 |

(Source : DSA Ouargla.)

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'analyse des ressources en sol et en eau indispensables à la mise en œuvre d'un projet d'irrigation dans la région étudiée. L'étude pédologique réalisée dans la zone d'étude a permis de classer les sols en se basant sur leurs caractéristiques morphologiques et physico-chimiques, d'identifier les contraintes à leur exploitation et de formuler des recommandations pour pallier les facteurs limitant leur utilisation.



Chapitre III
Etude hydrologique

Chapitre III : Etude hydrologique

Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'analyser les caractéristiques des précipitations à fréquences spécifiques, essentielles pour l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole. L'étude porte sur la détermination de l'année de calcul, l'homogénéisation des séries pluviométriques et l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

III.1.Répartition de la pluie moyenne annuelle

Les précipitations représentent un facteur important dans un projet d'irrigation, Nous avons complété les données existantes par des données récentes téléchargées à partir du site de la NASA (de 1990- 2023) (la Nasa<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

Tableau III.1 : Pluie moyenne mensuelles.

| Années | SEP | Oct | Nov | Dec | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | annuel |
|-----------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|-------|------|--------|
| 1990-1991 | 0 | 0 | 10,6 | 5 | 0 | 0,2 | 4,9 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 24,7 |
| 1991-1992 | 0 | 0 | 2,5 | 25,1 | 7,7 | 0 | 7,8 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50,1 |
| 1992-1993 | 0 | 0 | 13,6 | 22,4 | 0 | 6,7 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43,6 |
| 1993-1994 | 0 | 0,4 | 13,3 | 2 | 3,8 | 0 | 9,5 | 2,2 | 0 | 0 | 0,6 | 0 | 31,8 |
| 1994-1995 | 23,6 | 17,9 | 5,3 | 1,5 | 0,7 | 0 | 14,4 | 0 | 0 | 0 | 0,7 | 0,6 | 64,6 |
| 1995-1996 | 13,7 | 16,5 | 3,7 | 4,5 | 27,5 | 5,4 | 9,6 | 2,8 | 0,6 | 0,2 | 0 | 0 | 84,5 |
| 1996-1997 | 5,7 | 0 | 0 | 0,7 | 0 | 2 | 0 | 8 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 16,6 |
| 1997-1998 | 17,5 | 10,1 | 0 | 10,8 | 0 | 0,8 | 2,9 | 1,8 | 0 | 2,8 | 0 | 0 | 46,7 |
| 1998-1999 | 6,4 | 6,3 | 2,1 | 1,6 | 19,8 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36,6 |
| 1999-2000 | 1 | 1,3 | 21 | 6,4 | 0 | 0 | 3,2 | 0 | 18,2 | 0 | 0 | 0 | 51,1 |
| 2000-2001 | 5,2 | 30,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36,2 |
| 2001-2002 | 2,5 | 2,4 | 1,6 | 5 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | 13,1 |
| 2002-2003 | 0,1 | 6,4 | 2,5 | 0 | 12,5 | 5,5 | 8,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,4 | 37,3 |
| 2003-2004 | 3,9 | 3,8 | 1 | 0,6 | 13,6 | 0 | 0,6 | 5,4 | 0 | 1,2 | 0 | 8,2 | 38,3 |
| 2004-2005 | 0 | 15,7 | 36,5 | 10,9 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,3 |
| 2005-2006 | 9,2 | 3,2 | 16,5 | 1,9 | 9,9 | 0,5 | 0,8 | 4,7 | 0 | 0 | 0 | 2,5 | 49,2 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-------|-------|
| 2006-2007 | 5,4 | 10,6 | 0 | 1,9 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 3,7 | 1,2 | 0 | 0 | 1,6 | 25,1 |
| 2007-2008 | 0 | 0,8 | 0 | 3,6 | 7,6 | 2,3 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14,5 |
| 2008-2009 | 14,4 | 26,8 | 0 | 0 | 52,1 | 1,1 | 12 | 0,8 | 0 | 1,5 | 0 | 0 | 108,7 |
| 2009-2010 | 5,3 | 0 | 0 | 0 | 6,7 | 0 | 0,2 | 0 | 0,5 | 0 | 5 | 0,2 | 17,9 |
| 2010-2011 | 6,4 | 8,8 | 0 | 3 | 6,4 | 1,1 | 3,7 | 1,8 | 0 | 0,5 | 1 | 0,2 | 32,9 |
| 2011-2012 | 5,3 | 0 | 0 | 0 | 5,7 | 0 | 0,2 | 0 | 1,3 | 0 | 8 | 1,2 | 21,7 |
| 2012-2013 | 4,3 | 7,1 | 0 | 1,7 | 5,6 | 0,7 | 2,3 | 0 | 1,3 | 1 | 7,5 | 1,7 | 33,2 |
| 2013-2014 | 10,7 | 12 | 3,4 | 1,7 | 13,1 | 0,9 | 3,8 | 1,2 | 0 | 0 | 0,6 | 0,7 | 48,1 |
| 2014-2015 | 3,4 | 8 | 11,2 | 17,3 | 5,6 | 2,2 | 3,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52,2 |
| 2015-2016 | 5,27 | 0 | 0 | 0 | 15,82 | 26,37 | 10,55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,01 |
| 2016-2017 | 58,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,27 | 5,27 | 0 | 0 | 0 | 68,55 |
| 2017-2018 | 10,55 | 42,19 | 15,82 | 5,27 | 0 | 0 | 5,27 | 5,27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84,38 |
| 2018-2019 | 5,27 | 0 | 5,27 | 0 | 0 | 10,55 | 5,27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26,37 | 52,73 |
| 2019-2020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,27 | 26,37 | 0 | 10,55 | 0 | 0 | 0 | 42,19 |
| 2020-2021 | 21,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15,82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36,91 |
| 2021-2022 | 2,6 | 0,31 | 34,82 | 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0,39 | 6,57 | 0,72 | 0 | 0,07 | 45,57 |
| 2022-2023 | 0,45 | 1,6 | 0 | 5,71 | 0,05 | 0,26 | 0,96 | 1,5 | 0,64 | 0 | 0 | 0 | 11,16 |

Tableau III.2 : Caractéristiques de la série pluviométrique.

| | |
|--------------------------------|-------|
| La moyenne | 43.68 |
| L'écart-type | 22.03 |
| Coefficient de variance | 0.504 |
| La médiane | 42.19 |
| Pmax (mm) | 108.7 |
| Pmin (mm) | 11.16 |

III.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

L'homogénéisation des données consiste à identifier les séries pluviométriques et à vérifier s'il n'y a pas d'erreurs systématiques qu'il convient de rechercher et de corriger s'il y a lieu. Pour la fiabilité de l'information, il convient de tester la série d'origine utilisée pour d'autres séries.

Le test de WILCOXON est le plus puissant des tests non paramétriques, la méthode de vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique repose sur le processus suivant :

- La série complète est divisée en deux sous-séries, x et y, où N1 et N2 représentent respectivement les tailles de ces deux sous-séries, comme c'est généralement $N_2 > N_1$.
- Ensuite, former la série x unions y en classant la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce point, chaque valeur de la série pluviométrique classée se voit attribuer son rang, en précisant à quelle sous-série elle appartient.

WILCOXON a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si l'hypothèse H_0 est vérifiée :

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

Avec ;

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots \text{III. 1}$$

$$W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{\min} \dots \dots \dots \text{III. 2}$$

W_x : Somme des rangs des sous séries.

$u_{1-\frac{\alpha}{2}}$: représente la valeur de la variable centré réduite de Gauss, pour un intervalle de

confiance de 95% : $u_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$.

Tableau III.3 : Test d'homogénéité.

| Rang | P (mm) | Série x (mm) | Série y (mm) | x U y | Série d'origine |
|------|--------|--------------|--------------|-------|-----------------|
| 1 | 24,7 | 24,7 | 49,2 | 11,16 | y |
| 2 | 50,1 | 50,1 | 25,1 | 13,1 | x |
| 3 | 43,6 | 43,6 | 14,5 | 14,5 | y |
| 4 | 31,8 | 31,8 | 108,7 | 16,6 | x |
| 5 | 64,6 | 64,6 | 17,9 | 17,9 | y |
| 6 | 84,5 | 84,5 | 32,9 | 21,7 | y |
| 7 | 16,6 | 16,6 | 21,7 | 24,7 | x |
| 8 | 46,7 | 46,7 | 33,2 | 25,1 | y |
| 9 | 36,6 | 36,6 | 48,1 | 31,8 | x |
| 10 | 51,1 | 51,1 | 52,2 | 32,9 | y |
| 11 | 36,2 | 36,2 | 58,01 | 33,2 | y |
| 12 | 13,1 | 13,1 | 68,55 | 36,2 | x |
| 13 | 37,3 | 37,3 | 84,38 | 36,6 | x |
| 14 | 38,3 | 38,3 | 52,73 | 36,91 | y |
| 15 | 63,3 | 63,3 | 42,19 | 37,3 | x |
| 16 | 49,2 | | 36,91 | 38,3 | x |

| | | | | | |
|----|-------|--|-------|-------|---|
| 17 | 25,1 | | 45,57 | 42,19 | x |
| 18 | 14,5 | | 11,16 | 43,6 | x |
| 19 | 108,7 | | | 45,57 | y |
| 20 | 17,9 | | | 46,7 | x |
| 21 | 32,9 | | | 48,1 | y |
| 22 | 21,7 | | | 49,2 | y |
| 23 | 33,2 | | | 50,1 | x |
| 24 | 48,1 | | | 51,1 | x |
| 25 | 52,2 | | | 52,2 | y |
| 26 | 58,01 | | | 52,73 | y |
| 27 | 68,55 | | | 58,01 | y |
| 28 | 84,38 | | | 63,3 | x |
| 29 | 52,73 | | | 64,6 | x |
| 30 | 42,19 | | | 68,55 | y |
| 31 | 36,91 | | | 84,38 | y |
| 32 | 45,57 | | | 84,5 | x |
| 33 | 11,16 | | | 108,7 | y |

Tableau III .4 : Résultats du test de WILCOXON.

| N_1 | N_2 | W_x | W_{min} | W_{max} |
|-------|-------|-------|-----------|-----------|
| 15 | 18 | 269 | 200.29 | 309.71 |

Donc : $200.29 < W_x < 309.71$

La condition de WILCOXON est vérifiée, ce qui veut dire que la série des précipitations moyennes annuelles est homogène.

III.3. Ajustement de la série pluviométrique

Les séries pluviométriques peuvent être adaptées en utilisant diverses lois statistiques. Dans notre projet, nous privilégions celles offrant le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus couramment utilisées :

- la loi de Gauss (normale).
- la loi de Gibrat-Galton (log normale).

Ces deux lois de probabilité continues dépendent de deux paramètres : l'espérance μ et l'écart type σ . Dans le cas de la loi log normale, ces paramètres sont remplacés par $\log(\mu, \sigma)$. Pour effectuer les calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

III.3.1. Ajustement à la loi log-normale (Galton)

On dit qu'une variable aléatoire X a une distribution log normal lorsque : $Y = \ln X$ est normal. La loi de Gibrat-Galton est une dérivation de la loi normale, mais avec une asymétrie introduite par une transformation de variable. Sa fonction de répartition est exprimée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \dots \dots \dots III. 3$$

Avec la valeur réduite est donnée par : $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma \ln x} \dots \dots \dots III. 4$

L'équation de la variable réduite présente sous forme de : $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma \ln x$. L'équation d'une ligne sur un papier Gauss-logarithmique correspond à la relation entre l'échelle gaussienne sur l'axe des abscisses et l'échelle logarithmique sur l'axe des ordonnées.

Tableau III.5 : Résultat de l'ajustement à la loi log-normale(HYFRAN).

| T | q | XT | Ecart-Type | Intervalle de confiance |
|------|--------|------|------------|-------------------------|
| 10.0 | 0.9000 | 76.9 | 10.1 | 57.1 - 96.8 |
| 5.0 | 0.8000 | 60.2 | 6.81 | 46.9 - 73.6 |
| 2.0 | 0.5000 | 37.7 | 3.65 | 30.6 - 44.9 |
| 1.25 | 0.2000 | 23.6 | 2.67 | 18.4 - 28.9 |

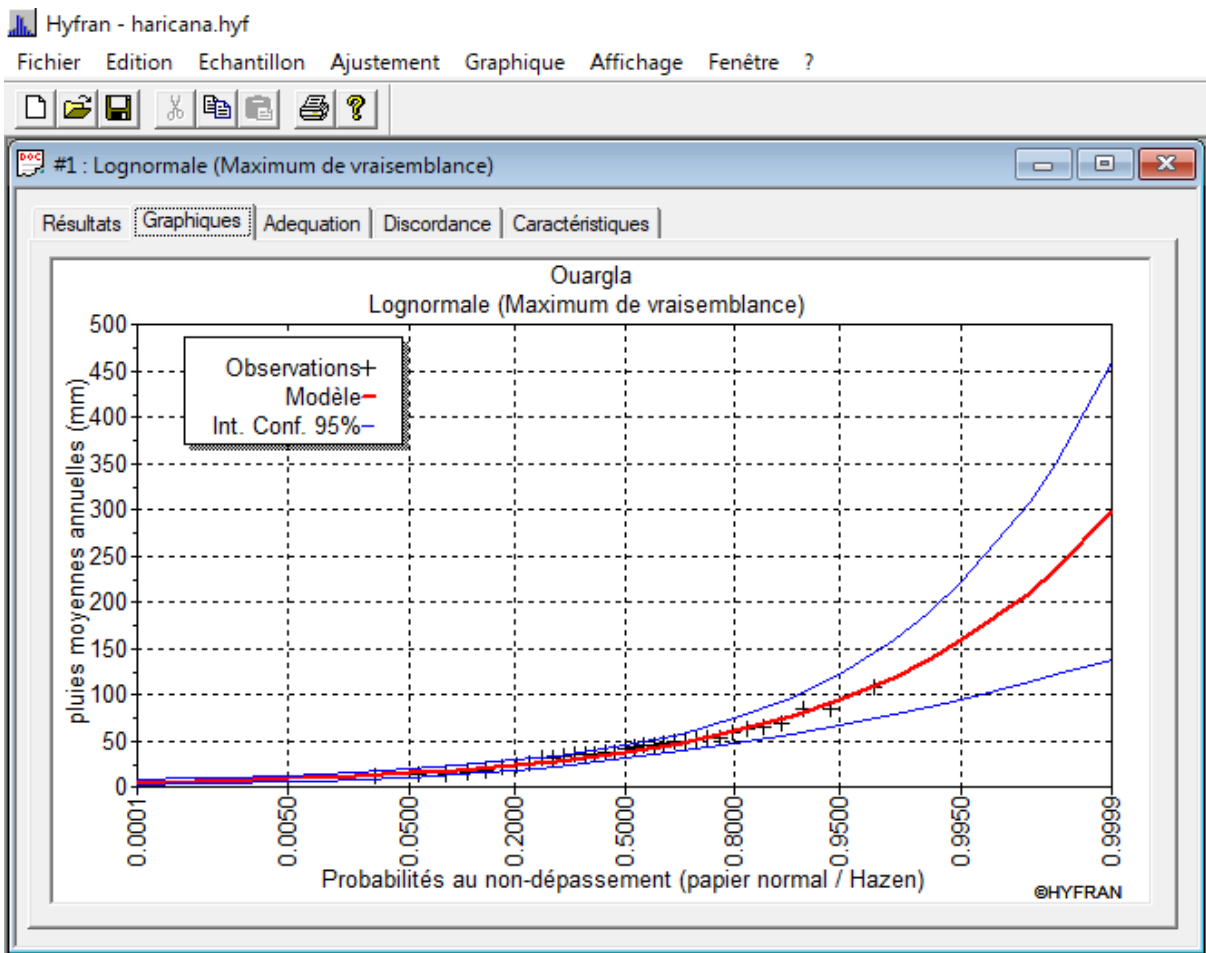


Figure III.1 : Courbe d'ajustement des pluies à la loi log normal.

III.3.2. Ajustement à la loi normale

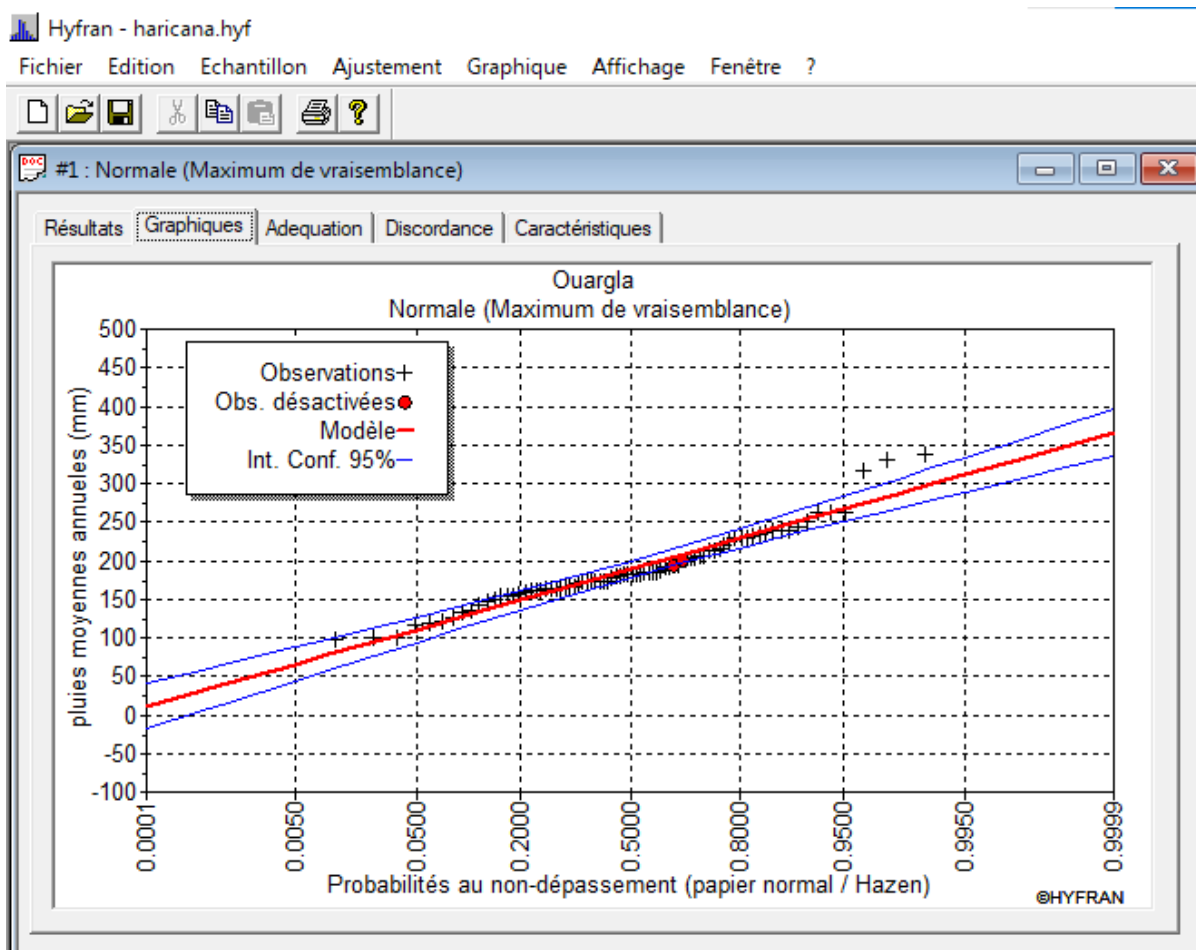
La fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \dots \dots \dots \text{III. 5}$$

Avec le variable réduite de Gauss est donnée par : $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma} \dots \dots \dots \text{III. 6}$

Tableau III.6 : Résultat de l'ajustement à la loi normale(HYFRAN).

| T | q | XT | Ecart-Type | Intervalle de confiance |
|------|--------|------|------------|-------------------------|
| 10.0 | 0.9000 | 71.5 | 5.21 | 61.3 - 81.7 |
| 5.0 | 0.8000 | 61.8 | 4.48 | 53.0 - 70.6 |
| 2.0 | 0.5000 | 43.2 | 3.84 | 35.7 - 50.8 |
| 1.25 | 0.2000 | 24.7 | 4.48 | 15.9 - 33.5 |

**Figure III.2** : Courbe d'ajustement des pluies à la loi normal.

III.3.3. Test de validité d'un ajustement

Lorsqu'on adopte une loi particulière, on peut commettre une erreur d'adéquation. Par conséquent, il est essentiel de comparer l'adéquation de différentes lois pour choisir le meilleur ajustement. Parmi les tests couramment utilisés, on trouve le test du Khi carré « χ^2 ».

On dit qu'un échantillon est provient d'une loi si : $\chi^2_{cal} < \chi^2_{thé}$.

Le test de « χ^2 » est fait à l'aide de logiciel HYFRAN et les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.7 : Résultat du test de khi carré.

| Les lois | Nombre degré de liberté | $\chi^2_{calculé}$ | $\chi^2_{théorique}$ |
|-------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|
| Loi normale | 5 | 2.15 | 11.07 |
| Loi log - normale | 5 | 6.03 | 11.07 |

La condition de validité d'ajustement est vérifiée donc la série des précipitations moyennes annuelle sont ajustable avec les deux lois pour une probabilité : $1-\alpha=95\%$ (**Annexe III**).

Les figures 1 et 2 indiquent que la loi log-normale offre une meilleure adéquation aux données de précipitations annuelles que la loi normale. En effet, la majorité des points de données se trouve dans l'intervalle de confiance de la loi log-normale, ce qui signifie que les prévisions de cette loi sont plus précises et plus fiables pour ces données. Par conséquent, la loi log-normale est plus appropriée pour modéliser les précipitations annuelles que la loi normale.

III.4. Détermination de l'année de calcul

L'objectif principal de la détermination de l'année de calcul est de déterminer la quantité de pluie qui peut être utilisée par les plantes. Cette quantité correspond à une fraction de la pluie efficace, qui est définie comme la pluie de probabilité 80%. Autrement dit, la pluie efficace représente la quantité de pluie qui a une probabilité de 80% de se produire pendant une année donnée. En déterminant l'année de calcul, on peut donc estimer la quantité de pluie disponible pour les plantes, ce qui est crucial pour la gestion des ressources en eau et la planification de l'irrigation.

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

$$P_{moy80\%} = P_{moy} \times \frac{P_{théorique (80\%)annuelle}}{P_{théorique (50\%)annuelle}} \dots \dots \dots \text{III. 7}$$

Avec :

$P_{moy80\%}$: La précipitation mensuelle de l'année de calcul.

P_{moy} : La précipitation moyenne mensuelle.

$P_{80\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%.

$P_{50\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 50%.

D'après les résultats de l'ajustement par la loi log-normal on trouve :

$P_{an50\%} = 37.7\text{mm}$.

$P_{an80\%} = 23.6\text{ mm}$.

Tableau III.8 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.

| Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout |
|---------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $P_{moy}(mm)$ | 5,53 | 6,32 | 6,53 | 4,79 | 11,54 | 2,15 | 6,13 | 5,17 | 5,5 | 0,19 | 0,16 | 1,32 |
| $P_{moy80\%}$ | 3.48 | 3.98 | 4.11 | 3.02 | 7.27 | 1.35 | 3.86 | 3.26 | 3.47 | 0.12 | 0.1 | 0.83 |

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué une procédure d'étude hydrologique pour notre projet. Nous avons ajusté les précipitations annuelles moyennes à l'aide de HYFRAN pour la loi normale et la loi log-normale. Le test de validité de l'ajustement a montré que la série s'ajuste mieux avec la loi log-normale. Enfin, nous avons déterminé les précipitations mensuelles qui caractérisent le calcul. Le but de la détermination de l'année de calcul est de calculer les besoins en eau des cultures, qui est l'objectif du prochain chapitre.

Chapitre IV
Calcul des besoins en eau des cultures

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est d'évaluer les besoins en eau des cultures en utilisant les calculs présentés précédemment. Cela permettra de combler le déficit hydrique dans la couche de sol active.

Lorsque les plantes sont irriguées, une partie de l'eau est libérée par la transpiration des feuilles, tandis que le reste s'évapore directement du sol. L'estimation des besoins en eau des cultures est une étape cruciale dans tout aménagement hydro-agricole, car elle permet une gestion efficace de l'eau dans la zone concernée.

IV.1. Besoin en eau du périmètre

La connaissance des besoins en eau des cultures est essentielle pour tout projet d'irrigation. Leur détermination nécessite la prise en compte de divers paramètres, concernant à la fois la plante elle-même et les données climatiques et pédologiques de la région définie précédemment.

IV.1.1. Calcul des besoins en eau

Les besoins en eau des cultures peuvent être définis comme la quantité d'eau qui doit être fournie aux plantes aux moments opportuns, dans le but d'établir les conditions d'humidité optimales nécessaires pour atteindre un rendement maximal.

Pour déterminer les quantités d'eau nécessaires à apporter par irrigation, des calculs sont effectués pour chaque stade de croissance de la plante (stade végétatif) :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + Rs_{i-1}) \dots \dots \dots IV.1$$

Avec ;

B_i : Besoin en eau d'irrigation (mm).

ETM : L'évapotranspiration maximale (mm), tel que :

$$ETM = ET_0 * K_c \dots \dots \dots IV.2$$

K_c : Coefficient culturel de la culture considérée.

ET_0 : L'évapotranspiration potentielle de référence ;

P_{eff} : La pluie efficace (mm).

Rs_{i-1} : La réserve utile du sol du mois précédent (mm).

IV.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)

C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue.

Pour calculer l'évapotranspiration de référence, il existe deux méthodes :

- Les méthodes directes : instruments et appareils (la cuve lysimétrique et le bac évaporant).
- Les méthodes indirectes : utilisation des formules empiriques.
 - Penman ;
 - Thornthwaite ;
 - Blaney-Ceiddle ;
 - Turc ;
 - Doorenbos et Pruitt ;
 - Penman-Monteith modifiée ;

IV.2. Calcul de la pluie efficace

La pluie efficace, essentielle pour répondre aux besoins en eau des cultures après avoir pris en compte les pertes par ruissellement et percolation, est difficile à estimer sans des mesures sur de longues périodes et en divers endroits. En l'absence de telles données, une approche courante est d'utiliser des méthodes expérimentales telles que la méthode du pourcentage fixé. Dans ce contexte, un pourcentage de 80% est souvent retenu pour représenter la fraction des précipitations considérée comme bénéfique, tandis que les 20% restants sont considérés comme des pertes dues au ruissellement en surface et à la percolation en profondeur.

Différentes approches sont disponibles pour calculer ces précipitations, cependant, dans ce cas précis, nous optons pour la méthode basée sur les pourcentages :

$$P_{eff} = A \cdot P_{moy} \dots \dots \dots \text{IV.4}$$

Avec ;

P_{eff} : Pluie annuelle efficace en (mm/mois).

P_{moy} : Pluie moyenne en (mm/mois).

A : coefficient de correction égal à 0.8.

Tableau IV .2 : Pluviométrie moyenne et efficace pour chaque mois en mm.

| Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Pmoy (mm/mois) | 5.53 | 6.32 | 6.53 | 4.79 | 11.54 | 2.15 | 6.13 | 5.17 | 5.50 | 0.19 | 0.16 | 1.32 |
| Peff (mm/mois) | 4.42 | 5.06 | 5.22 | 3.83 | 9.23 | 1.72 | 4.90 | 4.14 | 4.4 | 0.15 | 0.13 | 1.06 |

IV.3. Calcul de la réserve en eau du sol

La réserve facilement utilisable fait référence à la quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante. C'est un paramètre essentiel pour évaluer les besoins en eau des cultures.

Dans notre cas, la réserve en eau du sol est considérée comme nulle vu que la région est aride et la texture sablo-limoneuse.

$$Rs_{i-1} = RFU * K \dots \dots \dots \text{IV.5}$$

Tel que ;

$K=1$; $1/2$; $1/3$ ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle.

IV.4. Choix des cultures

Plusieurs paramètres clés entrent en compte dans la décision des cultures à mettre en place,

Paramètres à considérer :

- ✓ Les conditions climatiques de la région.
- ✓ Le type de sol et les contraintes pédologiques.
- ✓ La qualité et disponibilité des ressources en eau.
- ✓ La vocation de la région et les contraintes socio-économiques.

IV.4.1. Occupation des sols

Pour évaluer les besoins en eau des cultures de la région étudiée, il est essentiel de commencer par analyser l'occupation du sol et la répartition des cultures dans la zone, en prenant en considération diverses contraintes telles que le climat, les aspects sociaux et les caractéristiques agro-pédologiques.

Tableau IV.3 :L'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.

| Cultures | Céréales % | Maraichères % | Arboricultures% | Total % |
|-------------|------------|---------------|-----------------|---------|
| Pourcentage | 36 | 24 | 40 | 100 |

IV.4.2. Les cultures proposées

Les cultures proposées sont indiquées dans le **tableau IV.4**.

Tableau IV.4 : Système de cultures proposées.

| Céréalicultures | Culture maraichères | Arboricultures |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| Blé L'orge | Pomme de terre Poivron Tomate | Palmier dattier |

IV.5. Estimation des besoins en eau des cultures**IV.5.1 Estimation des besoins en eau des céréales**

- **Besoin en eau du blé**

Tableau IV.5 : Besoin en eau du blé.

| Mois | ET0 (mm/j) | ET0 (mm/mois) | Peff (mm/mois) | Kc | ETM (mm/mois) | Bi net (mm) | Bi net (m ³ /ha) |
|--------------|---------------|------------------|-------------------|------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Sep | 6,38 | 191,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oct | 4,19 | 125,7 | 0 | 0,4 | 50,28 | 50,28 | 502,8 |
| Nov | 2,6 | 78 | 0 | 0,55 | 42,9 | 42,9 | 429 |
| Dec | 1,67 | 50,1 | 0 | 0,7 | 35,07 | 35,07 | 350,7 |
| Jan | 1,69 | 50,7 | 0 | 0,85 | 43,095 | 43,095 | 430,95 |
| Fév | 2,45 | 73,5 | 0 | 0,95 | 69,825 | 69,825 | 698,25 |
| Mar | 3,69 | 110,7 | 0 | 1 | 110,7 | 110,7 | 1107 |
| Avr | 5,46 | 163,8 | 0 | 0,85 | 139,23 | 139,23 | 1392,3 |
| Mai | 6,79 | 203,7 | 0 | 0,7 | 142,59 | 142,59 | 1425,9 |
| Juin | 8,18 | 245,4 | 0 | 0,5 | 122,7 | 122,7 | 1227 |
| Juill | 8,55 | 256,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aout | 8,28 | 248,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- Besoin en eau de l'orge

Tableau IV.6 : Besoin en eau de l'orge.

| Mois | ET0 (mm/j) | ET0 (mm/mois) | Peff (mm/mois) | Kc | ETM (mm/mois) | Bi net (mm) | Bi net (m ³ /ha) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Sep | 6,38 | 191,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oct | 4,19 | 125,7 | 0 | 0,4 | 50,28 | 50,28 | 502,8 |
| Nov | 2,6 | 78 | 0 | 0,55 | 42,9 | 42,9 | 429 |
| Dec | 1,67 | 50,1 | 0 | 0,7 | 35,07 | 35,07 | 350,7 |
| Jan | 1,69 | 50,7 | 0 | 0,85 | 43,095 | 43,095 | 430,95 |
| Fév | 2,45 | 73,5 | 0 | 0,95 | 69,825 | 69,825 | 698,25 |
| Mar | 3,69 | 110,7 | 0 | 1 | 110,7 | 110,7 | 1107 |
| Avr | 5,46 | 163,8 | 0 | 0,85 | 139,23 | 139,23 | 1392,3 |
| Mai | 6,79 | 203,7 | 0 | 0,7 | 142,59 | 142,59 | 1425,9 |
| Juin | 8,18 | 245,4 | 0 | 0,5 | 122,7 | 122,7 | 1227 |
| Juill | 8,55 | 256,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aout | 8,28 | 248,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IV.5.2. Estimation des besoins en eau des maraichères

- Besoin en eau de la pomme de terre

Tableau IV.7 : Besoin en eau de la pomme de terre.

| Mois | ET0 (mm/j) | ET0 (mm/mois) | Peff (mm/mois) | Kc | ETM (mm/mois) | Bi net (mm) | Bi net (m ³ /ha) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Sep | 6,38 | 191,4 | 0 | 0,5 | 95,7 | 95,7 | 957 |
| Oct | 4,19 | 125,7 | 0 | 0,7 | 87,99 | 87,99 | 879,9 |
| Nov | 2,6 | 78 | 0 | 1 | 78 | 78 | 780 |
| Dec | 1,67 | 50,1 | 0 | 0,75 | 37,575 | 37,575 | 375,75 |
| Jan | 1,69 | 50,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fév | 2,45 | 73,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mar | 3,69 | 110,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Avr | 5,46 | 163,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mai | 6,79 | 203,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juin | 8,18 | 245,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juill | 8,55 | 256,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aout | 8,28 | 248,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- **Besoin en eau de la tomate**

Tableau IV.8 : Besoin en eau de la tomate.

| Mois | ET0 (mm/j) | ET0 (mm/mois) | Peff (mm/mois) | Kc | ETM (mm/mois) | Bi net (mm) | Bi net (m ³ /ha) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Sep | 6,38 | 191,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oct | 4,19 | 125,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nov | 2,6 | 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dec | 1,67 | 50,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jan | 1,69 | 50,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fév | 2,45 | 73,5 | 0 | 0,45 | 33,075 | 33,075 | 330,75 |
| Mar | 3,69 | 110,7 | 0 | 0,65 | 71,955 | 71,955 | 719,55 |
| Avr | 5,46 | 163,8 | 0 | 1,1 | 180,18 | 180,18 | 1801,8 |
| Mai | 6,79 | 203,7 | 0 | 0,9 | 183,33 | 183,33 | 1833,3 |
| Juin | 8,18 | 245,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juill | 8,55 | 256,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aout | 8,28 | 248,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- **Besoin en eau du poivron**

Tableau IV.9 : Besoin en eau du poivron.

| Mois | ET0 (mm/j) | ET0 (mm/mois) | Peff (mm/mois) | Kc | ETM (mm/mois) | Bi net (mm) | Bi net (m ³ /ha) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Sep | 6,38 | 191,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oct | 4,19 | 125,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nov | 2,6 | 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dec | 1,67 | 50,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jan | 1,69 | 50,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fév | 2,45 | 73,5 | 0 | 0,45 | 33,075 | 33,075 | 330,75 |
| Mar | 3,69 | 110,7 | 0 | 0,8 | 88,56 | 88,56 | 885,6 |
| Avr | 5,46 | 163,8 | 0 | 1,1 | 180,18 | 180,18 | 1801,8 |
| Mai | 6,79 | 203,7 | 0 | 0,75 | 152,775 | 152,775 | 1527,75 |
| Juin | 8,18 | 245,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juill | 8,55 | 256,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aout | 8,28 | 248,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IV.5.3. Estimation des besoins en eau des arboricultures

- Besoin en eau du Palmier dattier

Tableau IV.10 : Besoin en eau du palmier dattier.

| Mois | ET0 (mm/j) | ET0 (mm/mois) | Peff (mm/mois) | Kc | ETM (mm/mois) | Bi net (mm) | Bi net (m ³ /ha) |
|-------|---------------|------------------|-------------------|------|------------------|----------------|--------------------------------|
| Sep | 6,38 | 191,4 | 0 | 0,7 | 133,98 | 133,98 | 1339,8 |
| Oct | 4,19 | 125,7 | 0 | 0,55 | 69,135 | 69,135 | 691,35 |
| Nov | 2,6 | 78 | 0 | 0,55 | 42,9 | 42,9 | 429 |
| Dec | 1,67 | 50,1 | 0 | 0,55 | 27,555 | 27,555 | 275,55 |
| Jan | 1,69 | 50,7 | 0 | 0,55 | 27,885 | 27,885 | 278,85 |
| Fév | 2,45 | 73,5 | 0 | 0,55 | 40,425 | 40,425 | 404,25 |
| Mar | 3,69 | 110,7 | 0 | 0,55 | 60,885 | 60,885 | 608,85 |
| Avr | 5,46 | 163,8 | 0 | 0,55 | 90,09 | 90,09 | 900,9 |
| Mai | 6,79 | 203,7 | 0 | 0,55 | 112,035 | 112,035 | 1120,35 |
| Juin | 8,18 | 245,4 | 0 | 0,7 | 171,78 | 171,78 | 1717,8 |
| Juill | 8,55 | 256,5 | 0 | 0,7 | 179,55 | 179,55 | 1795,5 |
| Aout | 8,28 | 248,4 | 0 | 0,7 | 173,88 | 173,88 | 1738,8 |

IV.5.4. Besoin mensuels totaux en eau des cultures sans lessivage

Tableau IV.11 : Récapitule les besoin en eau des cultures projetées sans lessivage.

| Mois/Cultures | Blé (mm) | L'orge (mm) | Pomme de terre (mm) | Tomate (mm) | Poivron (mm) | Palmier dattier (mm) | Besoins total (mm) |
|---------------|-------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| Sep | 0 | 0 | 95,7 | 0 | 0 | 133,98 | 229,68 |
| Oct | 50,28 | 50,28 | 87,99 | 0 | 0 | 69,135 | 257,685 |
| Nov | 42,9 | 42,9 | 78 | 0 | 0 | 42,9 | 206,7 |
| Dec | 35,07 | 35,07 | 37,575 | 0 | 0 | 27,555 | 135,27 |
| Jan | 43,095 | 43,095 | 0 | 0 | 0 | 27,885 | 114,075 |
| Fév | 69,825 | 69,825 | 0 | 33,075 | 33,075 | 40,425 | 246,225 |
| Mar | 110,7 | 110,7 | 0 | 71,955 | 88,56 | 60,885 | 442,8 |
| Avr | 139,23 | 139,23 | 0 | 180,18 | 180,18 | 90,09 | 728,91 |
| Mai | 142,59 | 142,59 | 0 | 183,33 | 152,775 | 112,035 | 733,32 |
| Juin | 122,7 | 122,7 | 0 | 0 | 0 | 171,78 | 417,18 |
| Juill | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 179,55 | 179,55 |
| Aout | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 173,88 | 173,88 |

IV.5.5. Besoin mensuels totaux en eau des cultures avec lessivage

On a un risque de salinité c'est pour ça que le calcul du lessivage est très important.

En se basant sur la formule de Rhodes qui permet l'appréciation de la fraction de lessivage d'entretien :

$$I_W = \frac{B_{net}}{1-LR} \dots \dots \dots \text{IV.6}$$

$$LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{es}-C_{eiw}} \dots \dots \dots \text{IV.7}$$

Avec ;

I_W : Volume de lessivage y compris la dose d'arrosage.

B_{net} : Besoin en eau de culture avant lessivage.

LR : Leaching Requirement ou fraction lessivant.

C_{eiw} : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation.

C_{es} : Conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol.

Application numérique :

$$LR = \frac{2.62}{(5*3.84)-2.62} = 0.158 \rightarrow LR = 15.8\%$$

Tableau IV.12 : Récapitule les besoins en eau des cultures projetées avec lessivage.

| Mois/Cultures | Blé (mm) | L'orge (mm) | Pomme de terre (mm) | Tomate (mm) | Poivron (mm) | Palmier dattier (mm) | Besoins total (mm) |
|---------------|-------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| Sep | 0,00 | 0,00 | 113,66 | 0,00 | 0,00 | 159,12 | 272,78 |
| Oct | 59,71 | 59,71 | 104,50 | 0,00 | 0,00 | 82,11 | 306,04 |
| Nov | 50,95 | 50,95 | 92,64 | 0,00 | 0,00 | 50,95 | 245,49 |
| Dec | 41,65 | 41,65 | 44,63 | 0,00 | 0,00 | 32,73 | 160,65 |
| Jan | 51,18 | 51,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 33,12 | 135,48 |
| Fév | 82,93 | 82,93 | 0,00 | 39,28 | 39,28 | 48,01 | 292,43 |
| Mar | 131,47 | 131,47 | 0,00 | 85,46 | 105,18 | 72,31 | 525,89 |
| Avr | 165,36 | 165,36 | 0,00 | 213,99 | 213,99 | 107,00 | 865,69 |
| Mai | 169,35 | 169,35 | 0,00 | 217,73 | 181,44 | 133,06 | 870,93 |
| Juin | 145,72 | 145,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 204,01 | 495,46 |
| Juill | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 213,24 | 213,24 |
| Aout | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 206,51 | 206,51 |

IV.6. Calcul du débit spécifique

Les débits spécifiques sont déterminés en tenant compte des besoins en eau de chaque culture évaluée antérieurement, en se fondant sur la répartition des cultures. Pour répondre aux besoins de pointe, la quantité d'eau d'irrigation requise est fournie de manière constante, disponible 22 heures par jour, afin de satisfaire les exigences mensuelles de consommation en eau. Le débit spécifique est défini par la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_{i_{net}}}{K * N_h * N_j} \dots \dots \dots \text{IV.8}$$

Avec ;

q_s : Débit spécifique (l/s/ha) ;

$B_{i_{net}}$: Besoins Net de mois de point (mm/mois) ;

N_h : Nombre d'heures d'irrigation = 20 h ;

N_j : Nombre de jours par mois = 30 jours ;

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ;

Application numérique :

$$q_s = \frac{870.93 * 10 * 1000}{0.75 * 3600 * 20 * 30} = 5.38 \text{ l/s/ha}$$

Chapitre V
Etude de système d'adduction
et de distribution

Chapitre V : Etude du système d'adduction-distribution

Introduction

L'installation d'un réseau d'adduction et de distribution est une étape cruciale dans l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre. Ce chapitre se concentre sur l'étude et le dimensionnement de ce réseau, en utilisant les données et les caractéristiques des besoins en eau des cultures pour calculer les paramètres hydrauliques de ce réseau, tels que les diamètres et les pressions aux bornes, afin d'optimiser la gestion de l'eau au sein du périmètre.

V.1. Alimentation en eau du périmètre

Selon les données hydrogéologiques, deux options s'offrent pour capter les eaux souterraines à des fins d'irrigation :

Nappe de l'éocène inférieur : la nappe moyennement profonde de l'éocène inférieur présente un potentiel intéressant pour l'irrigation. Les forages dans cette nappe permettront de capter des volumes d'eau significatifs.

Nappe de l'Albien : la nappe profonde de l'albien constitue également une source potentielle pour l'irrigation. D'après les données de l'ANRH d'Ouargla, un forage dans la nappe albienne pourrait fournir un débit de 200 l/s. Cependant, ces forages nécessiteraient une profondeur importante de l'ordre de 1700 à 2000 m.

V.2. Organisation et structure du périmètre

La division du périmètre en parcelles types permet d'optimiser l'organisation du réseau d'adduction et de distribution de l'irrigation au niveau des parcelles.

Le périmètre de HASSI KHEFFIF est divisé en 30 îlots, chacun d'une superficie de 4ha. La superficie totale du périmètre est donc de 120 ha.

Cette structuration en parcelles de taille homogène facilite la gestion de l'irrigation à l'échelle du périmètre. Elle permet notamment de standardiser le dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution de l'eau, en adaptant les infrastructures aux besoins spécifiques de chaque îlot. Une telle organisation parcellaire optimise ainsi l'efficacité et la performance du système d'irrigation à l'échelle du périmètre dans son ensemble.

V.2.1. Îlots et bornes d'irrigation

Un îlot d'irrigation est une unité de gestion de l'eau à l'échelle agricole. Il se compose d'un ensemble de parcelles desservies par une borne d'irrigation commune.

L'organisation d'un périmètre irrigué en îlots est déterminée par plusieurs éléments : la topographie du terrain, les considérations technico-économiques liées à l'irrigation, la taille et le nombre de parcelles à irriguer. Ces différents facteurs doivent être pris en compte pour définir la meilleure configuration en îlots d'un périmètre irrigué donné. L'objectif est d'optimiser la gestion de l'eau et l'efficacité de l'irrigation à l'échelle du périmètre.

Pour les zones de petites et moyennes exploitations, l'implantation de bornes d'irrigation doit respecter les critères suivants :

- Une borne par îlot d'exploitation : Chaque îlot d'exploitation doit être équipé d'une borne d'irrigation dédiée.
- Nombre maximal de prises par borne : Chaque borne d'irrigation ne doit pas desservir plus de quatre prises d'eau.
- Emplacement des bornes : Les bornes doivent être implantées aux limites des îlots au centre des îlots de grande taille.

Cette organisation permet d'optimiser la distribution de l'eau d'irrigation à l'échelle de chaque exploitation, tout en facilitant la gestion et l'entretien du réseau d'irrigation à l'échelle du périmètre.

V.2.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne d'irrigation est un élément clé du système d'irrigation. Elle a pour fonction de fournir l'eau sous pression aux différents irrigants, à partir du réseau collectif de distribution.

V.2.3. Caractéristiques de la borne d'irrigation

La borne d'irrigation peut comporter une ou plusieurs sorties, appelées « prises ». Le nombre de prises dépend du nombre d'arrosages que la borne doit alimenter simultanément.

Ainsi, la borne d'irrigation joue un rôle central dans la distribution de l'eau d'irrigation. Elle permet de raccorder le réseau collectif aux différentes parcelles, en fournissant l'eau sous la pression nécessaire pour l'irrigation. Le nombre de prises sur la borne est adapté aux besoins spécifiques de chaque périmètre irrigué.

V.2.4. Calcul hydraulique des bornes

Les caractéristiques hydrauliques des bornes d'irrigation dépendent du débit qu'elles peuvent fournir à l'entrée des parcelles. Le débit de chaque borne, qui alimente un ilot spécifique, calculée à l'aide de la formule suivante :

$$Q_b = q_s \cdot S \dots \dots \dots V.1$$

Q_b : Débit de chaque ilot en l/s.

q_s : Débit spécifique en l/s/ha.

S : Superficie de l'ilot en ha.

A partir des calculs des débits de chaque borne d'irrigation, il est possible de déterminer les diamètres appropriés des bornes en fonction de ces débits. Le tableau ci-dessous présente les diamètres des bornes en fonction des débits calculés :

Tableau V.1 : Choix du diamètre de la borne.

| Type | Débit fourni | Diamètre de la borne |
|---------|---|----------------------|
| Type A2 | $Q < (11.11) \text{ l/s}$ | D= 65mm |
| Type A4 | $(11.11) \text{ l/s} < Q < (22.22) \text{ l/s}$ | D= 100mm |
| Type B | $(22.22) \text{ l/s} < Q < (33.33) \text{ l/s}$ | D= 150mm |
| Type C | $Q > (33.33) \text{ l/s}$ | D= 200mm |

Le choix du type de borne d'irrigation dépend principalement de deux critères :

- Le nombre de parcelles dans l'ilot.
- La superficie totale de l'ilot.
- ❖ **Ilots de 4 à 8 parcelles, superficie < 15ha** : Pour ce type d'ilots, on choisira une borne à 4 prises (borne de type A4).
- ❖ **Ilots de 2 parcelles, superficie < 15ha** : Dans ce cas, on installera une borne à 2 prises (borne de type A2).
- ❖ **Ilots de 2 parcelles, superficie > 15ha** : Pour ces ilots de plus grande taille, on préférera également une borne à 2 prises (borne de type B).
- ❖ **Grand ilots** : Pour les ilots de très grande superficie, on prévoit l'installation de bornes de type C.

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

| N ° d'ilot | Superficie (ha) | q_s (l/s) | Q_b (l/s) | Type de borne | Diamètre de borne (mm) |
|------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|------------------------|
| 1 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 2 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 3 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 4 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 5 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 6 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 7 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 8 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 9 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 10 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 11 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 12 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 13 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 14 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 15 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 16 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 17 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 18 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 19 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 20 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 21 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 22 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 23 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 24 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 25 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 26 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 27 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 28 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 29 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |
| 30 | 4 ha | 1,34 | 5,36 | A2 | 65 mm |

V.3.Dimensionnement du réseau d'adduction

V.3.1. Description du réseau d'adduction

Le périmètre d'étude se trouve en amont du forage HASSI KHEFFIF, où il existe une différence d'altitude significative. Le réseau d'adduction d'eau commence avec un forage qui extrait l'eau de la nappe albienne grâce à une pompe submersible. L'eau est ensuite acheminée par une conduite d'aspiration jusqu'à une bache d'eau, où elle est stockée temporairement. De là, une station de pompage élève la pression de l'eau pour la transporter efficacement vers un réservoir de stockage principal via une conduite de refoulement. Ce réservoir conserve l'eau avant sa distribution finale aux parcelles. Ce système assure une gestion fluide des débits et des pressions, garantissant une fourniture d'eau stable et continue.

V.3.2. Etude du système de pompage

V.3.2.1. Généralités sur les pompes

Les pompes sont utilisées pour déplacer des liquides d'un endroit à un autre, souvent contre la gravité ou à travers des systèmes de tuyauterie. Elles sont indispensables lorsque les méthodes gravitationnelles ou les systèmes basés sur le vide ne suffisent pas. Les pompes permettent de gérer des débits élevés, de surmonter des différences de pression et de hauteur, et de déplacer des fluides sur de longues distances.

V.3.2.2. Types de pompes

✓ Pompes centrifuges

- Utilisent un rotor pour créer une force centrifuge qui propulse le liquide.
- Adaptées pour des débits élevés et des applications nécessitant une pression modérée.
- Fréquemment utilisées pour le pompage d'eau, de produits chimiques et dans des systèmes de refroidissement.

✓ Pompes volumétriques

- Fonctionnent par déplacement positif, où un volume fixe de fluide est déplacé à chaque cycle.
- Idéales pour des liquides visqueux ou nécessitant un dosage précis.
- Comprennent des types comme les pompes à piston, à diaphragme et à engrenages

V.3.2.3. Calcul de la hauteur manométrique

La hauteur manométrique est donnée par la formule suivante :

$$HMT = H_g + \Delta H_T + P_{NS} \dots \dots \dots V. 2$$

Avec ;

HMT : Hauteur manométrique totale (m).

H_g : Hauteur géométrique (m).

ΔH_T : Perte de charge totale (m).

P_s : Pression nominale de service (cas d'asperseur)=2.5 bar.

V.3.2.4. Calcul de la hauteur géométrique

$$H_g = h_{rés} - h_b \dots \dots \dots V. 3$$

D'où ;

h_b : Cote de la bêche d'eau =137.96m.

h_r : Cote de réservoir =183 m.

Donc : **H_g** = 183 – 137.96 = 45.04m.

V.3.2.5. Calcul de perte de charge

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \dots \dots \dots V. 4$$

Telle que : $\Delta H_S = 10\% \Delta H_L \rightarrow \Delta H_T = 1.1 \Delta H_L \dots \dots \dots V. 5$

Selon la formule de Hazen-Williams :

$$\Delta H_L = J = \left(\frac{3.592}{C_{HW}} \right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \dots \dots \dots V. 6$$

Avec :

L : Longueur de refoulement (3125.23m).

D : Diamètre approximatif de la conduite de refoulement (m).

Q : Débit de refoulement m^3/s .

CH_W : Coefficient de Hazen –Williams =130.

V.3.2.6.Calcul de débit de refoulement

$$Q_{ref} = \alpha Q_C + Q_C \dots \dots \dots V.9$$

Q_C : Débit caractéristique en l/s.

α : Coefficient de correction (5%).

$$Q_{ref} = (0.05 * 160.8) + 160.8 = 168.84 \text{ l/s.}$$

$$Q_{ref} = 0.169 \text{ m}^3/s.$$

V.3.2.7.Calcul de diamètre approximatif

$$D = \sqrt{Q_{ref}} \dots \dots \dots V.10$$

$$D = \sqrt{0.169} = 0.411m = 411 \text{ mm.}$$

Tableau V.3 : Résultat du calcul HMT pour différents diamètre.

| D (mm) | L (m) | Débit (m^3/s) | V (m/s) | ΔH_l (m) | ΔH_T (m) | Hg (m) | HMT (m) |
|--------|---------|----------------------|---------|------------------|------------------|--------|---------|
| 300 | 3125.23 | 0,169 | 2,39 | 53.06 | 58.37 | 45,04 | 128.41 |
| 400 | 3125.23 | 0,169 | 1,34 | 13.07 | 14.38 | 45,04 | 84.42 |
| 500 | 3125.23 | 0,169 | 0,86 | 4.41 | 4.85 | 45,04 | 74.89 |
| 600 | 3125.23 | 0,169 | 0,60 | 1,81 | 2,00 | 45,04 | 72,04 |
| 700 | 3125.23 | 0,169 | 0,44 | 0,44 | 0.94 | 45,04 | 70.98 |

V.3.2.8.Analyse technico-économique

V.3.2.8.1.Calcul des frais d'investissement

$$F_{inv} = A. P_c \dots \dots \dots V.11$$

Avec ;

P_c : Prix de la conduite (DA).

A : Amortissement annuel.

$$A = \frac{i}{1 - (i + 1)^{-n}} \dots \dots \dots V.12$$

D'où :

i : Taux intérêt, i=8%.

n : Durée de l'amortissement de la conduite (30 ans).

$$A.N : A = \frac{0.08}{1 - (0.08+1)^{-30}} = 0.08883.$$

Tableau V.4 : Calcul des frais d'investissement.

| D (mm) | Prix de pose (DA) | Prix de ml (DA) | L (m) | Prix total (DA) | A | F_{inv} (DA) |
|--------|-------------------|-----------------|---------|-----------------|---------|----------------|
| 300 | 500 | 6500 | 3125.23 | 21876610 | 0,08883 | 1943299.27 |
| 400 | 650 | 7490 | 3125.23 | 25439372.2 | 0,08883 | 2259779.43 |
| 500 | 880 | 9300 | 3125.23 | 31814841.4 | 0,08883 | 2826112.36 |
| 600 | 950 | 12000 | 3125.23 | 40471728.5 | 0,08883 | 3595103.64 |
| 700 | 1100 | 15700 | 3125.23 | 52503864 | 0,08883 | 4663918.24 |

V.3.2.8.2. Calcul des frais d'exploitation

$$F_{exp} = e \cdot E \dots \dots \dots V. 13$$

D'où :

E : Energie totale dépensée par la pompe.

e : Prix unitaire d'un Kwh imposé par SONELGAZ (e=4.01 DA).

Telle que : l'énergie consommée par la station de pompage est par la formule suivante :

$$E = P_{abs} \cdot T \dots \dots \dots V. 14$$

T : Temps de pompage (20 heures) pendant une année.

P_{abs} : Puissance absorbée (Kw).

$$P_{abs} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta} \dots \dots \dots V. 15$$

Q : Débit de refoulement (m^3/s).

H : Hauteur manométrique (m).

η : Rendement de pompage (75%).

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

| D (mm) | HMT (m) | PU (w) | P(Kw) | E (Kwh/an) | F_{exp} (DA) |
|--------|---------|-----------|--------|-------------|----------------|
| 300 | 128.41 | 283855.97 | 283.86 | 2072148.604 | 8309315.9 |
| 400 | 84.42 | 186611.34 | 186.61 | 1362262.758 | 5462673.66 |
| 500 | 74.89 | 165547.20 | 165.55 | 1208494.561 | 4846063.19 |
| 600 | 72.04 | 159237.26 | 159,24 | 1162431.98 | 4661352.24 |
| 700 | 70.98 | 156907.62 | 159.91 | 1145425.634 | 4593156.79 |

V.3.2.8.3. Bilan total des frais**Tableau V.6** : Calcul de bilan total.

| D (mm) | F_{inv} (DA) | F_{exp} (DA) | Bilan (DA) |
|--------|----------------|----------------|------------|
| 300 | 1943299.27 | 8309315.9 | 10252615.2 |
| 400 | 2259779.43 | 5462673.66 | 7722453.09 |
| 500 | 2826112.36 | 4846063.19 | 7672175.55 |
| 600 | 3595103.64 | 4661352.24 | 8256455.88 |
| 700 | 4663918.24 | 4593156.79 | 9257075.03 |

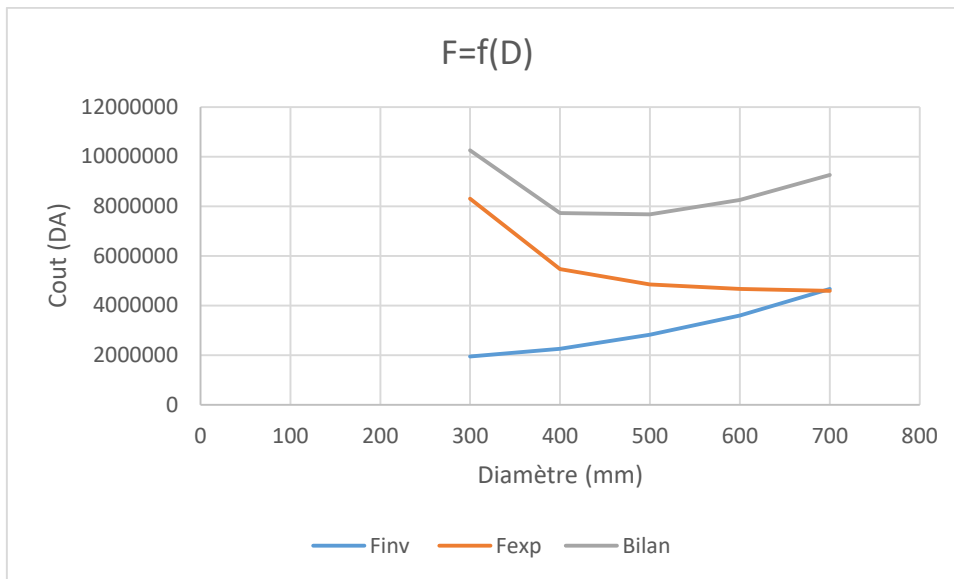


Figure V.1 : Courbe des frais en fonction de diamètre.

Donc : $D=500$ mm ; $Q=0.169$ m³/s ; HMT= 74.89 m ; Hg=45.04 m.

V.3.2.9. Critères de choix du type de pompe

Les critères de choix du type de pompe sont :

- ✓ Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur HMT.
- ✓ Meilleur rendement.
- ✓ Vérifier la condition de non cavitation.
- ✓ $NPSH_r$ est minimal.
- ✓ Encombrement et poids les plus faibles.
- ✓ Vitesse de rotation la plus élevée.
- ✓ Puissance absorbée minimale.
- ✓ La pompe doit être placée en série.

On utilise le logiciel Caprari qui permet de déterminer le nombre ainsi que les différentes caractéristiques de pompe.

V.3.2.10. Critères de choix du nombre de pompe

Les critères de choix du nombre de pompes sont :

- ✓ Nombre de pompes minimales.
- ✓ Meilleur rendement.
- ✓ Charge nette d'aspiration requise (NPSH) r minimale.
- ✓ Nombre d'étages minimaux.
- ✓ Puissance absorbée minimale.

Tableau V.7 : Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre.

| Q (l/s) | Nb de pompe | Q _p (l/s) | H _p (m) | N (tr/min) | P _{abs} (kW) | η (%) | NPSH _r (m) | Type de pompe |
|---------|-------------|----------------------|--------------------|------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------|
| 84,5 | 2 | 81.1 | 72.5 | 2950 | 72.3 | 80.2 | 7.34 | MEC-AZ 3/100A |
| 56,33 | 3 | 55.9 | 74.4 | 1450 | 60.3 | 67.5 | 3.95 | PM125/4A |
| 42,25 | 4 | 40.8 | 72.8 | 1450 | 38.4 | 76.1 | 1.94 | PM125/3A |

A partir du tableau, on déduit que la deuxième variante (trois pompes) est la meilleure du point de vue rendement, puissance absorbée, vitesse de rotation et NPSH_r.

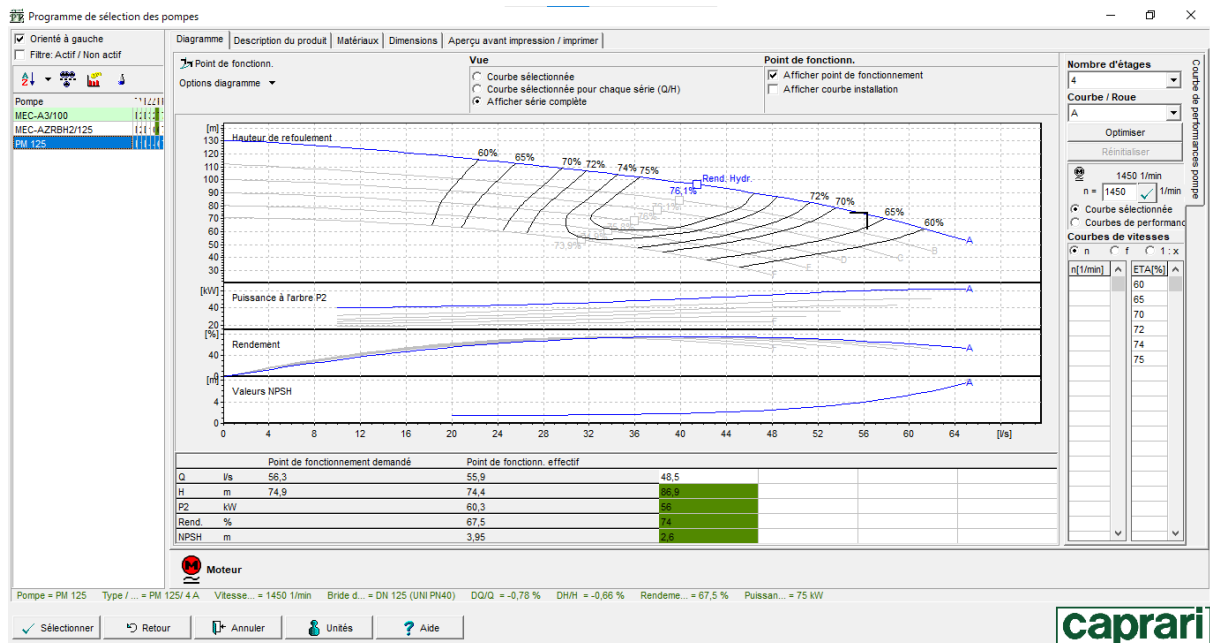


Figure V.2 : Courbes caractéristiques de la pompe.

V.3.2.11. Choix du nombre de pompe de secours

D’après le choix du nombre de pompes, on détermine le nombre de pompes de secours. Les intervalles de nombre de pompes sont comme suit :

- ✓ Nombre de pompes n ≤ 4 une seule pompe de secours.
- ✓ Nombre de pompes 4 < n ≤ 6 deux pompes de secours.
- ✓ Nombre de pompes n > 6 trois pompes de secours.

Dans notre cas, on a choisi trois pompes avec une pompe de secours.

V.3.3. Choix de nombre de conduite d’aspiration et leur dimensionnement

Nombre de conduites d'aspiration est égale au nombre de pompes d'aspiration. On a 3 pompes+1 pompe de secours = 4 conduites d'aspiration.

- **Calcul de diamètre d’aspiration**

$$D_a = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi V_a}} \dots \dots \dots V.16$$

Telle que :

D_a : Diamètre de conduite d'aspiration (mm).

Q_p : Débit de pompe (m^3/s).

V_a : Vitesse d'aspiration ($0.5 \text{ m/s} < v_a < 1.5 \text{ m/s}$ on prend $v_a = 1.5 \text{ m/s}$).

da : Diamètre de conduite d'aspiration à partir de logiciel Caprari=150mm.

$$\text{A.N : } D_a = \sqrt{\frac{4 \cdot 55.9 \cdot 0.001}{\pi \cdot 1.5}} = 217.83 \text{ mm} > 150 \text{ mm.}$$

D_a Normalisé = 250 mm.

Vérifier la vitesse :

$$V_a = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi D_a^2}} \dots \dots \dots V.17 \rightarrow V_a = 1.14 \text{ m/s} \rightarrow \text{La vitesse est vérifiée.}$$

V.3.4. Calcul de volume de la bache d'aspiration

La bache d'eau (ou réservoir tampon) stocke temporairement l'eau en attendant qu'elle soit pompée vers le réservoir de stockage principal. Elle joue également un rôle dans la gestion de la pression et la régulation des débits.

$$V = \frac{Q \left(\frac{1}{n}\right)}{4(N-1)} \dots \dots \dots V.18$$

Avec ;

Q : Débit appelée de la pompe en (m^3/h).

n : Nombre maximum de démarrage par heure (**Annexe VII**).

N : Nombre de pompe identique.

A.N :

$$V = \frac{55.9 \cdot 0.001 \cdot 3600 \cdot \left(\frac{1}{5}\right)}{4(4-1)} = 3.35 \text{ m}^3$$

V.3.5. Protection contre de la cavitation

La cavitation se produit lorsque la pression du liquide dans une pompe, en particulier près de l'entrée de la roue, chute en dessous de la pression de vapeur saturante du liquide. Cela entraîne la formation de bulles de vapeur qui explosent violemment lorsqu'elles atteignent des zones de plus haute pression, causant des dommages aux pales de la pompe.

❖ Les principales causes de cavitation sont :

-Une pression d'aspiration insuffisante (NPSH disponible trop faible).

-Une température du liquide trop élevée, proche de la température d'ébullition.

-Un débit trop élevé par rapport au débit nominal de la pompe.

❖ Les effets de la cavitation sur les pompes peuvent être dévastateurs :

-Réduction significative du débit et de l'efficacité.

-Vibrations et bruits excessifs pouvant endommager la pompe.

-Érosion et usure prématurée des composants internes.

-Risque de panne et réduction de la durée de vie de la pompe.

Pour protéger contre la cavitation, 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 permettant de calculer $NPSH_d$ est la suivant :

$$NPSH_d = \frac{P_{atm}}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - h_a - \Delta H_{asp} - \frac{V_a^2}{2g} \dots \dots \dots V.19$$

Avec ;

$\frac{P_{atm}}{\rho g}$: La hauteur de pression atmosphérique locale est égale à 10.33 m.

P_v : Elle est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, $P_v = 20 \text{ hPa} = 0.24 \text{ m}$.

ΔH_{asp} : Perte de charge à l'aspiration, $\Delta H_{asp} = 0,047 \text{ m}$.

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

V_a : Vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration.

A.N : $NPSH_d = 10.33 - 0.24 - 2.8 - 0.047 - \frac{1.14^2}{2 \cdot 9.81} = 7.18 \text{ m} > 3.95 + 0.5$ condition est vérifiée.

V.3.6. Dimensionnement du réservoir de stockage

Un réservoir de stockage joue un rôle crucial dans un système hydraulique en permettant de conserver de l'eau afin de s'adapter aux fluctuations de la demande. La capacité de ce réservoir est déterminante pour assurer un approvisionnement adéquat.

$$V_{rés} = Q_{forcé} * T_{non\ fonction} \dots \dots \dots V.20$$

D'où :

$V_{rés}$: Volume de réservoir, dans notre cas est circulaire (m^3).

$Q_{forcé}$: Débit forcé (m^3/h).

$T_{non\ fonction}$: Temps de non fonctionnement, égale à 4 h.

A.N : $V_{rés} = 578.88 * 4 = 2315.52 \text{ m}^3$.

Pour notre périmètre (120ha) et d'après les conditions économiques, On prend un volume de 1000 m^3 et on fixe la hauteur de réservoir égale à 6 m.

$$V = \pi * r^2 * h \dots \dots \dots V.21$$

$$\rightarrow r = \sqrt{\frac{1000}{6 * \pi}} = 7.28 \text{ m} \quad \rightarrow D = 14.56 \text{ m}.$$

Donc les dimensions de réservoir de stockage est : $V=1000m^3$; $D= 14.56 \text{ m}$; $h=6 \text{ m}$.

V.4. Dimensionnement du réseau de distribution

V.4.1. Choix du matériau des conduites

Le choix des conduites utilisées (Fonte, PEHD) dépend de plusieurs facteurs : les caractéristiques topographiques du terrain, les pressions et débits requis, le cout de fourniture et de mise en œuvre.

❖ **En fonte** : Les tuyaux en fonte sont utilisés dans les cas suivants :

- ✓ Diamètre supérieur ou égale à 400 mm.
- ✓ Nécessité d'une forte résistance mécanique, à la pression et à la dépression.
- ✓ Besoin d'une excellente résistance à la corrosion, à l'abrasion et aux conditions climatiques.

❖ **En PEHD** : Les tuyaux en polyéthylène haute densité(PEHD) sont les plus couramment employés, en raison de leurs nombreux avantages :

- ✓ Bonne résistance à la corrosion.
- ✓ Facilité d'installation.

✓ Cout relativement modéré.

V.4.2. Calculs hydrauliques

V.4.2.1. Vitesses admissibles

En hydraulique, la vitesse maximale admissible d'un fluide dans une conduite est souvent fixée pour éviter des problèmes tels que la cavitation ou des pertes de charge excessive.

En règle générale, la vitesse admissible dans les réseaux de distribution d'eau se situe dans une fourchette allant de 0,5 m/s (vitesse minimale) à 2,5 m/s (vitesse maximale). Cependant, ces valeurs peuvent varier en fonction des spécificités de chaque réseau. Dans le cas de notre propre réseau, la vitesse maximale admissible a été fixée à 1,5 m/s, afin de garantir un fonctionnement optimal et sécuritaire des infrastructures hydrauliques.

V.4.2.2. Calcul des diamètres

Le dimensionnement des diamètres des conduites se base sur deux paramètres clés : les débits véhiculés par chaque tronçon et les vitesses d'écoulement. En appliquant la formule de continuité de Chézy, on peut déterminer une première estimation du diamètre théorique requis pour un débit et une vitesse donnés. Cependant, les diamètres ainsi calculés ne correspondent pas toujours aux diamètres nominaux standards des conduites disponibles sur le marché. Par conséquent, une étape de normalisation est nécessaire pour arrondir le diamètre théorique au diamètre nominal normalisé le plus proche, en fonction des gammes de produits proposées par les fabricants. Ce diamètre nominal normalisé sera alors retenu comme le diamètre de conception final pour la conduite.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{adm}}} \dots \dots \dots V. 22$$

Avec :

Q : débit exprimé en m³/s.

D : diamètre exprimé en mm.

V_{adm} : vitesse admissible = 1.5 m/s.

V.4.2.3. Calcul des pressions

Le calcul des pressions repose sur le principe de Bernoulli, qui illustre le comportement d'un fluide réel se déplaçant entre deux points, le point 1 et le point 2 :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta H \dots \dots \dots V. 23$$

Z₁ et **Z₂** : Côte terrain naturel aux points 1 et 2.

$\frac{P_1}{\rho g}$ et $\frac{P_2}{\rho g}$: La hauteur de la pression aux points 1 et 2.

$\frac{V_1^2}{2g}$ et $\frac{V_2^2}{2g}$: La hauteur représentative de la vitesse d'écoulement aux points 1 et 2.

ΔH : Les pertes de charges totales entre les 2 point 1 et 2.

V.4.2.4. Estimation des pertes de charge

Nous avons appliqué la formule de perte de charge de Lechapt-Calmon, dont les détails sont fournis ci-dessous :

$$J = L \frac{Q^M}{D^N} \dots \dots \dots V. 24$$

Tableau V.8 : Paramètre 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 |

Avec :

J : Pertes de charge linéaires en (m).

D : Diamètre de la conduite considérée(m).

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

Les conduites en PEHD et Fonte, on a les caractéristiques : la rugosité équivalente $K=0.1$ mm, alors $L=1.15$ $M=1.89$ $N=5.01$

Pour déterminer les pertes de charge totales, il est nécessaire de considérer les pertes de charge singulières, qui sont évaluées à environ 10 % des pertes totales.

Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre périmètre sont détaillés dans le **tableau V.9**.

Tableau V.9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.

| N° tronçon | L(m) | L(Km) | S (ha) | Q (l/s) | Q (m ³ /s) | D _{calcu} (mm) | D _{Norm} (mm) | Type | V (m/s) | DH _L (m) | DH _T (m) | P (m) | cote terrain (m) | cote piézométrique (m) |
|------------|--------|---------|--------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------|---------|---------------------|---------------------|-------|------------------|------------------------|
| R-TS | 608,12 | 0,608 | 120 | 160,8 | 0,161 | 369,45 | 400 | Fonte | 1,28 | 2,08 | 2,29 | 23,71 | 163 | 186,71 |
| TS-N16 | 262,46 | 0,26246 | 48 | 64,32 | 0,064 | 233,66 | 250 | PEHD | 1,31 | 1,68 | 1,84 | 22,17 | 162,69 | 184,86 |
| N16-Br1 | 16,18 | 0,01618 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 0,39 | 0,43 | 21,12 | 163,31 | 184,43 |
| N16-B2 | 84,41 | 0,084 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 2,05 | 2,26 | 20,46 | 162,15 | 184,86 |
| N16-Br3 | 119,94 | 0,120 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 2,91 | 3,20 | 20,56 | 161,1 | 181,66 |
| N16-Br4 | 188,51 | 0,189 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 4,58 | 5,04 | 23,38 | 156,45 | 179,83 |
| N16-Br5 | 214,09 | 0,214 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 5,20 | 5,72 | 22,56 | 156,58 | 179,14 |
| N16-Br6 | 326,05 | 0,326 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 7,92 | 8,71 | 22,71 | 153,44 | 176,15 |
| N16-Br7 | 367,98 | 0,368 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 8,94 | 9,83 | 21,18 | 153,85 | 175,03 |
| N16-Br8 | 497,27 | 0,497 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 12,08 | 13,29 | 21,32 | 150,26 | 171,58 |
| N16-Br9 | 519,09 | 0,519 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 12,61 | 13,87 | 19,32 | 151,67 | 170,99 |
| Br8-Br10 | 139,45 | 0,139 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,39 | 3,73 | 18,30 | 149,55 | 167,85 |
| Br9-Br11 | 164,8 | 0,165 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 4,00 | 4,40 | 16,20 | 150,39 | 166,59 |
| N16-Br12 | 100 | 0,100 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 2,43 | 2,67 | 16,67 | 165,52 | 182,19 |
| N16-N17 | 250,47 | 0,250 | 24 | 32,16 | 0,032 | 165,22 | 200 | PEHD | 1,02 | 1,32 | 1,45 | 22,88 | 160,53 | 183,41 |
| N17-Br13 | 129,24 | 0,12924 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,14 | 3,45 | 21,49 | 158,47 | 179,96 |
| N17-Br14 | 282 | 0,282 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 6,85 | 7,54 | 20,70 | 155,17 | 175,87 |
| N17-Br15 | 448,56 | 0,449 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 10,90 | 11,99 | 21,80 | 149,62 | 171,42 |
| Br15-Br16 | 181,68 | 0,18168 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 4,41 | 4,85 | 17,02 | 149,55 | 166,57 |
| Br16-Br17 | 117,16 | 0,117 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 2,85 | 3,13 | 14,61 | 148,83 | 163,44 |
| N17-Br18 | 100 | 0,100 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 2,43 | 2,67 | 17,48 | 163,26 | 180,74 |
| N17-N18 | 249,64 | 0,250 | 24 | 32,16 | 0,032 | 165,22 | 200 | PEHD | 1,02 | 1,32 | 1,45 | 25,88 | 156,08 | 181,96 |
| N18-Br19 | 136 | 0,136 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,30 | 3,63 | 26,06 | 152,27 | 178,33 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|---------|----|-------|-------|--------|-----|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| N18-Br20 | 281,25 | 0,28125 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 6,83 | 7,52 | 25,34 | 149,11 | 174,45 |
| N18-Br21 | 443,73 | 0,444 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 10,78 | 11,86 | 21,72 | 148,38 | 170,10 |
| Br21-Br22 | 156,3 | 0,1563 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,80 | 4,18 | 19,05 | 146,88 | 165,93 |
| Br22-Br23 | 138,01 | 0,138 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,35 | 3,69 | 16,23 | 146,01 | 162,24 |
| N18-Br24 | 120 | 0,120 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 2,91 | 3,21 | 23,19 | 155,57 | 178,76 |
| N18-N19 | 249,89 | 0,250 | 24 | 32,16 | 0,032 | 165,22 | 200 | PEHD | 1,02 | 1,32 | 1,45 | 29,06 | 151,45 | 180,51 |
| N19-Br25 | 137,86 | 0,138 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,35 | 3,68 | 25,55 | 151,28 | 176,83 |
| N19-Br26 | 299,37 | 0,299 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 7,27 | 8,00 | 17,91 | 154,6 | 172,51 |
| N19-Br27 | 456,68 | 0,45668 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 11,09 | 12,20 | 19,50 | 148,81 | 168,31 |
| Br27-Br28 | 156,19 | 0,156 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,79 | 4,17 | 16,54 | 147,6 | 164,14 |
| Br28-Br29 | 141,07 | 0,141 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 3,43 | 3,77 | 15,02 | 145,35 | 160,37 |
| N19-Br30 | 120 | 0,120 | 4 | 5,36 | 0,005 | 67,45 | 75 | PEHD | 1,21 | 2,91 | 3,21 | 22,71 | 154,6 | 177,31 |

Interprétations : d'après le tableau précédent, nous remarquons que les diamètres calculés sont de 75 à 400 mm, et les pressions calculées sont adéquates allant de 1 à 2.6 bars.

Conclusion

Le système d'approvisionnement en eau du périmètre de HASSI KHEFFIF, avec ses 30 îlots et ses bornes de distribution, représente une avancée significative pour l'agriculture locale. L'installation de la conduite principale gravitaire en fonte et en PEHD assure une distribution efficace de l'eau, répondant aux besoins variés des exploitations agricoles.

Grâce à cette infrastructure, les agriculteurs pourront adopter différents systèmes d'irrigation, y compris ceux à haute pression comme l'irrigation par aspersion, ce qui leur permettra de diversifier leurs cultures et d'optimiser les rendements. Ce projet constitue donc un levier essentiel pour le développement durable de l'agriculture dans la région.

***Chapitre VI
Choix de technique
d'irrigation***

Chapitre VI : Choix de la technique d'irrigation

Introduction

Le choix d'un système d'irrigation est crucial pour une gestion efficace des ressources en eau, ce qui permet de répondre de manière rationnelle aux besoins en eau des cultures. Pour prendre une décision éclairée sur la technique d'irrigation à adopter, il est essentiel de comprendre les principes théoriques des méthodes d'arrosage. Notre objectif consiste à choisir la méthode d'irrigation qui convient le mieux aux caractéristiques spécifiques de notre périmètre d'étude.

VI.1. Classification des techniques d'irrigation

Selon le mode d'arrosage, les techniques d'arrosage sont réparties en trois classes :

- L'irrigation de surface (gravitaire).
- L'irrigation par aspersion.
- L'irrigation localisée (goutte à goutte ou micro irrigation).

VI.1.1. L'irrigation de surface (gravitaire)

Les techniques d'arrosage regroupées sous le terme d'irrigation de surface impliquent que l'eau soit répartie à la parcelle en s'écoulant à la surface du sol, suivant une pente. Cette répartition de l'eau est réalisée en utilisant la configuration du terrain ainsi que les caractéristiques hydriques du sol, telles que le ruissellement, l'infiltration.

VI.1.1.1. L'irrigation par ruissellement

L'irrigation par ruissellement consiste à apporter de l'eau aux cultures en la laissant s'écouler par gravité à partir du point le plus haut du terrain. Cette méthode d'irrigation ancienne et relativement rudimentaire est peu coûteuse en investissement et demeure largement utilisée à l'échelle mondiale. Elle peut se faire par submersion, par sillons ou par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage. Cette technique est adaptée à divers types de cultures, notamment les rizières, les terrasses en pente, et les cultures semées à plat comme les céréales, le bersim et la luzerne.



Figure VI.1 : Système d'irrigation par ruissellement.

VI.1.1.2.L'arrosage par infiltration (à la raie)

L'arrosage par infiltration, également appelé irrigation à la raie, consiste à faire couler l'eau dans des rigoles ou raies creusées dans le sol, avec un débit relativement élevé (5 à 10 l/s). Seule une partie du sol reçoit directement l'eau, le reste s'humidifie par infiltration latérale et remontée capillaire.

Cette méthode présente plusieurs avantages : elle permet un dosage précis de l'eau et une économie d'eau ; elle convient bien aux sols très perméables qui ne peuvent pas être irrigués par ruissellement ; elle est adaptée aux cultures en ligne.

Cependant, elle nécessite un contrôle attentif du débit, car celui-ci diminue au fil des irrigations à cause du lissage des raies et de la baisse de perméabilité du sol. Il faut aussi gérer les pertes en colature pour atteindre le bout des raies.

L'irrigation à la raie est très répandue, notamment dans les régions méridionales, car elle nécessite peu d'investissements tout en permettant d'obtenir de bons rendements lorsqu'elle est bien maîtrisée.



Figure VI.2 : Système d'irrigation à la raie.

VI.1.1.3.L'arrosage par submersion

Dans ce type d'irrigation, on déverse une quantité d'eau suffisante sur le sol, formant ainsi une couche d'épaisseur variable. On laisse ensuite cette eau pendant une durée afin qu'elle puisse pénétrer par infiltration jusqu'à la profondeur nécessaire, permettant ainsi au sol de constituer une réserve d'eau essentielle pour favoriser la croissance des cultures.

Une méthode qui convient à toutes les cultures capables de tolérer une submersion prolongée. Cette technique présente des avantages tels que la facilité de pratique pour irriguer de vastes étendues de terrain, mais elle comporte également des inconvénients, notamment liés à la nécessité de calculer les dimensions des bassins en fonction de la pente du terrain. De plus, la quantité d'eau requise rend cette méthode moins courante, sauf dans les régions très humides.



Figure VI.3 : Système d'irrigation par submersion.

VI.1.1.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface

Tableau VI.1 : Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface.

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Cout d'investissement relativement faible. • Les besoins énergétiques sont faibles. • L'irrigation est insensible au vent. • une simplicité et une accessibilité accrues. | <ul style="list-style-type: none"> • moindre uniformité dans la distribution de l'eau. • des pertes par évaporation plus importantes. • un risque accru de salinisation des sols. • une importante main-d'œuvre. • l'efficacité de l'irrigation au niveau des parcelles est faible. • Les parcelles nécessitent un nivellement préalable. |

VI.1.2. L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion reproduit la distribution naturelle de la pluie en fournissant de l'eau aux cultures à l'aide d'appareils de projection alimentés sous pression. Ces appareils sont soigneusement sélectionnés et disposés afin d'obtenir une répartition homogène de la pluviométrie.

VI.1.2.1. Irrigation par des asperseurs

L'irrigation par des asperseurs est une technique d'irrigation qui consiste à apporter de l'eau aux plantes sous forme d'une pluie contrôlée et localisée dans une zone spécifique, offrant ainsi une couverture complète. Cette méthode permet d'ajuster à la fois la quantité d'eau émise lors de l'irrigation et le cadre de la plantation, ce qui la rend particulièrement adaptée aux cultures les plus vulnérables en évitant une pression excessive sur les plantes. L'irrigation par aspersion est largement utilisée de nos jours en raison de sa similitude avec la manière naturelle dont les plantes reçoivent l'eau, ce qui la rend recommandée pour de nombreux types de cultures et de plantations.



Figure VI.4 : Système d'irrigation par asperseur.

VI.1.2.2. Irrigation par pivot

L'irrigation par pivot central est une méthode d'irrigation de cultures par aspersion, où les buses tournent autour d'un pivot central, arrosant une surface circulaire. Ce système est composé de segments de tuyaux d'une longueur variant de 30 à 60 mètres, assemblés en travées et alimentés en eau par le pivot central. Les pivots d'irrigation sont largement utilisés dans le monde, notamment aux États-Unis, en Europe, en Afrique, et au Brésil, offrant une solution efficace pour l'irrigation de grandes surfaces, en particulier dans les régions arides.

Ces systèmes sont souvent motorisés par des moteurs électriques et offrent des avantages économiques et écologiques en termes de consommation d'eau et d'énergie.



Figure VI.5 : Système d'irrigation par pivot.

VI.1.2.3. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion

Tableau VI.2 : Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion.

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Adaptent à une majorité de types de sols. • Aucun pré-aménagement de la surface à irriguer n'est requis. • Il est possible de mettre en place des installations mobiles qui peuvent être déplacées en fonction du type de culture, facilitant ainsi les rotations culturales. • Les équipements sont parfois entièrement automatisés et permettent d'effectuer des arrosages à des doses adéquates. | <ul style="list-style-type: none"> • La consommation énergétique est souvent élevée, ce qui constitue une contrainte financière. • L'utilisation de l'irrigation par aspersion peut être difficile et moins efficace dans les régions ventées. • Pertes d'eau : Une partie de l'eau est perdue en raison de l'évaporation et de la dérive des jets d'eau causée par le vent, réduisant l'efficacité du système et augmentant la consommation d'eau. • Coûts d'installation et d'entretien. |

VI.1.3. L'irrigation localisée (goutte à goutte)

L'irrigation localisée, également connue sous le nom d'irrigation par goutte à goutte, consiste à apporter de l'eau directement à proximité des racines des plantes, ce qui permet une utilisation efficace de l'eau et des nutriments. Cette méthode d'irrigation est fortement recommandée dans les régions souffrant de pénurie d'eau, car elle peut entraîner des économies d'eau significatives par rapport à l'irrigation gravitaire.

L'irrigation localisée maintient le sol humide en continu, ce qui favorise une alimentation hydrique régulière des cultures avec des pertes d'eau par évaporation très faibles.

En comparaison avec l'irrigation par aspersion, l'irrigation localisée offre des avantages agronomiques notables en termes d'influence sur le microclimat, le sol et les plantes.

L'irrigation localisée (goutte à goutte) est une méthode efficace et économique pour arroser les cultures, offrant une distribution précise de l'eau et des nutriments tout en réduisant les pertes et les risques de maladies.



Figure VI.6 : Système d'irrigation par goutte à goutte.

VI.1.3.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

Tableau VI.3 : Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée.

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité élevée. • Gestion précise : Elle permet d'ajuster avec précision l'application d'eau et d'engrais par application racinaire, ce qui est particulièrement utile pour les cultures qui nécessitent une fertilisation précise. • Protection contre les maladies : L'absence de contact entre l'eau d'irrigation et la partie aérienne de la culture facilite l'utilisation des eaux usées et évite les mauvaises odeurs, ce qui réduit le risque de maladies fongiques. • Facilite les travaux de culture : Comme aucun élément extérieur n'est nécessaire, le système d'irrigation de surface facilite les travaux de culture. • Réduit les pertes : Le fait de ne pas être exposé au rayonnement solaire améliore la durée de vie du tuyau, et l'absence d'eau de surface et son contact externe avec les plantes réduisent le risque de maladies fongiques. | <ul style="list-style-type: none"> • Gestion difficile : Une mauvaise gestion peut entraîner un excès d'eau dans la zone racinaire. • Précautions spécifiques : Des précautions particulières doivent être prises pour éviter le colmatage du système de filtrage. • Surveillance : Une surveillance adéquate de la pression et du débit est très importante pour détecter les défauts qui ne peuvent pas être détectés à l'œil nu. • Gestion des racines : Une gestion appropriée doit être effectuée pour empêcher l'entrée des racines dans les émetteurs, ce qui peut nécessiter l'utilisation de produits spécifiques. • Entretien : Il est nécessaire d'installer des ventouses et des vannes de drainage en bout de ligne pour accélérer les travaux d'entretien. |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Gestion des mauvaises herbes : Une bonne gestion du système permet de réduire les mauvaises herbes et donc de favoriser l'utilisation de techniques de culture sans labour ou de culture de couverture. • Accès à la parcelle : Il facilite l'accès à la parcelle puisqu'il ne nécessite pas de voies d'accès spécifiques sur les parcelles. | |
|---|--|

VI.2. Choix de la technique d'arrosage pour la zone d'étude

Le choix d'une technique d'irrigation adaptée dépend de plusieurs facteurs, notamment les conditions météorologiques (taux d'évaporation, vitesse des vents, etc.), les caractéristiques du sol (texture, structure), la topographie (pente) et les spécificités des cultures.

Dans le cas de la région de N'GOUSSA, située dans la wilaya d'Ouargla, deux éléments sont particulièrement déterminants :

- ✓ La rareté de la ressource en eau, qui nécessite une utilisation parcimonieuse et efficace.
- ✓ La texture relativement limono-sableuse du sol, qui influe sur la capacité de rétention en eau et la vitesse d'infiltration.

Dans ce contexte, les techniques d'irrigation les plus adaptées sont :

Pour les cultures arboricoles et maraîchères, l'irrigation localisée (goutte-à-goutte) est préconisée. Ce système permet un apport d'eau précis et localisé, limitant ainsi les pertes par évaporation et ruissellement.

Pour les cultures céréalières, l'irrigation par aspersion est mieux adaptée. Bien que moins économe en eau que le goutte-à-goutte, elle permet un contrôle précis des doses d'irrigation, essentiel pour ces cultures.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différents systèmes d'irrigation, en examinant leurs caractéristiques, avantages et inconvénients. Pour choisir un système d'irrigation rationnel, pratique et économique, il est essentiel de considérer les critères socio-économiques et techniques pertinents. Nous avons opté pour un réseau sous pression, notamment le système d'irrigation localisé pour les cultures maraîchères et arboricoles, ainsi que l'aspersion pour les cultures céréalières, en fonction de leurs besoins spécifiques.

Chapitre VII
Dimensionnement de la
parcelle

Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle

Introduction

Pour optimiser le dimensionnement d'un réseau d'irrigation à la parcelle (système goutte à goutte et par aspersion), il est crucial de considérer divers paramètres spécifiques aux cultures et à l'environnement. Cela inclut non seulement la superficie de la parcelle et les besoins en eau des cultures, mais aussi des facteurs tels que la topographie du terrain, la disponibilité en eau et les variations saisonnières. En prenant en compte ces éléments, on peut concevoir un système d'irrigation qui garantit non seulement une efficacité maximale, mais aussi une gestion économique des ressources hydriques disponibles.

VII.1. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte

VII.1.1. Données générales

Le système d'irrigation sera installé sur l'îlot numéro 14, alimenté par la borne B°14, avec une pression calculée d'environ 2.07 bars, amplement suffisante pour répondre aux besoins en irrigation. La superficie de l'exploitation agricole est de 4 hectares, entièrement plantée de tomate. En Mai, les besoins en eau de pointe pour cette culture atteignent 183.33 mm. Les dimensions de la zone occupée par les palmiers dattiers sont de 250 mètres de longueur sur 160 mètres de largeur.

➤ Caractéristiques du goutteur

- L'écartement des arbres est de 4x 4m.
- Espacement des goutteurs : 1m.
- Le débit du goutteur est de 4 l/h.
- Une pression nominale de 10 m.c.e.
- Nombre de goutteurs par arbre : 2.

VII.1.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

VII.1.2.1. Influence du taux de couverture du sol

Dans le cas du système d'irrigation goutte-à-goutte, l'eau est apportée de manière ciblée sur une petite zone de la surface, ce qui diminue significativement les pertes dues à l'évaporation directe du sol. Afin de prendre en compte cette réduction, on utilise un coefficient K_r pour ajuster l'évapotranspiration réelle (ETM). Ce coefficient est déterminé en fonction du pourcentage de couverture du sol par les plantes matures ($C_s = 60\%$) et peut être calculé à l'aide des formules développées par :

KELLER et KARMELI (1974) : $K_r = \frac{C_s}{0.85} \dots \dots \dots VII.1$; $K_r = 0.71$.

La formule de Freeman et Garzoli : $K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \dots \dots \dots VII.2$; $K_r = 0.8$.

La formule de Decroix (CTGREF) : $K_r = 0.1 + C_s \dots \dots \dots VII.3$; $K_r = 0.7$.

Ces formules permettent d'ajuster l'évapotranspiration réelle en fonction de la fraction de sol mouillée par le système goutte-à-goutte. Cela permet d'optimiser les doses d'irrigation et de limiter les gaspillages liés à l'évaporation.

On prendra un coefficient $K_r = 0.8$

Alors : $B_j = ETM_c = ETM * K_r \dots \dots \dots VII.4$

Application numérique : $ETM_c = 183.33 * 0.8 = 4.89 \text{ mm/j}$.

VII.1.2.2. Dose nette pratique

Après avoir estimé les besoins en eau journaliers des cultures, il faut définir la quantité d'eau à apporter dans la zone racinaire pour maintenir une humidité optimale. Cette dose d'irrigation (RFU) correspond à la hauteur d'eau P, qui représente le volume d'eau nécessaire pour amener le sol à la capacité au champ, soit le niveau d'humidité idéal pour la croissance des plantes. Cette quantité est exprimée soit en fraction, soit en pourcentage de la réserve utile du sol.

$$D_P = (H_{CC} - H_{PF}) * d_a * Y * Z * P\% = RFU * P\% \dots \dots \dots VII. 5$$

Avec :

H_{CC} : Humidité au capacité au champ (14% **Annexe VIII**).

H_{PF} : Humidité au point de flétrissement (6% **Annexe VIII**).

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

Z : profondeur d'enracinement en (1200 mm **Annexe IX**).

d_a : la densité apparente : égale à 1.4.

$$P : \text{Pourcentage du sol humidifié. } P\% = \frac{n * S_{pd} * S_h}{S_a * S_r} \dots \dots \dots VII. 6$$

n : Nombre de points (de goutteurs) de distribution par arbre =2.

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1.5m).

S_h : Largeur de la bande humidifiée d'après la table, on a $S_h = 1m$.

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.

S_a : Espacement des arbres sur les rangs = 4m.

Application numérique :

$$P\% = \frac{2 * 1.5 * 1}{4 * 4} = 0.19 \text{ on prend } 20\% \text{ (Annexe X).}$$

$$D_P = \frac{(14-6)}{100} * 1.8 * \frac{2}{3} * 1200 * 0.2 = 17.92 \text{ mm.}$$

VII.1.2.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)

$$T_e = \frac{D_P}{B_j} \dots \dots \dots VII. 7$$

$$\text{Application numérique : } T_e = \frac{17.92}{4.89} = 3.66 \text{ on prend } T_e = 4 \text{ jours.}$$

VII.1.2.4. Calcul de la dose réelle

$$D_r = T_e * B_j \dots \dots \dots VII. 8$$

$$\text{Application numérique : } D_r = 4 * 4.89 = 19.56 \text{ mm.}$$

VII.1.2.5. La dose brute

$$D_{br} = \frac{D_r}{E_{ff} * C_u} \dots \dots \dots VII. 9$$

Avec ;

E_{ff} : Efficience du réseau d'irrigation $E_{ff}=90\%$.

C_u : Coefficient d'uniformité $C_u=90\%$.

$$\text{Donc : } D_{br} = \frac{19.56}{0.9 * 0.9} = 24.15 \text{ mm.}$$

VII.1.2.6. Durée de fonctionnement des goutteurs (durée d'arrosage h)

$$\theta = \frac{D_{br} * S_d * S_r}{n * q_g} \dots \dots \dots VII. 10$$

$$\theta = 18.11 \approx 19 \text{ heures.}$$

VII.1.3. Calcul hydraulique

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots \dots \dots VII. 11$$

La variation maximale de la pression : $q = k.H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta h}{H(n)} \dots \dots \dots VII. 12$$

Avec :

q(g) : débit nominal du goutteur.

H(n) : la pression nominale.

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

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

Pour les rampes $\Delta H_r = \frac{2}{3} \cdot 1.8 = 1.2$ m et Pour le porte rampe $\Delta H_{pr} = \frac{1}{3} \cdot 1.8 = 0.6$ m.

VII.1.3.1. Nombre d'arbre par hectare

$$Nbr \text{ d'arbre} = \frac{1ha}{s} = \frac{1ha}{E_a E_r} \dots \dots \dots VII. 13$$

$$\rightarrow Nbr \text{ d'arbre} = \frac{10000}{4*4} = 625 \text{ arbres.}$$

VII.1.3.2. Nombre d'arbre par rampe

$$N_{ar} = \frac{L_r}{E_a} \dots \dots \dots VII. 14$$

\rightarrow

$$N_{ar} = \frac{160}{4} = 40 \text{ arbres.}$$

VII.1.3.3. Nombre des goutteurs par rampe

$$N_g = \frac{l_r}{E_a} * 2 \dots \dots \dots VII. 15$$

\rightarrow

$$N_g = 80 \text{ goutteurs.}$$

VII.1.3.4. Débit d'une rampe

$$Q_r = N_g * Q_g \dots \dots \dots VII. 16$$

\rightarrow

$$Q_r = 4 * 80 = 320 \text{ l/h.}$$

VII.1.3.5. Nombre de rampes

$$N_r = \frac{l_r}{E_r} \dots \dots \dots VII. 17$$

\rightarrow

$$N_r = \frac{160}{4} = 40 \text{ rampes.}$$

VII.1.3.6. Débit de la porte rampe

$$Q_{pr} = Q_r * N_r \dots \dots \dots VII. 18$$

\rightarrow

$$Q_{pr} = 40 * 320 = 12800 \text{ l/h.}$$

VII.1.3.7. Calcul des diamètres des portes rampes et rampes

Le diamètre d'une rampe ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\phi_{rcal} = \left[\frac{P. d. c_r * 2.75}{0.478 * Q_r^{1.75} L_r} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots \dots \dots VII. 19$$

$$\phi_{prcal} = \left[\frac{P. d. c_{pr} * 2.75}{0.478 * Q_{pr}^{1.75} L_{pr}} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots \dots \dots VII. 20$$

Avec :

P. d. c_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.

\emptyset_r : Le diamètre des rampes.

\emptyset_{pr} : Le diamètre de porte rampe.

➤ Diamètre des rampes

Application numérique :

$$\emptyset_{rcal} = \left[\frac{1.2 * 2.75}{0.478 * 320^{1.75} * 160} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = 16.23mm.$$

On prend un diamètre normalisé : DN = 20 mm.

➤ Diamètre des portes rampes

Application numérique :

$$\emptyset_{prcal} = \left[\frac{0.6 * 2.75}{0.478 * 12800^{1.75} * 250} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = 80.30mm.$$

On prend un diamètre normalisé : DN = 90 mm.

➤ Vérification des pertes de charge

Pour vérifier les pertes de charge on utilise la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left[\frac{3.592}{C_{HW}} \right]^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \dots \dots \dots VII. 21$$

Avec :

L : longueur de la conduite en m.

D : diamètre de la conduite en m.

Q : débit en (m³/s).

C_{HW} : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD).

$J_r = 1.06m < 1.2 m$ donc le diamètre normalisé est 20mm.

$J_{pr} = 1.27 m > 0.6 m$, donc on augmente le diamètre normalisé.

pour $D = 110 mm$ $J_{pr} = 0.47 m < 0.6 m$.

VII.1.4. dimensionnement de la conduite tertiaire

D'après l'équation de continuité : $Q = V * S \dots \dots \dots VII. 22$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi.V}} \rightarrow D = 58.26 mm, DN = 63 mm$$

Avec :

Q : débit en m³/s.

V : la vitesse admissible 1.5m/s.

Tableau VII.1 : Récapitule de réseau d'irrigation goutte à goutte.

| Paramètres | Rampes | Portes rampes | Conduite tertiaire |
|---------------------------|-----------------------|---------------|--------------------|
| Longueur(m) | 160 | 250 | 10 |
| Diamètre normalisé (mm) | 25 | 110 | 63 |
| Débit (m ³ /s) | 8.89*10 ⁻⁵ | 0.004 | 0.004 |
| Vitesse (m/s) | 0.18 | 0.42 | 1.28 |
| Perte de charge | 1.06 | 0.47 | 0.29 |

À partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable. Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P = 1.06 + 0.47 + 0.29 + 10 = 11.82 \text{ m.}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.1 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

VII.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par asperseur

Pour assurer l'efficacité du système d'irrigation par aspersion, il est également crucial d'analyser les caractéristiques hydrologiques du terrain, telle que la capacité de stockage de l'eau et la perméabilité du sol. Cette analyse permet d'ajuster le débit et la pression des asperseurs afin de minimiser les pertes d'eau et d'optimiser l'irrigation. Une évaluation précise de ces paramètres garantit que le réseau répondra aux besoins spécifiques de la culture tout en conservant une gestion efficace des ressources en eau.

VII.2.1. Données agronomiques

Le système d'irrigation sera installé sur l'îlot numéro 21, alimenté par la borne B°21, avec une pression calculée d'environ 2.17 bars, amplement suffisante pour répondre aux besoins en irrigation. La superficie de l'exploitation agricole est de 4 hectares, entièrement plantée de la pomme de terre. En Septembre, les besoins en eau de pointe pour cette culture atteignent 95.7mm. Les dimensions de la zone occupée par les palmiers dattiers sont de 250 mètres de longueur sur 160 mètres de largeur.

VII.2.2. Dimensionnement de l'asperseur

➤ Diamètre de l'ajutage

D'après la fiche Perrot nouvelle édition, on peut choisir un diamètre de la buse de 4.5 mm sous une pression de 2.5 bars.

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

Figure VII.1 : Fiche Perrot nouvelle édition.

➤ **Calcul de la portée du jet (L)**

On peut la calculer d'après l'équation suivante :

$$L = 3. d^{0.5} . h^{0.25} \dots \dots \dots VII. 23$$

Avec ;

d : diamètre de la buse (mm).

h : pression à la buse (m).

Application numérique :

$$d=4.5 \text{ mm} ; h=2.5 \text{ bar} = 25\text{m} \rightarrow L = 3. 4.5^{0.5} . 25^{0.25} = 14.23 \text{ m} \approx 15\text{m}.$$

➤ **Écartement entre les rampes et arroseurs**

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

EI : 1.2 à 1,3 fois la distance L.

Ea : 0.6 à 0.8 fois la distance L.

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

- Pour l'écartement entre les lignes d'arrosage (EI) : $1.2 \times 15 = 18$ mètres.
- Pour l'écartement entre les arroseurs sur la rampe (Ea) : $0.8 \times 15 = 12$ mètres.

Ces valeurs normalisées d'écartement sont donc les suivantes : EI = 18 mètres et Ea = 12 mètres.

➤ **Débit de l'asperseur**

$$Q = V . S . m \dots \dots \dots VII. 24$$

$$Q = m . \sqrt{2gh} . \frac{\pi d^2}{4} \dots \dots \dots VII. 25$$

Application numérique :

$m=0.92$; $h=25\text{m}$; $d=4.5 \text{ mm}$.

$$Q_{AS} = 0.92 * \sqrt{2 * 9.81 * 25} * \frac{\pi . (4.5 * 10^{-3})^2}{4} = 3.2 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{AS} = 1.15 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Vérification de la pluviométrie de l'asperseur**

$$P = \frac{Q_{AS}}{E_a \cdot E_I} \dots \dots \dots VII. 26 \quad \rightarrow \quad P = \frac{1.15}{12 \cdot 18} = 5.32 \text{ mm/h}.$$

Donc le diamètre de la buse choisie va assurer une pluviométrie $P \leq K=72 \text{ mm/h}$.

VII.2.3. Paramètres d'arrosage

➤ **Calcul du tour d'eau**

$$T_{eau} = \frac{RFU . N_j}{B_{mp}} \dots \dots \dots VII. 27$$

$$RFU = \frac{H_{cc} - H_{pf}}{100} . Z . Y . d_a \dots \dots \dots VII. 28$$

Avec ;

H_{CC}: Humidité au capacité au champ (14% **Annexe VIII**).

H_{PF} : Humidité au point de flétrissement (6% **Annexe VIII**).

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

Z : profondeur d'enracinement en (500 mm **Annexe IX**).

da : la densité apparente : égale à 1.4.

N_j : 25 jours.

B_{mp} : Besoin de pointe = 95.7 mm.

Application numérique :

$$RFU = 37.33 \text{ mm.} \quad T_{eau} = \frac{25 \cdot 37.33}{95.7} = 9 \text{ jours.}$$

➤ **Calcul de la dose réelle**

$$D_r = T_{eau} \cdot B_j \dots \dots \dots VII. 29 \quad \rightarrow \quad D_r = 9 * \frac{95.7}{30} = 28.71 \text{ mm.}$$

➤ **Calcul de la dose brute**

$$D_b = \frac{D_r}{eff} \dots \dots \dots VII. 30 \quad \rightarrow \quad D_b = \frac{28.71}{0.75} = 38.28 \text{ mm.}$$

➤ **Temps d'arrosage**

$$T = \frac{D_b}{p} \dots \dots \dots VII. 31 \quad \rightarrow \quad T = \frac{38.28}{5.32} = 7.22 \text{ heures} \approx 8 \text{ heures.}$$

On peut irriguer 2 fois par jour.

VII.2.4. Calcul hydraulique

VII.2.4.1. Dimensionnement hydraulique des rampes

➤ **La longueur de la rampe**

$$L_r = \text{largeur} - \frac{Ea}{2} \dots \dots \dots VII. 32 \quad \rightarrow \quad L_r = 160 - \frac{12}{2} = 154 \text{ m.}$$

➤ **Nombre d'asperseurs par rampe**

$$N_{asp/ram} = \frac{L_r}{Ea} \dots \dots \dots VII. 33 \quad \rightarrow \quad N_{asp/ram} = \frac{154}{12} = 13 \text{ asperseurs.}$$

Donc on a 15 asperseurs et on travaille avec une seule rampe.

➤ **Débit de la rampe**

$$Q_r = Q_{AS} \cdot N_{asp/ram} \dots \dots \dots VII. 34$$

$$\rightarrow \quad Q_r = 13 * 1.15 = 14.95 \text{ m}^3/\text{h} = 0.004 \text{ m}^3/\text{s.}$$

➤ **Calcul du Diamètre de la rampe**

$$d_r = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_r}{\pi \cdot V}} \dots \dots \dots VII. 35$$

Avec ;

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe, $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [1.2 \text{ à } 1.8] \text{ m/s.}$

On prend $V=1.5 \text{ m/s.}$

$$d_r = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.004}{\pi \cdot 1.5}} = 0.058 \text{ m} = 58 \text{ mm.} \quad \rightarrow \quad DN = 63 \text{ mm.}$$

VII.2.4.2. Dimensionnement hydraulique des portes rampes

- **La longueur de la porte rampe**

$$L_{pr} = \text{longueur} - \frac{El}{2} \dots \dots \dots VII. 36 \quad \rightarrow \quad L_{pr} = 250 - \frac{18}{2} = 241 \text{ m.}$$

- **Débit de la porte rampe**

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_{ramp} \dots \dots \dots VII. 37$$

$$\rightarrow \quad Q_{pr} = 0.004 * 1 = 0.004 \text{ m}^3/\text{s.}$$

- **Calcul du Diamètre de la porte rampe**

$$d_{pr} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{pr}}{\pi \cdot V}} \dots \dots \dots VII. 38$$

$$d_{pr} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.004}{\pi \cdot 1.5}} \quad \rightarrow \quad \text{On prend un diamètre normalisé de } DN = 63\text{mm.}$$

VII.2.4.3. Vérification des pertes de charge

Pour vérifier les pertes de charge on utilise la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left[\frac{3.592}{C_{HW}} \right]^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \dots \dots \dots VII. 21$$

Avec :

L : longueur de la conduite en m.

D : diamètre de la conduite en m.

Q : débit en (m³/s).

C_{HW} : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD).

Après le calcul des pertes de charge avec un diamètre de 63 mm .On trouve les pertes de charge 6.95m, elle dépasse la limite de Christiansen, on prend un diamètre de porte rampes 90mm.

Tableau VII.2 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion.

| Paramètres | Rampes | Portes rampes | Conduite tertiaire |
|---------------------------|--------|---------------|--------------------|
| Longueur(m) | 154 | 241 | 10 |
| Diamètre normalisé (mm) | 63 | 90 | 90 |
| Débit (m ³ /s) | 0.004 | 0.004 | 0.004 |
| Vitesse (m/s) | 1.28 | 1.28 | 1.28 |
| Perte de charge | 4.4 | 1.2 | 0.05 |

D'après le tableau, on voit que les pertes de charge totales sont de 5.65m, en plus de la pression de service de 3 bars, on conclut soit 18.83 % perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée. Donc l'installation du réseau d'aspersion est conforme.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les méthodes de dimensionnement pour deux systèmes d'irrigation : l'aspersion pour la culture de la pomme de terre et le goutte-à-goutte pour la tomate. L'analyse technique de ces systèmes a permis de déterminer les paramètres spécifiques tels que les diamètres des tuyaux et les espacements, afin d'assurer une distribution précise de l'eau et de minimiser les pertes. L'adoption de ces techniques vise non-seulement à optimiser l'utilisation de l'eau mais aussi à améliorer les rendements agricoles. En tenant compte des besoins uniques de chaque culture, ces systèmes contribuent à une gestion durable des ressources en eau tout en augmentant la productivité, atteignant ainsi l'objectif crucial d'équilibre entre conservation des ressources et amélioration des performances agricoles.

Chapitre VIII
***Calcul technico-
économique***

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

Introduction

Le calcul technico-économique est un outil essentiel dans la gestion de projets, en particulier dans le domaine de l'ingénierie hydraulique. Ce processus permet d'évaluer de manière approfondie les coûts, les bénéfices et les risques associés à un projet, afin de prendre des décisions éclairées et optimales. Il inclut notamment :

- L'analyse détaillée des coûts de construction et de maintenance.
- L'estimation des coûts opérationnels.
- L'évaluation des bénéfices attendus du projet.

Ce chapitre se concentre sur l'estimation des coûts de réalisation du projet d'aménagement du périmètre du Hassi kheffif.

Pour mener à bien notre projet d'irrigation, nous avons choisi de diviser les travaux à entreprendre en trois lots distincts. Cette approche permet une gestion plus efficace et une meilleure maîtrise des coûts.

L'aménagement de notre périmètre nécessite la réalisation de trois (3) lots :

Lot 1 : Réalisation d'une bache d'aspiration + une station de pompage.

Lot 2 : Réalisation d'un réservoir de stockage.

Lot 3 : Travaux d'adduction et de distribution.

Cette division en lots permettra une gestion plus efficace des différentes étapes du projet.

VIII.1. Réalisation d'une bache d'aspiration + une station de pompage

VIII.1.1. Réalisation d'une bache d'aspiration

VIII.1.1.1. Caractéristiques de bache d'aspiration

$$V = 3.35 \text{ m}^3; L = 1.5 \text{ m}; l = 1.11 \text{ m}; H = 2 \text{ m}.$$

VIII.1.1.2. Calcul de volume de terrassement

➤ Volume de décapage

$$V_{d\acute{e}c} = S \cdot e_{d\acute{e}c} \dots \dots \dots VIII.1$$

D'où :

S : Section de la bache d'aspiration en m².

e_{déc} : Epaisseur de décapage = 0.3 m.

A.N : $V_{d\acute{e}c} = 1.11 * 1.5 * 0.3 = 0.5 \text{ m}^3$.

➤ Volume de déblais

$$V_{d\acute{e}b} = V_{bac} = S \cdot L \cdot H \dots \dots \dots VIII.2$$

$$V_{d\acute{e}b} = 3.35 \text{ m}^3.$$

VIII.1.1.3. Calcul de volume de gros œuvres

➤ Volume propreté sous radier

$$V_{psr} = S \cdot e_b \dots \dots \dots VIII.3$$

S : Section de la bache d'aspiration en m².

e_b : Epaisseur de béton propreté = 5cm.

A.N : $V_{psr} = 1.11 * 1.5 * 0.05 = 0.083 \text{ m}^3$.

➤ **Volume béton armé du radier**

$$V_{Br} = S \cdot e_{BA} \dots \dots \dots VIII.4$$

e_{BA} : Epaisseur de béton armé 15 cm $< e_{BA} < 20$ cm.

A.N : $V_{Br} = 1.11 * 1.5 * 0.15 = 0.25 \text{ m}^3$.

➤ **Volume béton armé des parois**

$$V_{bp} = V_{ext} - V_{bac} \dots \dots \dots VIII.5$$

V_{ext} : Volume total externe en m^3 .

$$V_{ext} = (L * 2e) * (l + 2e) * (h + 2e) \dots \dots \dots VIII.6$$

e : Epaisseur des parois = 15 cm.

A.N : $V_{ext} = (1.11 + 0.15 * 2) * (1.5 + 2 * 0.15) * (2 + 2 * 0.15)$.

$$V_{ext} = 1.41 * 1.8 * 2.3 = 5.84 \text{ m}^3$$

$$V_{bp} = 5.84 - 3.35 = 2.49 \text{ m}^3$$

➤ **Volume béton armé de la couverture**

$$V_{bc} = L_c \cdot l_c \cdot e_c \dots \dots \dots VIII.7$$

L_c : Longueur de la couverture = $L_b + \text{marge}(10\text{cm})$.

l_c : Largeur de la couverture = $l_b + \text{marge}(10\text{cm})$.

e_c : Epaisseur de la couverture = 15 cm.

A.N : $V_{bc} = 1.12 * 1.51 * 0.15 = 0.25 \text{ m}^3$.

VIII.1.1.4. Devis quantitatif et estimatif de bache d'aspiration

Le tableau suivant représente le devis quantitatif et estimatif de la bache d'aspiration.

Tableau VIII.1 : Devis quantitatif et estimatif de la bache d'aspiration.

| N° | Désignation des travaux | Unité | Quantité | Prix unitaire (DA) | Total (DA) |
|------------|--|----------------|----------|--------------------|------------------|
| I | Travaux préparatoire | | | | |
| 1 | Installation de chantier (Equipements, les engins, main d'œuvre....) | Forfait | - | 305000 | 305000 |
| II | Terrassement | | | | |
| 1 | Décapage | m ³ | 0.5 | 300 | 150 |
| 2 | Déblai | m ³ | 3.35 | 600 | 2010 |
| III | Gros œuvres | | | | |
| 1 | Béton de propreté sous radier | m ³ | 0,083 | 10000 | 830 |
| 2 | Béton armé du radier | m ³ | 0,25 | 42000 | 10500 |
| 3 | Béton armé des parois | m ³ | 2.49 | 42000 | 104580 |
| 4 | Béton armé de la couverture | m ³ | 0,25 | 42000 | 10500 |
| IV | Accessoires | | | | |
| | | forfait | - | 375000 | 375000 |
| | | | | Total (DA) | 808570 |
| | | | | TVA(%) | 19% |
| | | | | TTC(DA) | 962 198.3 |

Source des prix : polycopie de Mr.KAHLERRAS(2021).

Devis quantitatif et estimatif de la bêche d'aspiration est neuf cent soixante-deux mille cent quatre-vingt-dix-huit dinars et trois centimes.

VIII.1.2. Réalisation d'une station de pompage

VIII.1.2.1. Caractéristiques du bâtiment de station pompage

➤ Hauteur de bâtiment

$$H_b = H_5 + H_6 + H_7 + H_8 + H_9 \dots \dots \dots VIII. 8$$

Avec ;

$$H_5 = H_p + H_s + H_r \dots \dots \dots VIII. 9$$

H_p : Hauteur de pompe = 0.845 m.

H_s : Hauteur de socle (0.3 à 0.5 m), $H_s = 0.3$ m.

H_r : Hauteur de réserve = 0.5 m.

H_6 : Hauteur réservée à l'homme = 2.2 m.

H_7 : Hauteur du chariot = 0.3 m.

H_8 : Hauteur profilée = 0.8 m.

H_9 : Hauteur de sécurité = 0.5 m.

A.N : $H_5 = 0.845 + 0.3 + 0.5 = 1.645$ m.

$$H_b = 1.645 + 2.2 + 0.3 + 0.8 + 0.5 = 5.445$$
 m.

$H_b = 8.4$ m. Hauteur de bâtiment normalisée.

➤ Longueur de bâtiment

$$L_b = n. L + (n - 1). L_{int} + L_{pf} + L_1 + L_3 + L_4 \dots \dots \dots VIII. 10$$

D'où ;

n : Nombre de pompes, $n=4$.

L : Longueur de la pompe et celle du moteur, $L=2.244$ m.

L_{int} : Distance entre deux pompes voisines (0.8 à 1.2 m), $L_{int} = 1$ m.

L_{pf} : Longueur de la plateforme de montage, $L_{pf} = 2.5$ m.

L_1 : Distance entre le mur et le premier organe de la pompe, $L_1 = 0.5$ m.

L_3 : Longueur des accessoires d'aspiration.

L_4 : Longueur des accessoires de refoulement.

Avec : $L_3 + L_4 = L_{tr} + L_c + L_{tasp} + L_{div} \dots \dots \dots VIII. 11$

L_{tr} : Longueur de la tubulure de refoulement, $L_{tr} = 1$ m.

L_c : Longueur du convergent, $L_c = 0.402$ m.

L_{tasp} : Longueur de la tubulure d'aspiration, $L_{tasp} = 0.63$ m.

L_{div} : Longueur du divergent, $L_{div} = 1.225$ m.

A.N : $L_3 + L_4 = 1 + 0.402 + 0.63 + 1.225 = 3.257$ m.

$L_b = (4 * 2.244) + (2 * 1) + 2.5 + 0.5 + 3.257 = 17.23$ m ≈ 17.5 m.

➤ Largeur de bâtiment

$$l_b = L_1 + L_2 + L_B + L_r + L_p \dots \dots \dots VIII. 12$$

D'où :

L_1 : Distance entre le mur et le premier organe de la pompe, $L_1 = 0.5$ m.

L_2 : Distance entre le mur et le deuxième organe de la pompe, $L_2 = 1.2$ m.

L_B : Longueur de l'armoire électrique (2 à 3 m), $L_B = 2$ m.

L_r : Longueur du bureau du personnel, $L_r = 3 \text{ m}$.

L_p : Longueur de la pompe et le moteur, $L_p = 0.728 \text{ m}$.

A.N : $l_b = 0.5 + 1.2 + 2 + 3 + 0.728 = 7.42 \text{ m} \approx 7.5 \text{ m}$.

➤ **Dimensions des portes**

-Porte principale : 3*3.

-Porte du personnel : 2.5*1.6.

➤ **Dimensionnement des fenêtres**

Il faut avoir un éclairage de surface (10-15%) de la surface de la station en plus de l'éclairage électrique.

$$\sum S_F = 0.15 * 17.5 * 7.5 = 19.69 \text{ m}^2.$$

Nombre des fenêtres sera : $n = \frac{\sum S_F}{S_F} \dots \dots \dots VIII.13$

n : Nombre des fenêtres.

S_F : Surface de la fenêtre (1.2*2.2).

➔ $n = \frac{19.69}{2.64} = 8 \text{ fenêtre}$.

VIII.1.2.2. Devis quantitatif et estimatif de la station de pompage

VIII.2 : Différents travaux de la station de pompage.

| N° | Désignation de travaux ou matériel utilisé | unité | Quantité (m ³) |
|----|---|----------------|----------------------------|
| 1 | Décapage de la terre végétale | m ³ | 15.99 |
| 2 | Excavation des fouilles | m ³ | 50.63 |
| 3 | Remblais des fouilles | m ³ | 27.06 |
| 4 | Remblais des casiers | m ³ | 62.21 |
| 5 | Béton de propreté | m ³ | 12.875 |
| 6 | Béton armé pour semelles | m ³ | 10.12 |
| 7 | Béton armé pour demi-poteaux | m ³ | 1.44 |
| 8 | Béton armé des poteaux | m ³ | 20.16 |
| 9 | Béton armé pour longrines | m ³ | 13.63 |
| 10 | Béton armé pour les dalles sup et inf | m ³ | 183.75 |
| 11 | Nombre de briques | Unité | 12420 |
| 12 | Nombre d'hourdis | Unité | 580 |
| 13 | Poutrelle | m ³ | 18.38 |
| 14 | Fourniture et mise en œuvre de la peinture int et ext | m ² | 240 |

Tableau VIII.3 : Devis quantitatif et estimatif de la station de pompage.

| N° | désignation des travaux | unité | quantité | prix unitaire (DA) | total (DA) |
|------------|---|----------------|----------|--------------------|---------------------|
| I | Travaux préparatoire | | | | |
| 1 | Installation de chantier (Equipement, les engins, main d'œuvre....) | forfait | - | 760000 | 760000 |
| II | Travaux de terrassement | | | | |
| 1 | Décapage de terre végétale | m ³ | 15,99 | 300 | 4797 |
| 2 | Déblai | m ³ | 50,63 | 600 | 30378 |
| 3 | Remblai des fouilles | m ³ | 27,06 | 400 | 10824 |
| 4 | Remblai des casiers | m ³ | 62,21 | 300 | 18663 |
| III | Gros ouvrages | | | | |
| 1 | Béton propreté dosé 150 kg/m ³ (sous semelle) | m ³ | 3,375 | 10000 | 33750 |
| 2 | Béton armé dosé 300kg/m ³ (semelle) | m ³ | 10,12 | 42000 | 425040 |
| 3 | Béton armé dosé 300kg/m ³ (demi-poteaux) | m ³ | 1,44 | 42000 | 60480 |
| 4 | Béton armé dosé 300kg/m ³ (poteaux) | m ³ | 20,16 | 42000 | 846720 |
| 5 | Béton de armé dosé 300 kg/m ³ (longrine) | m ³ | 13,63 | 10000 | 136300 |
| 6 | Béton armé dosé 300 kg/m ³ (dalle inf) | m ³ | 91,87 | 42000 | 3858540 |
| 7 | Béton armé dosé 300 kg/m ³ (dalle sup) | m ³ | 91,87 | 42000 | 3858540 |
| V | Maçonnerie | | | | |
| 1 | Nombre des briques | unité | 12420 | 25 | 310500 |
| 2 | Nombre des pièces d'hourdis | unité | 580 | 45 | 26100 |
| 3 | volume des poutrelles | m ³ | 18,38 | 42000 | 771960 |
| 4 | Fourniture et mise en œuvre de la peinture int et ext | m ² | 240 | 500 | 120000 |
| 5 | Fourniture et mise en œuvre pour la porte principale | unité | 1 | 50000 | 50000 |
| 6 | Fourniture et mise en œuvre pour la porte personnelle | unité | 1 | 45000 | 45000 |
| 7 | Fourniture et mise en œuvre pour les fenêtres | unité | 8 | 5000 | 40000 |
| V | Accessoires (tuyaux, raccords, 4 pompes...) | unité | - | 1604000 | 1604000 |
| | | | | Total (DA) | 13 011 592 |
| | | | | TVA (%) | 19% |
| | | | | TTC (DA) | 15 483 794.5 |

Source des prix : polycopie de Mr.KAHLERRAS(2021).

Devis quantitatif et estimatif de la station de pompage est quinze millions quatre cent quatre-vingt-treize mille sept cent quatre-vingt-quatorze dinars et cinquante centimes.

VIII.2.Réalisation d'un réservoir de stockage

Le réservoir projeté dans capacité 1000 m³, et le figure suivant représenté les éléments de réservoir :

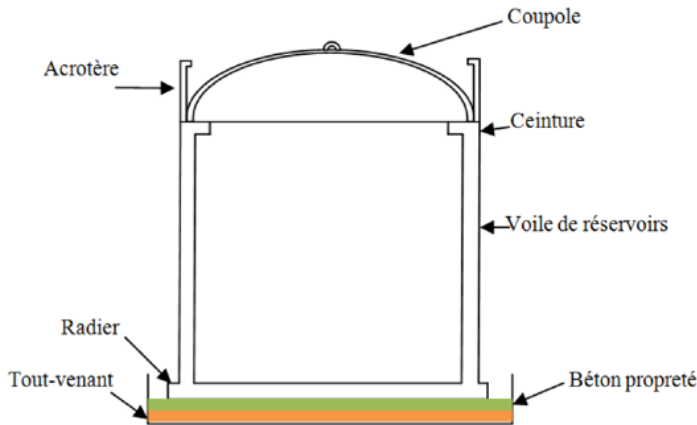


Figure VIII.1 : Les éléments du réservoir.

VIII.2.1.Calcul des volumes

➤ **Volume de déblai**

$$V_{tr} = \frac{\pi}{4} * D_{exc}^2 * H_{exc} \dots \dots \dots VIII. 14$$

Avec : $D_{exc} = D_{ext} + 2 \dots \dots \dots VIII. 15$

D_{exc} : Diamètre d'excavation (m).

H_{exc} : Hauteur d'excavation (m) ; $H_{exc}=1m$.

A.N: $D_{exc} = 16 + 2 = 18m$.

$$V_{tr} = \frac{\pi}{4} * 16^2 * 1 = 254.47 m^3.$$

➤ **Volume de tout-venant**

Le volume de tout-venant sera calculé par la formule suivante :

$$V_{tv} = \frac{\pi}{4} * D_{exc}^2 * ETV \dots \dots \dots VIII. 16$$

ETV : Epaisseur de la couche du tout-venant (m), $E_{TV}=0,3m$.

A.N : $V_{tv} = \frac{\pi}{4} * 16^2 * 0.3 = 76.34m^3$.

➤ **Volume de béton de propreté**

La pose du béton de propreté sera étendue de 0,6m des proies extérieures du réservoir. Le volume de béton propreté donné par la formule suivante :

$$V_{bp} = \frac{\pi}{4} * D_{bp}^2 * E_{bp} \dots \dots \dots VIII.17$$

D_{bp}^2 : Diamètre de couche du béton propreté.

$$D_{bp} = D_{ext} + 1.2 \dots \dots \dots VIII.18$$

E_{bp} : Epaisseur de la couche du béton de propreté, $E_{bp} = 0.2m$.

$$A.N : D_{bp} = 16 + 1.2 = 17.2 m.$$

$$V_{bp} = \frac{\pi}{4} * 17.2^2 * 0.2 = 46.47 m^3.$$

➤ Béton armé

Les éléments de réservoirs dont le béton armé est le matériau de construction sont :

Radier de réservoir ; Voiles de réservoirs ; Ceintures supérieures de réservoir ; Couple de réservoir.

Les éléments du réservoir, sont estimés par la formule suivant :

▪ Le radier

$$V_r = \frac{\pi}{4} * D_{ext}^2 * H_r \dots \dots \dots VIII.19$$

H_r : Hauteur de radier (m).

D_{ext} : Diamètre extérieur de radier de réservoir (m).

$$A.N : V_r = \frac{\pi}{4} * 16^2 * 0.4 = 80.42 m^3.$$

▪ Le voile de réservoir

$$V_v = \frac{\pi}{4} * D_{ext}^2 - D_{int}^2 * H \dots \dots \dots VIII.20$$

H : hauteur de réservoir (m).

D_{ext} :Diamètre extérieur de réservoir (m).

D_{int} : Diamètre intérieur de réservoir (m).

$$A.N : V_v = \frac{\pi}{4} * 16^2 - 14^2 * 6 = 282.74 m^3.$$

▪ La ceinture supérieure de réservoir

$$V_v = \frac{\pi}{4} * D_{ext}^2 - D_{int}^2 * H_{cs} \dots \dots \dots VIII.21$$

H_{cs} : Hauteur de la ceinture supérieure de réservoir (m), $H_{cs} = 0.3 m$.

D_{ext} :: Diamètre extérieur de ceinture supérieure (m).

D_{int} :: Diamètre intérieur de ceinture supérieure (m).

$$\text{A.N : } V_V = \frac{\pi}{4} * 16^2 - 14^2 * 0.3 = 14.14 \text{ m}^3.$$

▪ **Les acrotères**

$$V_V = \frac{\pi}{4} * D_{ext}^2 - D_{int}^2 * H_{as} \dots \dots \dots \text{VIII.22}$$

H_{as} : Hauteur d'acrotères (m).

D_{ext} : Diamètre extérieur d'acrotères (m).

D_{int} : Diamètre intérieur d'acrotères (m).

$$\text{A.N : } V_V = \frac{\pi}{4} * 16^2 - 15^2 * 0.3 = 7.30 \text{ m}^3.$$

▪ **La coupole**

La coupole est sphérique de rayon :

$$R = \frac{f^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}{2f} \dots \dots \dots \text{VIII.23}$$

$$V_c = 2\pi * R * f * E_c \dots \dots \dots \text{VIII.24}$$

Avec :

R : rayon de la coupole (m).

D : Diamètre du réservoir (m).

f : flèche de la coupole (m).

E_c : Épaisseur de la coupole (m), $E_c = 0.1m$.

E_c : épaisseur de la coupole (m).

$$\text{A.N : } R = \frac{1.5^2 + (7.28^2)}{2 * 1.5} = 18.42 \text{ m.}$$

$$V_c = 2\pi * 18.42 * 1.5 * 0.1 = 17.36 \text{ m}^3.$$

VIII.2.2. Devis quantitatif et estimatif de réservoir

Le tableau suivant présente le devis quantitatif et estimatif de réservoir de notre projet :

Tableau VIII.4 : Devis quantitatif et estimatif de réservoir.

| N° | Désignation des travaux | Unité | Quantité | Prix unitaire (DA) | Total (DA) |
|------------|--|----------------|----------|----------------------|-------------------|
| I | Travaux préparatoire | | | | |
| | Installation de chantier (Equipements, les engins, main d'œuvre....) | forfait | | 650000 | 650000 |
| II | Terrassement | | | | |
| 1 | Décapage | m ³ | 49.94 | 300 | 14982 |
| 2 | Déblai | m ³ | 254.47 | 600 | 152682 |
| 3 | Remblai | m ³ | 76.34 | 400 | 30536 |
| III | Gros œuvres | | | | |
| 1 | Béton de propreté sous radier | m ³ | 46.47 | 10000 | 464700 |
| 2 | Béton armé du radier | m ³ | 80.42 | 42000 | 3377640 |
| 3 | Béton armé des parois | m ³ | 282.74 | 42000 | 11875080 |
| 4 | Béton armé de la ceinture | m ³ | 14.14 | 42000 | 593880 |
| 5 | Béton armé des acrotères | m ³ | 7.30 | 42000 | 306600 |
| 6 | Béton armé de la coupole | m ³ | 17.36 | 42000 | 729120 |
| 7 | Travaux de peinture | m ² | 607 | 6000 | 3642000 |
| IV | Accessoires | forfait | - | 100000 | 100000 |
| | | | | Total HT (DA) | 21 937 220 |
| | | | | TVA (%) | 19% |
| | | | | TTC (DA) | 26 105 292 |

Source des prix : polycopie de Mr.KAHLERRAS(2021).

Devis quantitatif et estimatif de la réalisation d'un réservoir de stockage est vingt-six millions cent cinq mille deux cent quatre-vingt-douze dinars.

VIII.3.Réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution

VIII.3.1. Travaux à entreprendre pour Le système d'adduction

La réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution d'eau se compose de plusieurs étapes cruciales. L'objectif est de garantir une installation appropriée tout en réduisant au maximum l'impact sur l'environnement et en assurant la sécurité des opérations.

a) Excavation de la tranchée

L'excavation des tranchées implique le creusement nécessaire à l'installation des canalisations. Cette étape requiert une planification minutieuse pour garantir que la profondeur, la largeur et la pente des tranchées soient conformes aux normes. Il est également essentiel d'assurer la sécurité des travailleurs tout en protégeant l'environnement. Cette phase est réalisée à l'aide d'une pelle hydraulique, avec les déblais déposés à proximité de la tranchée. Le bardage des conduites est quant à lui placé de l'autre côté de la tranchée.

b) Pose du lit de sable

Le lit de sable sera déposé au fond de la tranchée avec une épaisseur de 10 à 20 cm.

c) Installation des conduites

Avant d'installer les conduites dans la tranchée, un processus de sélection est réalisé afin d'identifier et d'écartier celles qui présentent des dommages causés par des chocs. Une fois cette vérification effectuée, les conduites sont délicatement abaissées dans la tranchée à l'aide d'un équipement de levage approprié.

d) Essai de pression et de joints

Une fois les conduites installées, il est essentiel de réaliser des essais de pression et de joints pour garantir l'intégrité du système hydraulique. Les essais de pression permettent de vérifier la résistance des conduites et des raccords en soumettant le réseau à une pression d'eau spécifique (1,8 fois la pression de service attendu) pendant une période déterminée (environ 30 minutes). Les essais de joints sont réalisés pour s'assurer de l'étanchéité des connexions entre les différentes sections de conduites. Ces tests sont cruciaux pour identifier et corriger toute fuite potentielle avant la mise en service du réseau.

e) Remblayage de la tranchée

Le remblayage des tranchées consiste à enterrer la conduite en utilisant les matériaux excavés lors de la fouille.

f) Nivellement et compactage

Après avoir effectué le remblai, un nivellement est réalisé pour aplanir les tas de terre. Cette étape est suivie d'un compactage, qui vise à augmenter la densité des sols et à prévenir tout tassement ultérieur.

VIII.3.2. Estimation du cout des travaux du réseau d'adduction-distribution

VIII.3.2.1. Calcul du volume de terrassement

➤ Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée est fonction du diamètre de la conduite, elle est calculée sur un espacement de 30cm de chaque côté de la conduite.

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

$$B = d + 0.6 \dots \dots \dots VIII. 1$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m).

d : diamètre de la conduite (m).

➤ **Profondeur de la tranchée**

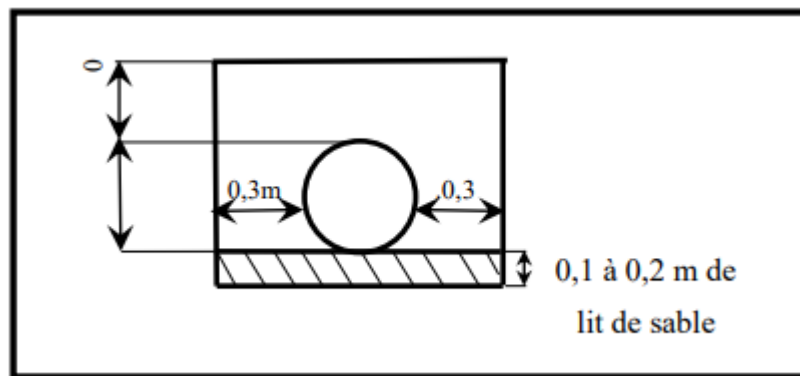


Figure VIII.2 : Schéma d'un tranchée.

$$h_{tr} = e + d + h \dots \dots \dots VIII.2$$

Avec :

h_{tr} : Profondeur de la tranchée (m).

e : hauteur du lit de pose (m).

d : diamètre de la conduite (m).

h : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite = 0,8m.

➤ **Les sections des tranchées**

$$S_{tr} = B * h_{tr} \dots \dots \dots VIII.3$$

h_{tr} : Profondeur totale de la tranchée (m).

B : Largeur du fond de la tranchée (m).

➤ **Volume à excaver (déblai)**

$$V_d = S_{tr} * L \dots \dots \dots VIII.4$$

S_{tr} : La section de la tranchée (m²).

L : Longueur de la tranchée (m).

➤ **Volume occupé par les conduites**

$$V_{con} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} * L \dots \dots \dots VIII.5$$

D : Diamètre extérieur de la conduite(m).

L : Longueur de la tranchée (m).

➤ **Volume du lit de sable**

$$V_{sab} = h_{sab} * L * B \dots \dots \dots VIII.6$$

h_{sab} : Profondeur de la couche végétale (on prend $h_{CV} = 0.1m$).

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

➤ **Volume de remblais**

$$V_{rem} = V_d - V_{con} \dots \dots \dots VIII.7$$

➤ **Volume du remblai excédentaire**

$$V_{Exc} = V_{Sf} - V_{rem} \dots \dots \dots VIII.8$$

V_{rem} : Volume du remblai (m³).

V_{Sf} : Volume du sol foisonné (m³).

Telle que : $V_{Sf} = V_d * K_f \dots \dots \dots VIII.9$

K_f : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sole ($K_f=1.1$). (**Annexe XI**).

Le calcul des volumes de déblais, de sable, de remblais et d'excédentaire du réseau de distribution est présenté dans le **tableau VIII.5**.

Tableau VIII.5 : Calcul des différents volumes.

| | D (mm) | B(m) | H(m) | S (m ²) | L (m) | V_d (m ³) | V_{con} (m ³) | V_{Sab} (m ³) | V_{rem} (m ³) | V_{Sf} (m ³) | V_{Exc} (m ³) |
|--------------|--------|------|------|---------------------|---------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Add | 250 | 3,1 | 3,5 | 10,85 | 10 | 108,5 | 49,1 | 3,1 | 59,4 | 119,4 | 59,9 |
| | 500 | 5,6 | 6 | 33,6 | 3125,23 | 105007,7 | 61363,7 | 1750,1 | 43644 | 115508,5 | 71864,5 |
| Dist | 400 | 4,6 | 5 | 23 | 608,12 | 13986,8 | 7641,9 | 279,7 | 6344,9 | 15385,4 | 9040,5 |
| | 250 | 3,1 | 3,5 | 10,85 | 262,46 | 2847,7 | 1288,3 | 81,4 | 1559,3 | 3132,5 | 1573,1 |
| | 200 | 2,6 | 3 | 7,8 | 750 | 5850 | 2356,2 | 195 | 3493,8 | 6435 | 2941,2 |
| | 75 | 1,35 | 1,75 | 2,3625 | 6582,87 | 15552 | 2908,2 | 888,7 | 12643,8 | 17107,2 | 4463,4 |
| Somme | | | | | | 143352,7 | 75607,5 | 3198 | 67745,2 | 157688 | 89942,7 |

VIII.3.3. Evaluation du coût des travaux d'adduction et de distribution

Tableau VIII.6 : Devis quantitatif et estimatif des travaux de réseaux d'adduction et distribution.

| N° | Désignation des travaux | Unité | Quantité | Prix unitaire (DA) | Total (DA) |
|------------|---|----------------|----------|--------------------|------------|
| I | Travaux préparatoire | | | | |
| 1 | Installation de chantier (Equipement, les engins, main d'œuvre....) | forfait | - | 550000 | 550000 |
| II | travaux de terrassement | | | | |
| 1 | Déblais | m ³ | 600 | 143352,7 | 86011620 |
| 2 | Lit de sable | m ³ | 1000 | 3198 | 3198000 |
| 3 | Remblais | m ³ | 400 | 67745,2 | 27098080 |
| 4 | Remblais d'excédentaire | m ³ | 400 | 89942,7 | 35977080 |
| III | Canalisation | | | | |
| 1 | 75 mm | ml | 6582,87 | 306 | 2014358,22 |
| 2 | 200 mm | ml | 750 | 4900 | 3675000 |

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------|---------|-------|----------------------|
| 3 | 250 mm | ml | 272,46 | 7500 | 2043450 |
| 4 | 400 mm | ml | 608,12 | 19500 | 11858340 |
| 5 | 500 mm | ml | 3125,23 | 35800 | 111883234 |
| IV | Accessoires | | | | |
| 1 | Borne A2 | Unité | 30 | 52000 | 1560000 |
| 2 | Coude 90° | Unité | 8 | 1850 | 14800 |
| 3 | Coude 45° | Unité | 1 | 1280 | 1280 |
| 4 | Vanne | Unité | 4 | 2200 | 8800 |
| 5 | Té | Unité | 4 | 800 | 3200 |
| 6 | Y | Unité | 30 | 800 | 24000 |
| 7 | Bouchons | Unité | 5 | 306 | 3060 |
| Total HT (DA) | | | | | 285 924 302,2 |
| TVA | | | | | 19% |
| Total TTC (DA) | | | | | 340 249 919,6 |

Source des prix : www.vmhdz.com et polycopie de Mr.KAHLERRAS (2021).

Devis quantitatif et estimatif des travaux d'adduction et distribution est trois cent quarante millions deux cent quarante-neuf mille neuf cent dix-neuf dinars et soixante centimes.

VIII.4. Devis estimatif du projet

Le coût total du projet est la somme des différents prix calculés précédemment.

Tableau VIII.7 : Le coût total du projet.

| Désignation de travaux | Montant TTC(DA) |
|-----------------------------------|----------------------|
| Bâche d'aspiration | 962 198.3 |
| Station de pompage | 15 483 794.5 |
| Réservoir de stockage | 26 105 292 |
| Réseaux d'adduction- distribution | 340 249 919.6 |
| Total TTC | 382 801 204.4 |

Le cout total du projet est trois cent quatre-vingt-deux millions huit cent un mille deux cent quatre dinars et quarante centimes.

Conclusion

La planification méticuleuse d'un chantier est cruciale pour l'installation efficace d'un réseau d'irrigation. Ce chapitre a mis en lumière l'importance d'une organisation rigoureuse afin d'optimiser les coûts, l'efficacité énergétique, et le temps nécessaire, tout en améliorant la productivité globale. Nous avons effectué une évaluation détaillée des coûts associés à chaque élément du projet, incluant les volumes de sable, de déblai et de remblai, ainsi que les coûts des conduites, réservoirs, et stations de pompage. Cette analyse complète nous a permis d'élaborer un devis estimatif précis, facilitant ainsi la gestion financière et logistique du projet tout en visant une exécution optimale. Le coût total du projet d'aménagement du périmètre de HASSI KHEFFIF s'élève à **382 801 204.4 DA**.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre du projet de développement hydro-agricole du périmètre de HASSI KHEFFIF, situé dans la région d'Ouargla. Notre étude s'est concentrée sur la conception et l'optimisation du réseau de distribution d'eau, alimenté par le forage albien, après une analyse détaillée des conditions climatiques, pédologiques et des ressources en eau disponibles.

Nous avons commencé par une présentation exhaustive de la zone d'étude, qui nous a permis de comprendre le contexte climatique et hydrologique de la région. L'analyse a révélé que la région est caractérisée par un climat aride avec des températures élevées et des précipitations limitées, tandis que le forage représente une ressource vitale en fournissant de l'eau souterraine essentielle, ce qui impose une gestion rigoureuse des ressources en eau pour l'irrigation.

Nous avons ensuite étudié les caractéristiques pédologiques de la zone, mettant en évidence la diversité des types de sols présents. Cette analyse a conduit à la sélection de cultures adaptées aux conditions spécifiques de ces sols, avec l'objectif d'optimiser les rendements agricoles.

En ce qui concerne le système d'adduction, nous avons retenu la solution de système mixte : un système de refoulement à partir d'un forage albien jusqu'à un réservoir de stockage qui est alimente les parcelles du périmètre par un système gravitaire. Ce réseau est constitué de conduites enterrées en fonte et en PEHD, équipées de bornes d'irrigation, permettant une gestion efficace des pressions d'eau, adaptées aux techniques modernes d'irrigation comme l'aspersion et le goutte-à-goutte.

En conclusion, l'aménagement hydro-agricole du périmètre de HASSI KHEFFIF représente un pas important vers une gestion durable et efficace de l'eau dans la région. Il contribue à la modernisation de l'agriculture, favorise une meilleure utilisation des ressources en eau et offre des perspectives de développement à long terme. Ce projet répond aux besoins actuels tout en posant les bases pour une agriculture durable et prospère dans la région d'Ouargla, malgré les défis posés par les conditions climatiques.

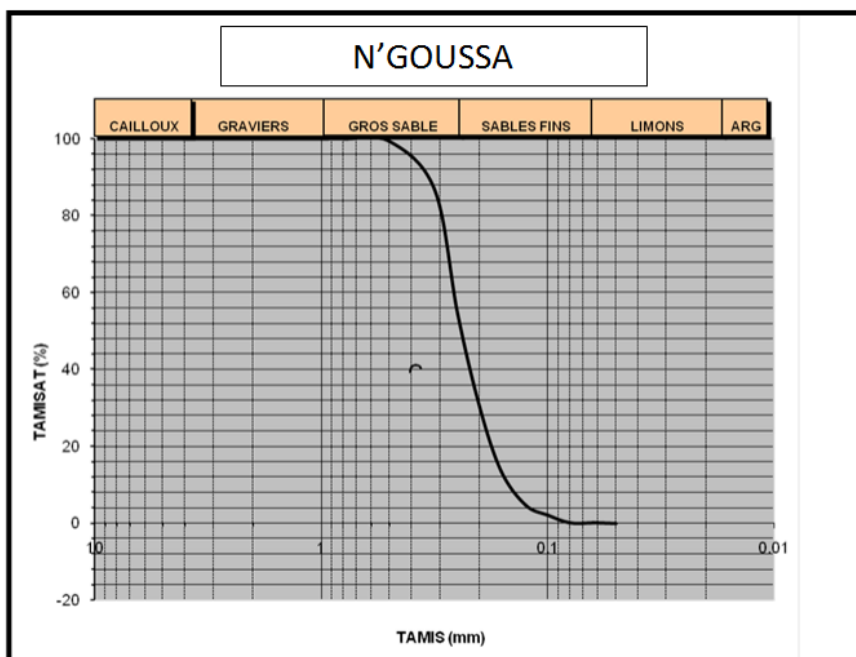
Annexe

ANNEXE

Annexe I : Résultat d'analyse granulométrique.

| OUVERTUR(g) | Poids refus (g) | Refus cumulé (g) | Refus cumulé (%) | Tamisat cumulé |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|
| 1 | 0,0038 | 0,0019 | 0,0019 | 99,9981 |
| 0,8 | 0,0064 | 0,0032 | 0,0051 | 99,9949 |
| 0,5 | 1,2463 | 0,62315 | 0,62825 | 99,37175 |
| 0,315 | 25,2303 | 12,61515 | 13,2434 | 86,7566 |
| 0,25 | 64,4521 | 32,22605 | 45,46945 | 54,53055 |
| 0,2 | 48,4663 | 24,23315 | 69,7026 | 30,2974 |
| 0,16 | 33,4451 | 16,72255 | 86,42515 | 13,57485 |
| 0,125 | 17,6749 | 8,83745 | 95,2626 | 4,7374 |
| 0,1 | 5,2911 | 2,64555 | 97,90815 | 2,09185 |
| 0,08 | 3,732 | 1,866 | 99,77415 | 0,22585 |
| 0,063 | 0,3271 | 0,16355 | 99,9377 | 0,0623 |
| 0,05 | 0,0554 | 0,0277 | 99,9654 | 0,0346 |
| Plat | 0,0692 | 0,0346 | 100 | 0 |

Annexe II : courbe granulométrique de sol.



Annexe III : Tableau de calcul de Khi carré théorique.

Table de la loi de khi-deux ou de Karl Pearson

Valeur de khi-deux pour laquelle la probabilité d'une valeur inférieure à khi-deux suivant le nombre n de degrés de liberté est $p = F_n(\chi^2)$



Pour un test de khi deux de contingence le nombre de degrés de liberté n de votre tableau est égal a (nombre de lignes - 1) x (nombre de colonnes - 1)

| $n \backslash p$ | 0,005 | 0,010 | 0,025 | 0,050 | 0,100 | 0,250 | 0,500 | 0,750 | 0,900 | 0,950 | 0,975 | 0,990 | 0,995 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0010 | 0,0039 | 0,0158 | 0,102 | 0,455 | 1,32 | 2,71 | 3,84 | 5,02 | 6,63 | 7,88 |
| 2 | 0,0100 | 0,0201 | 0,0506 | 0,103 | 0,211 | 0,575 | 1,39 | 2,77 | 4,61 | 5,99 | 7,38 | 9,21 | 10,6 |
| 3 | 0,0717 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 0,584 | 1,21 | 2,37 | 4,11 | 6,25 | 7,81 | 9,35 | 11,3 | 12,8 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 1,06 | 1,92 | 3,36 | 5,39 | 7,78 | 9,49 | 11,1 | 13,3 | 14,9 |
| 5 | 0,412 | 0,554 | 0,831 | 1,15 | 1,61 | 2,67 | 4,35 | 6,63 | 9,24 | 11,1 | 12,8 | 15,1 | 16,7 |
| 6 | 0,676 | 0,872 | 1,24 | 1,64 | 2,20 | 3,45 | 5,35 | 7,84 | 10,6 | 12,6 | 14,4 | 16,8 | 18,5 |
| 7 | 0,989 | 1,24 | 1,69 | 2,17 | 2,83 | 4,25 | 6,35 | 9,04 | 12,0 | 14,1 | 16,0 | 18,5 | 20,3 |
| 8 | 1,34 | 1,65 | 2,18 | 2,73 | 3,49 | 5,07 | 7,34 | 10,2 | 13,4 | 15,5 | 17,5 | 20,1 | 22,0 |
| 9 | 1,73 | 2,09 | 2,70 | 3,33 | 4,17 | 5,90 | 8,34 | 11,4 | 14,7 | 16,9 | 19,0 | 21,7 | 23,6 |
| 10 | 2,16 | 2,56 | 3,25 | 3,94 | 4,87 | 6,74 | 9,34 | 12,5 | 16,0 | 18,3 | 20,5 | 23,2 | 25,2 |
| 11 | 2,60 | 3,05 | 3,82 | 4,57 | 5,58 | 7,58 | 10,3 | 13,7 | 17,3 | 19,7 | 21,9 | 24,7 | 26,8 |
| 12 | 3,07 | 3,57 | 4,40 | 5,23 | 6,30 | 8,44 | 11,3 | 14,8 | 18,5 | 21,0 | 23,3 | 26,2 | 28,3 |
| 13 | 3,57 | 4,11 | 5,01 | 5,89 | 7,04 | 9,30 | 12,3 | 16,0 | 19,8 | 22,4 | 24,7 | 27,7 | 29,8 |
| 14 | 4,07 | 4,66 | 5,63 | 6,57 | 7,79 | 10,2 | 13,3 | 17,1 | 21,1 | 23,7 | 26,1 | 29,1 | 31,3 |
| 15 | 4,60 | 5,23 | 6,26 | 7,26 | 8,55 | 11,0 | 14,3 | 18,2 | 22,3 | 25,0 | 27,5 | 30,6 | 32,8 |
| 16 | 5,14 | 5,81 | 6,91 | 7,96 | 9,31 | 11,9 | 15,3 | 19,4 | 23,5 | 26,3 | 28,8 | 32,0 | 34,3 |
| 17 | 5,70 | 6,41 | 7,56 | 8,67 | 10,1 | 12,8 | 16,3 | 20,5 | 24,8 | 27,6 | 30,0 | 33,4 | 35,7 |
| 18 | 6,26 | 7,01 | 8,23 | 9,39 | 10,9 | 13,7 | 17,3 | 21,6 | 26,0 | 28,9 | 31,5 | 34,8 | 37,2 |
| 19 | 6,84 | 7,63 | 8,91 | 10,1 | 11,7 | 14,6 | 18,3 | 22,7 | 27,2 | 30,1 | 32,9 | 36,2 | 38,6 |
| 20 | 7,43 | 8,26 | 9,56 | 10,9 | 12,4 | 15,5 | 19,3 | 23,8 | 28,4 | 31,4 | 34,2 | 37,6 | 40,0 |
| 21 | 8,03 | 8,90 | 10,3 | 11,6 | 13,2 | 16,3 | 20,3 | 24,9 | 29,6 | 32,7 | 35,5 | 38,9 | 41,4 |
| 22 | 8,64 | 9,54 | 11,0 | 12,3 | 14,0 | 17,2 | 21,3 | 26,0 | 30,8 | 33,9 | 36,8 | 40,3 | 42,8 |
| 23 | 9,26 | 10,2 | 11,7 | 13,1 | 14,8 | 18,1 | 22,3 | 27,1 | 32,0 | 35,2 | 38,1 | 41,6 | 44,2 |
| 24 | 9,89 | 10,9 | 12,4 | 13,8 | 15,7 | 19,0 | 23,3 | 28,2 | 33,2 | 36,4 | 39,4 | 43,0 | 45,6 |
| 25 | 10,5 | 11,5 | 13,1 | 14,6 | 16,5 | 19,9 | 24,3 | 29,3 | 34,4 | 37,7 | 40,6 | 44,3 | 46,9 |
| 26 | 11,2 | 12,2 | 13,8 | 15,4 | 17,3 | 20,8 | 25,3 | 30,1 | 35,6 | 38,9 | 41,9 | 45,6 | 48,3 |
| 27 | 11,8 | 12,9 | 14,6 | 16,2 | 18,1 | 21,7 | 26,3 | 31,5 | 36,7 | 40,1 | 43,2 | 47,0 | 49,6 |
| 28 | 12,5 | 13,6 | 15,3 | 16,9 | 18,9 | 22,7 | 27,3 | 32,6 | 37,9 | 41,3 | 44,5 | 48,3 | 51,0 |
| 29 | 13,1 | 14,3 | 16,0 | 17,7 | 19,8 | 23,6 | 28,3 | 33,7 | 39,1 | 42,6 | 45,7 | 49,6 | 52,3 |
| 30 | 13,8 | 15,0 | 16,8 | 18,5 | 20,6 | 24,5 | 29,3 | 34,8 | 40,3 | 43,8 | 47,0 | 50,9 | 53,7 |
| 40 | 20,7 | 22,2 | 24,4 | 26,5 | 29,1 | 33,7 | 39,3 | 45,6 | 51,8 | 55,8 | 59,3 | 63,7 | 66,8 |
| 50 | 28,0 | 29,7 | 32,4 | 34,8 | 37,7 | 42,9 | 49,3 | 56,3 | 63,2 | 67,5 | 71,4 | 76,2 | 79,5 |
| 60 | 35,5 | 37,5 | 40,5 | 43,2 | 46,5 | 52,3 | 59,3 | 67,0 | 74,4 | 79,1 | 83,3 | 88,4 | 92,0 |
| 70 | 43,3 | 45,4 | 48,8 | 51,7 | 55,3 | 61,7 | 69,3 | 77,6 | 85,5 | 90,5 | 95,0 | 100,4 | 104,2 |
| 80 | 51,2 | 53,5 | 57,2 | 60,4 | 64,3 | 71,1 | 79,3 | 88,1 | 96,6 | 101,9 | 106,6 | 112,4 | 116,3 |
| 90 | 59,2 | 61,8 | 65,6 | 69,1 | 73,3 | 80,6 | 89,3 | 98,6 | 107,6 | 113,1 | 118,1 | 124,1 | 128,3 |
| 100 | 67,3 | 70,1 | 74,2 | 77,9 | 82,4 | 90,1 | 99,3 | 109,1 | 118,5 | 124,3 | 129,6 | 135,8 | 140,2 |

Annexe IV : Le cycle végétatif des cultures

| Culture/Mois | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout |
|-----------------|--------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|------|------|
| Blé | | ←————→ | | | | | | | | | | |
| Orge | | ←————→ | | | | | | | | | | |
| Tomate | | | | | | ←————→ | | | | | | |
| Poivron | | | | | | ←————→ | | | | | | |
| Pomme de terre | ←————→ | | | | | | | | | | | |
| Palmier dattier | ←————→ | | | | | | | | | | | |

Annexe V : Fiche technique de forage.

| Côte (m) | | Etage | Strati. | Lithologie | Complétion | Observations |
|--|--------------------|----------|---|---|--|---|
| <p align="center">  REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU REALISATION D'UN FORAGE ALBIEN DE 1430 ML DE PROFONDEUR Localité : Lekhfif - Commune : N'Gouça - Wilaya de Ouargla </p> | | | | | | |
| Adresse : SHOLIN - HAI EL YASMINE POS 52 RESIDENCE ENNOUR LOT E18 BT F1 LOT9 ORAN LOTISSEMENT 154N°34 BIR EL DJIR WILAYA Oran - Algérie Téléphone: +213 - 0770258521. | | | | Coordonnées Géographiques: X : 05° 19' 51" E Y : 32° 26' 49" N Z : 169 m | | Date début de forage : 16/07/2021 Date fin de sondage : 15/02/2022 Profondeur finale : 1441m Entrepreneur : SHAOLIN Appareil de forage : - |
| 85 | Miocène | [Symbol] | Sables fins calcaireux présentés par des grains moyens à fins, parfois grossiers, moyennement dure | |  | 1- Forage - De 0 à 85 m en 32" en suite pose d'un tube guide de 28" cimenté au jour - De 84 à 351 m en 17" ^{1/2} - De 351 à 1124 m en 17" ^{1/2} - De 1124 à 1441 m en 12" ^{3/4} 2- Colonnes techniques - De 0 à 351 m: Tubes pleins API 18" ^{5/8} K 55-87,5 lb/ft cimenté jusqu'en surface. - De 0 à 114 m: Tubes pleins API 9" ^{5/8} K 55-87,5 lb/ft cimenté à jour. 3- Colonne de production : 9"^{5/8} - De 0 à 1095,26 m: Tubes pleins API 9" ^{5/8} K 55-85,5 lb/ft cimenté au jour 4- Colonne de captage : 8"^{5/8} - 1441 - 1439,4 : Vide (10,6m) - 1439,4 - 1421 : Sabot 8" ^{5/8} (0,4) + 03 TP inox 8" ^{5/8} (18m) - 1421 - 1355 : 11 Crépines Johnson super renforcés (slot 20) - 1355 - 1349 : 01 Tube pleins inox - 1349 - 1289 : 10 Crépines Johnson super renforcés (slot 20) - 1289 - 1171 : 03 Tubes pleins inox - 1271 - 1259 : 02 Crépines Johnson super renforcés (slot 20) - 1259 - 1241 : 03 Tubes pleins inox - 1241 - 1199 : 07 Crépines Johnson super renforcés (slot 20) - 1199 - 1109 : 15 Tubes pleins inox 5- Dégorgement et Développement du puits jusqu'à obtention de l'eau claire dépourvue de toute particules en suspension 6- Essais de débit P = 16 bar Q = 190 l/s 7- Hydrochimie T = 50,6 °C Cd = 2,62 mS/cm R.S = 1884 mg/l pH = 8,22 |
| 211 | | | | | | |
| 371 | Eocène | [Symbol] | Calcaires gréseux et silex avec présence de marnes blanchâtres. | | | |
| 601 | | | Sénonien carbonaté | Marnes, grise, moyennement dure, avec une présence des anhydrites, des calcaires, et des traces d'Argiles. Marnes, parfois fibreux avec des passées d'anhydrite et des argiles. | | |
| 683 | Sénonien lagunaire | [Symbol] | | Grès, beige, blanc, sombre, dure à très dure, avec présence des Argiles grises et marron | | |
| 942 | | | Turonien | Calcaire, gris clair, parfois beige, marneux Argiles, grise, avec une présence de Calcaire et des traces de Marne. | | |
| 1124 | Cénomaniens | [Symbol] | | Argiles, grise, avec une présence de Calcaire et des traces de Marne. | | |
| | | | Alternance entre les Argiles plastique vertes et des Marnes des couleur grise à grise foncé | | | |
| | | | Argiles, marron, rouge brique, avec une présence de Marne verdâtre, friable et des traces de Calcaires. | | | |
| 1430 | Albien | [Symbol] | Grès, marron, avec ciment argileuse | | | |
| 1441 | | | Aptien | Marnes, grise, parfois verdâtre, avec des traces de Grès moyennement dure à très dure. Marnes, gréseuses, de couleur grise, avec une présence des Grès beige, marron sub-anguleux, moyennement dure à très dure. Grès, beige, parfois blanc, avec une présence des Argiles, rouge brique, et des traces de Marnes verdâtre. | | |
| 1441 | | | | Grès, beige, parfois rougeâtre, moyennement dure. | | |

Annexe VI : Fiche technique de la pompe immergée.

| | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| P16D/10/45/3E | |
| Caractéristiques requises | |
| Débit | 169 l/s |
| Hauteur de refoulement | 49,9 m |
| Fluide | Eau potable |
| Température | 290 K |
| Type d'installation | Pompe seule |
| N.be de pompes | 1 |
| Caractéristiques de la pompe | |
| Débit | 160 l/s |
| Hauteur de refoulement | 49,4 m |
| Puissance absorbée | 102 kW |
| Rendement | 78,7% |
| Hauteur manométrique H(Q=0) | 66 m |
| Orif. de refoulement | 250 mm |
| Caractéristiques moteur | |
| Fréquence | 50 Hz |
| Tension nominale | 400 V |
| Vitesse nominale | 1450 1/min |
| Nombre de pôles | 4 |
| Puissance nominale P2 | 160 kW |
| Courant nominal | - A |
| Type de moteur | 3- |
| Classe d'isolation | F |
| Degré de protection | IP 55 |
| Limites opérationnelles | |
| Démarrages / h max. | 20 |
| Température maxi. du liquide pompé | 313 K |
| Teneur maximum en matières solides | 40 g/m ³ |
| Densité max. | 998 kg/m ³ |
| Viscosité maxi. | 1 mm ² /s |
| Caractéristiques générales | |
| Poids | 1830 kg |
| Matériaux | |
| CONSTRUCTION POMPE | |
| Corps de pompe | Fonte |
| Corps d'aspiration | Fonte |
| Corps d'étage | Fonte |
| Roue | Fonte |
| Bague d'usure | Fonte |
| Arbre pompe | Acier |
| Palier | Caoutchouc |
| LIGNE D'ARBRE | |
| Tube colonne | Acier |
| Arbre | Acier |
| Douille arbre | Acier cromé |
| Manchons | Acier inox |
| Roulements | Caoutchouc |
| GROUPE COMANDE | |
| Bas | Fonte ou Acier |
| Lanterne de liaison | Fonte ou Acier |
| Crépine | Acier galvanisé |

Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C

| Q [l/s] | H [m] | P [kW] | Rend. [%] | NPSH [m] |
|---------|-------|--------|-----------|----------|
| | | | | |

Dimensions mm

- A = 6691
- B = 1990
- C = 4701
- D = 1010
- DN = 250
- E = 980
- F = 4317
- G = 220
- H = 48
- I = 400
- L = 3050
- M = 427
- N = 1267
- No = 12
- O = 384
- P = 405
- Q = 355
- R = 250
- T = 25
- U = 640
- V = 550
- W = 640
- X = 550
- Z = 30

Notes:

| | | | |
|------|------|----------|--------|
| Date | Page | Offre n° | Pos.N° |
|------|------|----------|--------|

Annexe VII : Fiche technique de la pompe.

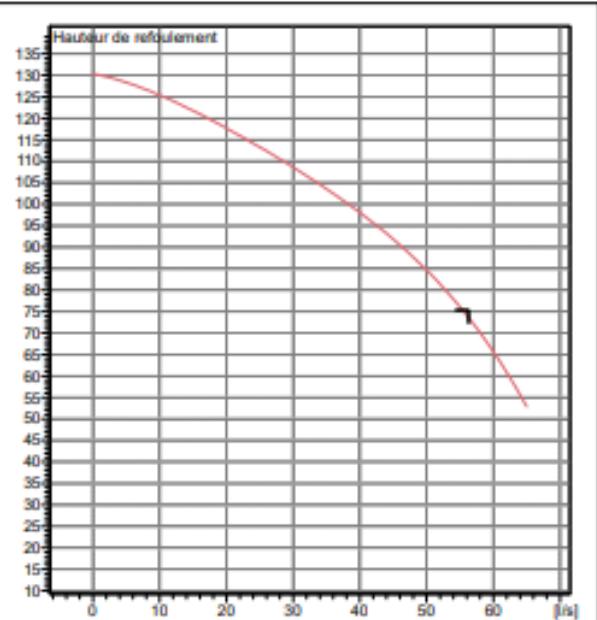


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

| | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| PM 125/ 4 A | |
| Caractéristiques requises | |
| Débit | 56,3 l/s |
| Hauteur de refoulement | 75,3 m |
| Fluide | Eau, claire |
| Température | 290 K |
| Type d'installation | Pompe seule |
| N.be de pompes | 1 |
| Caractéristiques de la pompe | |
| Débit | 55,8 l/s |
| Hauteur de refoulement | 74,6 m |
| Puissance absorbée | 60,2 kW |
| Rendement | 67,6% |
| Hauteur manométrique H(Q=0) | 130 m |
| Orif. de refoulement | 125 mm |
| Caractéristiques moteur | |
| Fréquence | 50 Hz |
| Tension nominale | 400 V |
| Vitesse nominale | 1450 1/min |
| Nombre de pôles | 4 |
| Puissance nominale P2 | 75 kW |
| Courant nominal | - A |
| Type de moteur | 3- |
| Classe d'isolation | F |
| Degré de protection | IP 55 |
| Limites opérationnelles | |
| Démarrages / h max. | 5 |
| Température max. du liquide pompé | 363 K |
| Teneur maximum en matières solides | 40 g/m ³ |
| Densité max. | 998 kg/m ³ |
| Viscosité max. | 1 mm ² /s |
| Caractéristiques générales | |
| Poids | 1080 kg |

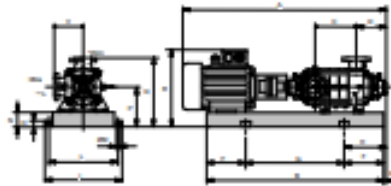
| | |
|---------------------|-----------------------|
| Matériaux | |
| Corps de pompe | Fonte |
| Corps d'aspiration | Fonte |
| Roue | Fonte |
| Bague d'usure | Fonte |
| Corps d'étage | Fonte |
| Chemise | Fonte |
| Arbre | Acier inox |
| Douille arbre | Acier inox |
| Anneau d'étanchéité | Gaoutchouc au nitrile |
| Roulements à billes | Acier |
| Presse-Etoupe | Fonte |
| Etoupe | Tresse graphitée |



| Caractéristiques de fonctionnement | | | | UNI/ISO 2548/C |
|------------------------------------|-------|--------|-----------|----------------|
| Q [l/s] | H [m] | P [kW] | Rend. [%] | NPSH [m] |
| | | | | |

Dimensions mm

- A = 2162
- B = 1778
- C = 445
- D = 337
- DNa = 150
- DNm = 125
- E = 244
- F = 300
- G = 1178
- H = 544
- I = 720
- L = 670
- M = 20
- N = 140
- O = 45
- P = 420
- Q = 740
- R = 836
- V = 320



Annexe VIII : Caractéristiques hydriques de quelques sols.

| Texture | Humidités pondérales en Z du poids sec | | | Réserve utile volumétrique en |
|-------------------------|--|----------------------|--------------------|-------------------------------|
| | A 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 IX : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures.

| Cultures | z (m) |
|---|-----------|
| Tomates | 1 - 1,2 |
| Cultures maraichères | 0,3 - 0,6 |
| Agrumes | 1 - 1,2 |
| Arbres fruitiers à feuilles caduques | 1 - 2 |
| Vigne | 1 - 3 |

Annexe X : Guide d'estimation du pourcentage du sol humidifiée (P).

| Ecartement entre rampes Si en m | Débit des distributeurs | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | Moins de 1.5 l/h | | | 2 l/h | | | 4 l/s | | | 8 l/s | | | Plus de 12 l/h | | |
| | Espacement recommandé de distributeurs sur la rampe Sd en m, en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F) | | | | | | | | | | | | | | |
| | G | M | F | G | M | F | G | M | F | G | M | F | G | M | F |
| | 0.2 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 1.0 | 0.6 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 1.3 | 1.6 | 2.0 |
| Pourcentage en sol humidifiée P% | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.8 | 38 | 88 | 100 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1.0 | 33 | 70 | 100 | 40 | 80 | 100 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1.2 | 25 | 58 | 92 | 33 | 67 | 100 | 67 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1.5 | 20 | 47 | 73 | 26 | 53 | 80 | 53 | 80 | 100 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2.0 | 15 | 35 | 55 | 20 | 40 | 60 | 40 | 60 | 80 | 60 | 80 | 100 | 80 | 100 | 100 |
| 2.5 | 12 | 28 | 44 | 16 | 32 | 48 | 32 | 48 | 64 | 48 | 64 | 80 | 64 | 80 | 100 |
| 3.0 | 10 | 23 | 37 | 13 | 26 | 40 | 26 | 40 | 53 | 40 | 53 | 67 | 53 | 67 | 80 |
| 3.5 | 9 | 20 | 31 | 11 | 23 | 34 | 23 | 34 | 46 | 34 | 46 | 57 | 46 | 57 | 68 |
| 4.0 | 8 | 18 | 28 | 10 | 20 | 30 | 20 | 30 | 40 | 30 | 40 | 50 | 40 | 50 | 60 |
| 4.5 | 7 | 16 | 24 | 9 | 18 | 26 | 18 | 26 | 36 | 26 | 36 | 44 | 36 | 44 | 53 |
| 5.0 | 6 | 14 | 22 | 8 | 16 | 24 | 16 | 24 | 32 | 24 | 32 | 40 | 32 | 40 | 48 |
| 6.0 | 5 | 12 | 18 | 7 | 14 | 20 | 14 | 20 | 27 | 20 | 27 | 34 | 27 | 34 | 40 |

Annexe XI : Coefficient de foisonnement en fonction de la nature de sole.

| Type de sol | K _f |
|------------------------|----------------|
| Sables, matériaux fins | 1.08-1.17 |
| Limons argileux | 1.14-1.28 |
| Argile | 1.25-1.30 |

*Référence
bibliographique*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- FAO 1975. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24.
- CHENNANA, AICHA (2015). " Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre de Haoud lahmar 02 de la commune de N'GOUSSA (W.OUARGLA)."
- MEFOUED, Mohamed Chérif(2019). "ETUDE DU PERIMETRE D'IRRIGATION MERDA DJADIDA (1000ha) A PARTIR DES FORAGES (W.OUARGLA)."
- CHOUIT, Walid (2019). "Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre d'elbhoure à partir d'un forage, commune temassine (w.ouargla)."
- ZAHOUÏ, SAMAH (2023). "Étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Seklafa (238ha) à partir du barrage de Seklafa (W.Laghout)."
- BELABAS, Mohamed Chaouki (2023). "Dimensionnement d'un réseau de drainage de la palmeraie de Rouissat –Beni Thour (600ha) (W.Ouargla)."
- LAÏBI, Aya Anfal (2024). "Etude d'extension du Périmètre du Moyen Cheliff Secteur E (160) à partir du barrage Oum Drou (W.Chlef)."