

---

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEUR D'HYDRAULIQUE

Département d'Irrigation et Drainage



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE D'INGÉNIEURE  
EN HYDRAULIQUE

Option : Irrigation et Drainage

THÈME :

Étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre flaidja (477 ha) à partir de  
barrage Seklafa, W.Laghouat

Réalisé par  
ZEKRAOUI Hind

Soutenu devant le Jury :

|                      |            |              |
|----------------------|------------|--------------|
| Mr.MEDDI Mohamed     | Professeur | Président    |
| Mme.HARKAT Samra     | M. C. A.   | Examinatrice |
| Mme.MAZOUZI Sabra    | M. A. A.   | Examinatrice |
| Mr.RASSOUL Abdelaziz | Professeur | Promoteur    |

Session 2024-2025

---

## DÉDICACES

*Je suis honoré de dédier ce travail, tout d'abord et avant tout, à mes chers parents, qui ont toujours été une source de soutien et d'encouragement pour moi. Je suis ici grâce à leur patience et à leurs sacrifices.*

*Je dédie également ce travail à mes frères Tarek et Abdeladim mes sœurs Nour et Imane, qui ont toujours été mon soutien tout long de mon parcours scolaire. Leur attention constante a été une source de motivation pour moi.*

*À mes amies, qui ont partagé mes rires dans les moments de bonheur et allégé mes peines dans les moments difficiles. Elles sont le meilleur souvenir pour moi à l'école.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite, je vous dédie ce travail.*

*ZEKRAOUI Hind*

## REMERCIEMENTS

*Au début de ce mémoire, je tiens à remercier Dieu qui m'a accordé la patience et la force nécessaires pour achever mon parcours universitaire au fil de ces années.*

*Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant, M. RASSOUL Abdelaziz, pour m'avoir accompagné tout au long de la réalisation de ce travail, pour ses conseils, ses orientations et sa disponibilité constante.*

*Je remercie M. BELKACEMI Mustapha, subdivisionnaire de la daïra d'Aïn Boucif, pour ses orientations et ses précieux conseils, ainsi que l'équipe de l'ONID pour m'avoir fourni toutes les données nécessaires à l'élaboration de ce travail.*

*Je n'oublie pas de remercier les enseignants de l'ENSH dont j'ai bénéficié de l'enseignement, pour la qualité de leur formation et leur dévouement durant ces cinq années.*

*Je remercie chaleureusement également les membres du jury pour le temps et l'énergie qu'ils ont consacrés à l'évaluation de mon travail.*

ملخص

ت تعاني ولاية الأغواط كغيرها من ولايات الجنوب الجزائري من شح كبير في الموارد المائية وندرة الأمطار، مما يشكل تحديا حقيقيا أمام تنمية النشاط الفلاحي. تهدف هذه المذكرة إلى دراسة مشروع تهئية هيدروفلاحية لمحيط فايجة الواقع في منطقة تاجموت والذي يغطي مساحة 477 هكتار انطلاقا من سد سكلافة لتقدير احتياجات المحاصيل واستغلال المياه السطحية المتوفرة بعقلانية، يتم استخدام إثنين من تقنيات السقي ، الرش والسقي بالتقطير من أجل تصميم شبكة ري مناسبة وتحسين مردودية الإنتاج.

**الكلمات المفتاحية :** التهئية الهيدروفلاحية ، الموارد المائية ، شبكة الري ، المحاصيل.

---

Résumé :

La wilaya de Laghouat, comme d'autres wilayas du sud algérien, souffre d'une grande rareté des ressources en eau et d'un manque de précipitations, ce qui représente un véritable défi pour le développement de l'activité agricole. Ce mémoire vise à étudier un projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Faidja, situé dans la région de Tadjmout, couvrant une superficie de 477 hectares à partir du barrage de Seklafa, afin d'estimer les besoins en eau des cultures et d'exploiter rationnellement les eaux de surface disponibles. Deux techniques d'irrigation sont utilisées, l'aspersion et le goutte-à-goutte, dans le but de concevoir un réseau d'irrigation adapté et d'améliorer le rendement de la production agricole.

Mots clés : Aménagement hydro-agricole, Ressources en eau, Réseau d'irrigation, Cultures.

---

Abstract :

The wilaya of Laghouat suffers from a significant shortage of water resources and scarce rainfall, posing a real challenge to the development of agricultural activity. This thesis aims to study a hydro-agricultural development project for the Faidja perimeter. It is located in the Tadjmout region, covering an area of 477 hectares, based on the Seklafa Dam, in order to estimate crop water requirements and rationally exploit the available surface water. Two irrigation techniques are used sprinkler and drip irrigation, with the objective of designing a suitable irrigation network and improving agricultural productivity.

Key words : Hydro-agricultural development, Water resources, Irrigation network, Corps.

---

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Introduction Générale                                      | 12 |
| I Présentation de la zone d'étude                          | 13 |
| Introduction.....                                          | 13 |
| I.1 Situation géographique de la wilaya de Laghouat.....   | 13 |
| I.2 Situation géographique de la commune de Tadjmout ..... | 14 |
| I.3 Situation géographique du périmètre .....              | 15 |
| I.4 Analyse de la situation physique de la région .....    | 16 |
| I.4.1 Aperçu géologique.....                               | 16 |
| I.4.2 Situation hydrographique.....                        | 17 |
| I.5 Analyse de la situation climatique .....               | 19 |
| I.5.1 Choix de la station climatique .....                 | 19 |
| I.5.2 La pluviométrie .....                                | 19 |
| I.5.3 La température .....                                 | 20 |
| I.5.4 Le vent .....                                        | 21 |
| I.5.5 L'humidité relative.....                             | 22 |
| I.5.6 L'insolation .....                                   | 23 |
| I.5.7 Gelée blanche .....                                  | 23 |
| I.5.8 Calcul des indices agro-météorologiques.....         | 24 |
| I.5.8.1 Indice d'aridité de Martonne .....                 | 24 |
| I.5.8.2 Quotient Ombrothermique d'Omberger.....            | 25 |
| I.5.8.3 Indice de Bagnouls et Gaussen.....                 | 26 |
| I.5.9 Etude socio-économique : .....                       | 26 |
| Conclusion .....                                           | 27 |
| II Ressources en eau-Ressources en sol                     | 28 |
| Introduction.....                                          | 28 |
| II.1 Ressources en eau .....                               | 28 |

|           |                                                                         |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| II.1.1    | Barrage Seklafa.....                                                    | 28 |
| II.1.2    | Qualité d'eau de barrage Seklafa .....                                  | 29 |
| II.1.3    | Classification des eaux d'irrigation .....                              | 30 |
| II.1.3.1  | classification de USSL 1954.....                                        | 30 |
| II.1.3.2  | La conductivité électrique et le PH.....                                | 31 |
| II.1.3.3  | Risque lié aux bicarbonates et Carbonate .....                          | 32 |
| II.2      | Ressources en sol.....                                                  | 32 |
| II.2.1    | Classification des sols .....                                           | 32 |
| II.2.1.1  | Classe des sols calcimagnésiques .....                                  | 33 |
| II.2.1.2  | Classe des sols peu évalués.....                                        | 35 |
| II.2.2    | Les aptitudes culturales.....                                           | 46 |
| II.3      | Hydrologie .....                                                        | 47 |
| II.3.1    | Données de précipitation.....                                           | 47 |
| II.3.2    | Représentation graphique de la série des précipitations annuelles ..... | 49 |
| II.3.3    | Test d'homogénéité de la série .....                                    | 49 |
| II.3.4    | L'ajustement des pluies annuelles .....                                 | 52 |
| II.3.4.1  | L'ajustement par la loi Normal .....                                    | 52 |
| II.3.4.2  | L'ajustement par la loi Lognormal .....                                 | 53 |
| II.3.5    | Test de fiabilité des ajustements.....                                  | 54 |
| II.3.6    | Détermination de l'année de calcul .....                                | 54 |
|           | Conclusion : .....                                                      | 55 |
| III       | Besoins en eau des cultures .....                                       | 56 |
|           | Introduction.....                                                       | 56 |
| III.1     | Besoin en eau du périmètre .....                                        | 56 |
| III.1.1   | Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation.....                 | 56 |
| III.1.1.1 | Bilan hydrique .....                                                    | 56 |
| III.1.1.2 | L'évapotranspiration potentielle de référence (ET0) .....               | 56 |
| III.1.1.3 | Pluie efficace .....                                                    | 58 |
| III.1.1.4 | Calcul de la réserve en eau du sol $Rs_{i-1}$ .....                     | 58 |
| III.2     | Choix des cultures.....                                                 | 59 |
| III.2.1   | Les cultures proposées .....                                            | 59 |
| III.2.2   | Assolement des cultures .....                                           | 60 |
| III.2.3   | Les cycles végétatifs des cultures .....                                | 61 |
| III.3     | Calcul des besoins en eau des cultures.....                             | 61 |
| III.3.1   | Les céréalicultures et fourragères .....                                | 62 |
| III.3.2   | Les cultures maraîchages.....                                           | 64 |
| III.3.3   | Les arboricultures .....                                                | 69 |
| III.4     | Besoins en eau pour les assolements (1) et (2).....                     | 71 |
| III.5     | Calcul de débit spécifique .....                                        | 72 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| III.6 Calcul de débit caractéristique.....                       | 73 |
| III.7 Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....             | 73 |
| Conclusion .....                                                 | 74 |
| IV Étude de système d'adduction-distribution.....                | 75 |
| Introduction.....                                                | 75 |
| IV.1 Alimentation en eau d'irrigation.....                       | 75 |
| IV.2 Organisation du périmètre d'étude .....                     | 75 |
| IV.2.1 Îlots et bornes d'irrigation .....                        | 75 |
| IV.2.2 Calcul hydraulique des bornes.....                        | 76 |
| IV.2.3 Choix du diamètre et du type des bornes.....              | 76 |
| IV.3 Description de l'aménagement du périmètre.....              | 77 |
| IV.4 Choix de la variante.....                                   | 79 |
| IV.5 Étude du système de pompage.....                            | 79 |
| IV.5.1 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation..... | 79 |
| IV.5.1.1 Calcul de la hauteur géométrique.....                   | 79 |
| IV.5.1.2 Calcul des pertes de charge totales .....               | 80 |
| IV.5.2 Calcul des frais d'exploitation.....                      | 80 |
| IV.5.2.1 Puissance des pompes .....                              | 81 |
| IV.5.2.2 Énergie consommée par la pompe.....                     | 81 |
| IV.5.3 Calcul des frais d'investissement.....                    | 81 |
| IV.5.4 Bilan total des frais .....                               | 82 |
| IV.5.5 Choix de nombre et de type de pompe .....                 | 83 |
| IV.5.5.1 Critères de choix de nombre des pompes.....             | 83 |
| IV.5.5.2 Critères de choix de types des pompes.....              | 83 |
| IV.5.5.3 Choix des pompes.....                                   | 83 |
| IV.5.6 Protection contre cavitation .....                        | 84 |
| IV.5.7 Protection contre le coup de bélier.....                  | 85 |
| IV.6 Dimensionnement du réservoir de stockage .....              | 87 |
| IV.7 Dimensionnement du réseau d'adduction-distribution .....    | 88 |
| IV.7.1 Choix du tracé .....                                      | 88 |
| IV.7.2 Choix des matériaux des canalisations .....               | 88 |
| IV.7.3 conduite d'adduction gravitaire .....                     | 88 |
| IV.7.4 conduite d'adduction par refoulement.....                 | 89 |
| IV.7.5 Calculs hydrauliques.....                                 | 89 |
| IV.7.5.1 Vitesses admissibles.....                               | 89 |
| IV.7.5.2 Calcul des diamètres .....                              | 89 |
| IV.7.5.3 Calcul des pressions .....                              | 89 |
| IV.7.5.4 Estimation des pertes de charge .....                   | 90 |
| Conclusion .....                                                 | 92 |

|          |                                                              |     |
|----------|--------------------------------------------------------------|-----|
| V        | Techniques d'irrigation                                      | 94  |
|          | Introduction.....                                            | 94  |
| V.1      | Les différentes techniques d'irrigation .....                | 94  |
| V.1.1    | L'irrigation de Surface (Gravitaire) .....                   | 94  |
| V.1.1.1  | Irrigation par ruissellement.....                            | 94  |
| V.1.1.2  | Irrigation à la raie .....                                   | 95  |
| V.1.1.3  | Arrosage par submersion .....                                | 95  |
| V.1.2    | L'irrigation par aspersion (sous pression).....              | 96  |
| V.1.3    | L'irrigation par micro-irrigation (sous pression).....       | 97  |
| V.2      | Choix de la technique d'irrigation .....                     | 98  |
|          | Conclusion .....                                             | 99  |
| VI       | Dimensionnement à la parcelle                                | 100 |
|          | Introduction.....                                            | 100 |
| VI.1     | Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte ..... | 100 |
| VI.1.1   | Données générales.....                                       | 100 |
| VI.1.2   | Calcul de l'évapotranspiration corrigée .....                | 101 |
| VI.1.3   | Calcul de la dose pratique corrigée .....                    | 101 |
| VI.1.4   | Paramètres d'arrosage.....                                   | 102 |
| VI.1.4.1 | Fréquence d'arrosage.....                                    | 102 |
| VI.1.4.2 | La dose réelle .....                                         | 102 |
| VI.1.4.3 | La dose brute .....                                          | 102 |
| VI.1.4.4 | Temps d'arrosage .....                                       | 102 |
| VI.1.5   | Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe.....         | 102 |
| VI.1.5.1 | Condition de Christiansen.....                               | 102 |
| VI.1.5.2 | Les débits .....                                             | 103 |
| VI.1.5.3 | Diamètres de rampes et la porte rampe.....                   | 104 |
| VI.1.5.4 | Vérification des pertes de charge .....                      | 104 |
| VI.1.6   | Dimensionnement de la conduite tertiaire.....                | 104 |
| VI.1.7   | Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte.....    | 104 |
| VI.2     | Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....  | 105 |
| VI.2.1   | Données générales.....                                       | 105 |
| VI.2.2   | Calcul de la dose pratique.....                              | 105 |
| VI.2.3   | Dimensionnement de l'asperseur.....                          | 106 |
| VI.2.3.1 | Choix du diamètre de la buse .....                           | 106 |
| VI.2.3.2 | Calcul de la portée.....                                     | 106 |
| VI.2.3.3 | calcul des écartements.....                                  | 106 |
| VI.2.3.4 | Vérification de la pluviométrie de la buse.....              | 106 |
| VI.2.4   | Détermination des paramètres d'arrosage.....                 | 107 |
| VI.2.4.1 | calcul du tour d'eau .....                                   | 107 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| VI.2.4.2 Dose réelle .....                                                       | 107 |
| VI.2.4.3 Dose brute .....                                                        | 107 |
| VI.2.4.4 Temps d'arrosage .....                                                  | 108 |
| VI.2.4.5 Débit d'équipement .....                                                | 108 |
| VI.2.5 Calcul hydraulique des rampes et porte rampe .....                        | 108 |
| VI.2.5.1 Calcul la longueur de la rampe .....                                    | 108 |
| VI.2.5.2 Nombre des asperseurs par rampe .....                                   | 108 |
| VI.2.5.3 Nombre des rampes.....                                                  | 109 |
| VI.2.5.4 Débit de la rampe .....                                                 | 109 |
| VI.2.5.5 Diamètre de la rampe .....                                              | 109 |
| VI.2.5.6 Longueur de la porte rampe .....                                        | 109 |
| VI.2.5.7 Débit de la porte rampe .....                                           | 109 |
| VI.2.5.8 Diamètre de la porte rampe.....                                         | 109 |
| VI.2.5.9 Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte<br>rampe..... | 110 |
| VI.2.6 Dimensionnement de la conduite tertiaire .....                            | 110 |
| VI.2.7 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion .....                  | 110 |
| Conclusion .....                                                                 | 111 |
| VII Management de projet .....                                                   | 112 |
| Introduction.....                                                                | 112 |
| VII.1 Les phases de réalisation des réseaux d'adduction et de distribution.....  | 112 |
| VII.1.1 Excavation de la tranchée.....                                           | 112 |
| VII.1.2 Pose du lit de sable.....                                                | 112 |
| VII.1.3 Installation des conduites.....                                          | 113 |
| VII.1.4 Essai de pression et de joints .....                                     | 113 |
| VII.1.5 Remblayage de la tranchée.....                                           | 113 |
| VII.1.6 Nivellement et compactage .....                                          | 113 |
| VII.2 Volumes de terrassement.....                                               | 113 |
| VII.2.1 Dimensions des tranchées.....                                            | 113 |
| VII.2.1.1 Largeur de fond de la tranchée .....                                   | 113 |
| VII.2.1.2 Profondeur de la tranchée .....                                        | 113 |
| VII.2.1.3 Section de la tranchée.....                                            | 114 |
| VII.2.1.4 Volume de la tranchée .....                                            | 114 |
| VII.2.2 Calcul des volumes de terrassement .....                                 | 115 |
| VII.2.2.1 Volume de déblai .....                                                 | 115 |
| VII.2.2.2 Volume de lit de sable.....                                            | 115 |
| VII.2.2.3 Volume occupé par la conduite .....                                    | 115 |
| VII.2.2.4 Volume de remblai .....                                                | 116 |
| VII.2.2.5 Volume de remblai excédentaire.....                                    | 116 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| VII.3 Calcul de coût de projet.....                         | 117 |
| VII.3.1 Estimation du coût des travaux de terrassement..... | 117 |
| VII.3.2 Coût des conduites .....                            | 117 |
| VII.3.3 Coût de réservoir de stockage : .....               | 117 |
| VII.3.4 Coût totale de projet.....                          | 118 |
| Conclusion .....                                            | 118 |
| Conclusion Générale                                         | 119 |
| Annexes                                                     | 121 |

## TABLE DES FIGURES

|       |                                                                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.1   | La situation géographique de la Wilaya de Laghouat (Topographic-map 2025). .....                            | 14 |
| I.2   | La situation géographique de la commune de Tadjmout(Google earth pro juillet2025.....                       | 15 |
| I.3   | Présentation du périmètre Seklafa sur carte d'état major 1/50.000 (ONID Alger 2025) .....                   | 16 |
| I.4   | la carte Géologique (Extrait de la Carte Géologique du Nord Algérie Échelle 1/500 000 <sup>eme</sup> )..... | 17 |
| I.5   | Bassins versants de Seklafa et Chergui (ANRH Laghouat) .....                                                | 18 |
| I.6   | Réseau hydrographique de périmètre Faidja (ANRH Laghouat).....                                              | 19 |
| I.7   | Répartition de la pluie moyenne mensuelle en mm.....                                                        | 20 |
| I.8   | Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Laghouat).....                                      | 21 |
| I.9   | Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s). .....                                                     | 22 |
| I.10  | Évolution de l'humidité moyenne mensuelle en (%).....                                                       | 22 |
| I.11  | L'insolation en heurs.....                                                                                  | 23 |
| I.12  | Répartition des gelées.....                                                                                 | 24 |
| I.13  | Le diagramme bioclimatique d'Emberger .....                                                                 | 25 |
| I.14  | Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOLS. ....                                                        | 26 |
| II.1  | Diagramme USSL 1954 de classification des eaux. ....                                                        | 31 |
| II.2  | Ipmlentaion des profils (ONID Alger).....                                                                   | 33 |
| II.3  | Triangle des textures de sol (Google,Mars 2025). ....                                                       | 46 |
| II.4  | Histogramme, polygone et CDF de la série des précipitations .....                                           | 49 |
| II.5  | Ajustement des pluies annuelles par la loi Normal. ....                                                     | 52 |
| II.6  | Ajustement des pluies annuelles par la loi Lognormal. ....                                                  | 53 |
| III.1 | Calcul de l'ET0 par le logiciel CROPWAT .....                                                               | 58 |
| III.2 | Les cycles végétatifs des cultures. ....                                                                    | 61 |

|       |                                                       |     |
|-------|-------------------------------------------------------|-----|
| IV1   | Schéma descriptif de la variante 1 .....              | 78  |
| IV2   | Schéma descriptif de la variante 2.....               | 78  |
| IV3   | Bilan total des frais en fonction des diamètres. .... | 83  |
| IV4   | Schéma de réservoir d'air(Google,Mai 2025).....       | 85  |
| IV5   | Abaque de Vibert (Volume de réservoir d'air). ....    | 86  |
| V1    | Irrigation par ruissellement.....                     | 95  |
| V2    | Irrigation à la raie. ....                            | 95  |
| V3    | Arrosage par submersion. ....                         | 96  |
| V4    | L'irrigation par aspersion.....                       | 97  |
| V5    | L'irrigation par micro-irrigation.....                | 98  |
| VII.1 | Disposition de la conduite dans une tranchée .....    | 114 |

## LISTE DES TABLEAUX

|       |                                                                             |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| I.1   | Caractéristiques de la station météorologique Laghouat (ANRH Laghouat,2023) | 19 |
| I.2   | Les pluies moyennes mensuelles en mm ( ANRH Laghouat, 1970-2018)            | 19 |
| I.3   | Répartition Mensuelle de la Température ( ANRH Laghouat)                    | 20 |
| I.4   | La moyennes mensuelles de la vitesse du vent ( Station Laghouat)            | 21 |
| I.5   | L'humidité relative moyenne mensuelle (%) ( Station Laghouat)               | 22 |
| I.6   | L'insolation moyenne mensuelle en heurs ( ONM Laghouat)                     | 23 |
| I.7   | Répartition des gelées (j) ( ONM Laghouat)                                  | 23 |
| I.8   | Indice d'aridité de Martonne.                                               | 24 |
| II.1  | Résultats d'analyses d'eau du barrage Seklafa pour irrigation et AEP        | 30 |
| II.2  | Résultats analytiques du profil N° 05 (ONID Alger).                         | 34 |
| II.3  | Résultats analytiques du profil N° 01 (ONID Alger).                         | 36 |
| II.4  | Résultats analytiques du profil N° 02 (ONID Alger)                          | 38 |
| II.5  | Résultats analytiques du profil N° 03 (ONID Alger)                          | 39 |
| II.6  | Résultats analytiques du profil N° 07(ONID Alger).                          | 41 |
| II.7  | Résultats analytiques du profil N° 04(ONID Alger).                          | 42 |
| II.8  | Résultats analytiques du profil N° 06(ONID Alger)                           | 44 |
| II.9  | Résultats analytiques du profil N° 08 (ONID Alger)                          | 45 |
| II.10 | Précipitation moyenne mensuelles de la station de Laghouat (1970-2018).     | 47 |
| II.12 | Caractéristiques de la série pluviométrique de pluies annuelles             | 49 |
| II.13 | Test d'homogénéité de Mood pour la station de Laghouat.                     | 50 |
| II.15 | Ajustement selon la loi Normale                                             | 53 |
| II.16 | Ajustement selon la loi Lognormale.                                         | 54 |
| II.17 | Test de validité des ajustements                                            | 54 |
| II.18 | les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche en mm                     | 55 |
| III.1 | les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche en mm                     | 58 |
| III.2 | Les cultures proposées pour le périmètre de Faidja                          | 60 |
| III.3 | Assolement proposé pour notre périmètre.                                    | 60 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| III.4 Besoins en eau du Blé.....                                                | 62  |
| III.5 Besoins en eau du Luzerne.....                                            | 62  |
| III.6 Besoins en eau du Orge sec.....                                           | 63  |
| III.7 Besoins en eau du Orge en vert.....                                       | 63  |
| III.8 Besoins en eau d'Avoine.....                                              | 64  |
| III.9 Besoins en eau du Pomme de terre.....                                     | 64  |
| III.10 Besoins en eau d'Oignon.....                                             | 65  |
| III.11 Besoins en eau d'Oignon vert + Ail.....                                  | 65  |
| III.12 Besoins en eau du Pois.....                                              | 66  |
| III.13 Besoins en eau du Tomate.....                                            | 66  |
| III.14 Besoins en eau du Fèves.....                                             | 67  |
| III.15 Besoins en eau d'Haricot.....                                            | 67  |
| III.16 Besoins en eau du Carotte.....                                           | 68  |
| III.17 Besoins en eau du Melon.....                                             | 68  |
| III.18 Besoins en eau d'Olivier.....                                            | 69  |
| III.19 Besoins en eau du Pommier.....                                           | 69  |
| III.20 Besoins en eau d'Abricotier.....                                         | 70  |
| III.21 Besoins en eau du Pêcher.....                                            | 70  |
| III.22 Besoins en eau nets de l'assolement (1).....                             | 71  |
| III.23 Besoins en eau nets de l'assolement (2).....                             | 72  |
| III.24 Volumes d'eau d'irrigation.....                                          | 74  |
| IV.1 Types des bornes selon les parcelles.....                                  | 76  |
| IV.2 Tableau IV.3 : Calcul des débits des îlots et choix du type de bornes..... | 77  |
| IV.3 Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.....           | 80  |
| IV.4 Calcul des frais d'exploitation.....                                       | 81  |
| IV.5 Calcul de frais d'investissement.....                                      | 82  |
| IV.6 Bilan total des frais.....                                                 | 82  |
| IV.7 IV.8 : Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari.....            | 84  |
| IV.8 Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.....                    | 91  |
| VI.1 Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte.....                  | 104 |
| VI.2 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion.....                    | 110 |
| VII.1 Résultats de calcul des dimensions de différentes diamètres.....          | 115 |
| VII.2 Résultats de calcul des volumes de terrassement.....                      | 116 |
| VII.3 Estimation de coût des travaux de terrassement.....                       | 117 |
| VII.4 Estimation de coût des conduites.....                                     | 117 |
| VII.5 Estimation de coût de réservoir de stockage.....                          | 118 |
| VII.6 Estimation de coût de réseau de distribution.....                         | 118 |

Planche 1 : Plan de situation du périmètre Faidja.

Planche 2 : Plan de réseau d'adduction-distribution.

Planche 3 : Plan de profil en long .

Planche 4 : Réseau goutte à goutte.

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'agriculture constitue un secteur stratégique pour le développement économique, particulièrement dans les régions arides et semi-arides où les conditions climatiques sont marquées par la rareté et l'irrégularité des précipitations. Dans ce contexte, l'irrigation apparaît comme une solution incontournable pour garantir la stabilité et l'amélioration de la production agricole.

Elle permet d'apporter aux cultures les quantités d'eau nécessaires de manière contrôlée, favorisant ainsi la diversification des spéculations agricoles et réduisant les risques liés aux variations climatiques. Cependant, les contraintes hydriques observées dans le sud algérien nécessitent la mise en place d'aménagements hydro-agricoles adaptés, capables d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles.

Dans ce cadre, une question centrale se pose : comment concevoir et dimensionner un aménagement hydro-agricole efficace permettant de valoriser le périmètre de Faidja (477 ha) à partir du barrage de Seklafa, tout en assurant une gestion durable de la ressource en eau ?

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude. L'objectif principal est de concevoir et de dimensionner un projet d'irrigation performant répondant aux besoins de la zone et assurant une valorisation optimale des terres agricoles.

Ce mémoire comporte sept chapitres. Le premier présente un aperçu des conditions naturelles de la zone d'étude et de ses caractéristiques climatiques. Le deuxième chapitre évalue la qualité de l'eau et du sol, ainsi qu'une étude hydrologique du site. Le troisième chapitre est consacré à l'estimation des besoins hydriques des plantes. Le quatrième propose un réseau de distribution et en détermine les dimensions optimales. Le cinquième chapitre traite des différentes techniques d'irrigation. Le sixième est dédié à la conception d'un réseau d'irrigation sous pression utilisant deux techniques modernes : l'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte. Enfin, le dernier chapitre aborde l'organisation du chantier et l'estimation des coûts du projet.

## Introduction

Au cours de chaque étude du projet d'irrigation, vous devez d'abord une analyse complète de toutes les propriétés climatiques pour la région étudiée, ainsi que sa localisation géographique dans le but de mieux comprendre les particularités de la zone afin de pouvoir mieux adapter le réseau d'irrigation et optimiser l'aménagement hydro-agricole.

### I.1 Situation géographique de la wilaya de Laghouat

A 400 km au sud de la capitale Alger, Laghouat est une commune et chef-lieu de la wilaya du même nom, la wilaya s'étend sur 25000 km<sup>2</sup>, et se divise en 10 daïras et 24 communes. Elle est limitée :

- Au nord : La Wilaya de Tiaret.
- A l'est : La Wilaya de Djelfa.
- Au sud : La Wilaya de Ghardaïa.
- A l'ouest : La Wilaya d'El Bayadh.

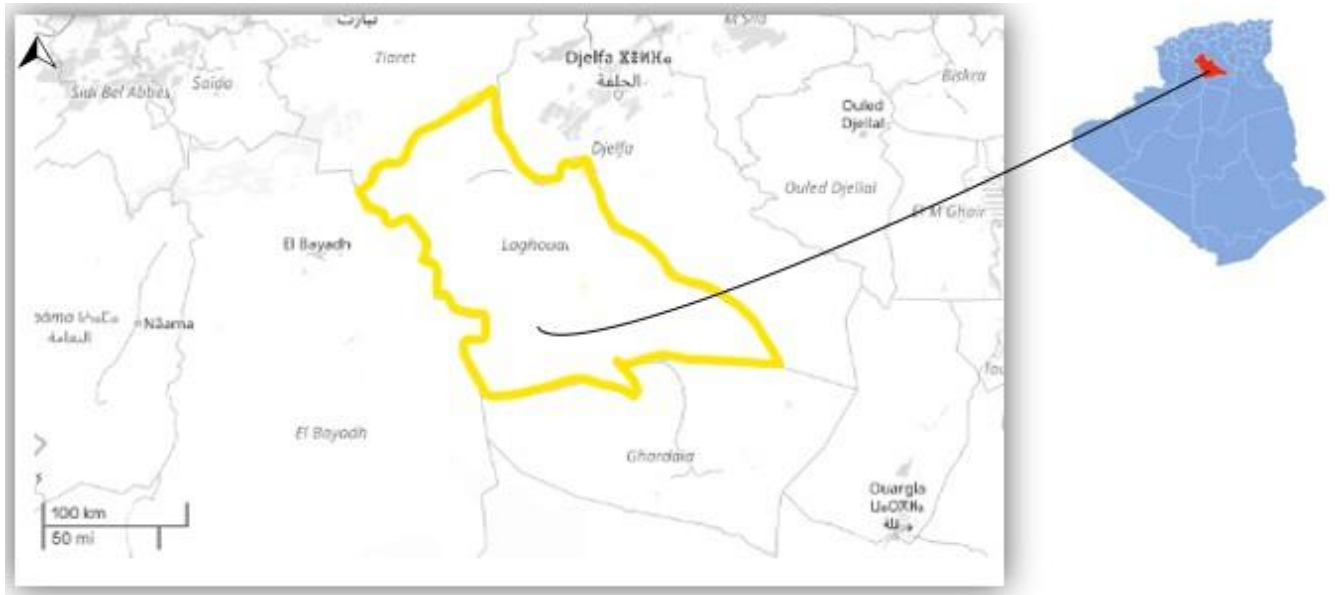


Figure I.1 – La situation géographique de la Wilaya de Laghouat (Topographic-map 2025).

## I.2 Situation géographique de la commune de Tadjmout

Tadjmout est une commune dans la Wilaya de Laghouat, elle occupe une superficie de  $620 \text{ km}^2$  Elle est limitée :

- Au nord par la commune El Gueddid, Beidha.
- A l'est par la commune El Gueddid, El Idrissia, Ain Chouhada, Sidi Makhlouf.
- A l'ouest par la commune El Ghicha, Oued M'zi, Oued Morra, Sidi Bouzid.
- Au sud par la commune d'Ain Madhi, El Haouaita, Kheneg.

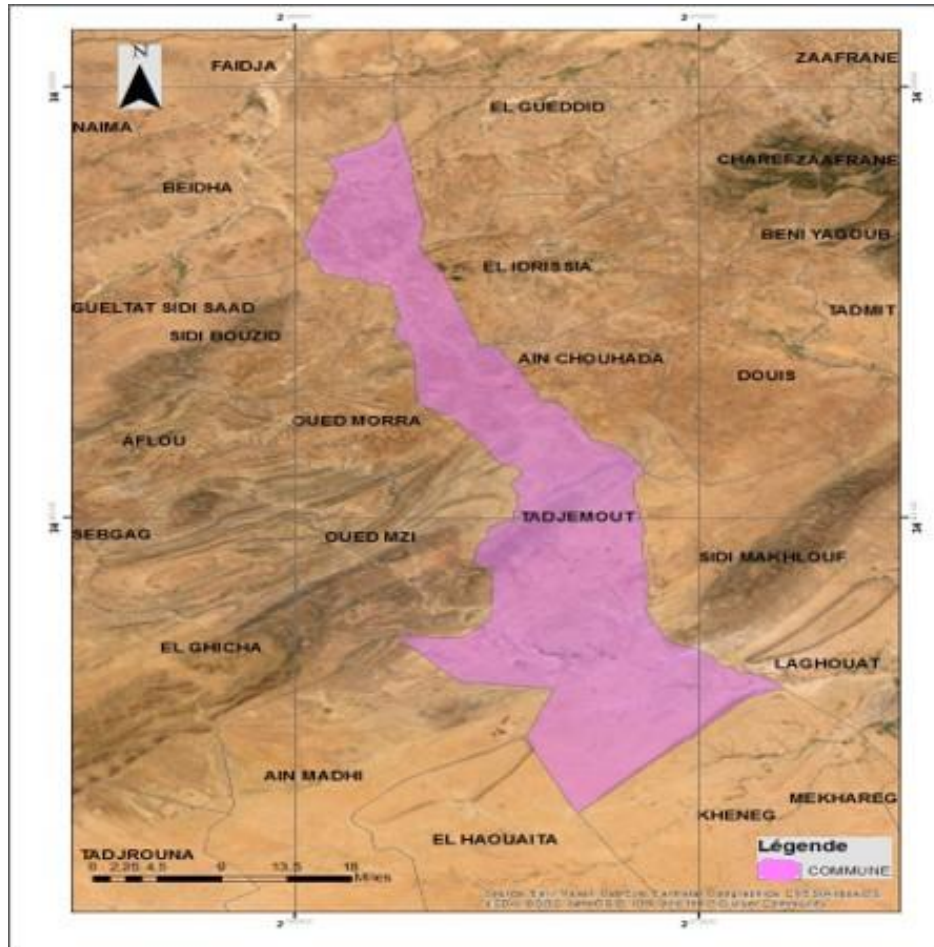


Figure I.2 – La situation géographique de la commune de Tadjmout(Google earth pro juillet2025.

### I.3 Situation géographique du périmètre

Périmètre de Seklafa se situe à 13.5 km en aval du barrage Seklafa sur la partie Sud-Est et limitrophe des communes d'Oued M'Zi relevant de daïra Oued Morra et Tadjmout relevant administrativement de la dîra d'Ain Madhi. Le périmètre est réparti en huit zones, notre zones d'étude est Faidja .

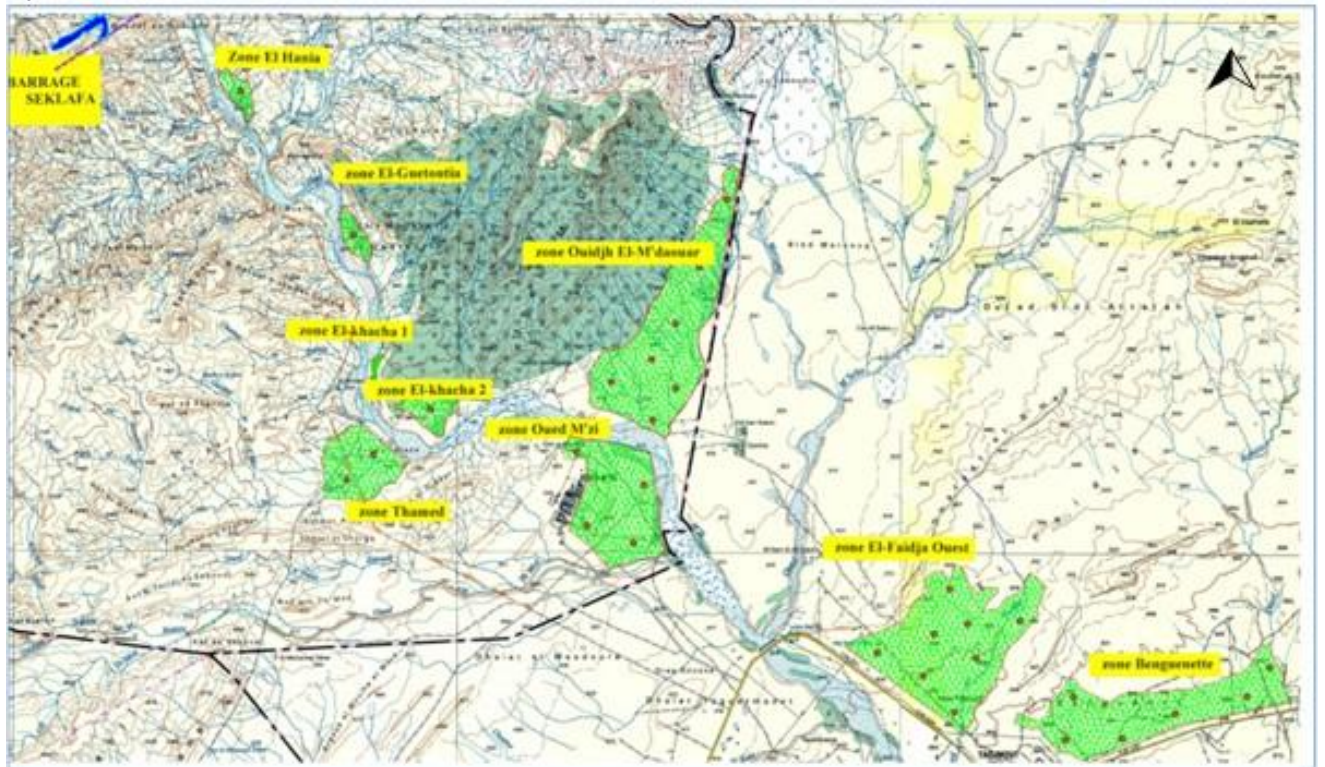


Figure I.3 – Présentation du périmètre Seklafa sur carte d'état major 1/50.000 (ONID Alger 2025)

La zone du Faidja fait partie des Hautes Plaines Steppiques situées principalement au nord de la wilaya de Laghouat, elle s'étend sur une superficie de 477 hectares, avec une altitude moyenne de 1000 m .

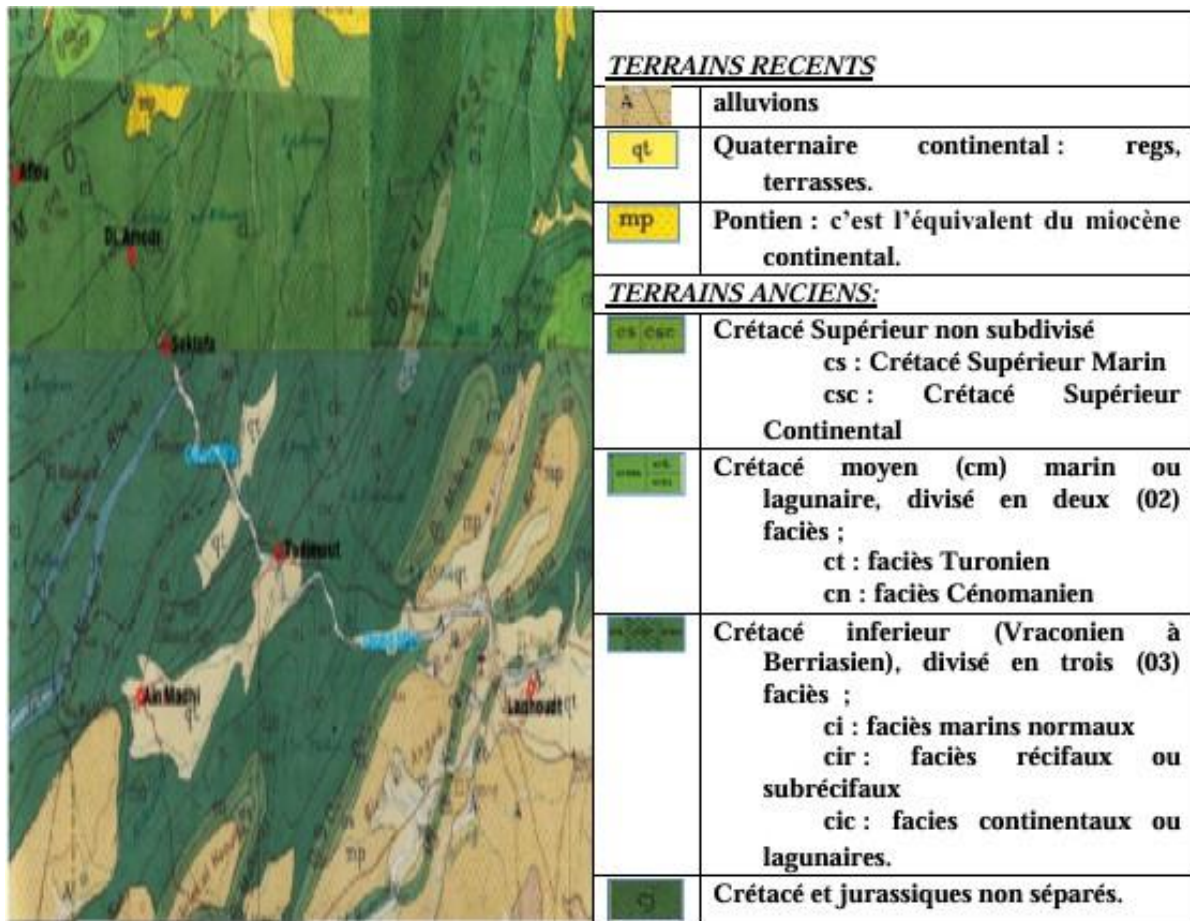
## I.4 Analyse de la situation physique de la région

### I.4.1 Aperçu géologique

La wilaya de Laghouat fait partie des neufs wilayas steppiques ainsi que des wilayas du sud. Située à plus de 750 mètres d'altitude sur les hauts plateaux, la wilaya de Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas Saharien avec des sommets qui dépassent les 2000 mètres (« djebel AMOUR » 2200 mètres). Elle est structurée en :

- Un Centre - Urbain (Laghouat)
- Une zone Agricole (Bordj-Senouci)
- Une vaste zone Steppique (au Nord de Laghouat).

La commune de Tadjmout, concernée par la zone d'étude, est située au nord-ouest de la partie centrale des piémonts et montagnes agr-sylvo-postorales. Elle est limitée au nord-ouest par la chaîne montagneuse de Seklafa, et à l'est par la RN 23 reliant Tiaret à Laghouat, en passant par Sidi Makhlouf et Laghouat.

Figure I.4 – la carte Géologique (Extrait de la Carte Géologique du Nord Algérie Échelle 1/500 000<sup>ème</sup>)

#### I.4.2 Situation hydrographique

Le bassin hydrographique limité par le barrage de Seklafa couvre une superficie totale de 802 km<sup>2</sup>, correspondant à une zone relativement peu accidentée. Le bassin est relativement arrondi avec des cotes de sommet entre environ de 900 m et 1600 m.

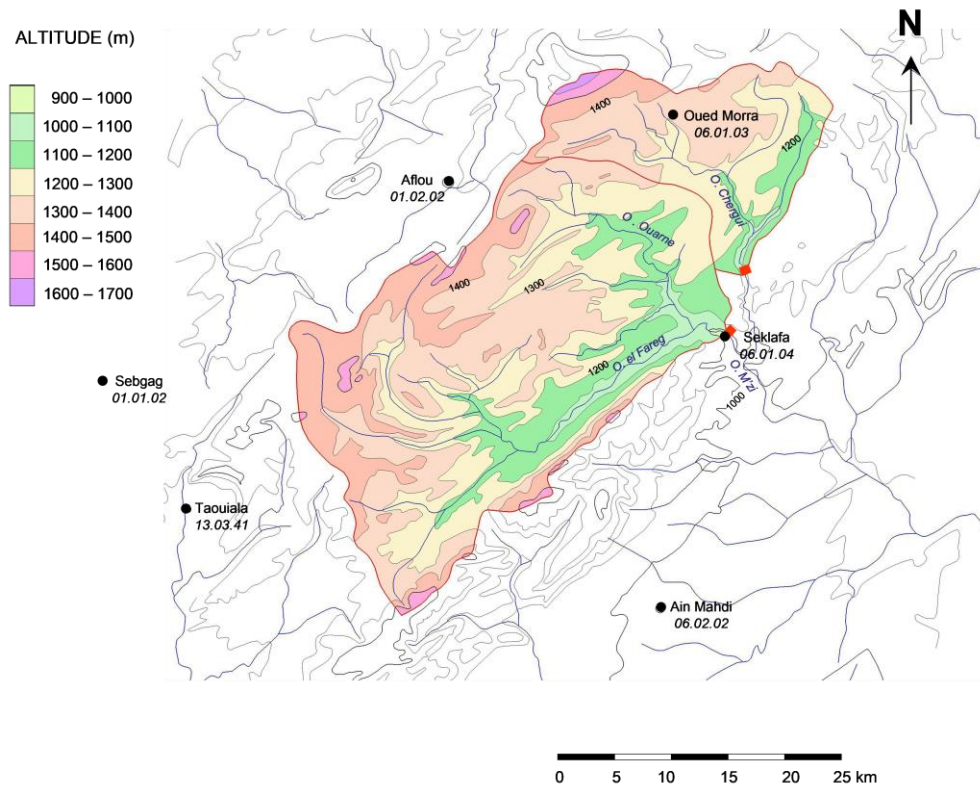


Figure I.5 – Bassins versants de Seklafa et Chergui (ANRH Laghouat)

Le périmètre du Faidja est traversé par un réseau hydrographique de très faible importance. La zone est traversée par Oued Faidja et quelques chaabets. Les chaabets se perdent généralement au niveau de la plaine alluviale de la zone délimitée à proximité de la wc 231. Cette dernière joue le rôle d'une digue des eaux venant du monticule Dhalaat El-R'Mel culminant une côte 950m. La pente moyenne du bassin versant et sous bassins-versant sont très faible.

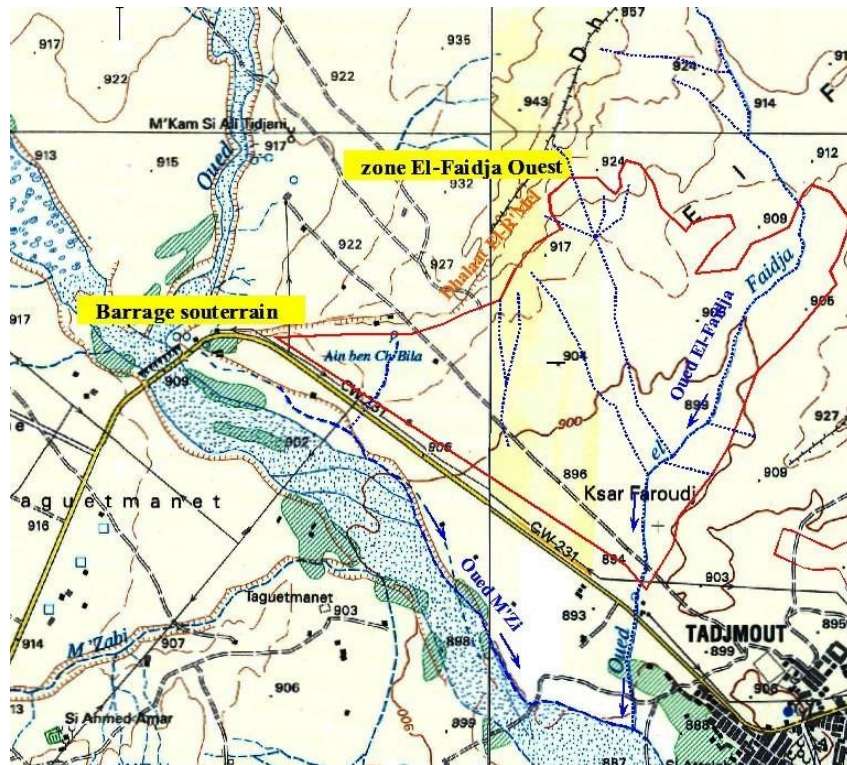


Figure I.6 – Réseau hydrographique de périmètre Faidja (ANRH Laghouat).

## I.5 Analyse de la situation climatique

### I.5.1 Choix de la station climatique

La station maîtresse que nous avons considéré est celle de Laghouat( le code est 060104) caractérisée par :

TABLE I.1 – Caractéristiques de la station météorologique Laghouat (ANRH Laghouat,2023)

| Station  | Coordonnées UTM |           | Altitude (m) | Période d'observations | Nombre d'années observées |
|----------|-----------------|-----------|--------------|------------------------|---------------------------|
|          | Latitude        | Longitude |              |                        |                           |
| Laghouat | 33°46'N         | 2°56'E    | 762          | 1970-2018              | 49                        |

### I.5.2 La pluviométrie

-La pluviométrie est l'étude des précipitations, de leur nature (pluie, neige, grésil, brouillard) et distribution, et des techniques utilisées pour leur mesure. Plusieurs instruments sont utilisés à cette fin, dont le pluviomètre/pluviographe est le plus connu.[1]

TABLE I.2 – Les pluies moyennes mensuelles en mm ( ANRH Laghouat, 1970-2018)

| Mois       | Sept  | Oct   | Nov   | Déc  | Jan   | Fév  | Mars  | Avr  | Mai  | Juin  | Juil | Août | Annuel |
|------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|--------|
| P moy (mm) | 23.30 | 26.20 | 10.70 | 9.90 | 15.90 | 9.30 | 26.30 | 10.9 | 9.90 | 12.80 | 3.10 | 8.80 | 167.10 |

Source : ANRH Laghouat

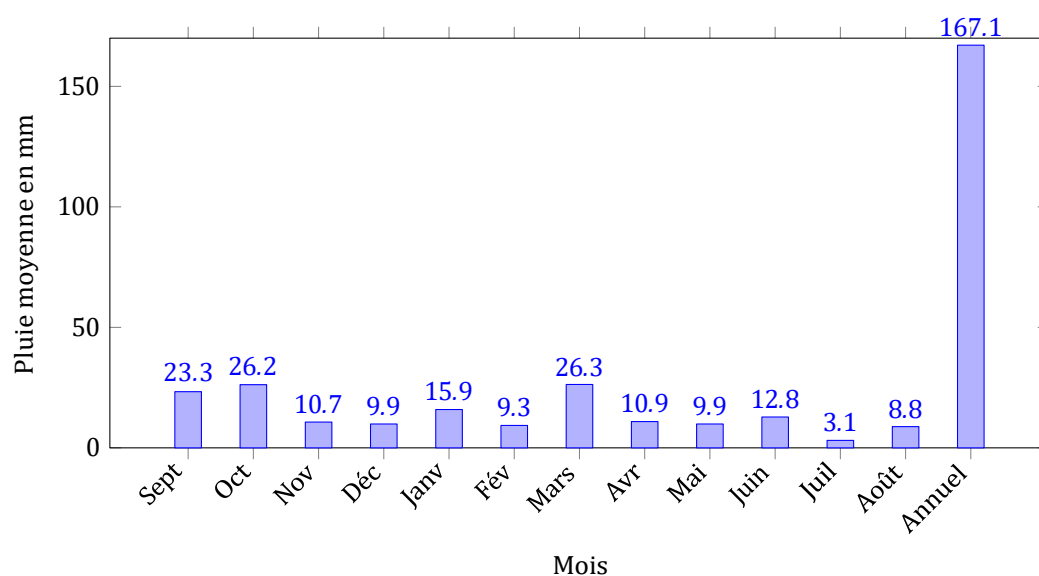


Figure I.7 – Répartition de la pluie moyenne mensuelle en mm

La région a connu une grande période de sécheresse durant la décennie écoulée. La pluviométrie est irrégulière et insuffisante d'une année à une autre. La pluviométrie mensuelle maximale absolue observée est de 26.3 mm enregistrée durant le mois de Mars. Le mois le plus sec est Juillet de 3.1 mm.

### I.5.3 La température

La région d'étude est caractérisée par un climat semi désertique s'apparentant étrangement à celui du Sahara. Températures élevées en été ; Gelées d'hiver et de printemps.

TABLE I.3 – Répartition Mensuelle de la Température ( ANRH Laghouat)

| Mois       | Jan   | Fév   | Mars  | Avr   | Mai   | Juin  | Juil  | Août  | Sep   | Oct   | Nov   | Déc   | Annuel |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| T max (°C) | 14.50 | 16.90 | 20.70 | 25.00 | 27.00 | 34.70 | 39.30 | 37.90 | 34.50 | 24.50 | 20.20 | 14.60 | 25.82  |
| T min (°C) | 2.40  | 3.80  | 5.10  | 10.50 | 13.70 | 19.50 | 23.40 | 22.30 | 20.00 | 9.80  | 6.20  | 0.00  | 11.39  |
| T moy (°C) | 8.45  | 10.35 | 12.90 | 17.75 | 20.35 | 27.10 | 31.35 | 30.10 | 27.25 | 17.15 | 13.20 | 7.30  | 18.60  |

Source : ANRH Laghouat

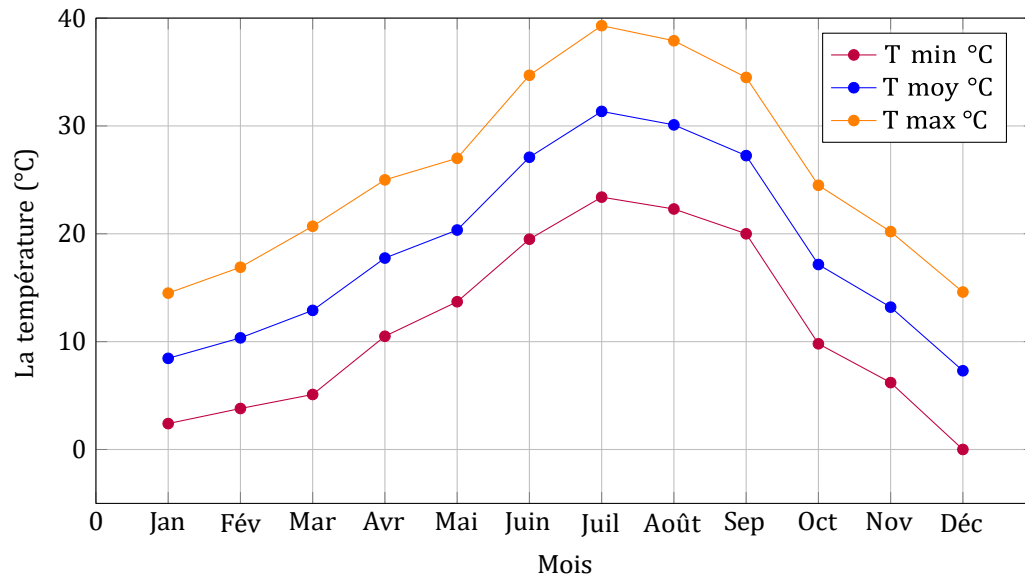


Figure I.8 – Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Laghouat)

D'après les données des températures mensuelles de la région de Tadjmout présente un climat désertique caractérisé par des variations de température significatives tout au long de l'année. Les températures estivales dépassent 37°C, tandis que les minimales hivernales s'approchent de 0°C.

#### I.5.4 Le vent

Le vent est un élément essentiel du climat, il effectue grandement l'évapotranspiration des plantes, chute des feuilles et les pertes de charges. Son étude est très importante pour guider l'orientation et l'implantation de brise-vents.

TABLE I.4 – La moyennes mensuelles de la vitesse du vent ( Station Laghouat)

| Mois                    | Jan  | Fév  | Mars | Avr  | Mai  | Juin | Juil | Aout | Sep  | Oct  | Nov  | Déc  | Annuel |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Vitesse des vents (m/s) | 2.10 | 2.20 | 2.30 | 3.90 | 3.80 | 2.50 | 2.60 | 2.90 | 3.80 | 2.30 | 2.50 | 2.40 | 2.78   |

Source : ONM Laghouat

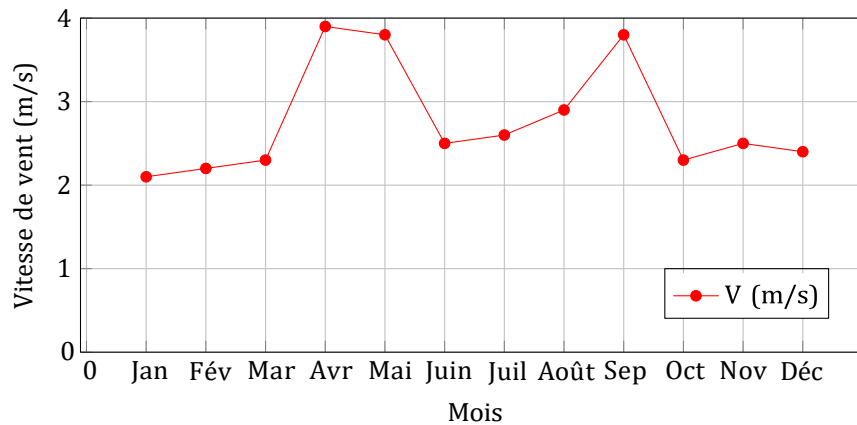


Figure I.9 – Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s).

D'après les vitesses moyennes mensuelles du vent enregistrées, on remarque une variabilité importante entre les mois, avec une vitesse maximale 3.9 m/s en Avril.

### I.5.5 L'humidité relative

TABLE I.5 – L'humidité relative moyenne mensuelle (%) ( Station Laghouat)

| Mois                  | Jan   | Fév   | Mars  | Avr   | Mai   | Juin  | Juil  | Août  | Sep   | Oct   | Nov   | Déc   | Annuel |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Moyenne mensuelle (%) | 61.00 | 52.00 | 36.00 | 33.00 | 34.00 | 27.00 | 23.00 | 31.00 | 37.00 | 45.00 | 46.00 | 52.00 | 39.75  |

Source : ONM Laghouat

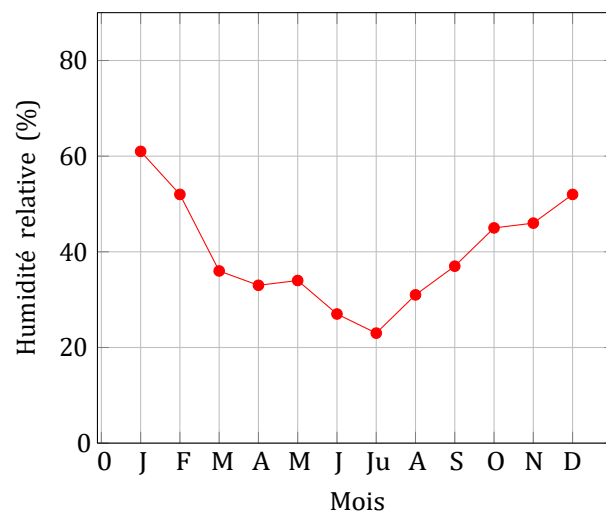


Figure I.10 – Évolution de l'humidité moyenne mensuelle en (%)

D'après le tableau I.5 l'humidité relative oscille autour de la valeur 23 % et 61 %.

## I.5.6 L'insolation

TABLE I.6 – L'insolation moyenne mensuelle en heures ( ONM Laghouat)

| Mois             | Janv | Fév | Mars | Avr | Mai  | Juin | Juil | Août | Sep | Oct | Nov | Déc | Annuel |
|------------------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------|
| L'insolation (h) | 6.9  | 9.7 | 9.2  | 9.8 | 11.4 | 11.5 | 12.8 | 11.1 | 9.5 | 9.1 | 8.3 | 8.3 | 9.8    |

Source : ONM Laghouat

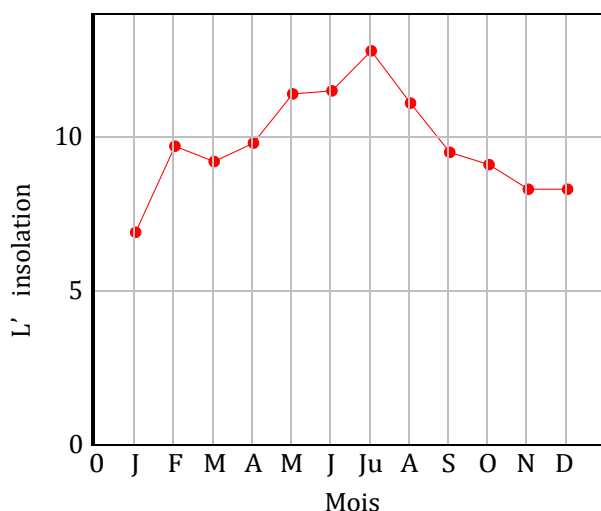


Figure I.11 – L'insolation en heures.

D'après les données de l'insolation moyenne mensuelle de la zone du Faidja, l'ensoleillement est minimal en hiver de 6.9 h en Janvier et atteint son maximum en Juillet de 12.8 h en raison de la durée du jour.

## I.5.7 Gelée blanche

La gelée est un phénomène de précipitation, produit par la régression extrême de la température, la présence de ce phénomène limite la diversité de la flore dans ce milieu ardu, durant l'hiver et le printemps en moyenne 45.70 jours par année des gelées blanches sont observés dans le territoire de la zone d'étude Faidja.

TABLE I.7 – Répartition des gelées (j) ( ONM Laghouat)

| Mois       | Sep  | Oct  | Nov  | Déc   | Janv  | Fév  | Mars | Avr  | Mai  | Juin | Juil | Août | Annuel |
|------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Gelées (j) | 0.00 | 0.00 | 7.50 | 15.20 | 20.50 | 2.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 45.70  |

Source : ONM Laghouat

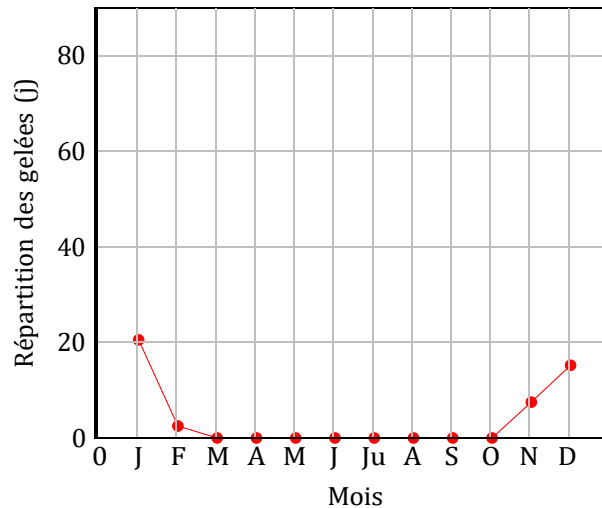


Figure I.12 – Répartition des gelées.

### I.5.8 Calcul des indices agro-météorologiques

Par les deux paramètres ,précipitation et température , on peut calculer certain nombre d'indices pour caractériser le climat de la région d'étude. On distingue trois indices suivant :

#### I.5.8.1 Indice d'aridité de Martonne

L'indice d'aridité de Martonne est donné par la relation suivante :

$$I_{dm} = \frac{P}{T + 10} \quad (I.1)$$

Avec :  $I_{dm}$  : indice d'aridité de Martonne.

P : pluie moyenne annuelle en (mm).

T : température moyenne annuelle en (°C).

$$AN : I_{dm} = \frac{167.10}{18.60+10} = 5.84.$$

TABLE I.8 – Indice d'aridité de Martonne.

| Valeurs de I  | Type de climat      | Irrigation            |
|---------------|---------------------|-----------------------|
| $1 < I < 5$   | Hyperaride          | Indispensable         |
| $5 < I < 10$  | Steppique           | Indispensable         |
| $10 < I < 20$ | Semi aride          | Souvent Indispensable |
| $20 < I < 30$ | Relativement humide | Parfois utile         |
| $I > 30$      | Humide              | Inutile               |

Donc, le climat de notre zone d'étude est steppique.

### I.5.8.2 Quotient Ombrothermique d'Omberger

On peut déterminer l'étage bioclimatique par cet indice, calculé par la formule :

$$Q = \frac{P \times 1000}{(M + m) \times (M - m)/2} \quad (I.2)$$

Avec : Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin) = 312.45.

m : moyenne des températures minimales (Kelvin) = 273.15.

AN :

$$Q = (167.10 \times 1000) / \left( \frac{585.6 \times 39.3}{2} \right) = 14.52$$

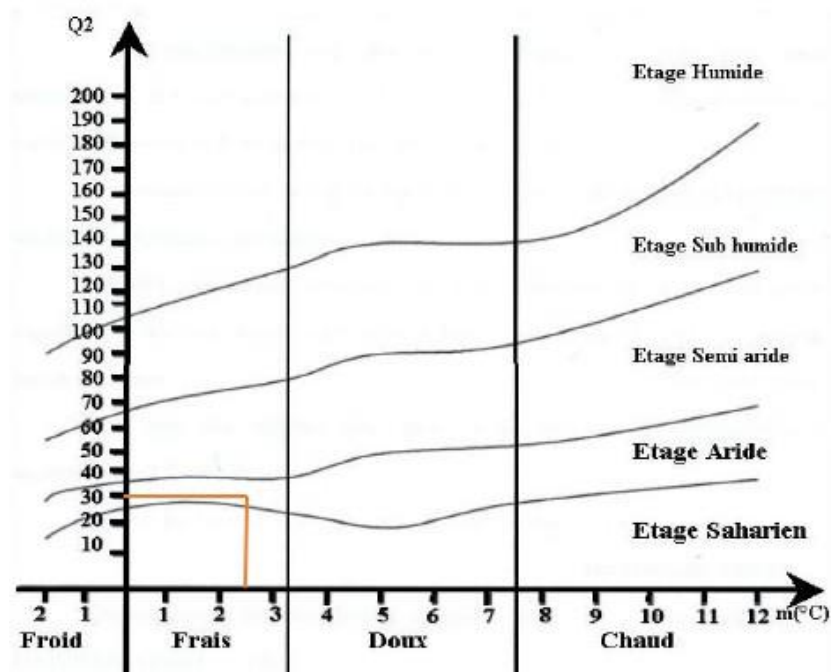


Figure I.13 – Le diagramme bioclimatique d'Emberger.

D'après le diagramme la zone d'étude est caractérisée par un climat aride à hiver frais.

## I.5.8.3 Indice de Bagnouls et Gaussen

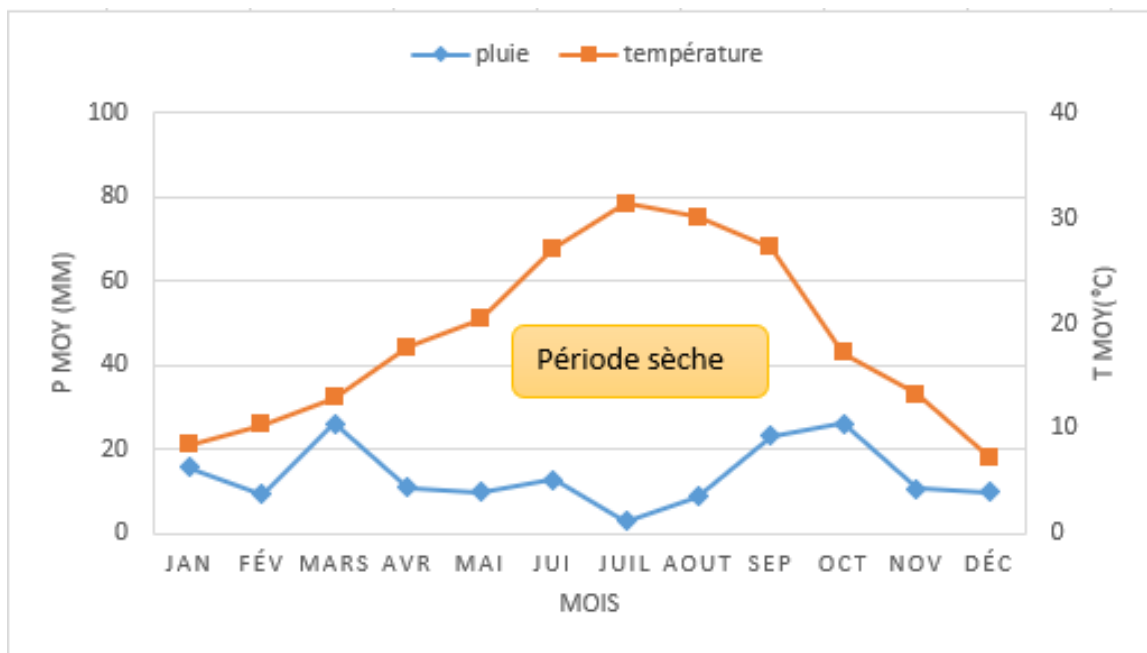


Figure I.14 – Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOLS.

La courbe des précipitations (P) se trouve en dessous de celle des températures (T), la période correspondante est déficitaire et la différence des abscisses nous donne la durée de la période de sécheresse, nécessitant l'introduction de l'irrigation.

## I.5.9 Etude socio-économique :

L'agriculture constitue l'activité économique principale de la commune de Tadjmout, grâce à un important potentiel agricole soutenu par des conditions climatiques favorables, la disponibilité des ressources en eau et en sols fertiles, ainsi qu'une main-d'œuvre abondante.

Le périmètre est d'une superficie de 449.6532 ha, répartie sur deux types de natures juridique (état et privé), dont la superficie est de l'ordre de 392.545 ha soit 87.30% de la superficie globale de ce périmètre fait partie du domaine de l'état, avec un nombre total de 53 exploitations.

L'occupation actuellement des terres de la commune de Tadjmoute sont réparti comme suit :

- Les arbres fruitiers occupent une superficie de 22 ha par rapport à la superficie délimitée à Tadjemout soit un taux de 2.65 %. Ce taux est très faible.
- Par contre les céréales les fourrages occupent un taux de 40% par rapport à la superficie délimitée soit 332 ha.

L'agriculture saharienne joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire du pays, malgré un climat difficile et le manque d'eau. Des régions comme Biskra, El Oued et Ghardaïa assurent une grande partie de la production de légumes, tout en créant de

l'emploi et en dynamisant l'économie locale. L'utilisation des eaux souterraines et de l'énergie solaire pour l'irrigation renforce la durabilité du secteur.

Dans la région de Laghouat, l'irrigation est indispensable pour surmonter l'aridité et améliorer la production agricole. Elle permet de diversifier les cultures, d'augmenter les rendements, et de gérer efficacement les ressources en eau. Grâce aux technologies modernes, la région peut développer une agriculture durable, bénéfique pour l'économie et l'environnement saharien.

## **Conclusion**

Grâce à ce chapitre, nous pouvons connaître l'emplacement géographique de périmètre Faidja, ainsi que ses propriétés géologiques et hydrographiques. Il est situé dans la wilaya de Laghouat, qui se caractérise par un climat steppique à hiver frais et le manque de pluies. De plus, nous sommes en mesure d'identifier les capacités agricoles de cette zone en analysant les différents éléments climatiques.

## Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons en détail les propriétés de l'eau et du sol, en commençant par la qualité de l'eau et en la classant à la structure et à la texture du sol, ainsi que la salinité. Toutes ces propriétés affectent directement le choix des cultures et des systèmes d'irrigation pour améliorer les performances du périmètre.

### II.1 Ressources en eau

D'après les informations collectées auprès des services des ressources en eau des deux communes (Tadjemoute et Oued M'zi), et l'enquête menée dans le périmètre d'étude, les ressources en eaux souterraines sont très limitées. Il existe 19 forages au niveau de périmètres de Faidja.

Le barrage de Seklafa aura pour objectif de stocker et régulariser les apports de l'oued M'zi, au site de Seklafa, destinées à l'irrigation et l'AEP des zones aval.

#### II.1.1 Barrage Seklafa

Le barrage de Seklafa créera une retenue avec une capacité utile de stockage 30 hm<sup>3</sup> au niveau de la retenue normale, submergeant une surface de 4.2 km<sup>2</sup>, laquelle permettra la régularisation des apports de l'Oued M'zi, dont les apports propres au site de Seklafa seront renforcés par l'eau dérivée à partir de l'Oued Chergui, un affluent du M'zi par rive gauche. Les débits affluents à la section du barrage de Chergui seront dérivés vers le canal qui fera le transfert de l'eau du bassin de Chergui vers le réservoir du barrage de Seklafa.

Il est caractérisé par :

- Cote de Retenue Normale (RN) : 1032 m .

- Cote des plus hautes eaux : 1028 m .
- Volume mort (après 50 années) : 10 Mm<sup>3</sup>.
- Volume total à la côte RN : 42.1 Mm<sup>3</sup>.
- Volume régularisé minimal : 10 à 11 Hm<sup>3</sup>.
- Volume régularisé pour l'irrigation : 8.7 Mm<sup>3</sup>.
- Volume régularisé pour l'AEP : 3 Mm<sup>3</sup>.
- Volume régularisé maximal : 13 Hm<sup>3</sup>.
- Type : Barrage poids en béton conventionnel.
- Longueur de la crête : 224.5 m
- Hauteur maximale au dessus sur fondation : 47 m.
- Apport moyen annuel : 13 Mm<sup>3</sup>/an.
- Cote des seuils des prises (AEP et irrigation) : 1018 m .
- Cote de chambre de vanne du barrage : 1004 m .

(Source ANBT)

### II.1.2 Qualité d'eau de barrage Seklafa

Avant d'utiliser l'eau pour l'irrigation, les analyses de cette eau doivent être faites pour connaître ses propriétés, qui nous permettent de déterminer sa qualité.

Les résultats des analyses de l'eau provenant du barrage Seklafa sont présentés dans le tableau ci-dessous :

TABLE II.1 – Résultats d’analyses d’eau du barrage Seklafa pour irrigation et AEP

| Paramètres                                        | Résultat | Unité                   |
|---------------------------------------------------|----------|-------------------------|
| PARAMÈTRES ORGANOLEPTIQUES                        |          |                         |
| Odeur                                             | Terre    | /                       |
| Couleur                                           | Marron   | /                       |
| Turbidité                                         | 1820     | NTU                     |
| Température                                       | 20       | °C                      |
| pH                                                | 7.57     | /                       |
| Conductivité                                      | 672      | $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Bicarbonatation                                   | 481      | mg/L                    |
| TAC                                               | 14       | °F                      |
| PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES                      |          |                         |
| TA                                                | 0        | °F                      |
| TH                                                | 30       | °F                      |
| Ca                                                | 87       | mg/L                    |
| Mg                                                | 21       | mg/L                    |
| Na                                                | 44       | mg/L                    |
| K                                                 | 4        | mg/L                    |
| Cl                                                | 61       | mg/L                    |
| $\text{SO}_4$                                     | 177      | mg/L                    |
| $\text{CO}_3$                                     | 0        | mg/L                    |
| $\text{HCO}_3$                                    | 176      | mg/L                    |
| RS – 110C                                         | 640      | mg/L                    |
| MES à 110C                                        | 1830     | mg/L                    |
| MO-ACIDE                                          | 1.9      | mg/L                    |
| $\text{SiO}_2$                                    | 4.9      | mg/L                    |
| DCO                                               | 70       | mg/L                    |
| $\text{DBO}_5$                                    | 13.3     | mg/L                    |
| $\text{NO}_3$                                     | 3        | mg/L                    |
| PARAMÈTRES CONCERNANT LES SUBSTANCES INDÉSIRABLES |          |                         |
| $\text{NO}_2$                                     | 0.06     | mg/L                    |
| $\text{NH}_4$                                     | 0.09     | mg/L                    |
| Phosphate                                         | 0.06     | mg/L                    |
| Fer                                               | 1.012    | mg/L                    |
| Chrome total                                      | 0.014    | mg/L                    |
| Mercuré                                           | 0        | $\mu\text{g}/\text{L}$  |

Source : ONID Alger.

### II.1.3 Classification des eaux d’irrigation

#### II.1.3.1 classification de USSL 1954

La classification USSL (United States Salinity Laboratory) de 1954 est basée sur deux paramètres : la salinité et la sodicité pour savoir si le sol est valable pour l’agriculture ou non.[2]

La classification se fait en utilisant :

On a :  $CE = 672 \mu S/cm$ .

$$SAR = \frac{Na^{2+}}{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}} = \frac{44}{\frac{87+21}{2}} = 5.99 \quad (II.1)$$

Avec : SAR : Sodium Absorption Ration.

$Na^{2+}$  : sodium dans la solution du sol en ( méq/l).

$Ca^{2+}$  : calcium dans la solution du sol en ( méq/l).

$Mg^{2+}$  : magnésium dans la solution du sol en ( méq/l).

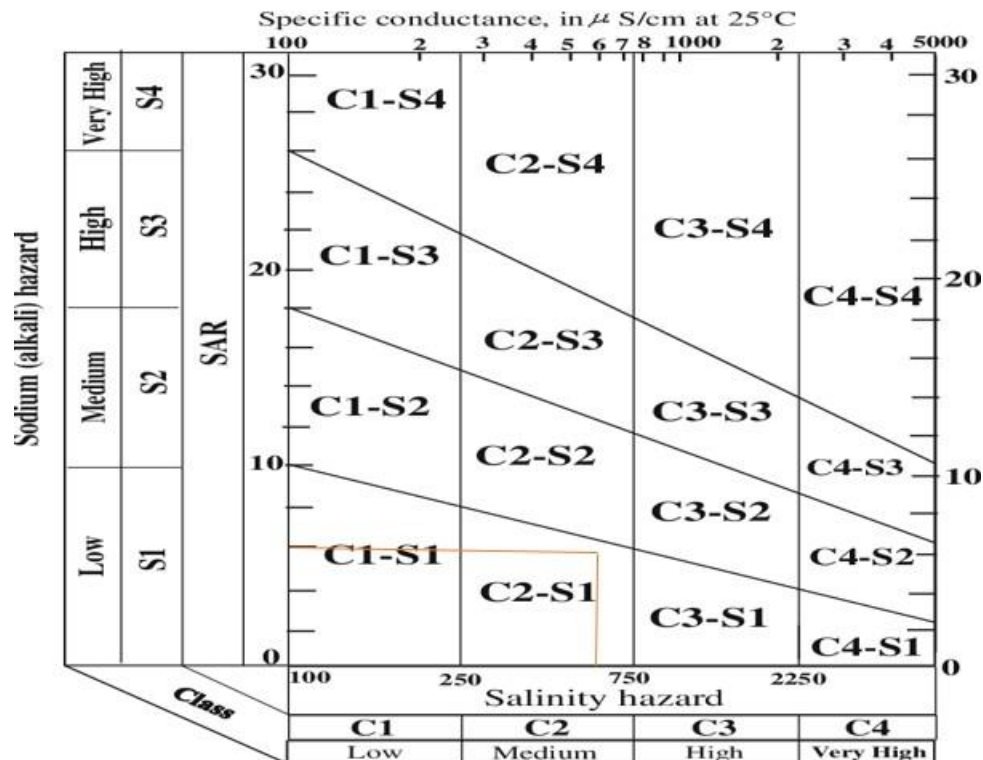


Figure II.1 – Diagramme USSL 1954 de classification des eaux.

Selon le diagramme USSL 1954 les eaux de barrage Seklafa sont de la classe C2 – S1 : salinité moyenne, alcalinité faible. Donc elles sont utilisables pour l'irrigation dans les conditions normales.

#### II.1.3.2 La conductivité électrique et le PH

D'après le tableau II.1, la conductivité électrique est de  $672 \mu S/cm$  indique une concentration modérée en sels dissous. Le PH des eaux est égal à 7.57 donc elles ne présentent aucun risque d'acidité ou basicité.

### II.1.3.3 Risque lié aux bicarbonates et Carbonate

Ce risque est déterminée par le Residual Sodium Carbonate (RSC) et calculé par la relation suivante :

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (II.2)$$

AN :

$$RSC = (0 + 176 \times 0.0164) - (87 \times 0.0499 + 21 \times 0.0823) = -37.75 \text{ meq/l.}$$

les eaux du barrage Seklafa ne présentent pas de risque de carbonate et de bicarbonate, parce que le RSC est inférieur à 1.25 méq/l.

## II.2 Ressources en sol

Le sol joue un rôle de base dans le domaine agricole, donc son étude est nécessaire pour comprendre ses diverses propriétés physiques telles que la profondeur, la texture et la structure, ainsi que ses caractéristiques chimiques telles que le pH, la conductivité électrique et la salinité, dans le but de déterminer son aptitude à l'agriculture, le choix des cultures appropriées et le système d'irrigation le plus approprié pour atteindre la productivité la plus élevée possible.

### II.2.1 Classification des sols

La classification utilisée est celle de la Commission de Pédologie et de Cartographie des sols de France (CPCS 1967). Pour notre périmètre, nous avons identifié deux types de classes de sols :

- Classe des sols calcimagnésiques.
- Classe des sols peu évalués.

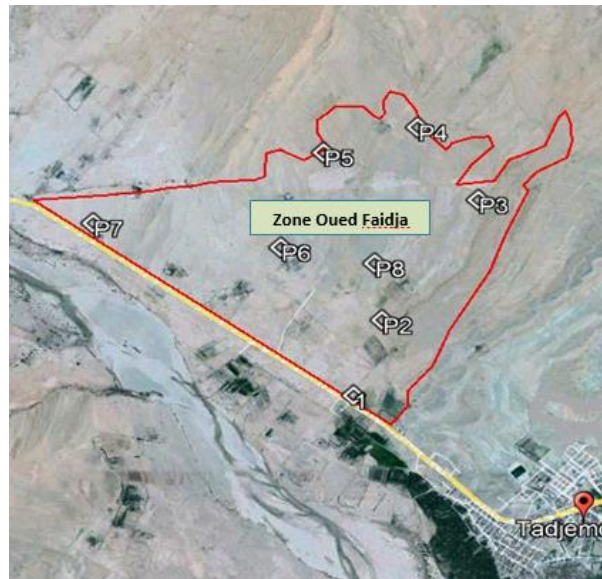


Figure II.2 – Implémentation des profils (ONID Alger).

#### II.2.1.1 Classe des sols calcimagnésiques

Dans les sols de cette catégorie, les ions alcalino-terreux sont d'une grande importance physico-chimique. Leur présence a des conséquences sur la morphologie et les caractères du profil. Elle se caractérise par :

- Une profondeur limitée par une accumulation calcaire continue croûte et encroûtement à 110 cm.
- Une texture sablo-limoneuse.
- Un taux de calcaire actif faible, dans les horizons de surface, et a tendance d'augmenter en profondeur.

##### A) Profil N° 05 :

- Coordonnées : X = 454 133.68 , Y= 3 750 964.44
- Géomorphologie : Monticule sur une terrasse alluviale d'Oued Faidja.
- Relief : pente faible.
- Végétation : jachère
- Etat de surface : charge en surface 2 % débris de cailloux et alluvions.
  - Sols calcimagnésiques,
  - Sols carbonatés, sols bruns calcaires
  - Sur croûte calcaire, sablo-limoneux.
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°5 :

TABLE II.2 – Résultats analytiques du profil N° 05 (ONID Alger).

| Horizon                                | P5 H1   | P5 H2    |
|----------------------------------------|---------|----------|
| Profondeurs (cm)                       | 0-10 cm | 10-35 cm |
| N° Inscription                         | 14      | 15       |
| pH Eau                                 | 6.9     | 7.46     |
| pH KCl                                 | 7.09    | 7.53     |
| Gypse (%)                              | 1       | Traces   |
| Calcaire total (%)                     | 10.35   | 8.57     |
| Calcaire actif (%)                     | 7.13    | 9.10     |
| Matière organique                      |         |          |
| Carbone (%)                            | 0.15    | 0.14     |
| Matière organique (%)                  | 0.26    | 0.24     |
| Azote total (%)                        | 0.3     | 0.23     |
| C/N                                    | 0.5     | 0.6      |
| Phosphore (ppm)                        | 0.79    | 0.8      |
| Potassium (%)                          | 0.11    | 0.12     |
| CEC (meq/100 g sol)                    | 24.90   | 26.56    |
| Cations échangeables(meq+/100 grs sol) |         |          |
| K <sup>+</sup>                         | 0.009   | 0.007    |
| Na <sup>+</sup>                        | 1.22    | 1.64     |
| (Ca + Mg)                              | 23.67   | 24.91    |
| Conductivité électrique (dS/m)         | 0.08    | 0.07     |
| Granulométrie (%)                      |         |          |
| A                                      | 20.11   | 19.4     |
| LF                                     | 15.01   | 16.43    |
| LG                                     | 60.03   | 59.13    |
| SF                                     | 2.15    | 8.11     |
| SG                                     | 3.09    | 4.2      |
| Stabilité structurale (mm)             | 0.59    | 0.6      |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )    | 1.7     | 1.8      |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.6     | 1.6      |
| Perméabilité k (mm/h)                  | 2.54    | 2.45     |
| PF 4.2 (Pfp) %                         | 12.9    | 13.1     |
| PF 3.2 (Ft)%                           | 23      | 22.5     |
| PF 2.5 (Hcc) %                         | 26.45   | 27       |

0 - 10 cm : sec, structure grumeleuse, texture Limono-argileuse, bonne porosité, non compacte, présence des fines racines et radicelles, matière organique décelable, bonne activité biologique, présence de nodule calcaire et des petits fragments de 1 à 2mm de dimension, effervescence à l'HCL forte limite nette.

10 - 35 cm : frais, structure grenue, texture Limono-argileuse, porosité moyenne, friable, activité biologique moyenne, présence des fines radicelles, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte, limite nette, très faible teneur en gypse.

II.2.1.2 Classe des sols peu évalués

Ces types de sols ont en commun des caractères particuliers tels que :

- Absence de différenciation du profil.
- Texture hétérogène.
- Perméabilité variable selon le type d'alluvionnement.
- Structure peu développée.

A) sous-groupe halomorphe :

Profil N° 01 :

- Coordonnées : X = 454 770.9 , Y= 3 749 987.55
- Géomorphologie : terrasse alluviale près d'oued Faidja.
- Relief : pente faible.
- Végétation : labouré et ouverture des potets pour plantation d'olivier.
- Etat de surface : pas de charge.
  - Sol peu évolué.
  - xérique.
  - d'apport alluvial, légèrement halomorphe, profond, de texture fine.
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°1 :

TABLE II.3 – Résultats analytiques du profil N° 01 (ONID Alger).

| Horizon                                 | P1 H1   | P1 H2    | P1 H3    |
|-----------------------------------------|---------|----------|----------|
| Profondeurs (cm)                        | 0-12 cm | 12-22 cm | 22-85 cm |
| pH Eau                                  | 7.81    | 7.61     | 8.03     |
| pH KCl                                  | 7.36    | 7.43     | 7.43     |
| Gypse (%)                               | 5.8     | 65.6     | 44.2     |
| Calcaire total (%)                      | 13.01   | 11.49    | 10.47    |
| Calcaire actif (%)                      | 9.12    | 5.24     | 5.24     |
| Matière organique                       |         |          |          |
| Carbone (%)                             | 0.31    | 0.11     | 0.12     |
| Matière organique (%)                   | 0.53    | 0.19     | 0.21     |
| Azote total (%)                         | 0.53    | 0.061    | 0.4      |
| C/N                                     | 0.98    | 1.8      | 0.97     |
| Phosphore (ppm)                         | 0.3     | 0.39     | 0.97     |
| Potassium (%)                           | 0.082   | 0.079    | 0.08     |
| CEC (meq/100 g sol)                     | 27.89   | 28.72    | 23.85    |
| Cations échangeables (meq+/100 grs sol) |         |          |          |
| $K^+$                                   | 0.007   | 0.008    | 0.009    |
| $Na^+$                                  | 1.93    | 2.81     | 1.19     |
| $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$                   | 25.95   | 25.9     | 22.65    |
| Conductivité électrique (dS/m)          | 1.55    | 5.33     | 4.18     |
| Granulométrie (%)                       |         |          |          |
| A                                       | 3.91    | 11.9     | 19.43    |
| LF                                      | 8.15    | 16.28    | 15.1     |
| LG                                      | 30.12   | 60.15    | 60.19    |
| SF                                      | 18.83   | 3.1      | 2.08     |
| 3G                                      | 30.18   | 2.8      | 4        |
| Stabilité structurale (mm)              | 0.54    | 0.5      | 0.52     |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )     | 1.6     | 1.5      | 1.55     |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> )  | 1.3     | 1.4      | 1.4      |
| Perméabilité k (mm/h)                   | 1.58    | 1.15     | 1.19     |
| PF 4.2 (Pfp) %                          | 15      | 18       | 17       |
| PF 3.2(Ft) %                            | 18      | 20       | 20       |
| PF 2.5(Hcc) %                           | 25      | 26       | 27       |

0 - 12 cm : peu humide, structure particulière, texture limono sableuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, présence de sédiment et graviers 3 %, distribués selon un litage horizontal, matière organique décelable, bonne activité biologique, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

12 - 22 cm : sec, brun clair, teneur très élevée en gypse, structure massive et polyédrique sub-angulaire, texture limono sableuse à sablo-argileuse, peu compact, porosité bonne, présence des tâches blanchâtres de pseu-mycellium indiquant une faible salinité, activité biologique moyenne, présence des fines radicelles, matière organique

peu décelable, une couche de sable, effervescence à l'HCL forte, limite nette.

22 -85 cm : sec, teneur très élevée en gypse, structure polyédrique grossière, texture fine, une couche noirâtre indiquant le signe d'hydromorphie, très compacte, porosité moyenne, compacité moyenne, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, présence des éléments grossiers, couleur brun-jaunâtre avec des tâches blanchâtres, effervescence à l'HCL forte.

Profil N°2 :

- Coordonnées : X = 454 840.0 , Y= 3 750 417.22
- Géomorphologie : terrasse alluviale
- Relief : plat.
- Végétation : terrain labouré cultivé par la céréaliculture,
- Etat de surface : pas de charge
  - Sol peu évolué.
  - xérique.
  - d'apport alluvial, légèrement halomorphe, profond, texture fine
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°2 :

TABLE II.4 – Résultats analytiques du profil N° 02 (ONID Alger)

| Horizon                                | P2 H1   | P2 H2    | P2 H3     |
|----------------------------------------|---------|----------|-----------|
| Profondeurs (cm)                       | 0-35 cm | 35-85 cm | 85-140 cm |
| pH eau                                 | 8.84    | 7.86     | 7.62      |
| pH KCl                                 | 8.57    | 7.4      | 6.62      |
| Gypse (%)                              | 1.4     | 4.55     | 44.75     |
| Calcaire total (%)                     | 9.37    | 27.9     | 8.5       |
| Calcaire actif (%)                     | 4.46    | 10.74    | 2.5       |
| Matière organique                      |         |          |           |
| Carbone (%)                            | 0.066   | 0        | 0.11      |
| Matière organique (%)                  | 0.11    | 0        | 0.19      |
| Azote total (%)                        | 0.103   | 0.129    | 0.029     |
| C/N                                    | 0.64    | 0        | 6.55      |
| Phosphore (ppm)                        | 1.83    | 0.41     | 1.33      |
| Potassium (%)                          | 0.068   | 0.008    | 0.083     |
| CEC (meq/100 gr sol)                   | 24.14   | 33.88    | 21.69     |
| Cations échangeables (meq/100 gr sol)  |         |          |           |
| $K^+$                                  | 0.017   | 0.013    | 0.01      |
| $Na^+$                                 | 1.3     | 1.95     | 1.68      |
| $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$                  | 22.82   | 31.92    | 20        |
| Conductivité électrique (dS/m)         | 0.1     | 1.77     | 5         |
| Granulométrie (%)                      |         |          |           |
| A                                      | 2.19    | 18.8     | 21.3      |
| LF                                     | 9.18    | 15.1     | 13.09     |
| LC                                     | 30.15   | 56.18    | 58.1      |
| SF                                     | 18.2    | 2.06     | 3.11      |
| SG                                     | 32.3    | 3        | 2.83      |
| Stabilité structurale (mm)             | 0.5     | 0.51     | 0.64      |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )    | 1.6     | 1.4      | 1.35      |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.7     | 1.41     | 1.4       |
| Perméabilité k (mm/h)                  | 1.55    | 1.85     | 1.58      |
| PF 4.2(Pfp) %                          | 13      | 18.5     | 11.89     |
| PF 3.2(Ft) %                           | 23.5    | 25.75    | 20        |
| PF 2.5(Hcc) %                          | 27      | 32       | 27        |

0 - 20 cm : sec, structure polyédrique massive, texture limono sableuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, bonne activité biologique, pas de charge caillouteuse, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

20 - 85 cm : sec, brun clair, structure polyédrique grossière, texture limono argileux, porosité moyenne, peu compacte, activité biologique moyenne, présence des fines radicelles, présence des taches blanchâtre diffus, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte, limite nette.

85 -140 cm : sec, teneur très élevée en gypse, structure polyédrique fine, texture limono sableuse, porosité moyenne, très compacte, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, présence des éléments grossiers, présence des tâches blanchâtre des efflorescences salins, présence d'une couche noirâtre indiquant la présence d'hydromorphie, effervescence à l'HCL forte.

B) sous-groupe apport alluvial modale : Profil N°3 :

→ Coordonnées : X = 455 497.00 , Y= 3 751 371.13

- Géomorphologie : terrasse alluviale
- Relief : plat.
- Végétation : terrain nu,
- État de surface : pas de charge
  - Sol peu évolué
  - Xérique
  - d'apport alluvial, modal et profond
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°3 :

TABLE II.5 – Résultats analytiques du profil N° 03 (ONID Alger).

| Horizon                                | P3 H1   | P3 H2    | P3 H3     |
|----------------------------------------|---------|----------|-----------|
| Profondeurs (cm)                       | 0-30 cm | 30-80 cm | 80-120 cm |
| pH eau                                 | 7.39    | 7.36     | 7.62      |
| pH KCl                                 | 7.3     | 7.3      | 7.41      |
| Gypse (%)                              | 0.7     | 0.95     | 2.2       |
| Calcaire total (%)                     | 15.62   | 19.34    | 33.4      |
| Calcaire actif (%)                     | 4.38    | 10.27    | 12.96     |
| Matière organique                      |         |          |           |
| Carbone (%)                            | 0       | 0        | 0         |
| Matière organique (%)                  | 0       | 0        | 0         |
| Azote total (%)                        | 0.083   | 0.52     | 0.065     |
| C/N                                    | 0       | 0        | 0         |
| Phosphore (ppm)                        | 1.01    | 0.98     | 1.83      |
| Potassium (%)                          | 0.049   | 0.081    | 0.029     |
| CEC (meq/100 gr sol)                   | 19.21   | 27.71    | 31.77     |
| Cations échangeables (meq/100 gr sol)  |         |          |           |
| $K^+$                                  | 0.011   | 0.012    | 0.019     |
| $Na^+$                                 | 1.25    | 1.21     | 1.19      |
| $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$                  | 1.795   | 26.49    | 30.57     |
| Conductivité électrique (dS/m)         | 0.21    | 0.17     | 0.15      |
| Granulométrie (%)                      |         |          |           |
| A                                      | 4.14    | 18.7     | 17.89     |
| LF                                     | 8.25    | 15.29    | 14.1      |
| LC                                     | 30.1    | 56.3     | 57.2      |
| SF                                     | 19.5    | 2.11     | 3.02      |
| SG                                     | 34.1    | 3.7      | 4         |
| Stabilité structurale (mm)             | 0.63    | 0.62     | 0.5       |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )    | 1.8     | 1.6      | 1.6       |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.9     | 1.74     | 1.7       |
| Perméabilité k (mm/h)                  | 1.9     | 1.9      | 1.12      |
| PF 4.2(Pfp) %                          | 12.84   | 12.88    | 19        |
| PF 3.2(Ft) %                           | 22      | 22       | 27        |
| PF 2.5(Hcc) %                          | 27      | 26.88    | 32        |

0 - 30 cm : sec, brun clair, structure polyédrique massive, texture limono sableuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, bonne activité biologique, pas de charge, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

30 - 80 cm : sec, brun clair, structure polyédrique grossière, texture limono argileuse à équilibré, porosité moyenne, peu compacte, activité biologique moyenne, présence

des fines radicelles, matière organique peu décelable, existence de tâches d'oxydo-réduction et avec une mince couche de gravier, effervescence à l'HCL forte, limite nette.

80 -120 cm : sec, structure polyédrique fine, texture limono sableuse, porosité moyenne, très compacte, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, présence des éléments grossiers, existence des cailloux calcaires et des amas calcaires, effervescence à l'HCL forte.

Profil N°7 :

- Coordonnées : X = 452 953.38 , Y= 3 751 222.16
- Topographie : plate
- Drainage de surface : bon
- Végétation : terrain en jachère non travaillée
- Unité géomorphologique : Terrasse alluviale
- Aspect de surface : terrain situé au pied d'une colline exposé au dépôt de sable et entre coupé par un affleurement de la roche mère par rapport à la zone délimitée.
  - Sol peu évolué.
  - xérique.
  - d'apport alluvial, modal et profond.
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°7 :

TABLE II.6 – Résultats analytiques du profil N° 07(ONID Alger).

| Horizon                                | P7 H1   | P7 H2    | P7 H3     |
|----------------------------------------|---------|----------|-----------|
| Profondeurs (cm)                       | 0-15 cm | 15-50 cm | 50-108 cm |
| N° Inscription                         | 19      | 20       | 21        |
| pH eau                                 | 7.24    | 7.23     | 7.35      |
| pH KCl                                 | 7.07    | 7.06     | 7.56      |
| Gypse (%)                              | 43.5    | 0        | 10.6      |
| Calcaire total (%)                     | 61.23   | 70.15    | 70.6      |
| Calcaire actif (%)                     | 12.6    | 11.1     | 18.13     |
| Matière organique                      |         |          |           |
| Carbone (%)                            | 0.34    | 0.52     | 0.49      |
| Matière organique (%)                  | 0.58    | 0.89     | 0.84      |
| Azote total (%)                        | 0.23    | 0.19     | 0.308     |
| C/N                                    | 1.47    | 2.73     | 1.59      |
| Phosphore (ppm)                        | 0.99    | 1.06     | 1.13      |
| Potassium (%)                          | 0.011   | 0.07     | 0.06      |
| CEC (meq/100 gr sol)                   | 36.03   | 28.64    | 27.70     |
| Cations échangeables (meq/100 gr sol)  |         |          |           |
| $K^+$                                  | 0.01    | 0.012    | 0.017     |
| $Na^+$                                 | 2.08    | 1.64     | 1.68      |
| $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$                  | 33.94   | 26.99    | 26        |
| Conductivité électrique (dS/m)         | 1.29    | 1        | 0.13      |
| Granulométrie (%)                      |         |          |           |
| A                                      | 60.12   | 30.05    | 30.1      |
| LF                                     | 10.03   | 1.95     | 2.88      |
| LG                                     | 30.1    | 66.1     | 60.15     |
| SF                                     | 0       | 1.08     | 1.15      |
| SG                                     | 0.13    | 0        | 0.34      |
| Stabilité structurale (mm)             | 0.9     | 0.65     | 0.66      |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )    | 1.5     | 1.5      | 1.4       |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.4     | 1.4      | 1.3       |
| Perméabilité k (mm/h)                  | 1.88    | 1.9      | 1.85      |
| PF 4.2(Pfp) %                          | 18.55   | 12.28    | 13.1      |
| V PF 3.2(Ft) %                         | 27.5    | 20.5     | 21        |
| PF 2.5(Hcc) %                          | 31.2    | 26.8     | 27        |

0 - 15 cm : sec, brun clair, teneur très élevée en gypse, structure polyédrique massive, texture limono sableuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, bonne activité biologique, pas de charge caillouteuse, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

15 - 56 cm : sec, brun clair, structure polyédrique grossière, texture limono argileuse à dominance limoneuse, porosité moyenne, peu compacte, activité biologique moyenne, présence des fines radicelles, matière organique peu décelable, existence d'une mince couche de gravier, effervescence à l'HCL forte, limite nette.

56 -108 cm : sec, structure polyédrique fine, texture limono sableuse, porosité moyenne, très compacte, couche mince de sable fin, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, présence des éléments grossiers, couleur verdâtre, effervescence à l'HCL forte.

>108 cm : marne verdâtre à grisâtre.

c) sous-groupe apport alluvial et colluviale :

Profil N° 04 :

- Coordonnées : X = 455 074.84 , Y= 3 751 925.70
- Topographie : pente faible 1 - 2%
- Drainage de surface : bon
- Végétation : quelques touffes d'Haloxydon (Rem't) et des buttes sableuses de 20 – 50 cm de hauteur dans les petits axes de ruissellement, fixés par Retama raetam
- Unité géomorphologique : Terrasse alluviale
- Aspect de surface : Recouvrement de graviers, gravillons noirâtres et 5 % de sables éoliens brun rougeâtre.
  - Sol peu évolué.
  - xérique.
  - d'apport colluvio -alluvial, modal et profond
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°4 :

TABLE II.7 – Résultats analytiques du profil N° 04(ONID Alger).

| Horizon                                | P4 H1   | P4 H2    | P4 H3    |
|----------------------------------------|---------|----------|----------|
| Profondeurs (cm)                       | 0-20 cm | 20-45 cm | 45-82 cm |
| N° Inscription                         | 11      | 12       | 13       |
| pH eau                                 | 6.46    | 6.56     | 7.29     |
| pH KCl                                 | 6.4     | 6.5      | 7.2      |
| Gypse (%)                              | 1.9     | 1        | 0.55     |
| Calcaire total (%)                     | 12.67   | 15.92    | 6.98     |
| Calcaire actif (%)                     | 6.11    | 7.21     | 1.87     |
| Matière organique                      |         |          |          |
| Carbone (%)                            | 0.077   | 0.078    | 0.077    |
| Matière organique (%)                  | 0.13    | 0.13     | 0.13     |
| Azote total (%)                        | 0.52    | 0.102    | 0.102    |
| C/N                                    | 0.14    | 0.76     | 0.75     |
| Phosphore (ppm)                        | 0.98    | 0.98     | 1.83     |
| Potassium (%)                          | 0.081   | 0.081    | 0.068    |
| CEC (meq/100 gr sol)                   | 27.70   | 29.46    | 24.18    |
| Cations échangeables (meq/100 gr sol)  |         |          |          |
| K <sup>+</sup>                         | 0.032   | 0.017    | 0.032    |
| Na <sup>+</sup>                        | 2.14    | 3.57     | 1.6      |
| Mg <sup>2+</sup>                       | 5.89    | 0        | 6.86     |
| Conductivité électrique (dS/m)         | 0.52    | 0.45     | 0.3      |
| Granulométrie (%)                      |         |          |          |
| A                                      | 17.8    | 18.7     | 3.18     |
| LF                                     | 16.28   | 14.3     | 9.19     |
| LG                                     | 57.3    | 56.3     | 30.13    |
| SF                                     | 2.11    | 2.11     | 19       |
| SG                                     | 3.7     | 4.7      | 32.24    |
| Stabilité structurale (mm)             | 0.65    | 0.65     | 0.48     |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )    | 1.67    | 1.6      | 1.7      |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.5     | 1.5      | 1.6      |
| Perméabilité k (mm/h)                  | 1.6     | 2        | 1.98     |
| PF 4.2(Pfp) %                          | 12.85   | 12.5     | 12.89    |
| PF 3.2(Ft) %                           | 21      | 15.3     | 20.5     |
| PF 2.5(Hcc) %                          | 27      | 24.12    | 26.8     |

0 - 20 cm : sec, Ap, brun clair à rougeâtre, structure massive à sous structure lamellaire fine, texture sablo-limoneuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, compacité faible, bonne activité biologique, peu de charge caillouteuse, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

20 - 45 cm : sec, brun clair, structure massive friable, texture limono-argileuse, porosité moyenne, peu compacte, activité biologique bonne, présence des fines radicelles, présence des des petites amas calcaires, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte, limite nette.

45 - 82 cm : sec, structure massive, texture limono-sableuse, porosité moyenne, très compacte, couche de gravier de 15 % – 5 % de gros cailloux peu roulés, présence de taches blanchâtre du calcaire, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte.

> 82 cm : Roche mère grés –calcaires.

Pofil N°06 :

- Coordonnées : X = 454 471.88 , Y= 3 751 689.44
- Topographie : pente faible 1 - 3
- Drainage de surface : bon
- Végétation : quelques touffes d'Haloxylon (Rem't) et des buttes sableuses de 20 – 50 cm de hauteur dans les petits axes de ruissellement, fixés par Retama raetam
- Unité géomorphologique : Terrasse alluviale
- Aspect de surface : Recouvrement de graviers, gravillons noirâtres et 10 % de sables éoliens brun rougeâtre. • Sol peu évolué, • xérique, • d'apport colluvio - alluvial, modal et peu profond
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°6 :

TABLE II.8 – Résultats analytiques du profil N° 06(ONID Alger).

| Horizon                                | P6 H1   | P6 H2    | P6 H3     |
|----------------------------------------|---------|----------|-----------|
| Profondeurs (cm)                       | 0-10 cm | 10-26 cm | 26-130 cm |
| N° Inscription                         | 16      | 17       | 18        |
| pH eau                                 | 7.41    | 7.6      | 7.56      |
| pH KCl                                 | 7.64    | 6.77     | 6.8       |
| Gypse (%)                              | 0       | 0        | 0         |
| Calcaire total (%)                     | 27.99   | 60.13    | 80.12     |
| Calcaire actif (%)                     | 10.74   | 12.52    | 11.1      |
| Matière organique                      |         |          |           |
| Carbone (%)                            | 0       | 0.11     | 0.12      |
| Matière organique (%)                  | 0       | 0.19     | 0.21      |
| Azote total (%)                        | 0.15    | 0.26     | 0.12      |
| C/N                                    | 0       | 0.42     | 1         |
| Phosphore (ppm)                        | 0.99    | 1.08     | 0.99      |
| Potassium (%)                          | 0.011   | 0.063    | 0.01      |
| CEC (meq/100 gr sol)                   | 29.20   | 25.37    | 38.09     |
| Cations échangeables (meq/100 gr sol)  |         |          |           |
| K+                                     | 0.013   | 0.019    | 0.012     |
| Na+                                    | 1.22    | 1.39     | 2.13      |
| (Ca + Mg)                              | 27.97   | 23.96    | 35.95     |
| Conductivité électrique (dS/m)         | 0.2     | 0.24     | 0.2       |
| Granulométrie (%)                      |         |          |           |
| A                                      | 33.15   | 30.19    | 60.13     |
| LF                                     | 2.18    | 2.53     | 1.2       |
| LG                                     | 70.12   | 65.13    | 30.15     |
| SF                                     | 0       | 0        | 0.2       |
| SG                                     | 1.2     | 2.13     | 0         |
| Stabilité structurale (mm)             | 0.68    | 0.65     | 0.79      |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )    | 1.8     | 1.6      | 1.3       |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.7     | 1.5      | 1.2       |
| Perméabilité k (mm/h)                  | 1.88    | 1.9      | 1.78      |
| PF 4.2(Pfp) %                          | 19.1    | 19       | 19        |
| PF 3.2(Ft) %                           | 25      | 24.3     | 26        |
| PF 2.5(Hcc) %                          | 32      | 31.56    | 32        |

0 - 10 cm : sec, Ap, brun clair à rougeâtre, structure massive, texture sablo-limoneuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, compacité faible, bonne activité biologique, peu de charge caillouteuse, présence du calcaire, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

10 - 25 cm : sec, brun -jaunâtre, structure massive friable, texture limono-argileuse, porosité moyenne, compacte, activité biologique bonne, présence des fines radicelles, présence d'une couleur blanchâtre du calcaires, petites amas calcaires de la taille des gravillons, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte, limite nette.

25 - 120 cm : sec, couleur grisâtre à verdâtre, structure polyédrique sub-angulaire, texture argilo-limoneuse, porosité faible, très compacte, couche de gravier gros cailloux peu roulés grise-noires, présence de taches blanchâtre du calcaire, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte.

> 82 cm : Roche marneuse.

Profil N°8 :

- Coordonnées : X = 454 815.17 , Y= 3 750 855.68
- Topographie : pente faible 1%
- Drainage de surface : bon
- Végétation : parcelle mis en valeur, plantation abricotier irriguée par goutte à goutte et la culture fourragère luzerne
- Unité géomorphologique : Terrasse alluviale
- Aspect de surface : Recouvrement de graviers très faible, parcelle nivelée se débarrasser de la charge en surface de gravier • Sol peu évolué, • xérique, • d'apport colluvio -alluvial, modal et profond
- Analyses physico-chimiques de sol pour le profil n°8 :

TABLE II.9 – Résultats analytiques du profil N° 08 (ONID Alger).

| Horizon                                | P 8 H 1 | P 8 H 2  | P 8 H 3 |
|----------------------------------------|---------|----------|---------|
| Profondeurs (cm)                       | 0-10 cm | 10-20 cm | > 20 cm |
| N° Inscription                         | 22      | 23       | 24      |
| pH eau                                 | 7.16    | 7.64     | 7.57    |
| pH KCl                                 | 7.33    | 7.44     | 7.55    |
| Gypse (%)                              | 0       | 1.65     | 4.35    |
| Calcaire total (%)                     | 52.17   | 68.28    | 70.13   |
| Calcaire actif (%)                     | 11.13   | 10.12    | 15.12   |
| Matière organique                      |         |          |         |
| Carbone (%)                            | 0.22    | 0.15     | 0.26    |
| Matière organique (%)                  | 0.38    | 0.26     | 0.45    |
| Azote total (%)                        | 0.19    | 0.19     | 0.31    |
| C/N                                    | 1.15    | 0.78     | 0.83    |
| Phosphore (ppm)                        | 1.1     | 1.19     | 1.01    |
| Potassium (%)                          | 0.03    | 0.029    | 0.17    |
| CEC (meq/100 gr sol)                   | 31.709  | 25.751   | 35.436  |
| Cations échangeables (meq/100 gr sol)  |         |          |         |
| K <sup>+</sup>                         | 0.009   | 0.011    | 0.016   |
| Na <sup>+</sup>                        | 2.12    | 1.9      | 1.45    |
| (Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> ) | 29.58   | 23.84    | 33.97   |
| Conductivité électrique (dS/m)         | 0.96    | 0.6      | 0.09    |
| Granulométrie (%)                      |         |          |         |
| A                                      | 25.2    | 20.13    | 65.13   |
| LF                                     | 11.6    | 10.5     | 2.15    |
| LG                                     | 65.1    | 70.18    | 40.12   |
| SF                                     | 2.18    | 2.2      | 70.84   |
| SG                                     | 1.01    | 1.1      | 0.      |
| Stabilité structurale (mm)             | 0.67    | 0.6      | 0.99    |
| Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )    | 1.6     | 1.4      | 1.05    |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.5     | 1.3      | 1       |
| Perméabilité k (mm/h)                  | 2.55    | 2.67     | 2.66    |
| PF 4.2(Pfp) %                          | 19      | 13.5     | 19      |
| PF 3.2(Ft) %                           | 26.12   | 20       | 26      |
| PF 2.6(Hcc) %                          | 32      | 27       | 31.38   |

0 - 10 cm : sec, brun clair à rougeâtre, structure massive, texture sablo-limoneuse, bonne porosité, présence de nombreuses racines, matière organique décelable, compa-

ité faible, bonne activité biologique, peu de charge caillouteuse, présence du calcaire, effervescence à l'HCL fort, limite graduelle.

10 - 20 cm : sec, brun -jaunâtre, structure grossière, texture limono-sableuse, porosité moyenne, compacte, activité biologique bonne, présence des fines radicelles, présence d'une couleur blanchâtre du calcaire, petites amas calcaires de la taille des gravillons, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte, limite nette.

20 - 120 cm : sec, couleur brun grisâtre, structure polyédrique sub-angulaire, texture argilo-limoneuse, porosité faible, très compacte, couche de gravier gros cailloux peu roulés grise-noires, présence de tâches blanchâtre du calcaire, activité biologique moyenne, matière organique peu décelable, effervescence à l'HCL forte.

Triangle des textures de sol :

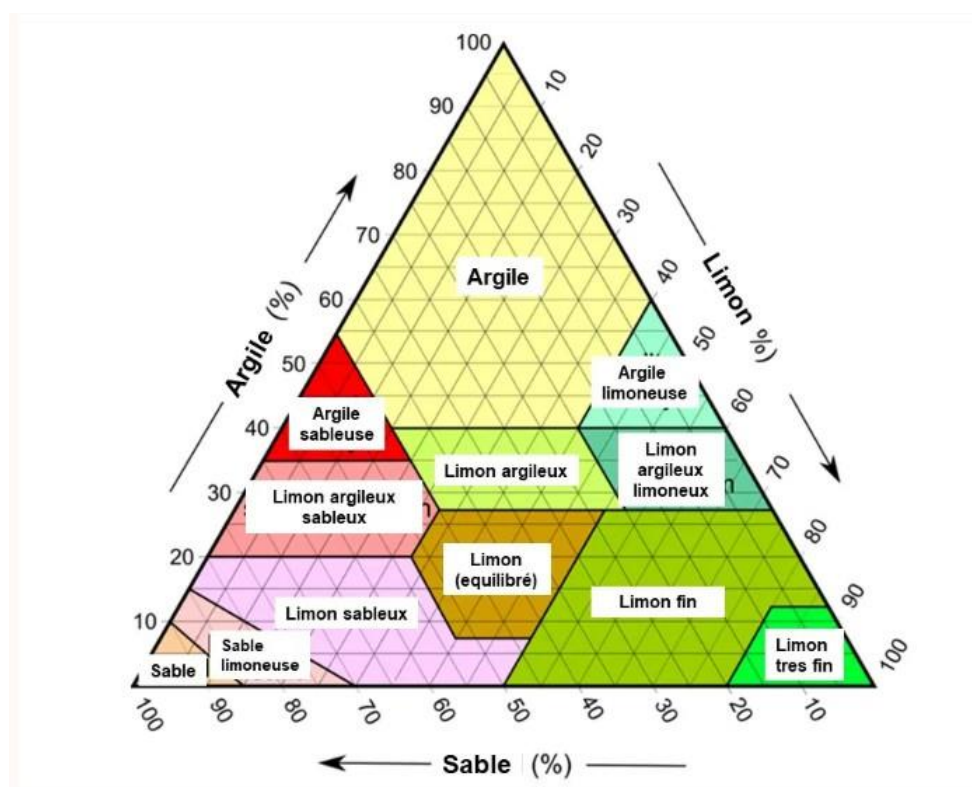


Figure II.3 – Triangle des textures de sol (Google,Mars 2025).

## II.2.2 Les aptitudes culturales

L'étude de l'aptitude culturale des sols est basée principalement sur les caractéristiques morphologiques des sols, telle que la profondeur et la texture, la salinité, ainsi que se base sur plusieurs paramètres physico-chimiques en particulier la salinité, l'alcalinité et le calcaire active. Selon les analyses de ces paramètres, on propose les aptitudes culturales suivantes :

- Les cultures céréalières et fourragères : les Blés tendres, les Orges, que la Vesce avoine, Fétuque, Bersim, Brome, Mélilot, le Ray-grass et la Luzerne.
- Les cultures maraîchères : Artichaut, Haricot, Oignon, Epinard, Ail, Concombre

et la Citrouille .

- Les cultures arboricoles : les Oliviers, la Variété Chemlél, Abricotiers, Prunier, Amandier et Grenadier.

## II.3 Hydrologie

L'étude hydrologique est un élément important dans chaque étude d'irrigation, car elle s'efforce d'analyser la disponibilité de l'eau et d'assurer sa durabilité, ainsi que l'étude de l'eau et de l'évaporation pour choisir les meilleures techniques d'irrigation appropriées selon les conditions climatiques.

### II.3.1 Données de précipitation

Les données pluviométriques de la station de Laghouat la durée de 1970-2018 sont présentés dans le tableau suivant :

TABLE II.10 – Précipitation moyenne mensuelles de la station de Laghouat (1970-2018).

| An   | S     | O    | N    | D    | J    | fl   | M    | A    | M     | J    | J    | A    | Annu  |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| 1970 | 15.8  | 0    | 0    | 10.3 | 23.2 | 0    | 12.6 | 6.9  | 17.1  | 0    | 13.5 | 0    | 99.4  |
| 1971 | 0     | 9.5  | 66.9 | 25.4 | 16   | 14.5 | 42.2 | 7.4  | 11    | 15.5 | 10.8 | 13.9 | 233.1 |
| 1972 | 15.3  | 40.5 | 20.3 | 3.6  | 4    | 7.2  | 16.3 | 17.8 | 3.4   | 18.3 | 0.4  | 2.9  | 150   |
| 1973 | 6.3   | 0.7  | 37.7 | 20.4 | 0.8  | 22.1 | 55.3 | 45.4 | 7.1   | 73.5 | 5.9  | 0    | 275.2 |
| 1974 | 5.9   | 13   | 4.8  | 0.4  | .08  | 21.1 | 55.3 | 51.4 | 160.4 | 0    | 0    | 0    | 313.1 |
| 1975 | 22.5  | 3.8  | 9    | 86.6 | 0    | 152  | 60   | 3.5  | 26.7  | 38.8 | 40.9 | 12.6 | 456.4 |
| 1976 | 54.8  | 26.1 | 9.6  | 6.2  | 18.9 | 1.7  | 3.4  | 0.1  | 25.9  | 0    | 0    | 20.1 | 166.8 |
| 1977 | 9.4   | 2.6  | 27   | 0.4  | 6.6  | 0    | 0    | 0    | 8.3   | 8.6  | 0    | 0    | 62.9  |
| 1978 | 6.5   | 30.7 | 0    | 0.7  | 44.8 | 12.8 | 4.6  | 4.6  | 4.8   | 15.6 | 0    | 0    | 125.1 |
| 1979 | 58.1  | 5.2  | 0    | 6.6  | 5    | 30.4 | 57.1 | 12.8 | 2.6   | 0    | 0    | 0    | 177.8 |
| 1980 | 21.6  | 0    | 59   | 0    | 0    | 27   | 4.5  | 16.6 | 0     | 19.7 | 0    | 0    | 148.4 |
| 1981 | 107.6 | 13.8 | 0    | 7    | 43   | 29.7 | 2    | 69.3 | 3.5   | 0    | 0    | 0    | 275.9 |
| 1982 | 11.4  | 40   | 20.5 | 0    | 0    | 3.2  | 0    | 4.5  | 0     | 0    | 0    | 0    | 79.6  |
| 1983 | 11.4  | 7    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 32.2  | 13.5 | 0    | 0    | 64.1  |
| 1984 | 0     | 11.8 | 2.1  | 0.7  | 21.4 | 0    | 2.3  | 0    | 32.2  | 0    | 1    | 1.9  | 73.4  |
| 1985 | 0     | 2.7  | 22.1 | 11   | 14.9 | 7.7  | 90.4 | 1.1  | 13.5  | 0    | 0    | 7.5  | 170.9 |
| 1986 | 3.5   | 47.6 | 40.7 | 2.5  | 19.4 | 1.5  | 6.5  | 10.7 | 0     | 0    | 1.5  | 1    | 134.9 |
| 1987 | 0     | 0    | 9.4  | 5.2  | 1    | 0.8  | 0    | 7.3  | 11.5  | 26.6 | 0    | 2.5  | 64.3  |
| 1988 | 8.8   | 0    | 6.4  | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 6.5   | 0    | 4.8  | 0    | 27.5  |
| 1989 | 0     | 0    | 2.4  | 0    | 40.2 | 0    | 2.6  | 16.1 | 47    | 0    | 0    | 0    | 108.3 |

|      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 1990 | 4     | 0     | 3.8  | 0    | 0    | 29.5 | 47.2 | 8.5  | 9    | 0    | 0    | 7.5  | 109.5  |
| 1991 | 27.2  | 57.7  | 4.3  | 29.1 | 12.8 | 6.3  | 31.6 | 4.4  | 23.3 | 0    | 9.2  | 0    | 205.9  |
| 1992 | 4.2   | 0     | 23.4 | 0.3  | 0.4  | 17.9 | 17.3 | 1.2  | 17.2 | 0    | 12.4 | 13.5 | 107.8  |
| 1993 | 4.1   | 0.3   | 3.3  | 0.5  | 17.7 | 0.8  | 23.3 | 0.2  | 0    | 9.3  | 0    | 11.2 | 70.7   |
| 1994 | 49.8  | 115.9 | 4.9  | 0.2  | 1.4  | 10.9 | 25.2 | 8.6  | 2.2  | 26.1 | 0.6  | 17.2 | 263    |
| 1995 | 21.5  | 79.2  | 0.6  | 13.1 | 23.5 | 16.4 | 83.2 | 8.7  | 21.6 | 40   | 3.3  | 6.8  | 317.9  |
| 1996 | 10    | 0     | 0    | 12   | 13.9 | 0.7  | 5.1  | 55.4 | 5    | 1.5  | 1    | 54.5 | 159.1  |
| 1997 | 68    | 21.2  | 18.7 | 8.9  | 6.5  | 11.8 | 4.4  | 14.5 | 13.6 | 7.6  | 0    | 18.1 | 193.3  |
| 1998 | 23    | 0     | 0    | 2.7  | 65.9 | 27.1 | 36.7 | 0.3  | 0.2  | 14.6 | 19.3 | 8.5  | 198.3  |
| 1999 | 29.2  | 6.3   | 11.1 | 50.2 | 0    | 0    | 0.7  | 0.7  | 6.2  | 10.3 | 5    | 0    | 119.7  |
| 2000 | 15.6  | 30.8  | 0.5  | 0.6  | 10.6 | 3.5  | 0.9  | 1.1  | 3.8  | 0.2  | 3.2  | 35.6 | 106.4  |
| 2001 | 26.6  | 17.2  | 2.7  | 12   | 8.1  | 0.6  | 0.6  | 22.7 | 12.9 | 0    | 0    | 35   | 138.4  |
| 2002 | 1.5   | 7.3   | 10.2 | 0.5  | 17.1 | 2.1  | 3.7  | 4.1  | 11.8 | 9.5  | 9.3  | 3.9  | 81     |
| 2003 | 2.6   | 73.1  | 15.8 | 13.9 | 0.2  | 16   | 26.1 | 36.8 | 30.4 | 13.5 | 21.7 | 16.7 | 266.8  |
| 2004 | 1.3   | 18.5  | 0.6  | 42.8 | 0    | 12   | 0.2  | 0.4  | 0.8  | 10.5 | 10.2 | 0.8  | 98.1   |
| 2005 | 57.6  | 33.4  | 5.4  | 9.4  | 23   | 6.7  | 0.9  | 15.8 | 56.6 | 2.9  | 9.4  | 2.4  | 223.5  |
| 2006 | 20    | 2     | 13.5 | 31.9 | 5    | 7.7  | 19.3 | 38.5 | 2.8  | 0    | 4    | 18.7 | 163.4  |
| 2007 | 17.5  | 28.2  | 4.4  | 3.3  | 0    | 23.1 | 2.4  | 0.7  | 10.5 | 13.5 | 0    | 8.1  | 111.7  |
| 2008 | 67.9  | 76.1  | 0    | 0    | 21.5 | 7.1  | 27.6 | 12.6 | 2.8  | 6.5  | 7.6  | 30.7 | 260.4  |
| 2009 | 117.9 | 0     | 0.8  | 2.6  | 13.1 | 25   | 3.3  | 12.9 | 17.6 | 9.1  | 5.9  | 12.3 | 220.5  |
| 2010 | 53.6  | 11.1  | 3.1  | 0.7  | 4.7  | 0.8  | 18   | 43.8 | 20.2 | 24.4 | 20.4 | 2.7  | 203.5  |
| 2011 | 14.8  | 17.6  | 11.1 | 2    | 10.2 | 2.9  | 28   | 3.3  | 6.2  | 17.5 | 13.6 | 2.3  | 129.5  |
| 2012 | 5.2   | 46.2  | 26.2 | 0    | 21.5 | 29.5 | 6    | 19.5 | 4.5  | 0    | 6    | 4.5  | 169.1  |
| 2013 | 20    | 6     | 3    | 34   | 13.5 | 9.5  | 20   | 0    | 27.5 | 20.5 | 4.5  | 5.5  | 164    |
| 2014 | 20    | 0     | 38   | 9.5  | 10   | 34   | 3.5  | 5    | 7    | 9.5  | 0    | 21.5 | 158    |
| 2015 | 20    | 3     | 19   | 4.5  | 8.5  | 28.5 | 2.4  | 5.5  | 6.55 | 0.4  | 0    | 2    | 100.35 |
| 2016 | 4.2   | 2     | 0.8  | 0.9  | 7.9  | 23   | 1.3  | 6    | 6.1  | 4.3  | 0    | 2.3  | 58.8   |
| 2017 | 7.5   | 15.5  | 2.5  | 0    | 8.9  | 9.3  | 22.5 | 12.5 | 63.3 | 6.2  | 23.8 | 83.8 | 255.8  |
| 2018 | 36.3  | 56.6  | 17.7 | 0    | 3.7  | 2.1  | 17.3 | 23.9 | 3.5  | 0    | 0    | 51.1 | 212.2  |

Source : ONID Alger.

La série des pluies moyennes annuelles de la station météorologique de Laghouat a les caractéristiques suivantes :

TABLE II.12 – Caractéristiques de la série pluviométrique de pluies annuelles

| Paramètre                       | Résultat |
|---------------------------------|----------|
| Moyenne                         | 165      |
| Médiane                         | 158      |
| Écart-type                      | 84.1     |
| Coefficient de variance         | 0.51     |
| Coefficient d'asymétrie         | 0.96     |
| Coefficient d'aplatissement     | 4.23     |
| Pluie moyenne annuelle maximale | 456 mm   |
| Pluie moyenne annuelle minimale | 27 mm    |

### II.3.2 Représentation graphique de la série des précipitations annuelles

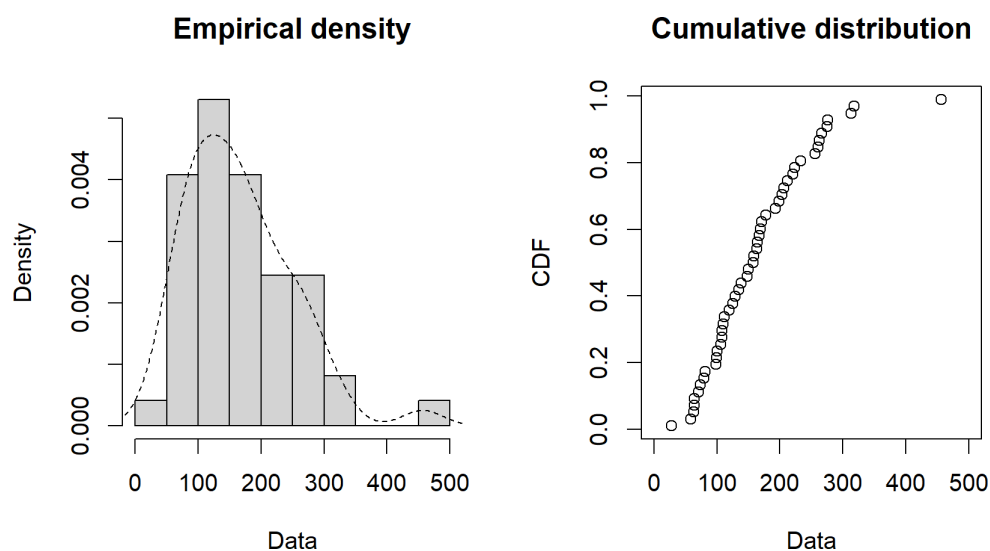


Figure II.4 – Histogramme, polygone et CDF de la série des précipitations

Shapiro-Wilk test : Data does not appear normally distributed ( $p = 0.01442475$ )

### II.3.3 Test d'homogénéité de la série

Avant d'utiliser des données hydrologiques, il est crucial de vérifier leur homogénéité, étant donné que les relevés pluviométriques ont été interrompus, ce qui complique leur exploitation.[3]

Pour vérifier l'homogénéité de notre série pluviométrique, on choisit le test de Mood, qui passe par les étapes suivantes :

- Déterminer la médiane de la série.
- Pour les valeurs inférieures à la médiane sont codé comme " + " , et ceux qui sont supérieurs sont codé par " - " .
- On appelle  $N$  la taille de l'échantillon,  $N_s$  le nombre totale de la série de "+" ou "-" et  $T_s$  la taille de la plus grande série de ""+" ou "-" .

— Il faut vérifier les conditions suivantes :

$$N_S > 0.5 \sqrt{N+1} - 1.96 \sqrt{N+1} \quad (\text{II.3})$$

$$T_S < 3.3(\log_{10}(N) + 1) \quad (\text{II.4})$$

TABLE II.13 – Test d'homogénéité de Mood pour la station de Laghouat.

| Année | Précipitation | "+" ou "-" |
|-------|---------------|------------|
| 1970  | 99.4          | -          |
| 1971  | 233.1         | +          |
| 1972  | 150           | -          |
| 1973  | 275.2         | +          |
| 1974  | 313.1         | +          |
| 1975  | 456.4         | +          |
| 1976  | 166.8         | +          |
| 1977  | 62.9          | -          |
| 1978  | 125.1         | -          |
| 1979  | 177.8         | +          |
| 1980  | 148.4         | -          |
| 1981  | 275.9         | +          |
| 1982  | 79.6          | -          |
| 1983  | 64.1          | -          |
| 1984  | 73.4          | -          |
| 1985  | 170.6         | +          |
| 1986  | 134.9         | -          |
| 1987  | 64.3          | -          |
| 1988  | 27.5          | -          |
| 1989  | 108.3         | -          |
| 1990  | 109.5         | -          |
| 1991  | 205.9         | +          |
| 1992  | 107.8         | -          |
| 1993  | 70.7          | -          |
| 1994  | 263           | +          |
| 1995  | 317.9         | +          |

|            |         |        |
|------------|---------|--------|
| 1996       | 159.1   | +      |
| 1997       | 193.3   | +      |
| 1998       | 198.3   | +      |
| 1999       | 119.7   | -      |
| 2000       | 106.4   | -      |
| 2001       | 138.4   | -      |
| 2002       | 81      | -      |
| 2003       | 266.8   | +      |
| 2004       | 98.1    | -      |
| 2005       | 223.5   | +      |
| 2006       | 163.4   | +      |
| 2007       | 111.7   | -      |
| 2008       | 260.4   | +      |
| 2009       | 220.5   | +      |
| 2010       | 203.5   | +      |
| 2011       | 129.5   | -      |
| 2012       | 169.1   | +      |
| 2013       | 164     | +      |
| 2014       | 158     |        |
| 2015       | 100.35  | -      |
| 2016       | 58.8    | -      |
| 2017       | 255.8   | +      |
| 2018       | 212.2   | +      |
| La Médiane | 158     |        |
| N = 49     | Ns = 24 | Ts = 5 |

D'après les calculs on trouve :

$$0.5 N + 1 - 1.96 \sqrt{N + 1} = 18.07 < N_s$$

$$3.3(\log_{10}(N) + 1) = 8.88 > T_s$$

Les conditions sont vérifiées, Donc la série est homogène.

### II.3.4 L'ajustement des pluies annuelles

Nous utilisons le logiciel Hyfran pour modifier les données des précipitations, dans le but d'analyser les pluies et de corriger la série chronologique (La loi normal ou lognormal) pour éviter l'homogénéité, prédire la pluie future et comprendre son comportement pour estimer la disponibilité de l'eau pour l'irrigation.

#### II.3.4.1 L'ajustement par la loi Normal

L'ajustement par la loi Normale est une méthode statistique qui consiste à adapter une distribution de données à la loi Normale (gaussienne). Il permet de simplifier l'analyse des données et de calcul les probabilités, les intervalles de confiance et les tests d'hypothèses. Sa fonction est la suivante :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (II.5)$$

Avec : U est la variable réduite de Gauss :

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \quad (II.6)$$

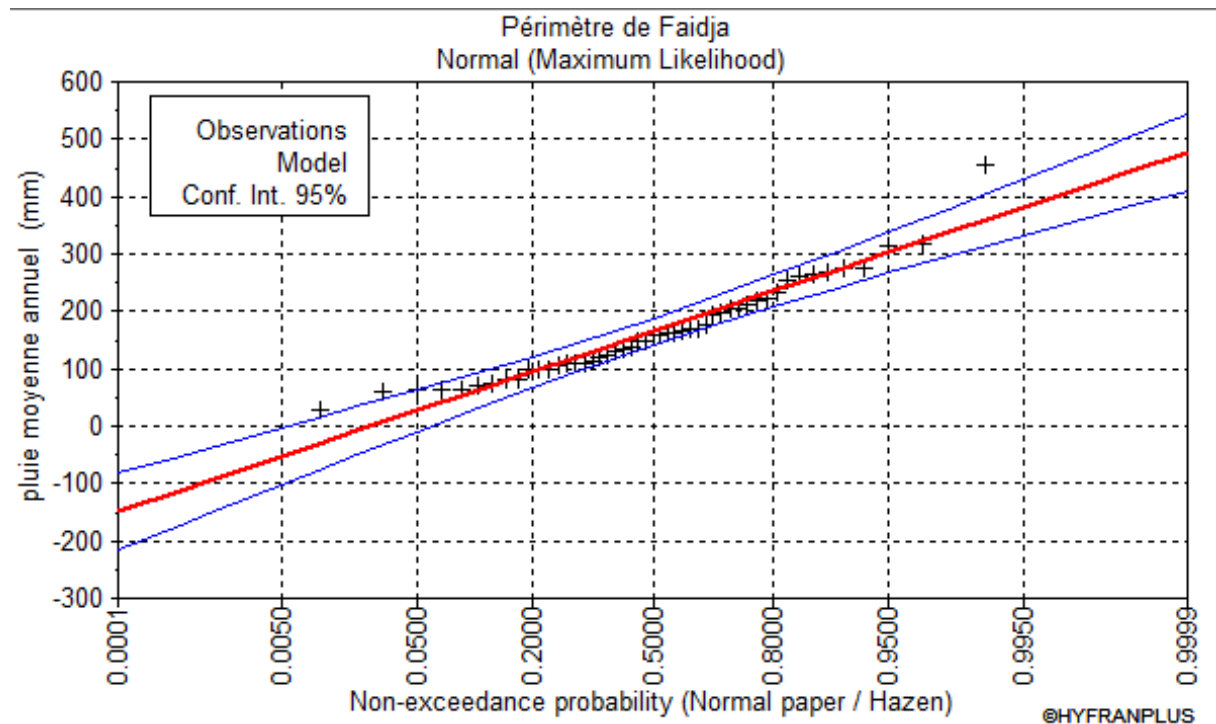


Figure II.5 – Ajustement des pluies annuelles par la loi Normal.

TABLE II.15 – Ajustement selon la loi Normale

| T  | q      | XT  | Intervalle de confiance (95%) |
|----|--------|-----|-------------------------------|
| 20 | 0.95   | 303 | 267-339                       |
| 10 | 0.9    | 273 | 241 - 304                     |
| 5  | 0.8    | 235 | 208 - 263                     |
| 3  | 0.6667 | 201 | 176 - 226                     |
| 2  | 0.5    | 165 | 141 - 188                     |

## II.3.4.2 L'ajustement par la loi Lognormal

La loi Lognormal est une distribution de probabilité des variables aléatoires positives. Il a pour but modéliser des phénomènes où les valeurs sont positives et asymétriques. Sa formule est :

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (II.7)$$

Avec :

$$u = a \times \log(x - x_0) + b \quad (II.8)$$

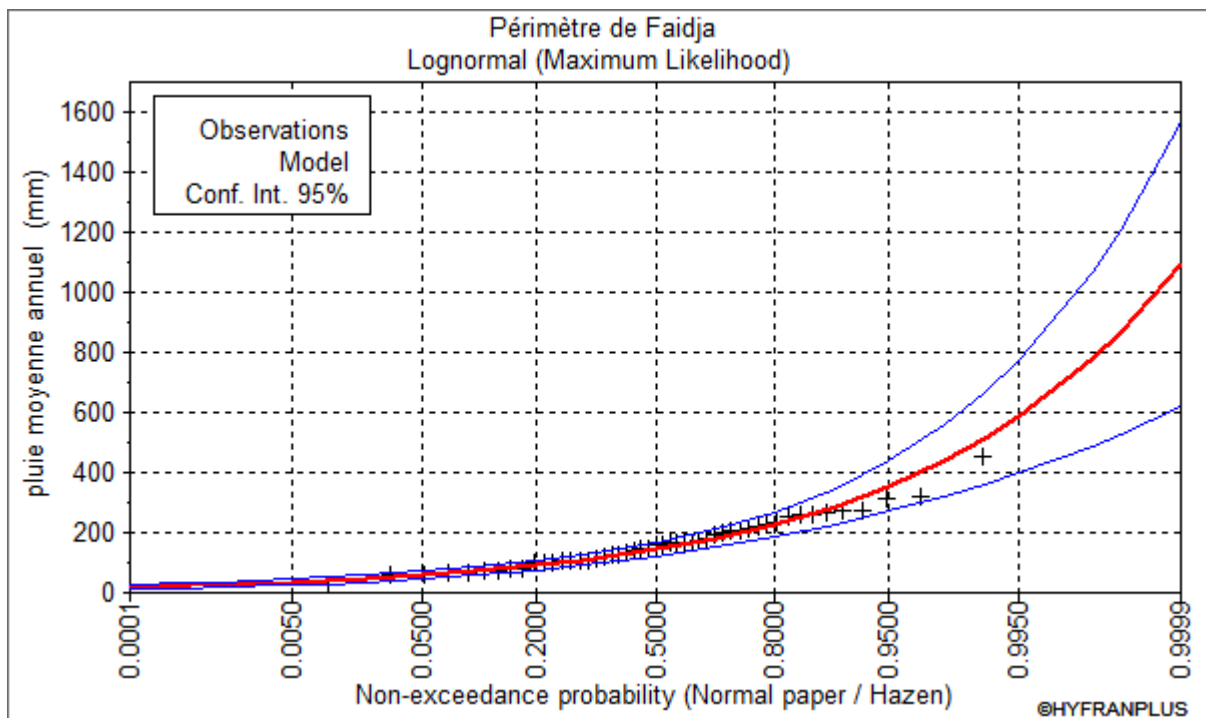


Figure II.6 – Ajustement des pluies annuelles par la loi Lognormal.

TABLE II.16 – Ajustement selon la loi Lognormale.

| T  | q      | XT  | Intervalle de confiance (95%) |
|----|--------|-----|-------------------------------|
| 20 | 0.95   | 353 | 270-437                       |
| 10 | 0.9    | 290 | 230 - 350                     |
| 5  | 0.8    | 228 | 187 - 269                     |
| 3  | 0.6667 | 182 | 153 - 211                     |
| 2  | 0.5    | 144 | 122 - 166                     |

### II.3.5 Test de fiabilité des ajustements

Après l'ajustement par les deux loi, nous comparons l'adéquation de cette loi afin d'opter le meilleur ajustement. On utilise test de Khi carré :

TABLE II.17 – Test de validité des ajustements

| Loi Normale                         | Loi Lognormale                      |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $\chi^2_{\text{calculé}} = 9.96$    | $\chi^2_{\text{calculé}} = 8.12$    |
| $\text{Probabilitp}(\chi^2) = 0.23$ | $\text{Probabilitp}(\chi^2) = 0.13$ |
| Degrés de liberté = 6               |                                     |
| Nombre des classes = 9              |                                     |

On a :  $\chi^2_{\text{Théorique}} = 12.59$  (De tableau de Khi carré).

Etant donné que :

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 9.96 < \chi^2_{\text{Théorique}} = 12.59$$

et :

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 8.12 < \chi^2_{\text{Théorique}} = 12.59$$

les deux loi sont adéquats pour notre série.

Puisque  $9.96 > 8.12$ , la loi Logormale est la plus adéquate pour notre série.

### II.3.6 Détermination de l'année de calcul

La détermination de l'année de calcul est une étape essentielle pour estimer les pluie moyennes mensuelles de quatre années sur cinq ou de fréquence 80%. Elle calculé par la relation suivante :

$$P_{\text{moy 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique 80\% annuelle}}}{P_{\text{théorique 50\% annuelle}}} \quad (\text{II.9})$$

On a :

$$P_{\text{théorique 80\% annuelle}} = 91.2 \text{ mm}$$

Et :

$$P_{\text{théorique 50\% annuelle}} = 144 \text{ mm}$$

Donc :

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{91.2}{144} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times 0.63.$$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau suivant :

TABLE II.18 – les pluies moyennes mensuelles pour l’année sèche en mm.

| Mois                        | S     | O     | N     | D    | J     | F    | M     | A    | M    | J     | J    | A    |
|-----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| $P_{\text{moy}}(\text{mm})$ | 23.30 | 26.20 | 10.70 | 9.90 | 15.90 | 9.30 | 26.30 | 10.9 | 9.90 | 12.80 | 3.10 | 8.80 |
| $P_{80\%}(\text{mm})$       | 14.68 | 16.51 | 6.74  | 6.24 | 10.02 | 5.86 | 16.57 | 7.87 | 6.24 | 8.06  | 1.95 | 5.54 |

## Conclusion

Durant ce chapitre, nous avons étudié les ressources en eau et constaté que les eaux de barrage de Seklafa sont adaptées à l’irrigation. En ce qui concerne les ressources en sol, nous avons trouvé que les sols sont classés en deux classes : des sols calcimagnésiques et des sols peu évalués, et ils sont adaptés à une large gamme de cultures. Nous avons examiné également en détail la série pluviométrique recueillie par la station météorologique de Laghouat.

## CHAPITRE III

# BESOINS EN EAU DES CULTURES

### Introduction

Ce chapitre vise à déterminer les quantités d'eau nécessaires aux cultures afin d'assurer une croissance optimale et une productivité élevée sans déficit ou excédent d'irrigation.

### III.1 Besoin en eau du périmètre

Le calcul des besoins en eau du périmètre est essentiel pour une bonne planification de la distribution de l'eau et pour satisfaire les exigences d'irrigation des cultures.

#### III.1.1 Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation

##### III.1.1.1 Bilan hydrique

Le bilan hydrique de l'irrigation consiste en une évaluation détaillée des flux d'eau entrants et sortants dans un système d'irrigation agricole, son équation comme suit :

$$B_i = ETM_c - (P_{\text{eff}} + RS_{i-1}) \quad (\text{III.1})$$

Avec :  $B_i$  : Besoins d'irrigation.

$P_{\text{eff}}$  : pluie efficace.

$ETM_c$  : Besoins en eau de cultures.

$RS_{i-1}$  : la réserve en eau du sol du mois  $i-1$ .

##### III.1.1.2 L'évapotranspiration potentielle de référence ( $ET_0$ )

"C'est l'évapotranspiration maximale (c.à.d le sol est à sa capacité de retentions) 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". [4]

L'appréciation de l'évapotranspiration potentielle de référence est nécessaire notamment pour estimer les besoins en eau d'irrigation pour l'agriculture. Il existe deux méthodes pour le calculer :

III.1.1.2.1 Méthode directe : La mesure de l'évapotranspiration se fait par des instruments et des appareils parmi eux un appareil qui s'appelle Lysimètre.

III.1.1.2.2 Méthodes indirectes : Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration et à défaut de mesures directes, on utilise plusieurs formules sont :

- Formule de Thornthwaite (1955).
- Blancey-Criddle généralisée (1959).
- Formule de Turc (1962).
- Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977).
- Penman-Monteith-FAO (1998).

Pour notre étude on utilise celle de Penman-Monteith-FAO (1998), donnée par la relation suivante :

$$ET0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (III.2)$$

Avec :  $ET0$  : l'évapotranspiration de référence mensuelle (mm).

$T$  : la moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

$Rn$  : la radiation nette à la surface des cultures ( $MJm^{-2}j^{-1}$ ).

$G$  : le flux de chaleur du sol ( $MJm^{-2}j^{-1}$ ).

$e_s$  : La pression saturante de vapeur d'eau (KPa).

$e_a$  : La pression actuelle de vapeur d'eau (KPa).

$\Delta$  : La pente de la courbe de la pression de vapeur.

$\gamma$  : La constante psychométrique ( $KPaC^{-1}$ ).

Les calculs se font à l'aide du logiciel CROPWAT.

| Pays <input type="text" value="Algerie"/>    |                                                | Station <input type="text" value="Laghouat"/> |                                                |            |            |         |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------|------------|---------|
| Altitude <input type="text" value="762"/> m. | Latitude <input type="text" value="33.46"/> °N |                                               | Longitude <input type="text" value="2.56"/> °E |            |            |         |
| Mois                                         | Temp Moy                                       | Humidité                                      | Vent                                           | Insolation | Ray.       | ETo     |
|                                              | °C                                             | %                                             | m/s                                            | heures     | MJ/m²/jour | mm/mois |
| Janvier                                      | 8.4                                            | 61                                            | 2.1                                            | 6.9        | 11.4       | 50.24   |
| Février                                      | 10.3                                           | 52                                            | 2.2                                            | 9.7        | 16.7       | 68.99   |
| Mars                                         | 12.9                                           | 36                                            | 2.3                                            | 9.2        | 19.4       | 112.93  |
| Avril                                        | 17.8                                           | 33                                            | 3.9                                            | 9.8        | 22.8       | 175.87  |
| Mai                                          | 20.4                                           | 34                                            | 3.8                                            | 11.4       | 26.6       | 208.68  |
| Juin                                         | 27.1                                           | 27                                            | 2.5                                            | 11.5       | 27.1       | 220.11  |
| Juillet                                      | 31.4                                           | 23                                            | 2.6                                            | 12.8       | 28.7       | 264.55  |
| Août                                         | 30.1                                           | 31                                            | 2.9                                            | 11.1       | 25.1       | 245.08  |
| Septembre                                    | 27.3                                           | 37                                            | 3.8                                            | 9.5        | 20.6       | 218.34  |
| Octobre                                      | 17.1                                           | 45                                            | 2.3                                            | 9.1        | 16.9       | 116.84  |
| Novembre                                     | 13.2                                           | 46                                            | 2.5                                            | 8.3        | 13.2       | 84.04   |
| Décembre                                     | 7.3                                            | 52                                            | 2.4                                            | 8.3        | 12.0       | 56.75   |
| Moyenne                                      | 18.6                                           | 40                                            | 2.8                                            | 9.8        | 20.0       | 1822.42 |

Figure III.1 – Calcul de l'ET0 par le logiciel CROPWAT.

## III.1.1.3 Pluie efficace

"Les précipitations efficaces représentent la quantité d'eau fournie par les précipitations qui reste disponible à la surface du sol, après soustraction des pertes par évapotranspiration réelle".[5]

La pluie efficace est estimée comme suit :

$$\text{Pluie efficace(mm)} = 80\% \times \text{Pluies moyennes mensuelles (80\%)} \text{ (mm)} \quad (\text{III.3})$$

Les valeurs moyennes mensuelles de  $P_{eff}$  sont regroupées dans le tableau suivant :

TABLE III.1 – les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche en mm.

| Mois                  | S     | O     | N     | D    | J     | F    | M     | A    | M    | J     | J    | A    |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| $P_{moy}(\text{mm})$  | 23.30 | 26.20 | 10.70 | 9.90 | 15.90 | 9.30 | 26.30 | 10.9 | 9.90 | 12.80 | 3.10 | 8.80 |
| $P_{80\%}(\text{mm})$ | 14.68 | 16.51 | 6.74  | 6.24 | 10.02 | 5.86 | 16.57 | 7.87 | 6.24 | 8.06  | 1.95 | 5.54 |
| $P_{eff}(\text{mm})$  | 11.75 | 13.21 | 5.39  | 4.99 | 8.02  | 4.69 | 13.26 | 6.3  | 4.99 | 6.45  | 1.56 | 4.43 |

III.1.1.4 Calcul de la réserve en eau du sol  $RS_{i-1}$ 

la réserve en eau du sol la quantité d'eau stockée dans le sol et disponible pour les plantes.Elle est compris entre la capacité au champ et le point de flétrissement.Sa formule est :

$$RS_i = K \times RFU_{i-1} \quad (\text{III.4})$$

Tel que : K : coefficient

$$K = \begin{cases} 0, & \text{si } ETM \ggg P_{eff} \\ 1, & \text{si } ETM \lll P_{eff} \\ \frac{1}{2} \frac{1}{3} & \text{si } ETM \approx P_{eff} \end{cases} \quad (III.5)$$

Et :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \times Y. \quad (III.6)$$

Avec :

- Y : Degré de tarissement (on prend  $Y=2/3$ ).
- $D_a$  : Densité apparente (1.5) .
- Z : Profondeur d'enracinement (mm) .
- $H_{cc}$  : Humidité à la capacité au champ( On prend 26%) .
- $H_{pf}$  : Humidité au point de flétrissement (On prend 15%).

## III.2 Choix des cultures

### III.2.1 Les cultures proposées

Le choix des cultures est basé sur plusieurs critères parmi elles :

- La pédologie des sols.
- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et la disponibilité de l'eau d'irrigation.

TABLE III.2 – Les cultures proposées pour le périmètre de Faidja.

| Type de culture                     | Les cultures                                                                                             | Surface occupé en % | Surface occupé en ha |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| La céréaliculture<br>et fourragères | Luzerne<br>Blé dur<br>Orge sec<br>Orge en vert<br>Avoine                                                 | 40%                 | 190 ha               |
| Le maraîchage                       | Pomme de terre<br>Oignon<br>Oignon vert<br>Pois<br>Ail<br>Tomate<br>Fèves<br>Haricot<br>Carotte<br>Melon | 40%                 | 190 ha               |
| L'arboriculture                     | Olivier<br>Pommier<br>Abricotier<br>Pêcher                                                               | 20%                 | 95 ha                |
| Total                               |                                                                                                          | 100%                | 475 ha               |

### III.2.2 Assolement des cultures

L'assolement des cultures est une approche agricole qui consiste à organiser la rotation des cultures de manière réfléchie sur une période donnée. Ce qui permet d'améliorer la fertilité des sols, et d'augmenter durablement la production.

TABLE III.3 – Assolement proposé pour notre périmètre.

| Assolement 1                 | Assolement 2                 |
|------------------------------|------------------------------|
| Avoine                       | Orge sec                     |
| Luzerne                      | Blé                          |
| Blé                          | Orge en vert                 |
| Orge                         | Fèves                        |
| Ail                          | Tomate                       |
| Oignon vert                  | Tomate                       |
| Pomme de terre               | Haricot                      |
| Tomate                       | Oignon                       |
| Pois                         | Carotte                      |
| Melon                        | Haricot                      |
| Hors assolement : Olivier    | Hors assolement : Olivier    |
| Hors assolement : Abricotier | Hors assolement : Abricotier |
| Hors assolement : Pommiers   | Hors assolement : Pommiers   |
| Hors assolement : Pêcher     | Hors assolement : Pêcher     |

### III.2.3 Les cycles végétatifs des cultures

Le cycle végétatif est un des éléments les plus déterminants, à l'échelle mondiale et continentale, de l'aptitude des terres à tels ou tels cultures et cultivars. A l'intérieur d'une zone intéressée par un projet de mise en valeur, il n'est pas rare que les périodes végétatives aient une durée variable, car la température, les disponibilités en eau et les précipitations n'y sont pas uniformes.

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau dessous :

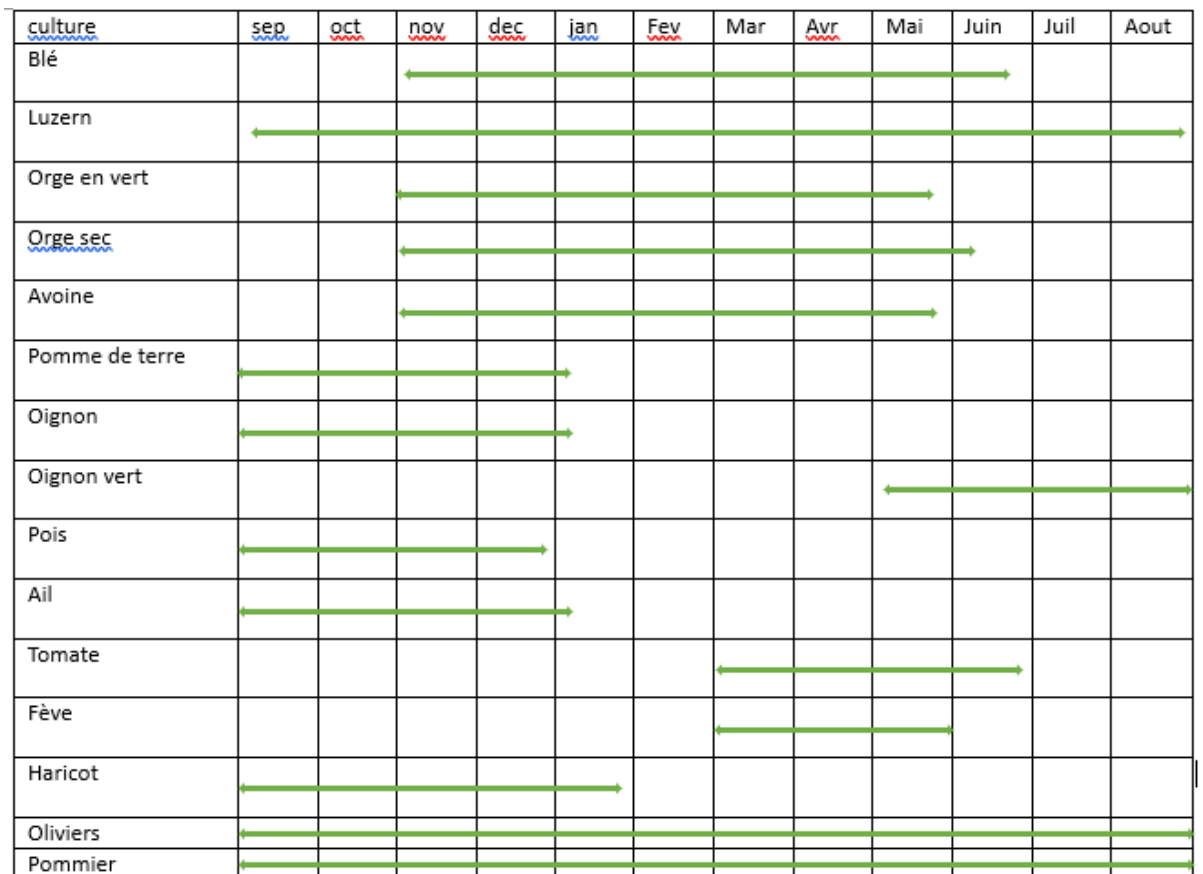


Figure III.2 – Les cycles végétatifs des cultures.

### III.3 Calcul des besoins en eau des cultures

Les résultats de calcul des besoins en eau des cultures choisi pour notre périmètre sont présentés comme suit :

## III.3.1 Les céréalicultures et fourragères

TABLE III.4 – Besoins en eau du Blé.

| Mois | P <sub>moy</sub><br>(mm) | P <sub>eff</sub><br>(mm) | ET0<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | RS <sub>i-1</sub><br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | B <sub>net</sub><br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|------------------|----------|-------------|---------------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34           | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84           | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04            | 0.3      | 33          | 0.0                       | 0.6  | 50.4        | 45                       |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75            | 0.5      | 55          | 0.0                       | 0.8  | 45.4        | 40.5                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24            | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.95 | 74.7        | 66.7                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99            | 0.6      | 66          | 0.0                       | 1.1  | 75.9        | 71.2                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93           | 0.6      | 66          | 0.0                       | 1.1  | 124.2       | 110.9                    |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87           | 0.6      | 66          | 0.0                       | 1.1  | 193.5       | 187.2                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68           | 0.6      | 66          | 0.0                       | 1    | 208.7       | 203.7                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11           | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.7  | 154.1       | 147.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55           | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08           | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |

TABLE III.5 – Besoins en eau du Luzerne.

| Mois | P <sub>moy</sub><br>(mm) | P <sub>eff</sub><br>(mm) | ET0<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | RS <sub>i-1</sub><br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | B <sub>net</sub><br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|------------------|----------|-------------|---------------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34           | 0.40     | 44          | 0.0                       | 0.65 | 141.9       | 130.2                    |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84           | 0.40     | 44          | 0.0                       | 0.65 | 75.9        | 62.7                     |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04            | 0.70     | 77          | 0.0                       | 0.7  | 58.8        | 53.4                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75            | 0.90     | 99          | 0.0                       | 0.8  | 45.5        | 40.5                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24            | 1.0      | 110         | 0.0                       | 0.9  | 45.2        | 37.2                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99            | 1.2      | 132         | 0.0                       | 0.95 | 65.5        | 60.8                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93           | 1.2      | 132         | 0.0                       | 1.05 | 118.6       | 113.9                    |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87           | 1.2      | 132         | 0.0                       | 1.05 | 184.7       | 171.3                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68           | 1.2      | 132         | 0.0                       | 1.15 | 239.9       | 234.9                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11           | 1.2      | 132         | 0.0                       | 1.25 | 275.1       | 268.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55           | 1.2      | 132         | 0.0                       | 0.8  | 221.6       | 220                      |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08           | 1.2      | 132         | 0.0                       | 0.8  | 196.1       | 191.7                    |

TABLE III.6 – Besoins en eau du Orge sec.

| Mois | P <sub>moy</sub><br>(mm) | P <sub>eff</sub><br>(mm) | ET <sub>0</sub><br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | RS <sub>i-1</sub><br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | B <sub>net</sub><br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------|-------------|---------------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04                        | 0.3      | 33          | 0.0                       | 0.3  | 25.2        | 19.8                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75                        | 0.5      | 55          | 0.0                       | 0.4  | 22.7        | 17.7                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24                        | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.7  | 35.2        | 27.2                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99                        | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.85 | 58.6        | 53.9                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93                       | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.95 | 107.3       | 94                       |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87                       | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.75 | 131.9       | 125.6                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68                       | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.6  | 125.2       | 120.2                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |

TABLE III.7 – Besoins en eau du Orge en vert.

| Mois | P <sub>moy</sub><br>(mm) | P <sub>eff</sub><br>(mm) | ET <sub>0</sub><br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | RS <sub>i-1</sub><br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | B <sub>net</sub><br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------|-------------|---------------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04                        | 0.5      | 55          | 0.0                       | 0.4  | 33.6        | 28.2                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75                        | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.7  | 39.7        | 34.7                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24                        | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.85 | 42.7        | 34.7                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99                        | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.95 | 65.5        | 60.8                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93                       | 0.6      | 66          | 0.0                       | 1.05 | 118.6       | 105.3                    |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87                       | 0.6      | 66          | 0.0                       | 1.05 | 184.7       | 178.4                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68                       | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.87 | 181.6       | 176.6                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11                       | 0.6      | 66          | 0.0                       | 0.75 | 165.1       | 158.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08                       | -        | -           | -                         | -    | -           | -                        |

TABLE III.8 – Besoins en eau d'Avoine.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc  | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|-----|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.3 | 25.2        | 19.8                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.8 | 45.4        | 40.4                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | 0.6      | 66          | 0.0                | 1.2 | 60.3        | 52.3                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | 0.6      | 66          | 0.0                | 1   | 69          | 64.3                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.8 | 90.3        | 77                       |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.6 | 105.5       | 99.2                     |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.3 | 62.6        | 57.6                     |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |

### III.3.2 Les cultures maraîchages

TABLE III.9 – Besoins en eau du Pomme de terre.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | 0.25     | 27.5        | 0.0                | 0.5  | 56.5        | 43.2                     |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | 0.5      | 55          | 0.0                | 0.7  | 123.1       | 116.8                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 0.5      | 55          | 0.0                | 0.9  | 187.8       | 182.8                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | 0.5      | 55          | 0.0                | 0.75 | 165.1       | 158.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |

TABLE III.10 – Besoins en eau d'Oignon.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | 0.3      | 33          | 0.0                | 1.1  | 240.2       | 228.4                    |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | 0.4      | 44          | 0.0                | 1.1  | 128.5       | 115.3                    |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | 0.5      | 55          | 0.0                | 0.9  | 75.6        | 70.2                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.85 | 48.2        | 43.2                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |

TABLE III.11 – Besoins en eau d'Oignon vert + Ail.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 0.3      | 33          | 0.0                | 0.5  | 104.3       | 99.3                     |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | 0.4      | 44          | 0.0                | 0.8  | 176.1       | 169.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | 0.5      | 55          | 0.0                | 0.95 | 251.3       | 249.7                    |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.7  | 171.6       | 167.2                    |

TABLE III.12 – Besoins en eau du Pois.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc  | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|-----|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | 0.3      | 33          | 0.0                | 0.5 | 109.2       | 97.4                     |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | 0.7      | 77          | 0.0                | 0.7 | 81.8        | 68.6                     |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | 0.7      | 77          | 0.0                | 0.9 | 75.6        | 70.2                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | 0.7      | 77          | 0.0                | 0.8 | 45.4        | 40.4                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | 0.7      | 77          | 0.0                | 0.7 | 35.2        | 27.2                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |

TABLE III.13 – Besoins en eau du Tomate.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | 0.7      | 77          | 0.0                | 0.5  | 56.5        | 43.2                     |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | 0.9      | 99          | 0.0                | 0.85 | 149.5       | 143.2                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 1.2      | 132         | 0.0                | 1.15 | 240         | 235                      |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | 1.2      | 132         | 0.0                | 0.9  | 198.1       | 191.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |

TABLE III.14 – Besoins en eau du Fèves.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc  | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|-----|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | 0.6      | 66          | 0.0                | 0.5 | 56.5        | 43.2                     |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | 0.7      | 77          | 0.0                | 1.1 | 193.5       | 187.2                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 0.7      | 77          | 0.0                | 0.9 | 187.8       | 182.8                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |

TABLE III.15 – Besoins en eau d'Haricot.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | 0.1      | 11          | 0.0                | 0.8  | 174.7       | 163                      |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | 0.15     | 16.5        | 0.0                | 1.1  | 128.5       | 115.3                    |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | 0.2      | 22          | 0.0                | 0.95 | 79.8        | 74.4                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | 0.25     | 27.5        | 0.0                | 0.95 | 53.9        | 48.9                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | 0.3      | 33          | 0.0                | 0.7  | 35.2        | 27.2                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |

TABLE III.16 – Besoins en eau du Carotte.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc  | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|-----|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | 0.35     | 38.5        | 0.0                | 1   | 218.3       | 206.6                    |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | 0.45     | 49.5        | 0.0                | 0.9 | 105.2       | 92                       |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | -        | -           | -                  | -   | -           | -                        |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | 0.15     | 16.5        | 0.0                | 0.7 | 185.2       | 183.6                    |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | 0.25     | 27.5        | 0.0                | 0.9 | 220.6       | 216.2                    |

TABLE III.17 – Besoins en eau du Melon.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | 0.2      | 22          | 0.0                | 0.5  | 87.9        | 81.6                     |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 0.40     | 44          | 0.0                | 0.8  | 166.9       | 161.9                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | 0.6      | 66          | 0.0                | 1    | 220.1       | 213.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | 0.70     | 77          | 0.0                | 0.85 | 224.9       | 223.3                    |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | -        | -           | -                  | -    | -           | -                        |

## III.3.3 Les arboricultures

TABLE III.18 – Besoins en eau d'Olivier.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.65 | 141.9       | 130.2                    |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.6  | 70.1        | 56.9                     |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.6  | 50.4        | 45                       |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.5  | 28.4        | 23.4                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.5  | 25.1        | 17.1                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.6  | 41.4        | 36.7                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.65 | 73.4        | 60.1                     |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 123.1       | 109.8                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.75 | 156.5       | 151.5                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.8  | 176.1       | 169.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 185.2       | 183.6                    |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 171.6       | 167.2                    |

TABLE III.19 – Besoins en eau du Pommier.

| Mois | $P_{\text{moy}}$<br>(mm) | $P_{\text{eff}}$<br>(mm) | $ET_0$<br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | $RS_{i-1}$<br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | $B_{\text{net}}$<br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------|-------------|--------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 152.8       | 141.1                    |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 81.8        | 68.6                     |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 58.8        | 53.4                     |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 39.7        | 34.7                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 35.2        | 27.2                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99               | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 48.3        | 43.6                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.8  | 90.3        | 77                       |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.85 | 149.5       | 143.2                    |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.85 | 177.4       | 172.4                    |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 154.1       | 147.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 185.2       | 183.6                    |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08              | 1.5      | 165         | 0.0                | 0.7  | 171.6       | 167.1                    |

TABLE III.20 – Besoins en eau d'Abricotier.

| Mois | P <sub>moy</sub><br>(mm) | P <sub>eff</sub><br>(mm) | ET <sub>0</sub><br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | RS <sub>i-1</sub><br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | B <sub>net</sub><br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------|-------------|---------------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.75 | 163.8       | 152.1                    |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.6  | 70.1        | 56.9                     |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.6  | 50.4        | 45                       |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.5  | 28.4        | 23.4                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 20.1        | 12.1                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 27.6        | 22.9                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 45.2        | 31.9                     |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 70.3        | 64                       |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 83.5        | 78.5                     |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 88          | 81.6                     |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.7  | 185.2       | 183.6                    |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.8  | 196.1       | 191.7                    |

TABLE III.21 – Besoins en eau du Pêcher

| Mois | P <sub>moy</sub><br>(mm) | P <sub>eff</sub><br>(mm) | ET <sub>0</sub><br>(mm/mois) | Z<br>(m) | RFU<br>(mm) | RS <sub>i-1</sub><br>(mm) | Kc   | ETM<br>(mm) | B <sub>net</sub><br>(mm) |
|------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------|-------------|---------------------------|------|-------------|--------------------------|
| Sep  | 14.68                    | 11.75                    | 218.34                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.7  | 152.8       | 141.1                    |
| Oct  | 16.51                    | 13.21                    | 116.84                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.7  | 81.8        | 68.6                     |
| Nov  | 6.74                     | 5.39                     | 84.04                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.6  | 50.4        | 45                       |
| Déc  | 6.24                     | 4.99                     | 56.75                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 22.7        | 17.7                     |
| Jan  | 10.02                    | 8.02                     | 50.24                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 20.1        | 12.2                     |
| Fév  | 5.86                     | 4.69                     | 68.99                        | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 27.6        | 22.9                     |
| Mar  | 16.57                    | 13.26                    | 112.93                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 45.2        | 31.9                     |
| Avr  | 7.87                     | 6.3                      | 175.87                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.4  | 70.3        | 64                       |
| Mai  | 6.24                     | 4.99                     | 208.68                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.45 | 93.9        | 88.9                     |
| Juin | 8.06                     | 6.45                     | 220.11                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.5  | 110.1       | 103.6                    |
| Juil | 1.95                     | 1.56                     | 264.55                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.7  | 185.2       | 183.6                    |
| Août | 5.54                     | 4.43                     | 245.08                       | 1.5      | 165         | 0.0                       | 0.85 | 208.3       | 203.9                    |

III.4 Besoins en eau pour les assolements (1) et (2)

Table III.22 – Besoins en eau nets de l’ assolement

| M<br>oi | Blé   | Luz<br>erne | Avo<br>ine | Org<br>sec | Ail   | Oign<br>vert | P.d.t | Tom<br>ate | Pois | Mel<br>on | Oliv<br>ier | Abri<br>cotier | Pom<br>mier | Pêc<br>her | Tot<br>al |
|---------|-------|-------------|------------|------------|-------|--------------|-------|------------|------|-----------|-------------|----------------|-------------|------------|-----------|
| S       | 0.0   | 130.2       | 0.0        | 0.0        | 0.0   | 0.0          | 0.0   | 0.0        | 97.4 | 0.0       | 130.2       | 152.1          | 141.1       | 141.1      | 792.1     |
| O       | 0.0   | 62.7        | 0.0        | 0.0        | 0.0   | 0.0          | 0.0   | 0.0        | 68.6 | 0.0       | 56.9        | 56.9           | 68.6        | 68.6       | 382.3     |
| N       | 45    | 53.4        | 19.8       | 19.8       | 0.0   | 0.0          | 0.0   | 0.0        | 70.2 | 0.0       | 45          | 45             | 53.4        | 45         | 396.6     |
| D       | 140.5 | 40.5        | 40.4       | 17.7       | 0.0   | 0.0          | 0.0   | 0.0        | 40.4 | 0.0       | 23.4        | 23.4           | 34.7        | 17.7       | 378.8     |
| J       | 66.7  | 37.2        | 52.3       | 27.2       | 0.0   | 0.0          | 0.0   | 0.0        | 27.2 | 0.0       | 17.1        | 12.1           | 27.2        | 12.2       | 279.2     |
| F       | 71.2  | 60.8        | 64.3       | 53.9       | 0.0   | 0.0          | 0.0   | 0.0        | 0.0  | 0.0       | 36.7        | 22.9           | 43.6        | 22.9       | 376.3     |
| M       | 110.9 | 113.9       | 77         | 94         | 0.0   | 0.0          | 43.2  | 43.2       | 0.0  | 0.0       | 60.1        | 31.9           | 77          | 31.9       | 683.1     |
| A       | 187.2 | 171.3       | 99.2       | 125.6      | 0.0   | 0.0          | 116.8 | 143.2      | 0.0  | 81.6      | 109.8       | 64             | 143.2       | 64         | 1305.9    |
| M       | 203.7 | 234.9       | 57.6       | 120.2      | 99.3  | 99.3         | 182.8 | 235        | 0.0  | 161.9     | 151.5       | 78.5           | 172.4       | 88.9       | 1886      |
| J       | 147.6 | 268.6       | 0.0        | 0.0        | 169.6 | 169.6        | 158.6 | 191.6      | 0.0  | 213.6     | 169.6       | 81.6           | 147.6       | 103.6      | 1821.6    |
| J       | 0.0   | 220         | 0.0        | 0.0        | 249.7 | 249.7        | 0.0   | 0.0        | 0.0  | 223.3     | 183.6       | 183.6          | 183.6       | 183.6      | 1677.1    |
| A       | 0.0   | 191.7       | 0.0        | 0.0        | 167.2 | 0.0          | 0.0   | 0.0        | 0.0  | 0.0       | 167.2       | 191.7          | 167.1       | 203.9      | 1088.8    |

Table III.23 – Besoins en eau nets de l’ assolement

| Mo is | Blé   | Org sec | Org vert | flèv es | Tom ate | Har icot | Oig non | Car otte | Oliv ier | Pom mier | Pêc her | Abri cotier | Tot al |
|-------|-------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|-------------|--------|
| S     | 0.0   | 0.0     | 0.0      | 0.0     | 0.0     | 163      | 228.4   | 206.6    | 130.2    | 141.1    | 141.1   | 152.1       | 1162.5 |
| O     | 0.0   | 0.0     | 0.0      | 0.0     | 0.0     | 115.3    | 115.3   | 92       | 56.9     | 68.6     | 68.6    | 56.9        | 573.6  |
| N     | 45    | 19.8    | 28.2     | 0.0     | 0.0     | 74.4     | 70.2    | 0.0      | 45       | 53.4     | 45      | 45          | 665.2  |
| D     | 40.5  | 17.7    | 34.7     | 0.0     | 0.0     | 48.9     | 43.2    | 0.0      | 23.4     | 34.7     | 17.7    | 23.4        | 284.2  |
| J     | 66.7  | 27.2    | 34.7     | 0.0     | 0.0     | 27.2     | 0.0     | 0.0      | 17.1     | 27.2     | 12.2    | 12.1        | 224.4  |
| F     | 71.2  | 53.9    | 60.8     | 0.0     | 0.0     | 0.0      | 0.0     | 0.0      | 36.7     | 43.6     | 22.9    | 22.9        | 312    |
| M     | 110.9 | 94      | 105.3    | 43.2    | 43.2    | 0.0      | 0.0     | 0.0      | 60.1     | 77       | 31.9    | 31.9        | 597.5  |
| A     | 187.2 | 125.6   | 178.4    | 187.2   | 143.2   | 0.0      | 0.0     | 0.0      | 109.8    | 143.2    | 64      | 64          | 1202.6 |
| M     | 110.9 | 94      | 105.3    | 43.2    | 43.2    | 0.0      | 0.0     | 0.0      | 60.1     | 77       | 31.9    | 31.9        | 597.5  |
| J     | 147.6 | 0.0     | 158.6    | 0.0     | 191.6   | 0.0      | 0.0     | 0.0      | 169.6    | 147.6    | 103.6   | 81.6        | 1000.2 |
| J     | 0.0   | 0.0     | 0.0      | 0.0     | 0.0     | 0.0      | 0.0     | 183.6    | 183.6    | 183.6    | 183.6   | 183.6       | 918    |
| A     | 0.0   | 0.0     | 0.0      | 0.0     | 0.0     | 0.0      | 0.0     | 216.2    | 167.2    | 167.1    | 203.9   | 191.7       | 246.1  |

III.5 Calcul de débit spécifique

Le débit spécifique se calcul par la relation suivante :

$$q_{sp} = \frac{B_{net} \times 1000 \times 10}{N_i \times N_j \times E_f \times 3600}$$

(III.7)

Avec :

—  $B_{net}$  : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

- $N_i$  : Nombre des heures d'irrigation = 24 h.
- $N_j$  : Nombre de jours du mois de pointe = 30 jour.
- $E_i$  : Efficience d'irrigation = 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement I)  
D'où les besoins de pointe correspondent au mois de Mai :  $B_{net} = 1886 \text{ mm/mois}$ .

$$q_{sp} = 9.7 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5 l/s/ha, cela présente un risque de surdimensionnement. Pour y remédier, on prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe, (Luzerne,  $B=268.6 \text{ mm}$ ) :

$$q_{sp} = 1.3 \text{ l/s/ha} < 1.5 \text{ l}$$

### III.6 Calcul de débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé par la relation suivante :

$$Q_{car} = q_{sp} \times S \quad (\text{III.8})$$

Avec :

- $q_{sp}$  : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha).
- $S$  : la superficie nette à irriguer = 475 ha.

$$Q_{car} = q_{sp} \times S = 1.3 \times 475 = 617.5 \text{ l/s} = 0.617 \text{ m}^3/\text{s}.$$

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

$$B_{T_i} = B_{brut_i} \times S_i \quad (\text{III.9})$$

Avec :

- $B_{T_i}$  : Besoin totale en  $\text{m}^3$ .
- $B_{brut_i}$  : Besoin brut de la culture en  $\text{m}^3/\text{ha}$ .
- $S_i$  : la surface de la culture en ha.

TABLE III.24 – Volumes d'eau d'irrigation

| Type culture | Surface(ha) | Besoins nets(mm) | Besoin brut(m <sup>3</sup> /ha) | Besoins totaux(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|-------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Avoine       | 50          | 410.6            | 5474.6                          | 273730.0                        |
| Luzerne      | 50          | 1385.2           | 18469.3                         | 923465.0                        |
| Blé          | 50          | 872.8            | 11637.3                         | 581865.0                        |
| Orge         | 40          | 458.4            | 6112                            | 244480.0                        |
| Ail          | 30          | 685.8            | 9144                            | 274320.0                        |
| Oignon vert  | 30          | 685.8            | 9144                            | 274320.0                        |
| P.d.t        | 40          | 501.4            | 6685.3                          | 267412.0                        |
| Tomate       | 30          | 613              | 8173.3                          | 245199.0                        |
| Pois         | 30          | 303.8            | 4050.6                          | 121518.0                        |
| Melon        | 30          | 680.4            | 9072                            | 272160.0                        |
| Olivier      | 26          | 1151.1           | 15348                           | 399048.0                        |
| Abricotier   | 23          | 943.7            | 12582.6                         | 289399.8                        |
| Pommier      | 23          | 1259.5           | 16793.3                         | 386245.9                        |
| Pêcher       | 23          | 2253.3           | 30044                           | 691012.0                        |
| Total        | 475 ha      |                  |                                 | 5244174.7                       |

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons choisi les cultures pour notre périmètre et déterminé les besoins en eau de chaque culture, ce qui conduit à un débit spécifique de 1,3 l/s/ha. Ainsi, nous avons pu estimer le volume d'eau d'irrigation nécessaire pour notre périmètre, qui est de 5, 24Hm<sup>3</sup>.

## CHAPITRE IV

### ÉTUDE DE SYSTÈME D'ADDUCTION-DISTRIBUTION

#### Introduction

Dans ce chapitre, nous allons explorer en détail les différents éléments qui composent un réseau d'adduction – distribution comme les tuyaux, les bornes d'irrigation et d'autres aspects techniques, aussi de choisir leur diamètres en appuyant sur les besoins en eau des cultures. L'objectif est d'optimiser la gestion des ressources en eau dans le périmètre.

#### IV.1 Alimentation en eau d'irrigation

Le périmètre dont la surface est de 477 Ha, sera irrigué à partir de barrage *Seklafa* dont la capacité est de 30  $Hm^3$ , dont le volume alloué à l'irrigation est de 8.7  $Hm^3$ .

#### IV.2 Organisation du périmètre d'étude

Notre périmètre est organisé en deux secteurs, et divisé en 26 îlots. La taille des îlots varié entre 5 ha à 37 ha, pour une superficie totale de 477 hectares

##### IV.2.1 Îlots et bornes d'irrigation

L'îlot englobe un ensemble des parcelles, chaque îlot est alimenté en eau d'irrigation par des organes qui s'appelle : « bornes d'irrigation ».

la division du périmètre en îlots dépend de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles. . .etc.

La borne d'irrigation il faut assure quatre fonctions :

— La limite du débit .

- Régler la pression.
- Le vannage.
- Compter les volumes distribués par la prise.

#### IV.2.2 Calcul hydraulique des bornes

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

$$Q_b = q_{sp} \times S_i \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

- $Q_b$  : Débit de chaque îlot (l/s).
- $q_{sp}$  : Débit spécifique (l/s/ha).
- $S_i$  : Superficie de l'îlot (ha).

#### IV.2.3 Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'îlot et du nombre de parcelles. Il est détaillé dans le tableau suivant :

TABLE IV.1 – Types des bornes selon les parcelles.

| Nombr de parcelles | Type | Débit Fourni                                                                      | Entrée                | Sortie (prise) |
|--------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| 2                  | A2   | $Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11 l/s)                                         | 1 Entrée Ø80,100      | 2 Entrées Ø65  |
| 4-8                | A4   | $Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11 l/s)                                         | 2 Entrées Ø80,100     | 4 Entrées Ø65  |
| $2 \simeq 20ha$    | B2   | $40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11 l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) | 2 Entrées Ø80,100,125 | 2 Entrées Ø100 |
| 1                  | C    | $Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)                                         | 2 Entrées Ø80,100,125 | 1 Entrée Ø150  |

Pour notre périmètre le choix des bornes est détaillé dans le tableau suivant

TABLE IV.2 – Tableau IV.3 : Calcul des débits des îlots et choix du type de bornes

| N° îlot | Surface(ha) | Débit (l/s) | Type de borne |
|---------|-------------|-------------|---------------|
| 1       | 5.6843      | 7.389       | A2            |
| 2       | 16.8082     | 21.808      | B2            |
| 3       | 37.2812     | 48.466      | C             |
| 4       | 15.6593     | 20.357      | A4            |
| 5       | 20.2729     | 26.355      | B2            |
| 6       | 18.7076     | 24.319      | B2            |
| 7       | 21.824      | 28.371      | B2            |
| 8       | 9.1048      | 11.836      | A2            |
| 9       | 23.4307     | 30.459      | B2            |
| 10      | 18.5111     | 24.064      | A4            |
| 11      | 22.5014     | 29.251      | B2            |
| 12      | 14.83       | 19.279      | A4            |
| 13      | 5.9951      | 7.794       | A2            |
| 14      | 9.1534      | 11.899      | A4            |
| 15      | 25.432      | 33.061      | C             |
| 16      | 10.1779     | 13.231      | A4            |
| 17      | 20.2094     | 26.272      | B2            |
| 18      | 20.7816     | 27.016      | B2            |
| 19      | 15.6418     | 20.334      | A4            |
| 20      | 25.0843     | 32.609      | B2            |
| 21      | 16.7077     | 21.720      | B2            |
| 22      | 11.9108     | 15.484      | A4            |
| 23      | 17.8282     | 23.177      | B2            |
| 24      | 13.7675     | 17.898      | A4            |
| 25      | 18.121      | 23.557      | B2            |
| 26      | 14.2236     | 18.491      | A4            |

### IV3 Description de l'aménagement du périmètre

Le périmètre d'irrigation du Faidja est située à l'aval du barrage de Seklafa, pour cela 2 variantes sont proposées pour l'aménagement de ce périmètre :

Côte chambre de vanne : 1004 m

- Variante 1 : le système d'adduction est mixte (une conduite d'adduction gravitaire à partir de la chambre de vanne de barrage de SEKLAFa d'une altitude de 1004 m jusqu'à la station de pompage sur un linéaire de 12603 m, en suite, une conduite d'adduction de refoulement de la station jusqu'à le réservoir sur un linéaire de 550 m, sur une côte 990 m), le réservoir alimente le périmètre par la gravité.

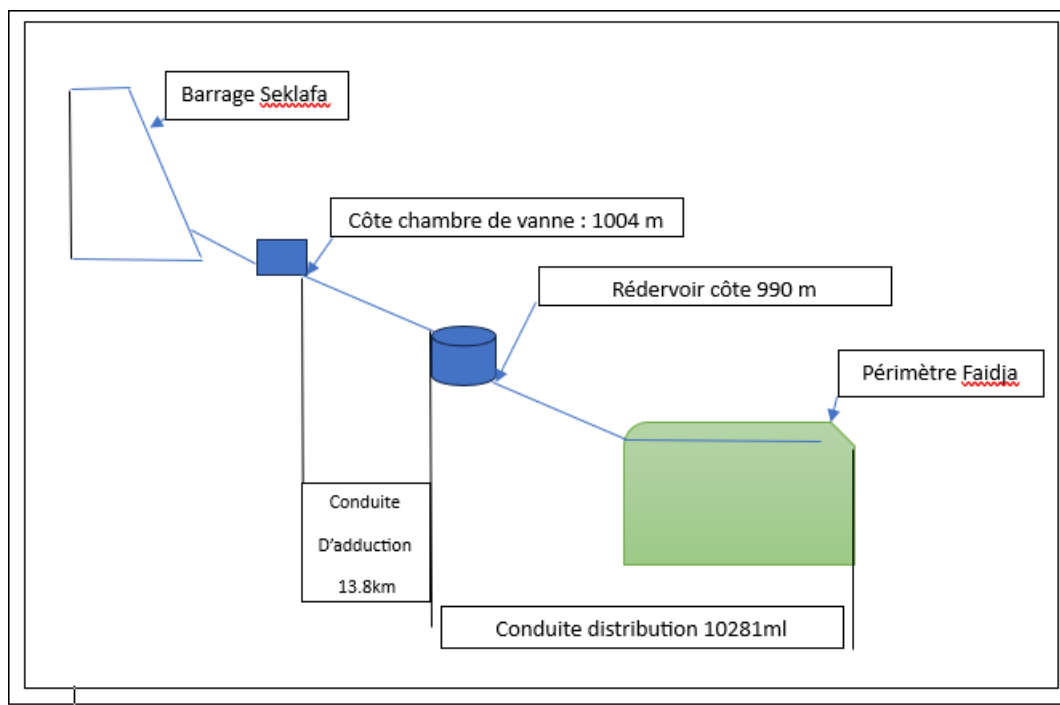


Figure IV.1 – Schéma descriptif de la variante 1 .

- Variante 2 : elle consistera à la projection d'une Conduite de Distribution directe de la chambre des vannes jusqu'à la dernière zone du périmètre Seklafa sur un linéaire 28208 ml.

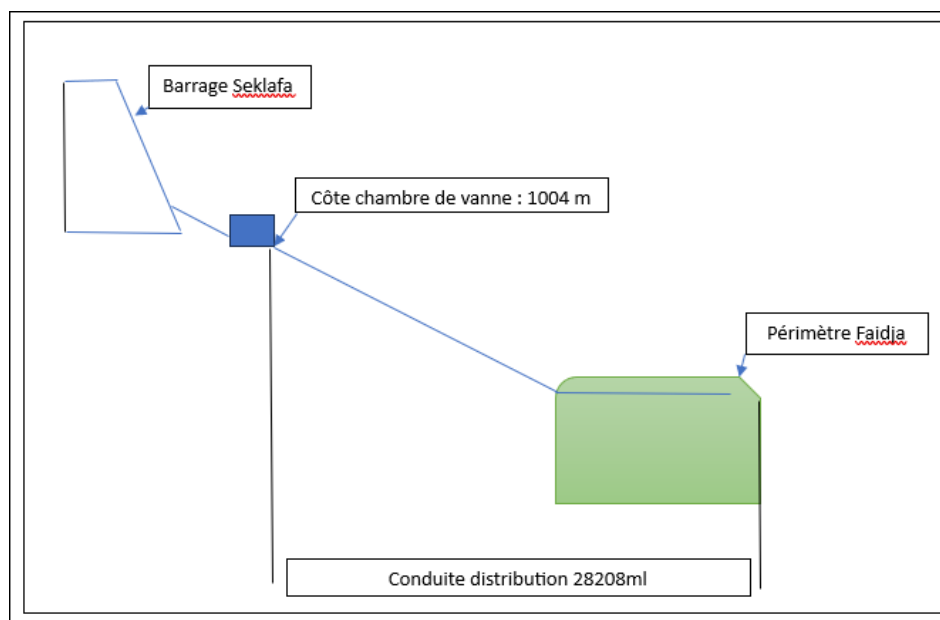


Figure IV.2 – Schéma descriptif de la variante 2.

#### IV.4 Choix de la variante

Notre périmètre d'étude est situé en aval du barrage de Sekfala et la différence d'altitude est importante ce qui permet de profiter de la pression naturelle vu que la charge statique dépasse 10 bars (100 m) entre le barrage et le périmètre.

Après l'analyse des conditions du choix de la variante on constate que la variante 1 est la plus adaptée pour notre cas.

#### IV.5 Étude du système de pompage

"Les pompes sont des dispositifs conçus pour aspirer un liquide d'un endroit et le refouler vers un autre. Elles sont utilisées pour déplacer des liquides, qu'il s'agisse d'eau, de gaz, ou de tout autre fluide. Les pompes fonctionnent en créant un déplacement mécanique qui augmente la pression d'un fluide, ce qui permet de le faire circuler dans un système".[7]

##### IV.5.1 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

La hauteur manométrique totale est donnée par la formule :

$$HMT = (H_{asp} + H_{ref}) + J + P_r \quad (IV.2)$$

Tel que :

- HMT :Hauteur Manométrique Totale en (m).
- $H_{asp}$  : Hauteur d'aspiration.
- $H_{ref}$  : Hauteur de refoulement (m).
- J : Perte de charge fonction de la longueur du conduite, des accessoires.
- $P_r$  : Pression résiduelle(pression à la sortie du tube de refoulement (0.5-1m)).

##### IV.5.1.1 Calcul de la hauteur géométrique

$$H_g = H_r - H_b = 1012 - 972.8 = 39.2m. \quad (IV.3)$$

Avec :

- $H_g$  : Hauteur géométrique (m).
- $H_r$  : Cote terrain naturel aval (réservoir) (m).
- $H_b$  : Cote terrain naturel amont (bâche) (m).

#### IV.5.1.2 Calcul des pertes de charge totales

Pour calculer les pertes de charge linéaires, nous avons utilisé la formule de Hazen Williams :

$$J = \left( \frac{3.592}{C_{HW}} \right)^2 \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad (IV.4)$$

Avec :

- J : Pertes de charge unitaire (m).
- Q : Débit (m<sup>3</sup>/s).
- D : Diamètre de la conduite.
- L : longueur de tronçon (550 m).
- C<sub>HW</sub> : coefficient de Hazen Williams.

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

Les pertes de charge totale :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \quad (IV.5)$$

Calcul du débit forcé :

$$Q_{f\text{orc}} = Q_c \times 1.05 = 0.617 \times 1.05 = 0.648 \text{ m}^3/\text{s} \quad (IV.6)$$

Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{3.592^2 \times L \times Q_{f\text{orc}}^{1.852}}{J}} = \sqrt[4.87]{\frac{3.592^2 \times 550 \times 0.648^{1.852}}{2.488}} = 0.804 \text{ m} = 804 \text{ mm}. \quad (IV.7)$$

Les résultats du calcul des hauteurs manométriques totales pour les différents diamètres des conduites en PRV sont mentionnées dans le tableau suivant :

TABLE IV.3 – Résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.

| Débit (m <sup>3</sup> /s) | Diamètre (mm) | Vitesse (m/s) | L(m) | $\Delta H_L$ (m) | $\Delta H_S$ (m) | $\Delta H_T$ (m) | HMT (m) |
|---------------------------|---------------|---------------|------|------------------|------------------|------------------|---------|
| 0.648                     | 600           | 2.29          | 550  | 2.262            | 0.226            | 2.488            | 41.688  |
| 0.648                     | 700           | 1.68          | 550  | 1.067            | 0.106            | 1.174            | 40.374  |
| 0.648                     | 800           | 1.28          | 550  | 0.557            | 0.055            | 0.613            | 39.813  |
| 0.648                     | 900           | 1.01          | 550  | 0.314            | 0.031            | 0.345            | 39.545  |
| 0.648                     | 1000          | 0.82          | 550  | 0.188            | 0.018            | 0.206            | 39.406  |

#### IV.5.2 Calcul des frais d'exploitation

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

$$F_{exp} = E \times e \quad (IV.8)$$

Avec :

- $F_{exp}$  : Frais d'exploitation (DA).
- $E$  : Énergie consommée par la pompe (Kwh).
- $e$  : prix unitaire d'un Kwh imposé par la SONEGAS. ( $e = 4,67$  DA)

#### IV.5.2.1 Puissance des pompes

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

$$P_{abs} = \frac{HMT \times g \times Q}{\eta} \quad (IV.9)$$

Avec :

- $P_{abs}$  : Puissance absorbée par la pompe (KwH).
- $g$  : Pesanteur ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- $Q$  : Débit refoulé par la pompe ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- $\eta$  : Rendement du pompage (75%).

#### IV.5.2.2 Énergie consommée par la pompe

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

$$E = P_{abs} \times t \times 365 \quad (IV.10)$$

Avec :

- $E$  : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kwh).
- $t$  : Temps de pompage (heure), dans notre cas  $t = 22 \text{ h}$
- $P_{abs}$  : Puissance absorbée (Kwh)

Les résultats du calcul des frais d'exploitation pour les différents diamètres des conduites en PRV sont mentionnées dans le tableau suivant :

TABLE IV.4 – Calcul des frais d'exploitation.

| Diamètre (mm) | HMT (m) | P(KWh) | E (KWh/an)  | F. exploitation (DA) |
|---------------|---------|--------|-------------|----------------------|
| 600           | 39.813  | 353.34 | 2837377.96  | 13250555.07          |
| 700           | 41.688  | 342.21 | 2747946.647 | 12832910.84          |
| 800           | 40.374  | 337.44 | 2709719.082 | 12654388.11          |
| 900           | 39.545  | 335.18 | 2691504.416 | 12569325.62          |
| 1000          | 39.406  | 334.00 | 2682066.923 | 12525252.53          |

#### IV.5.3 Calcul des frais d'investissement

Les frais d'investissement sont donnés par la formule suivante :

$$F_{inv} = P_c \times A \quad (IV.11)$$

Tel que :

- $F_{inv}$  : Les frais d'investissement (DA).
- $P_c$  : Prix de la conduite (DA).
- $A$  : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{1 - (i + 1)^n} = \frac{0.08}{1 - (0.08 + 1)^{30}} = 0.0888. \quad (IV.12)$$

- $i$  : Taux intérêt (8 %).
- $n$  : Durée de l'amortissement de la conduite ( $n=30$  ans).

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

TABLE IV.5 – Calcul de frais d'investissement

| Diamètre (mm) | Prix de ml (DA/m) | L(m) | Prix total (DA) | A      | Frais inv (DA) |
|---------------|-------------------|------|-----------------|--------|----------------|
| 600           | 12950             | 550  | 7122500         | 0.0888 | 632478         |
| 700           | 16800             | 550  | 9240000         | 0.0888 | 820512         |
| 800           | 17000             | 550  | 9350000         | 0.0888 | 830280         |
| 900           | 17500             | 550  | 9625000         | 0.0888 | 854700         |
| 1000          | 18000             | 550  | 9900000         | 0.0888 | 879120         |

#### IV.5.4 Bilan total des frais

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

TABLE IV.6 – Bilan total des frais

| Diamètre(mm) | Frais inv (DA) | Frais exp (DA) | Bilan (DA)  |
|--------------|----------------|----------------|-------------|
| 600          | 632478         | 13250555.07    | 13883033.07 |
| 700          | 820512         | 12832910.84    | 13653422.84 |
| 800          | 830280         | 12654388.11    | 13484668.11 |
| 900          | 854700         | 12569325.62    | 13424025.62 |
| 1000         | 879120         | 12525252.53    | 13404372.53 |

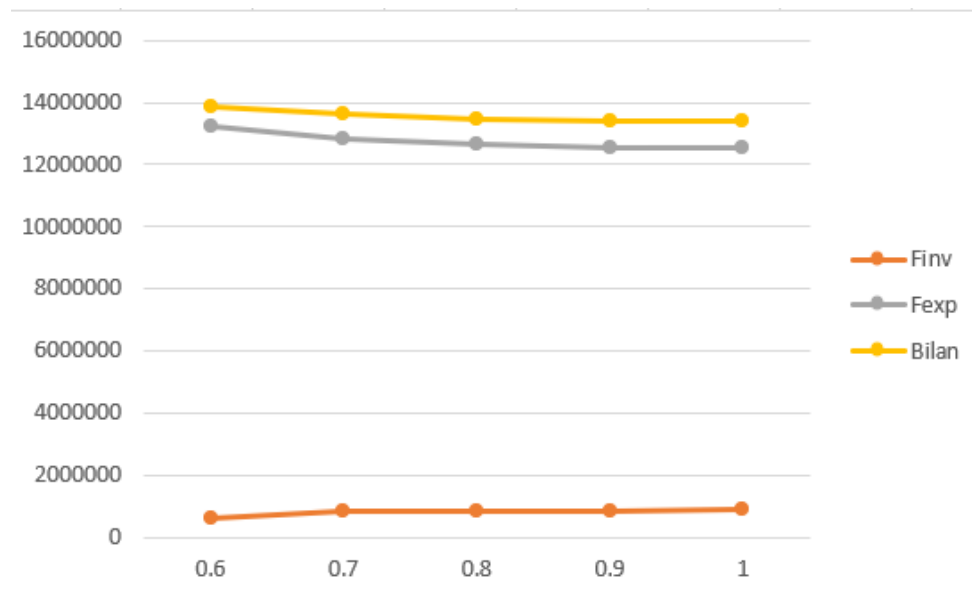


Figure IV.3 – Bilan total des frais en fonction des diamètres.

Selon la combinaison des frais d'investissement et d'exploitation, le bénéfice va au profit du diamètre DN 800 dont la vitesse est de 1.28 m/s et un débit de  $0.648 \text{ m}^3/\text{s}$  pour un HMT égale à 41.688 m.

#### IV.5.5 Choix de nombre et de type de pompe

##### IV.5.5.1 Critères de choix de nombre des pompes

Il faut que notre choix respect certaines conditions qui sont :

- Puissance absorbée minimale.
- Nombre minimale de pompes.
- Meilleur rendement.
- Vitesse de rotation élevée.
- $(NPSH)_r$  minimal.

##### IV.5.5.2 Critères de choix de types des pompes

Le choix de type des pompes se base sur les critères suivants :

- Puissance absorbée minimale.
- Assurer du débit et d'hauteur.
- Meilleur rendement.
- Pompe anti cavitation.

##### IV.5.5.3 Choix des pompes

Pour déterminer le type et le nombre des pompes on utilise le logiciel Caprari, et les résultats sont donnée dans le tableau suivant :

TABLE IV.7 – IV.8 : Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari.

| Nombre des pompes | Débit demandé (l/s) | HMT demandé (m) | Type de pompe | Q pompe (l/s) | HMT pompe (m) | Puissance (kW) | $\eta$ (%) | NPSH (m) |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------|----------|
| 1                 | 648                 | 41.688          | -             | -             | -             | -              | -          | -        |
| 2                 | 324                 | 41.688          | -             | -             | -             | -              | -          | -        |
| 3                 | 216                 | 41.688          | PM 150        | 79.3          | 58.8          | 43.1           | 77.4       | 2.28     |
| 4                 | 162                 | 41.688          | PM 125        | 40.5          | 56.2          | 21.7           | 76.1       | 2.14     |
| 5                 | 129.6               | 41.688          | PM 125        | 28.9          | 53.4          | 16.3           | 73.4       | 1.66     |

D'après les résultats obtenus par le logiciel Caprari, Le système de pompage utilisé dans l'irrigation du périmètre Faidja composé de 3 pompes de type PM 150 et une pompe de secours.

#### IV.5.6 Protection contre cavitation

La cavitation est la formation de vides partiels dans un liquide par un corps solide qui bouge rapidement (tel qu'une hélice) ou par des ondes sonores à haute intensité. Pour assurer que nos pompes soient protégées contre la cavitation, il faut vérifier la condition suivante :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d \quad (IV.13)$$

Tel que :

- $(NPSH)_r$  : Charge nette d'aspiration requise (fournie par le constructeur).
- $(NPSH)_d$  : Charge nette d'aspiration disponible (fournie par l'installateur).

On calcul le  $(NPSH)_d$  par la relation :

$$(NPSH)_d = \frac{P_{atm}}{w} - \frac{P_v}{w} - (h_a^{adm} + \Delta H_{asp}) - \frac{V_{asp}^2}{2g} \quad (IV.14)$$

Avec :

- $\frac{P_{atm}}{w}$  : La hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de w l'emplacement de la station de pompage (10.33 mce).
- $P_v$  : Pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C (on prend 0.183 mce à 18°C).
- $h_a^{adm}$  : La différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe (3 m).
- $\Delta H_{asp}$  : Perte de charge à l'aspiration (0.68 m).
- $V$  : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (1.1 m/s).

AN :  $(NPSH)_d = 10.33 - 0.183 - 3 - 0.68 - \frac{1.1^2}{2g} = 6.4m > 2.28 + 0.5m$ , Alors notre installation de pompes est protégée contre la cavitation.

#### IV.5.7 Protection contre le coup de bélier

Le coup de bélier est une augmentation soudaine de la pression dans une tuyauterie, provoquée par des changements rapides de la vitesse d'écoulement. Ce phénomène se produit lorsqu'un fluide en mouvement dans un système fermé est contraint de s'arrêter brusquement ou de changer de direction.

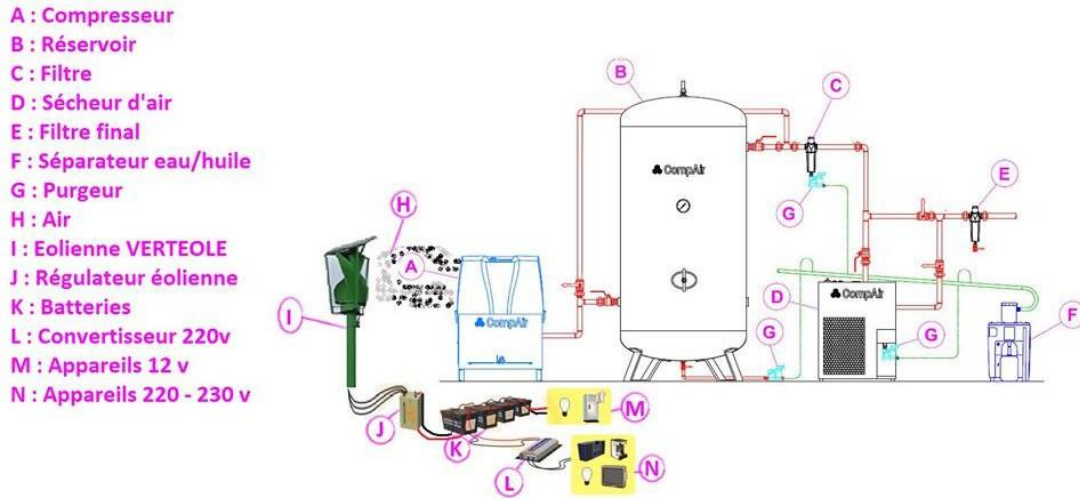


Figure IV.4 – Schéma de réservoir d'air(Google,Mai 2025).

On utilise la méthode de Vibert, Cette méthode suit les étapes suivantes :

— Calcul de  $Z_0$  :

$$Z_0 = H_g + 10 = 39.2 + 10 = 49.2m. \quad (IV.15)$$

— Calcul du  $Z_{max}$  :

$$Z_{max} = P_n + 10 = 100 + 10 = 110m. \quad (IV.16)$$

— Calcul du  $\frac{Z_{max}}{Z_0}$  :

$$\frac{Z_{max}}{Z_0} = 2.235 \quad (IV.17)$$

— Calcul du  $h_0$  :

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{2.29^2}{2 \times 9.81} = 0.269 \quad (IV.18)$$

— Calcul du  $\frac{h_0}{Z_0}$  :

$$\frac{h_0}{Z_0} = 0.00547 \quad (IV.19)$$

D'après l'abaque de Vibert on trouve :

— Calcul du  $\frac{Z_{min}}{Z_0}$  :

$$\frac{Z_{min}}{Z_0} = 0.57 \quad (IV.20)$$

Alors :  $Z_{min} = 28.044$

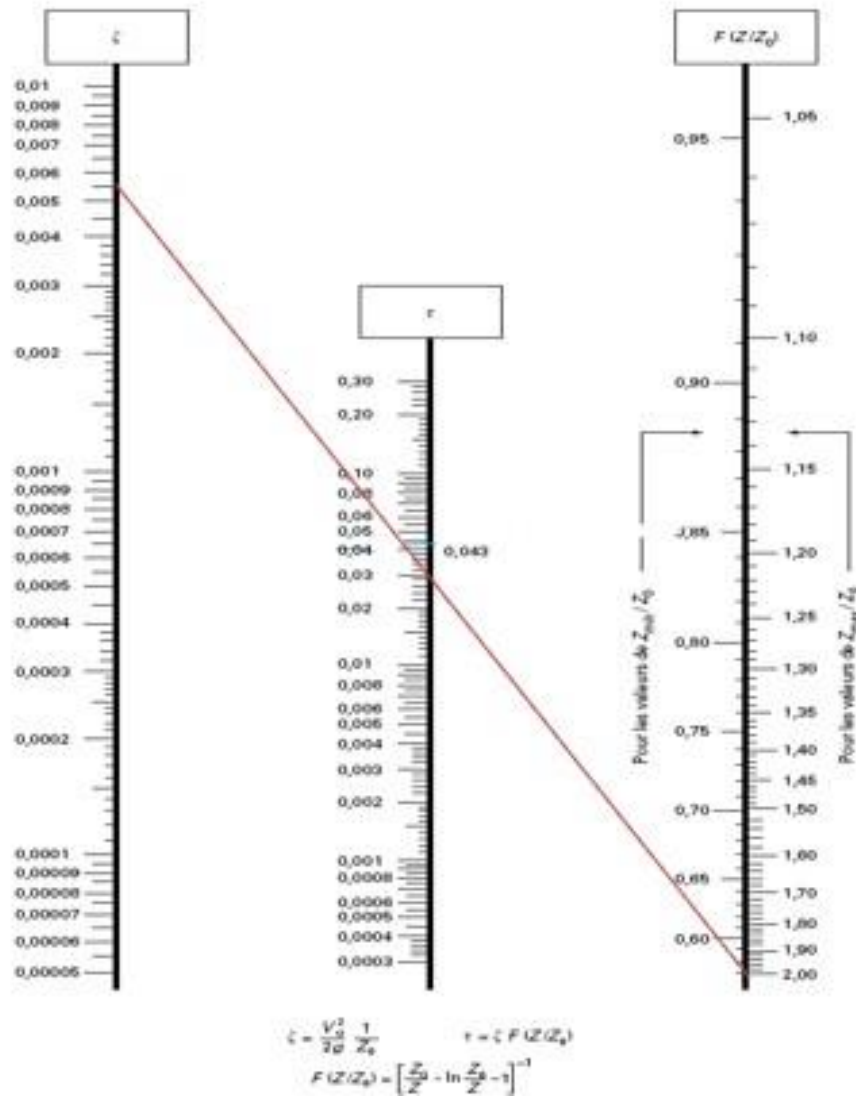


Figure IV.5 – Abaque de Vibert (Volume de réservoir d'air).

— Calcul du  $\frac{u_0}{L \times S}$  :

$$\frac{u_0}{L \times S} = 0.007 \quad (IV.21)$$

Alors :  $u_0 = 550 \times 0.282 \times 0.007 = 4.653 m^3$ .

— Calcul du  $u_{max}$  :

$$u_{max} = \frac{u_0 \times Z_0}{Z_{min}} = 8.163 m^3. \quad (IV.22)$$

— On major  $u_{max}$  par 20% :

$$V_{reservoir} = 1.2 \times u_{max} = 9.79 m^3. \quad (IV.23)$$

On a trouvé que le volume nécessaire pour protéger le système contre le coup de bélier est égal à  $10 m^3$ .

— Calcul de pression restante :

$$P_{rest} = Z_{min} - 10 = 18.044 m. \quad (IV.24)$$

— Calcul de dépression :

$$D_{pression} = Z_0 - P_{rest} = 31.156 > 0 m. \quad (IV.25)$$

Donc l'installation est protégée contre les dépressions.

## IV.6 Dimensionnement du réservoir de stockage

$$V_{reservoir} = Q_{f\ orc} \times T_{nf} \quad (IV.26)$$

Avec :

—  $V_{reservoir}$  : Volume de réservoir( dans notre cas il est circulaire ) ( $m^3$ ).

—  $Q_{f\ orc}$  : Débit forcé (  $m^3/h$  ) :

$$Q_{f\ orc} = Q_c \times 1.05 = 0.617 \times 1.05 = 0.648 m^3/s \quad (IV.27)$$

—  $T_{nf}$  : Temps de non fonctionnement( 2 h).

AN :  $V_{reservoir} = 0.648 \times 3600 \times 2 = 4664.52 m^3/s$ .

On prend un volume de  $5000 m^3$  et on fixe la hauteur de réservoir égale à 5 m.

Alors :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V_{reservoir}}{\pi \times h}} \quad (IV.28)$$

Tel que :

— h : hauteur utile optimale d'eau (m).

$$AN : D = \sqrt{\frac{4 \times 5000}{\pi \times 5}} = 35.68m, \text{ on prend } D = 36m.$$

## IV.7 Dimensionnement du réseau d'adduction-distribution

### IV.7.1 Choix du tracé

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction, les points suivants doivent être pris en considération :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible, afin de limiter les contre pentes et de réduire la longueur totale du tracé.
- Contourner les forêts, bois et zones marécageuses pour faciliter l'installation.
- Éviter le phénomène de cavitation et le coup de bélier.
- Réduire autant que possible la traversée des obstacles (routes, oueds, ...).

### IV.7.2 Choix des matériaux des canalisations

Le choix des conduites utilisées dépendent de plusieurs caractéristiques (topographiques, les pressions, les débits, le coût, ...). Dans notre étude nous avons choisi les conduites suivantes :

A/ PEHD (polyéthylène) : Ces tuyaux sont les plus couramment employés, parce que ils résistent bien aux chocs, ne sont pas sensibles aux chocs thermiques et ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service.

B/ PRV (polyester renforcé verre) : C'est un type de conduite fabriquée à partir de résine thermodurcissable renforcée par des fibres de verre. Ces conduites résistent à la corrosion, légers, supporte des pressions internes et des charges extérieures importantes.

Dans notre cas, on optons pour des conduites d'adduction en PRV d'un diamètre de 800 mm, des conduites de distribution en PEHD si leur diamètre est inférieur ou égal à 400 mm et en PRV dans le cas contraire.

### IV.7.3 conduite d'adduction gravitaire

Une conduite d'adduction gravitaire qui prend départ à partir de la chambre de vanne de barrage de *Seklaf* à d'une altitude de 1004 m jusqu'à la station de pompage d'une altitude de 975.28 m sur un linéaire de 12603 ml.

— Calcul du diamètre :

$$D_{cal} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.617}{\pi \times 1.5}} = 0.723 \quad (IV.29)$$

On le normalisé à 800 mm.

— Estimation des pertes de charge :

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_{HW}} \right)^2 \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} = 11.66m \quad (IV.30)$$

$$\Delta H_T = 1.1 \Delta H_L = 12.82m. \quad (IV.31)$$

#### IV.7.4 conduite d'adduction par refoulement

Une conduite d'adduction par refoulement qui prend départ à partir de station de pompage qui sert à refouler l'eau vers un réservoir à projeter d'une capacité de 5000 m<sup>3</sup> à la cote TN 1012 m sur un linéaire de 550 m.

#### IV.7.5 Calculs hydrauliques

##### IV.7.5.1 Vitesses admissibles

La vitesse admissible dans le réseau d'irrigation varie entre 0.5 m/s et 2.5 m/s. Dans notre étude, la vitesse admissible a été fixée à 1,5 m/s.

##### IV.7.5.2 Calcul des diamètres

L'estimation des diamètres des conduites est faite selon la formule de continuité de Chezy :

$$D_{cal} = \sqrt[3]{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (IV.32)$$

Avec :

- Débit véhiculé par le tronçon considéré(m<sup>3</sup>/s).
- Diamètre exprimé en (mm).
- vitesse d'écoulement dans les conduites(m/s).

##### IV.7.5.3 Calcul des pressions

Le calcul des pressions est basé sur le principe de Bernoulli, avec la relation suivante :

$$Z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \quad (IV.33)$$

Avec :

- $h_1$  et  $h_2$  : les hauteurs de pressions aux points 1 et 2 .
- $Z_1$  et  $Z_2$  : les côtes du terrain naturel aux points 1 et 2 .
- $V_1$  et  $V_2$  : les vitesses d'écoulement aux points 1 et 2.
- $\Delta H$  : Les pertes de charges totales entre les points 1 et 2

IV.7.54 Estimation des pertes de charge

Pour calculer les pertes de charge unitaire, nous avons utilisé la formule de Hazen Williams :

$$J = \left( \frac{3.592}{C_{HW}} \right)^2 \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad (IV.34)$$

Avec :

- J : Pertes de charge unitaire (m).
- Q : Débit (  $m^3/s$  ).
- D : Diamètre de la conduite considérée.
- L : longueur de tronçon (m).
- $C_{HW}$  : coefficient de Hazen Williams.

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

Les résultats de calcul hydrauliques du réseau de distribution sont détaillés dans le tableau suivant :

TABLE IV.8 – Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.

| N° du tronçon    | longueur (m) | Superficie (ha) | Débit (l/s) | Diamètre (mm) | Vitesse (m/s) | P.d.c total(m) | cote terrain amont | cote terrain aval | cote piéz amont | cote piéz aval | Pression en (m) |
|------------------|--------------|-----------------|-------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| <i>Re – Ts</i>   | 10485        | 449.6498        | 0.58        | 0.70          | 1.51          | 31.47          | 1012               | 890.26            | 1018            | 986.52         | 96.27           |
| <i>Ts – N2</i>   | 50           | 449.9498        | 0.58        | 0.70          | 1.51          | 0.15           | 890.26             | 891.54            | 986.52          | 986.37         | 94.84           |
| <i>N2 – B15</i>  | 338          | 25.432          | 0.03        | 0.2           | 1.05          | 2.21           | 891.54             | 896.07            | 986.37          | 984.16         | 88.09           |
| <i>N2 – N3</i>   | 100          | 424.2178        | 0.55        | 0.7           | 1.43          | 0.27           | 891.54             | 890.4             | 986.38          | 986.11         | 95.71           |
| <i>N3 – N4</i>   | 799          | 424.2178        | 0.55        | 0.7           | 1.43          | 2.15           | 890.4              | 890.72            | 986.11          | 983.95         | 93.23           |
| <i>N4 – N5</i>   | 623          | 348.7848        | 0.45        | 0.7           | 1.17          | 1.17           | 890.72             | 899.68            | 983.95          | 982.79         | 83.11           |
| <i>N5 – N6</i>   | 500          | 318.334         | 0.41        | 0.6           | 1.46          | 1.68           | 899.68             | 898.98            | 982.79          | 981.11         | 82.13           |
| <i>N6 – N7</i>   | 200          | 205.6658        | 0.26        | 0.5           | 1.36          | 0.73           | 898.98             | 898.44            | 981.11          | 980.38         | 81.94           |
| <i>N7 – N8</i>   | 300          | 184.8842        | 0.24        | 0.5           | 1.22          | 0.89           | 898.44             | 898.37            | 980.38          | 979.49         | 81.12           |
| <i>N8 – B19</i>  | 168          | 30.4718         | 0.03        | 0.2           | 1.26          | 1.54           | 898.37             | 899.41            | 979.49          | 977.95         | 78.54           |
| <i>B19 – B12</i> | 200          | 14.83           | 0.01        | 0.16          | 0.95          | 1.43           | 899.41             | 900.54            | 977.95          | 976.52         | 75.98           |
| <i>N8 – N9</i>   | 638          | 154.4124        | 0.20        | 0.5           | 1.02          | 1.36           | 898.37             | 892.93            | 979.49          | 978.13         | 85.20           |
| <i>N9 – N10</i>  | 325          | 71.9732         | 0.09        | 0.315         | 1.20          | 1.60           | 892.93             | 891.63            | 978.13          | 976.53         | 84.90           |
| <i>N10 – N11</i> | 377          | 23.377          | 0.03        | 0.16          | 1.51          | 6.27           | 891.63             | 890.41            | 976.53          | 970.26         | 79.85           |
| <i>N11 – B26</i> | 141          | 14.2236         | 0.01        | 0.16          | 0.92          | 0.93           | 890.41             | 890               | 970.26          | 969.32         | 79.32           |
| <i>N11 – B14</i> | 50           | 9.1534          | 0.01        | 0.11          | 1.25          | 0.91           | 890.41             | 890.36            | 970.26          | 969.35         | 78.99           |
| <i>N10 – N12</i> | 422          | 48.5962         | 0.06        | 0.25          | 1.28          | 3.10           | 891.63             | 889.34            | 976.53          | 973.43         | 84.09           |
| <i>N12 – N13</i> | 200          | 31.8885         | 0.04        | 0.2           | 1.32          | 1.99           | 889.34             | 889.5             | 973.43          | 971.44         | 81.94           |
| <i>N13 – B24</i> | 361          | 13.7675         | 0.01        | 0.125         | 1.45          | 7.49           | 889.5              | 889.27            | 971.44          | 963.94         | 74.67           |
| <i>N13 – B25</i> | 100          | 18.121          | 0.02        | 0.16          | 1.17          | 1.04           | 889.5              | 890.28            | 971.44          | 970.40         | 80.12           |
| <i>N12 – B21</i> | 100          | 16.7077         | 0.02        | 0.16          | 1.08          | 0.89           | 889.34             | 888.89            | 973.43          | 972.54         | 83.65           |
| <i>N9 – B20</i>  | 50           | 25.0843         | 0.03        | 0.2           | 1.03          | 0.32           | 892.93             | 893.39            | 978.13          | 977.81         | 84.42           |
| <i>N9 – N14</i>  | 45           | 57.3549         | 0.07        | 0.25          | 1.51          | 0.45           | 892.93             | 892.47            | 978.13          | 977.68         | 85.21           |
| <i>N14 – B22</i> | 299          | 11.9108         | 0.01        | 0.11          | 1.62          | 8.84           | 892.47             | 889.88            | 977.68          | 968.83         | 78.95           |

| N° du tronçon | longueur (m) | Superficie (ha) | Débit (l/s) | Diamètre (mm) | Vitesse (m/s) | P.d.c total(m) | cote terrain amont | cote terrain aval | cote piéz amont | cote piéz aval | Pression en (m) |
|---------------|--------------|-----------------|-------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| N14 – N15     | 397          | 45.4441         | 0.05        | 0.25          | 1.20          | 2.57           | 892.47             | 889.31            | 977.68          | 975.11         | 85.80           |
| N15 – N16     | 385          | 26.933          | 0.03        | 0.2           | 1.11          | 2.81           | 889.31             | 885.93            | 975.11          | 972.30         | 86.37           |
| N16 – B23     | 436          | 17.8282         | 0.02        | 0.16          | 1.15          | 4.39           | 885.93             | 884.64            | 972.30          | 967.91         | 83.27           |
| N16 – B8      | 100          | 9.1048          | 0.01        | 0.11          | 1.24          | 1.80           | 885.93             | 885.4             | 972.30          | 970.50         | 85.10           |
| N15 – B10     | 129          | 18.5111         | 0.02        | 0.16          | 1.19          | 1.39           | 889.31             | 890.32            | 975.11          | 973.71         | 83.39           |
| N7 – B18      | 200          | 20.7816         | 0.02        | 0.16          | 1.34          | 2.67           | 898.44             | 896.17            | 980.38          | 977.71         | 81.54           |
| N6 – N17      | 380          | 112.6682        | 0.14        | 0.4           | 1.16          | 1.34           | 989.98             | 895.54            | 981.11          | 979.77         | 84.23           |
| N17 – N18     | 124          | 92.4588         | 0.12        | 0.4           | 0.95          | 0.30           | 895.54             | 893.45            | 979.77          | 979.46         | 86.01           |
| N18 – N19     | 177          | 86.4637         | 0.11        | 0.315         | 1.44          | 1.22           | 893.45             | 890.58            | 979.46          | 978.24         | 87.66           |
| N19 – N20     | 800          | 63.9623         | 0.08        | 0.315         | 1.06          | 3.17           | 890.58             | 884.47            | 978.24          | 975.07         | 90.60           |
| N20 – B7      | 960          | 21.824          | 0.02        | 0.16          | 1.41          | 14.05          | 884.47             | 879.69            | 975.07          | 961.02         | 81.33           |
| N20 – B6      | 32           | 18.7076         | 0.02        | 0.16          | 1.21          | 0.35           | 884.47             | 884.29            | 975.07          | 974.72         | 90.43           |
| N20 – B9      | 372          | 23.4307         | 0.03        | 0.16          | 1.51          | 6.21           | 884.47             | 885.04            | 975.07          | 968.86         | 83.82           |
| N19 – B11     | 231          | 22.5014         | 0.02        | 0.16          | 1.45          | 3.58           | 890.58             | 888.24            | 978.24          | 974.66         | 86.42           |
| N18 – B13     | 54           | 5.9951          | 0.007       | 0.09          | 1.22          | 1.19           | 893.45             | 893.56            | 979.46          | 978.27         | 84.71           |
| N17 – B17     | 200          | 20.2094         | 0.02        | 0.16          | 1.30          | 2.54           | 895.54             | 895.79            | 979.77          | 977.23         | 81.44           |
| N5 – N21      | 151          | 30.4508         | 0.03        | 0.2           | 1.26          | 1.38           | 899.68             | 900.85            | 982.79          | 981.40         | 80.55           |
| N21 – B16     | 91           | 10.1779         | 0.01        | 0.11          | 1.39          | 2.01           | 900.85             | 907.2             | 981.40          | 979.39         | 72.19           |
| N21 – B5      | 365          | 20.2729         | 0.02        | 0.16          | 1.31          | 4.66           | 900.85             | 901.2             | 981.40          | 976.74         | 75.54           |
| N4 – B4       | 262          | 75.433          | 0.09        | 0.315         | 1.25          | 1.41           | 890.72             | 888.35            | 983.95          | 982.55         | 94.20           |
| B4 – N22      | 854          | 59.7737         | 0.07        | 0.315         | 0.99          | 2.98           | 888.35             | 881.88            | 982.55          | 979.56         | 97.68           |
| N22 – N23     | 500          | 22.4925         | 0.02        | 0.16          | 1.45          | 7.74           | 881.88             | 879.41            | 979.56          | 971.82         | 92.41           |
| N23 – B1      | 595          | 5.6843          | 0.007       | 0.09          | 1.16          | 11.88          | 879.41             | 878.19            | 971.82          | 959.94         | 81.75           |
| N23 – B2      | 100          | 16.8082         | 0.02        | 0.16          | 1.08          | 0.90           | 879.41             | 879.48            | 971.82          | 970.92         | 91.44           |
| N22 – B3      | 50           | 37.2812         | 0.04        | 0.20          | 1.54          | 0.67           | 881.88             | 882.95            | 979.56          | 978.90         | 95.95           |

## Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d' aménagement du système de distribution et détaillé les calculs hydrauliques des canalisations du notre périmètre. les matériaux proposées sont le PEHD et le PRV des différents diamètres ( varie entre

Le système de distribution projeté va garantir la possibilité d'utiliser divers systèmes d'irrigation, tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

### Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons les techniques d'irrigation, puis on va analyser les paramètres essentiels pour déterminer la technique la plus appropriée à notre périmètre, afin de maximiser la productivité des plantes et de minimiser la consommation d'eau et les coûts énergétiques.

### V.1 Les différentes techniques d'irrigation

Les techniques d'irrigation sont majoritairement réparties en trois classes :

#### V.1.1 L'irrigation de Surface (Gravitaire)

Cette technique nécessite un gros volume d'eau, elle consiste à prélever l'eau en un point haut, puis à la laisser s'écouler par gravité. Elle est subdivisée en :

##### V.1.1.1 Irrigation par ruissellement

L'irrigation par ruissellement est une méthode d'irrigation qui repose sur la gravité. Elle consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol, le long d'une légère pente, afin qu'elle s'infilte doucement dans la terre. Les sols modérément perméables sont les plus appropriés pour cette technique.

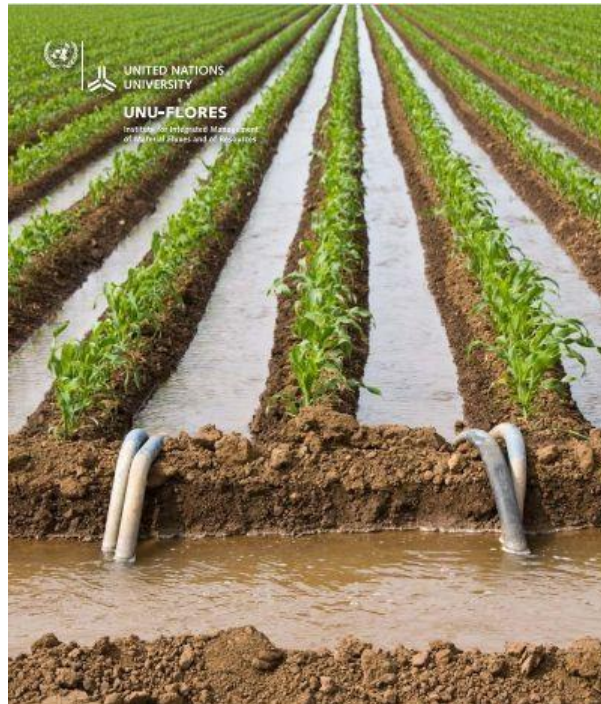


Figure V.1 – Irrigation par ruissellement .

#### V.1.12 Irrigation à la raie

L'irrigation à la raie est une technique simple qui consiste à apporter de l'eau directement dans des sillons creusés le long des rangées de cultures, il va s'écouler par gravité.



Figure V.2 – Irrigation à la raie.

#### V.1.13 Arrosage par submersion

Ce type d'arrosage implique l'immersion du terrain dans l'eau qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile.



Figure V.3 – Arrosage par submersion.

Avantages de l'irrigation gravitaire :

- Cout d'investissement relativement faible,et Facilité d'utilisation.
- Aucune consommation d'énergie électrique.
- Insensibilité au vent.
- Permet d'irriguer des grandes surfaces.

Inconvénients de l'irrigation gravitaire :

- Besoins importants en main d'œuvre.
- Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- Perte importante de l'eau( une efficience d'irrigation faible).

#### V.12 L'irrigation par aspersion (sous pression)

L'irrigation par aspersion est une technique consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous forme de pluie naturelle e dont le but est l'application uniforme de l'eau sur l'aire occupée par la culture. ce type d'irrigation permet de couvrir de plus grandes surfaces en utilisant moins d'eau.



Figure V.4 – L'irrigation par aspersion.

Avantages d'irrigation par aspersion :

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Moins de main-d'œuvre nécessaire.
- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées et possibilité d'automatisation.
- Il est possible de mettre en place des installations mobiles qui peuvent être déplacées en fonction du type de culture.

Inconvénients d'irrigation par aspersion :

- Coût très élevé.
- Trop affectée par le vent.
- Dépense énergétique élevée.
- Moins adaptée à l'eau saline.

### V.13 L'irrigation par micro-irrigation (sous pression)

L'irrigation goutte à goutte est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. L'eau est distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. L'efficacité de cette technique est excellente ( 70% à 95%).



Figure V.5 – L'irrigation par micro-irrigation.

Avantages d'irrigation goutte à goutte :

- Efficacité plus élevée.
- Très faible besoin de main d'œuvre.
- Insensibilité au vent.
- Plus adaptée à l'eau saline.

Inconvénients d'irrigation goutte à goutte :

- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
- Coût initial plus élevé.
- L'obstruction des goutteurs.

## V2 Choix de la technique d'irrigation

Le choix d'une technique d'irrigation prend en considération plusieurs paramètres :

- Type des cultures.
- La perméabilité et type du sol.
- Les facteurs climatiques (le vent et l'évaporation).
- Ressource en eau (quantité et qualité).
- Rentabilité de l'opération.
- Topographie du terrain.
- Main d'œuvre disponible et niveau technique.

## Conclusion

Après avoir analysé les facteurs qui déterminent la technique d'irrigation la plus appropriée, nous avons conclu que l'irrigation goutte-à-goutte et l'irrigation par aspersion sont les plus adaptées à notre périmètre.

## CHAPITRE VI

### DIMENSIONNEMENT À LA PARCELLE

#### Introduction

Ce chapitre est dédié au dimensionnement d'un réseau d'irrigation à la parcelle par aspersion et goutte à goutte en tenant compte des contraintes de la zone du notre périmètre du Faidja.

#### VI.1 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte

##### VI.1.1 Données générales

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'îlot N°8 alimenté par la borne N°8 dont les pressions calculées sont d'environ 8.5 bars. La surface de l'exploitation est de 9.104 ha.

Culture : Abricotier : Besoin de pointe : 191.7 mm (Août) .

- Les écartement de 4\*4 m , et un espacement des goutteurs 2 m.
- Longueur : 300 m.
- Largeur : 300 m .
- Perméabilité du sol : 2.6 mm/h.
- Densité apparente de sol :  $1.3 \text{ g/cm}^3$ .
- Le débit du goutteur est de 4 l/h.
- Pression nominale : 10 m.c.e
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2.
- le temps de travail : 22 heures par jour durant 26 jours par mois.
- Humidité à la capacité au champ :  $H_{cc}=27\%$ .
- Humidité au point de flétrissement  $H_{pf}=19\%$ .

### VI.1.2 Calcul de l'évapotranspiration corrigée

En micro-irrigation, la perte d'eau par évaporation est très faible, pour prendre en compte cette quantité d'eau évaporée, on applique un coefficient de réduction "Kr" à l'évapotranspiration réelle "ETM". Le coefficient de réduction "Kr" dépend du taux de couverture du sol par les plantes adultes ( $C_s = 60\%$ ) et pour le calculer, il existe plusieurs formules parmi lesquelles la formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5 \times (1 - C_s) \quad (VI.1)$$

$$\text{AN : } K_r = 0.6 + 0.5 \times (1 - 0.6) = 0.8$$

Donc :

$$B_{jc} = ETM_c = ETM \times K_r \quad (VI.2)$$

$$\text{AN : } B_{jc} = \frac{191.7}{30} \times 0.8 = 5.11 \text{ mm/j}$$

### VI.1.3 Calcul de la dose pratique corrigée

La deuxième étape en micro-irrigation est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification (P) du bulbe humide dans la zone racinaire :

$$D_{pc} = RFU \times P\% = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times d_a \times P\% \quad (VI.3)$$

Avec :

- $H_{cc}$  : Humidité à la capacité au champ (27%).
- $H_{pf}$  : Humidité au point de flétrissement (19%).
- $Y$  : Degré d'extraction de l'eau du sol ( $Y = 2/3$ ).
- $Z$  : Profondeur d'enracinement ( $Z = 1500 \text{ mm}$ ).
- $d_a$  : La densité apparente du sol ( $1.3 \text{ g/cm}^3$ ).
- $P$  : Pourcentage du sol humidifié, tel que :

$$P = \frac{n \times S_{pd} \times S_h}{S_a \times S_r} \quad (VI.4)$$

- $n$  : Nombre des goutteurs de distribution par arbre (2).
- $S_{pd}$  : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2 m).
- $S_h$  : Largeur de la bande humidifiée (1 m).
- $S_r$  : Écartement entre rangs d'arbre (4 m).
- $S_a$  : Espacement des arbres sur les rangs (4 m).

$$\text{AN : } P = \frac{2 \times 2 \times 1}{4 \times 4} = 0.25 = 25\%.$$

$$\text{AN : } D_{pc} = \frac{27-19}{100} \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.3 \times 0.25 = 26 \text{ mm}.$$

#### VI.1.4 Paramètres d'arrosage

##### VI.1.4.1 fréquence d'arrosage

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$F_r = \frac{Dose_{nette}}{B_{jc}} \quad (VI.5)$$

$$AN : F_r = \frac{26}{5.11} = 5.09$$

Donc on irrigue 6 jours.

##### VI.1.4.2 La dose réelle

On recalcule la nouvelle dose réelle par la formule :

$$D_r = N_j \times B_{jc} \quad (VI.6)$$

$$AN : D_r = 6 \times 5.11 = 30.66mm.$$

##### VI.1.4.3 La dose brute

La dose brute calculé par la formule suivante :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{E_{ff} \times C_u} \quad (VI.7)$$

Avec :

- $C_u$  : coefficient d'uniformité (90%).
- $E_{ff}$  : efficacité du réseau d'irrigation (90%).

$$AN : D_{brute} = \frac{30.66}{0.9 \times 0.9} = 37.85mm.$$

##### VI.1.4.4 Temps d'arrosage

Donné par la formule :

$$\vartheta = T_f = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g} \quad (VI.8)$$

$$AN : \vartheta = T_f = \frac{37.85 \times 2 \times 4}{2 \times 4} = 37.85heures.$$

#### VI.1.5 Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe

##### VI.1.5.1 Condition de Christiansen

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad (VI.9)$$

Avec :

- $\Delta q$  : variation du débit entre goutteurs.
- $q$  : débit des goutteurs.

La variation maximale de la pression :

$$\frac{\Delta q}{q_g} = \frac{\Delta H_{max}}{H_n} \quad (VI.10)$$

Tel que :

- $\Delta H_{max} = \frac{1}{0.5} = 2mce.$   
Donc selon la règle de Christainsen :
- $\Delta H_{singuliers} = 10\% \times \Delta H_{max} = 0.2mce .$
- $\Delta H_{linaire} = 1.8m.$
- Pour les rampes  $= \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.2m.$
- Pour le porte rampe  $= \frac{1}{3} \times 1.8 = 0.6m.$

#### VI.1.5.2 Les débits

Débit de la rampe ( $Q_r$ ) :

$$Q_r = N_g \times Q_g \quad (VI.11)$$

Débit du porte rampe ( $Q_{pr}$ ) :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad (VI.12)$$

Tel que :

- $Q_r$  : débit de la rampe (l/h).
- $Q_{pr}$  : débit du porte rampe (l/h).
- $Q_g$  : débit du goutteur (l/h).
- $N_{arbre}$  : Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{arbre} = \frac{L_r}{E_a} \quad (VI.13)$$

AN :  $N_{arbre} = \frac{300}{4} = 75$  arbres.

- $N_g$  : nombre de goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{arbre} \times n_g \quad (VI.14)$$

- $n_g$  : nombre de goutteurs par arbre (2 goutteurs).
- AN :  $N_g = 75 \times 2 = 150$  goutteurs.

- $N_r$  : Nombre de rampes :

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_r} \quad (VI.15)$$

$$AN : N_r = \frac{300}{4} = 75 \text{ rampes.}$$

Donc :

$$Q_r = 150 \times 4 = 600 \text{ l/h. } Q_{pr} = 600 \times 75 = 45000 \text{ l/h.}$$

#### VI.1.5.3 Diamètres de rampes et la porte rampe

$$\varnothing_{r(cal)} = \frac{Pdc(r) \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \quad (VI.16)$$

$$\varnothing_{pr(cal)} = \frac{Pdc(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q_{pr}^{1.75} \times L_{pr}} \quad (VI.17)$$

AN :

$$\varnothing_{r(cal)} = 23.35 \text{ mm, On le normalise à } 25 \text{ mm.}$$

$$\varnothing_{pr(cal)} = 132.6 \text{ mm, On le normalise à } 140 \text{ mm.}$$

#### VI.1.5.4 Vérification des pertes de charge

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

$$\Delta H = \frac{3.592}{C_{HW}} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad (VI.18)$$

Tel que :

- L : la longueur de la conduite (m) .
- Q : débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- D : diamètre intérieur de la canalisation (m).

Alors :  $\Delta H_r = 1.8 > 1.2 \text{ m}$ , on prend  $D_r = 32 \text{ mm}$ .

$\Delta H_{pr} = 1.2 > 0.6 \text{ m}$ , on prend  $D_{pr} = 160 \text{ mm}$ .

#### VI.1.6 Dimensionnement de la conduite tertiaire

Pour dimensionner la conduite tertiaire on utilise la formule suivante :

$$D_{ct} = \sqrt[4]{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (VI.19)$$

Pour  $V=0.6 \text{ m/s}$ ,  $D=162 \text{ mm}$

Pour  $V=1$ ,  $D=126.1 \text{ mm}$

On prend  $D= 160 \text{ mm}$ .

#### VI.1.7 Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte

TABLE VI.1 – Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte.

| Conduites         | Rampe                  | Porte rampe           | C. tertiaire          |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Longueur(m)       | 300                    | 300                   | 100                   |
| Diamètre(mm)      | 32                     | 160                   | 160                   |
| Débit ( $m^3/s$ ) | $1.667 \times 10^{-4}$ | $1.25 \times 10^{-2}$ | $1.25 \times 10^{-2}$ |
| Vitesse(m/s)      | 0.2                    | 0.6                   | 0.6                   |
| P.d.c (m)         | 0.56                   | 0.65                  | 0.22                  |

## VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

### VI.2.1 Données générales

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'îlot N°13 alimenté par la borne N°13 dont les pressions calculées sont d'environ 8.3 bars. La surface de l'exploitation est de 5.995 ha.

Culture : Blé : Besoin de pointe : 187.2 mm (Mai) .

- Longueur : 340 m.
- Largeur : 176 m .
- Perméabilité du sol : 6 mm/h.
- Densité apparente de sol :  $1.5 \text{ g/cm}^3$ .
- le temps de travail : 20 heures par jour, et 26 jours par mois.
- Humidité à la capacité au champ :  $H_{cc} = 30\%$ .
- Humidité au point de flétrissement  $H_{pf} = 19\%$ .

### VI.2.2 Calcul de la dose pratique

Elle est calculée par la formule suivante :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Da \times Z \quad (VI.20)$$

Avec :

- Y : degré de tarissement ( 2/3 )
- Z : profondeur d'enracinement (500 mm)

$$AN : RFU = (0.3 - 0.19) \times \frac{2}{3} \times 1.5 \times 500 = 55 \text{ mm}.$$

### VI.2.3 Dimensionnement de l'asperseur

#### VI.2.3.1 Choix du diamètre de la buse

Pour déterminer le diamètre de la buse des asperseurs, il est nécessaire de satisfaire à la condition suivante : la pluviométrie de la buse doit être inférieure à la perméabilité de sol qui est égale à 6 mm/h . Avec :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04} \quad (\text{VI.21})$$

On prend  $P=K$ ,

AN :  $d = \frac{6 \times 1.04}{1.5} = 4.16 \text{ mm}$  D'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot, le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 3.5 mm sous une pression de 3 bars.

#### VI.2.3.2 Calcul de la portée

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

$$L = 3 \times d^{0.5} \times 30^{0.25} \quad (\text{VI.22})$$

Tel que :

- $d$  : diamètre de la buse (mm)
- $h$  : pression à la buse (m)

AN :  $L = 3 \times 3.5^{0.5} \times 30^{0.25} = 13.14 \text{ m}$ , on prend 14m.

#### VI.2.3.3 calcul des écartements

Le vent de notre région est faible (3.9 km/h), donc les écartements sont calculés par les relations suivantes :

$$E_l = 1.2 \times L = 1.2 \times 15 = 18 \text{ m} \quad (\text{VI.23})$$

$$E_a = 0.8 \times L = 0.8 \times 15 = 12 \text{ m} \quad (\text{VI.24})$$

Tel que :

- $E_l$  : l'écartement entre les rampes.
- $E_a$  : l'écartement entre les asperseurs de la même rampe .

#### VI.2.3.4 Vérification de la pluviométrie de la buse

Le débit d'un asperseur calculé par la relation suivante :

$$Q = 0.95 * \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad (\text{VI.25})$$

$$AN : Q = 0.95 \times \frac{\pi \times (3.5 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 30}{1}} = 0.00022 m^3/s = 0.79 m^3/h.$$

La pluviométrie horaire  $p$  en (mm/h) est appréciée via la relation :

$$P = \frac{Q}{E_a \times E_r} \quad (VI.26)$$

$$AN : P = \frac{0.79 \times 1000}{12 \times 18} = 3.66 mm/h < 6 mm/h.$$

#### VI.2.4 Détermination des paramètres d'arrosage

##### VI.2.4.1 calcul du tour d'eau

La durée du tour d'eau est calculé comme suite :

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \times N_j}{B_{mp}} \quad (VI.27)$$

Avec :

- $Dose_{RFU}$  : Dose nette pratique.
- $N_j$  : Le nombre de jours de travail par mois égale à 26 jours.
- $B_{mp}$  : Le besoin net du mois de pointe de la culture choisi.

$$AN : T_{eau} = \frac{55 \times 26}{182.8} = 7.82 \text{ jours, on le normalise à 8 jours.}$$

Donc on irrigue 4 fois par mois.

##### VI.2.4.2 Dose réelle

La dose réelle c'est la quantité d'eau théorique doit être apportée dans une fois d'irrigation qui calculée par la relation suivante :

$$Dose_{relle} = T_{eau} \times B_j \quad (VI.28)$$

Tel que :

- $B_j$  : La dose journalière.

$$B_j = \frac{B_{mp}}{30} = \frac{182.8}{30} = 6.09 mm/j. \quad (VI.29)$$

$$AN : Dose_{relle} = 8 \times 6.09 = 48.75 mm.$$

##### VI.2.4.3 Dose brute

La dose brute c'est la quantité d'eau doit être réellement ramené à la parcelle en tenir compte des pertes en eau ,elle est calculée comme suite :

$$Dose_{brute} = \frac{Dose_{relle}}{E_{ff}} \quad (VI.30)$$

$$AN : Dose_{brute} = \frac{48.75}{0.75} = 65mm.$$

#### VI.2.4.4 Temps d'arrosage

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

$$T_a = \frac{Dose_{brute}}{P} \quad (VI.31)$$

$$AN : T_a = \frac{65}{3.66} = 17.76h, \text{on prend } 18 \text{ h.}$$

Donc on pourra adopter une position par jour pour un asperseur.

#### VI.2.4.5 Débit d'équipement

Il se calcule comme suit :

$$Q_q = \frac{S \times B_{mp} \times 10}{T_a \times n \times N_j \times E_{ff}} \quad (VI.32)$$

Avec :

- $Q_q$  : débit d'équipement en  $m^3/h$ .
- $S$  : Surface d'ilot en ha.
- $B_{mp}$  : besoin net de mois de point de mois de la culture choisi.
- $N_j$  : nombre de jour d'irrigation.
- $n$  : nombre de position d'un asperseur par jour.
- $T_a$  : Tour d'eau en heures.
- $E_{ff}$  : efficacité d'irrigation par aspersion.

$$AN : Q_q = \frac{5.995 \times 182.8 \times 10}{18 \times 1 \times 26 \times 0.75} = 31.22 m^3/h$$

### VI.2.5 Calcul hydraulique des rampes et porte rampe

#### VI.2.5.1 Calcul la longueur de la rampe

$$L_r = Largeur_{ilot} - \frac{E_a}{2} \quad (VI.33)$$

$$AN : L_r = 176 - \frac{12}{2} = 170m.$$

#### VI.2.5.2 Nombre des asperseurs par rampe

$$N_{asp/ram} = \frac{L_r}{E_a} \quad (VI.34)$$

$$AN : N_{asp/ram} = \frac{170}{12} = 14.17m, \text{ on prend } 14 \text{ asperseurs.}$$

VI.2.5.3 Nombre des rampes

$$N_r = \frac{Longueur_{ilote}}{E_r} \quad (VI.35)$$

AN :  $N_r = \frac{340}{18} = 18.88$ , on prend 19 rampes.

VI.2.5.4 Débit de la rampe

$$Q_r = q_{asp} \times N_{asp/ram} \quad (VI.36)$$

AN :  $Q_r = 0.79 \times 14 = 11.06 m^3/h = 3.07 \times 10^{-3} m^3/s$ .

VI.2.5.5 Diamètre de la rampe

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \quad (VI.37)$$

On prend  $V = 1.5 m/s$  AN :  $D_r = \sqrt{\frac{4 \times 3.07 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.051 m = 51 mm$ . On le normalisé à 50 mm.

VI.2.5.6 Longueur de la porte rampe

$$L_{pr} = Longueur_{ilote} - \frac{E_r}{2} \quad (VI.38)$$

AN :  $L_{pr} = 340 - \frac{18}{2} = 331 m$ .

VI.2.5.7 Débit de la porte rampe

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad (VI.39)$$

AN :  $Q_{pr} = 3.07 \times 10^{-3} \times 1 = 3.07 \times 10^{-3} m^3/s$ .

VI.2.5.8 Diamètre de la porte rampe

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \quad (VI.40)$$

AN :  $D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 3.07 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.051 m = 51 mm$ , On le normalisé à 63 mm.

## VI.2.5.9 Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte rampe

En appliquant la formule de Hazen-Williams on a :

$$J_r = \left( \frac{3.592}{C_{HW}} \right)^2 \times \frac{L_r}{D_r^{4.87}} \times Q_r^{1.852} = 6.24m. \quad (VI.41)$$

$$J_{pr} = \left( \frac{3.592}{C_{HW}} \right)^2 \times \frac{L_{pr}}{D_{pr}^{4.87}} \times Q_{pr}^{1.852} = 3.94m. \quad (VI.42)$$

Avec :

- J : Pertes de charge unitaire( m) .
- Q : Débit (  $m^3/s$  ) .
- D : Diamètre de la conduite (m).
- L : longueur de la conduite (m) .
- CHw : coefficient de Hazan williams .

## VI.2.6 Dimensionnement de la conduite tertiaire

On applique l'équation de continuité qui donne :

$$D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{ct}}{\pi \times V_{adm}}} \quad (VI.43)$$

Avec :

- $D_{ct}$  : diamètre de la conduite tertiaire ( m).
- $Q_{ct}$  : débit de la conduite tertiaire ( $m^3/g$ ).
- $V_{adm}$  : Vitesse admissible ( m/s).

$$AN : D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times 3.07 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.051m = 51mm, \text{ On le normalisé à } 63 \text{ mm.}$$

## VI.2.7 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

TABLE VI.2 – Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion .

| Conduites         | Rampe                 | Porte rampe           | C. tertiaire          |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Longueur(m)       | 170                   | 331                   | 100                   |
| Diamètre(mm)      | 50                    | 63                    | 63                    |
| Débit ( $m^3/s$ ) | $3.07 \times 10^{-3}$ | $3.07 \times 10^{-3}$ | $3.07 \times 10^{-3}$ |
| Vitesse(m/s)      | 1.56                  | 0.98                  | 0.98                  |
| P.d .c (m)        | 6.24                  | 3.94                  | 1.19                  |

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation à savoir : l'aspersion et le goutte à goutte.

L'adoption de ces deux méthodes a permis une gestion plus efficace des ressources en eau, elles sont pratiques et nettement plus économiques avec des meilleurs rendements .

### Introduction

L'estimation du projet permet de connaître le coût total des travaux. Dans ce chapitre, nous allons effectuer un calcul détaillé qui consiste à déterminer toutes les quantités des matériaux nécessaires pour notre périmètre et à estimer leur coût, depuis les terrassements jusqu'à la dernière opération, dans le but de réduire les coûts de production tout en créant un environnement propice à l'amélioration de la productivité.

### VII.1 Les phases de réalisation des réseaux d'adduction et de distribution

Les étapes des différents travaux sur des chantiers de réalisation des adductions sont :

#### VII.1.1 Excavation de la tranchée

L'excavation est une étape importante des travaux des terrassement qui consiste à creuser le sol pour créer une tranchée par une pelle hydraulique pour poser des conduites. Les déblais sont déposés à côté de la tranchée et l'autre côté est réservé pour le bardage des conduites.

#### VII.1.2 Pose du lit de sable

Cette étape consiste à placer un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit de sable a une épaisseur de 16 cm.

### VII.1.3 Installation des conduites

Les conduites sont descendues lentement dans le fond de la fouille par un engin de levage. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour éviter tout problème lors de la connexion des conduites.

### VII.1.4 Essai de pression et de joints

L'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement pour garantir la sécurité. on l'effectue par le remplissage de la conduite par l'eau sous une pression équivalente à 1,8 fois la pression de service, Cette épreuve doit durer 30 min environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

### VII.1.5 Remblayage de la tranchée

C'est une opération de terrassement consiste à enterrer la conduite en utilisant les déblais résultant de l'excavation.

### VII.1.6 Nivellement et compactage

Après le remblayage, on procède au nivellement en étalant les terres en monticule. Ensuite, on le compacter pour augmenter la densité des terres et éviter les tassements par la suite.

## VII.2 Volumes de terrassement

### VII.2.1 Dimensions des tranchées

#### VII.2.1.1 Largeur de fond de la tranchée

La largeur de la tranchée sera calculée comme suite :

$$B = D + 0.6 \quad (VII.1)$$

Tel que :

- B : Largeur de la tranchée (m).
- D : Diamètre de la conduite (m).

#### VII.2.1.2 Profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite est obtenue par la formule :

$$H_{tr} = D + h + e \quad (VII.2)$$

Tel que

- $H_{tr}$  : Profondeur de la tranchée (m).
- $D$  : Diamètre de la conduite (m).
- $h$  : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite (m).
- $e$  : Hauteur du lit de pose (m).

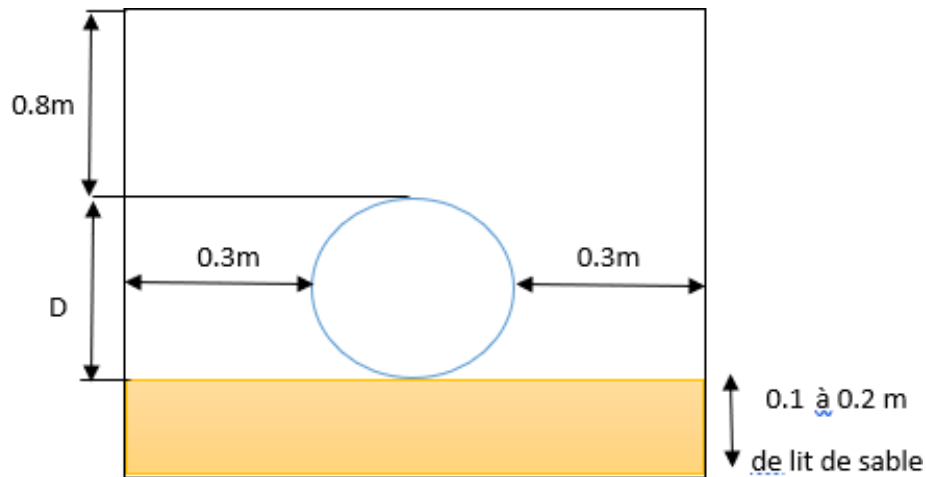


Figure VII.1 – Disposition de la conduite dans une tranchée .

#### VII.2.1.3 Section de la tranchée

Section de la tranchée est déterminée par :

$$S_{tr} = H_{tr} \times B \quad (VII.3)$$

Avec :

- $H_{tr}$  : Profondeur total de la tranchée (m).
- $B$  : Largeur du fond de la tranchée (m).

#### VII.2.1.4 Volume de la tranchée

Le volume d'une tranchée est calculé par la foormule suivante :

$$V_{tr} = S_{tr} \times L \quad (VII.4)$$

Tel que :

- $S_{tr}$  : La section de la tranchée ( $m^2$ ).
- $L$  : Longueur de la tranchée (m).

TABLE VII.1 – Résultats de calcul des dimensions de différents diamètres.

| Diamètre (mm) | B (m) | $H_{tr}$ (m) | $S_{tr}$ (m <sup>2</sup> ) | L (m) | $V_{tr}$ (m <sup>3</sup> ) |
|---------------|-------|--------------|----------------------------|-------|----------------------------|
| 90            | 0.69  | 1.03         | 0.710                      | 649   | 461.24                     |
| 110           | 0.71  | 1.05         | 0.745                      | 540   | 402.3                      |
| 125           | 0.725 | 1.065        | 0.772                      | 361   | 278.69                     |
| 160           | 0.76  | 1.1          | 0.836                      | 4443  | 3714.34                    |
| 200           | 0.8   | 1.14         | 0.912                      | 1342  | 1223.9                     |
| 250           | 0.85  | 1.19         | 1.011                      | 854   | 863.39                     |
| 315           | 0.915 | 1.255        | 1.148                      | 2418  | 2775.86                    |
| 400           | 0.955 | 1.295        | 1.236                      | 504   | 622.94                     |
| 500           | 1.1   | 1.44         | 1.584                      | 1138  | 1802.59                    |
| 600           | 1.16  | 1.5          | 1.74                       | 500   | 870                        |
| 700           | 1.3   | 1.64         | 2.132                      | 12057 | 25705.52                   |
| 800           | 1.4   | 1.74         | 2.436                      | 550   | 1339.8                     |

## VII.2.2 Calcul des volumes de terrassement

### VII.2.2.1 Volume de déblai

Le volume de déblai calculé comme suite :

$$V_{deblai} = V_{tr} = B \times H_{tr} \times L \quad (VII.5)$$

### VII.2.2.2 Volume de lit de sable

Il est calculé par la relation :

$$V_{ls} = B \times e \times L \quad (VII.6)$$

Avec :

- $e$  : épaisseur de la couche de lit de sable(m).
- $B$  : largeur de tronçon (m).
- $L$  : longueur de tronçon (m).

### VII.2.2.3 Volume occupé par la conduite

Il est calculé par la relation suivante :

$$V_{con} = S_{con} \times L = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L \quad (VII.7)$$

Tel que :

- $S_{con}$  : section de la conduite(m).
- $D$  : diamètre extérieur de la conduite(m).
- $L$  : longueur de tronçon (m).

## VII.2.2.4 Volume de remblai

Le volume de remblai est calculé par la relation :

$$V_{remblai} = V_{deblai} - (V_{ls} + V_{con}) \quad (VII.8)$$

## VII.2.2.5 Volume de remblai excédentaire

C'est la quantité de sol en excès après avoir rempli les tranchées , elle donnée par la relation suivante :

$$V_{exc} = V_f - V_{remblai} \quad (VII.9)$$

—  $V_{exc}$  : volume de sol excédentaire ( $m^3$ ).

—  $V_f$  : volume foisonné ( $m^3$ ) :

$$V_f = V_{deblai} \times K_f \quad (VII.10)$$

—  $K_f$  : coefficient de foisonnement dépend de la nature de sole ( $k_f = 1.2$ ) .

TABLE VII.2 – Résultats de calcul des volumes de terrassement.

| Diamètre (mm) | $V_{deblai}(m^3)$ | $V_{ls}(m^3)$ | $V_{con}(m^3)$ | $V_{remblai}(m^3)$ | $V_f(m^3)$ | $V_{exc}(m^3)$ |
|---------------|-------------------|---------------|----------------|--------------------|------------|----------------|
| 90            | 461.24            | 62.693        | 4.128          | 394.419            | 553.488    | 159.06         |
| 110           | 402.3             | 53.676        | 5.131          | 343.493            | 482.76     | 139.26         |
| 125           | 278.69            | 36.641        | 4.430          | 237.619            | 334.428    | 96.80          |
| 160           | 3714.34           | 472.735       | 89.331         | 3152.274           | 4457.208   | 1304.93        |
| 200           | 1223.9            | 150.304       | 42.160         | 1031.436           | 1468.68    | 437.24         |
| 250           | 863.39            | 101.626       | 41.920         | 719.844            | 1036.068   | 316.22         |
| 315           | 2775.86           | 309.745       | 188.437        | 2277.678           | 3331.032   | 1053.35        |
| 400           | 622.94            | 70.56         | 63.334         | 489.046            | 747.528    | 258.48         |
| 500           | 1802.59           | 175.252       | 223.445        | 1403.893           | 2163.108   | 759.21         |
| 600           | 870               | 84            | 141.371        | 644.629            | 1044       | 399.37         |
| 700           | 25705.52          | 2194.374      | 4813.257       | 18697.369          | 30846.62   | 12148.63       |
| 800           | 1339.8            | 107.8         | 276.460        | 955.54             | 1607.76    | 652.2          |

### VII.3 Calcul de coût de projet

#### VII.3.1 Estimation du coût des travaux de terrassement

TABLE VII.3 – Estimation de coût des travaux de terrassement.

| Désignation des travaux | Unité          | Quantité | Prix unitaire (DA) | Montant     |
|-------------------------|----------------|----------|--------------------|-------------|
| Déblai                  | m <sup>3</sup> | 40060.57 | 450                | 18027256.5  |
| Lit de sable            | m <sup>3</sup> | 3819.406 | 1200               | 4583287.2   |
| Remblai                 | m <sup>3</sup> | 30347.24 | 300                | 9104172     |
| Déblai excédentaire     | m <sup>3</sup> | 17724.75 | 200                | 3544950     |
| Total                   |                |          |                    | 35259665.7  |
| TVA (19%)               |                |          |                    | 6699336.483 |
| Montant TTC             |                |          |                    | 41959003    |

Le coût total des travaux de terrassement est : Quarante et un millions neuf cent cinquante-neuf milles trois dinars algériens.

#### VII.3.2 Coût des conduites

TABLE VII.4 – Estimation de coût des conduites.

| Diamètre (mm) | Unité de mesure | Quantité (m) | Prix unitaire (DA/m) | Montant (DA) |
|---------------|-----------------|--------------|----------------------|--------------|
| 90            | ml              | 649          | 580                  | 376420       |
| 110           | ml              | 540          | 860                  | 464400       |
| 125           | ml              | 361          | 1100                 | 397100       |
| 160           | ml              | 4443         | 1780                 | 7908540      |
| 200           | ml              | 1342         | 2830                 | 3797860      |
| 250           | ml              | 854          | 4250                 | 3629500      |
| 315           | ml              | 2418         | 7000                 | 1696000      |
| 400           | ml              | 504          | 11200                | 5644800      |
| 500           | ml              | 1138         | 22513.76             | 25620658.88  |
| 600           | ml              | 500          | 28142.2              | 14071100     |
| 700           | ml              | 12057        | 28902.28             | 348474790    |
| 800           | ml              | 550          | 29942.3              | 16468265     |
| Total HT      |                 |              |                      | 428549433.9  |
| TVA (19%)     |                 |              |                      | 81424392.44  |
| Montant TTC   |                 |              |                      | 509973827    |

#### VII.3.3 Coût de réservoir de stockage :

Le réservoir de stockage implanté dans notre projet a les dimensions suivantes :

- Volume : 5000 m<sup>3</sup>.
- Diamètre : 36 m.
- Hauteur : 5 m.

TABLE VII.5 – Estimation de coût de réservoir de stockage.

| Désignation des travaux | Unité          | Quantité | Prix unitaire (DA) | Montant (DA) |
|-------------------------|----------------|----------|--------------------|--------------|
| Déblai                  | m <sup>3</sup> | 1527     | 450                | 687150       |
| Remblai                 | m <sup>3</sup> | 763      | 300                | 228900       |
| Béton armé              | m <sup>3</sup> | 576      | 15000              | 8640000      |
| Aménagement extérieur   | Unité          | -        | 1530000            |              |
| Total                   |                |          |                    | 11086050     |
| TVA(19%)                |                |          |                    | 2106349.5    |
| Montant TTC             |                |          |                    | 13192400     |

#### VII.3.4 Coût totale de projet

On prend le prix des accessoires du notre réseau d'irrigation = 0,12 du prix total de réseau d'irrigation =  $0,12 \times 565125230 = 67815027.6$  DA.

TABLE VII.6 – Estimation de coût de réseau de distribution.

| Désignation de travaux  | Montant TTC (DA) |
|-------------------------|------------------|
| Travaux de terrassement | 41959003         |
| Les conduites           | 509973827        |
| Réservoir de stockage   | 13192400         |
| Les accessoires         | 67815027.6       |
| Prix totale             | 632940257.6      |

Le coût total du notre réseau d'irrigation s'élève à Six cent trente-deux millions neuf cent quarante milles deux cent cinquante-sept dinars algériens et soixante centimes.

## Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons effectué une évaluation complète des coûts liés à la réalisation du projet dans l'objectif d'optimiser les coûts, la minimisation de la consommation d'énergie et le temps, afin d'augmenter la productivité. Le coût global du notre projet a atteint 632940257.6 DA.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire de fin d'études vise à étudier un projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Faïdja, situé dans la région de Tadjmout, wilaya de Laghouat, couvrant une superficie de 477 hectares, à partir du barrage de Sklafa. L'objectif est d'estimer les besoins en eau des cultures et d'assurer une distribution rationnelle et homogène de l'eau.

L'étude climatique a montré que la zone d'étude est caractérisée par un climat aride, nécessitant une irrigation tout au long de l'année. L'étude pédologique a révélé que le sol est de type sablo-limoneux, donc adapté à plusieurs types de cultures. Il a également été constaté que l'eau du barrage de Seklafa est directement utilisable pour l'irrigation.

Après avoir sélectionné les cultures adaptées à la région, leurs besoins en eau ont été estimés, puis un système d'adduction d'eau a été conçu, garantissant une distribution permettant aux agriculteurs de recourir à des techniques d'irrigation modernes telles que l'aspersion et le goutte-à-goutte. Deux types de canalisations ont été retenus : PEHD et PRV.

Enfin, le coût global du projet a été estimé à 632940257,6 DA, sur la base des exigences techniques et financières, afin d'assurer la rentabilité du projet.

- [1] Anouar Menad. *Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation de la plaine d'Ouled Boughalem à partir du barrage de Kramis sur 380 ha (w. Mostaganem)*. PhD thesis, 2013.
- [2] L. A. Richards, editor. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Number 60 in Agriculture Handbook. United States Department of Agriculture, Washington, D.C., 1954. U.S. Salinity Laboratory Staff.
- [3] Nour El Houda Attouche. *Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'Elhamiz secteur 7 (section a de 250 ha) à partir des forages wilaya d'Alger*. PhD thesis, 2024.
- [4] D Perrier, M Mayersohn, and Frank I Marcus. Clinical pharmacokinetics of digitoxin. *Clinical pharmacokinetics*, 2 :292–311, 1977.
- [5] O Hama, MM Adamou, and M Barage. Evaluation des systemes d'irrigation des cultures de abelmoschus esculentus (l.) moench et cucumis sativus l. sur le site maraîcher de bougoum, au 5ème arrondissement de niamey (niger, afrique de l'ouest). *Agronomie Africaine*, 30(1) :29–44, 2018.
- [6] Karima Talbi. *Etude d'extension du périmètre des Arribs (200ha) à partir du barrage de Lakehal (w. Bouira)*. PhD thesis, 2023.

Annexe 01 : Tableau de calcul de Khi carré théorique.

| $\alpha \backslash \gamma$ | 0.9   | 0.5   | 0.3    | 0.2    | 0.1    | 0.05   | 0.02   | 0.01   | 0.001  |
|----------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1                          | 0.016 | 0.455 | 1.074  | 1.642  | 2.705  | 3.841  | 5.412  | 6.635  | 10.827 |
| 2                          | 0.211 | 1.386 | 2.408  | 3.219  | 4.605  | 5.991  | 7.824  | 9.210  | 13.815 |
| 3                          | 0.584 | 2.366 | 3.665  | 4.642  | 6.251  | 7.815  | 9.837  | 11.345 | 16.266 |
| 4                          | 1.064 | 3.357 | 4.878  | 5.989  | 7.779  | 9.488  | 11.668 | 13.277 | 18.467 |
| 5                          | 1.610 | 4.351 | 6.064  | 7.289  | 9.236  | 11.070 | 13.388 | 15.086 | 20.515 |
| 6                          | 2.204 | 5.348 | 7.231  | 8.558  | 10.645 | 12.592 | 15.033 | 16.812 | 22.457 |
| 7                          | 2.833 | 6.346 | 8.383  | 9.83   | 12.017 | 14.067 | 16.622 | 18.475 | 24.322 |
| 8                          | 3.490 | 7.344 | 9.524  | 11.030 | 13.362 | 15.507 | 18.168 | 20.090 | 26.125 |
| 9                          | 4.168 | 8.343 | 10.656 | 12.242 | 14.684 | 16.919 | 19.679 | 21.666 | 27.877 |

Annexe 02 : Tableau des diamètres des conduites PEHD.

| DN<br>(Dext) | Épaisseurs Nominale (e) et Diamètre Intérieur (Di) |        |      |        |       |        |       |        |       |        |      |       |      |       |      |       | Pas<br>nominal |
|--------------|----------------------------------------------------|--------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|----------------|
|              | e                                                  | Di     | e    | Di     | e     | Di     | e     | Di     | e     | Di     | e    | Di    | e    | Di    | e    | Di    |                |
| 20           |                                                    |        |      |        |       |        |       |        |       |        | 2.0  | 16.0  | 2.3  | 15.4  | 3.0  | 14.0  | 15             |
| 25           |                                                    |        |      |        |       |        |       |        | 2.0   | 21.0   | 2.3  | 20.4  | 3.0  | 19.0  | 3.5  | 18.0  | 20             |
| 32           |                                                    |        |      |        |       |        | 2.0   | 28.0   | 2.4   | 27.2   | 3.0  | 26.0  | 3.6  | 24.8  | 4.4  | 23.2  | 25             |
| 40           |                                                    |        |      |        | 2.0   | 36.0   | 2.4   | 35.2   | 3.0   | 34.0   | 3.7  | 32.6  | 4.5  | 31.0  | 5.5  | 29.0  | 32             |
| 50           |                                                    |        | 2.0  | 46.0   | 2.4   | 45.2   | 3.0   | 44.0   | 3.7   | 42.6   | 4.6  | 40.8  | 5.6  | 38.4  | 6.9  | 36.2  | 40             |
| 63           |                                                    |        | 2.5  | 58.0   | 3.0   | 57.0   | 3.8   | 55.4   | 4.7   | 53.6   | 5.8  | 51.4  | 7.1  | 48.8  | 8.6  | 45.8  | 50             |
| 75           |                                                    |        | 2.9  | 69.2   | 3.6   | 67.8   | 4.5   | 66.0   | 5.6   | 63.8   | 6.8  | 61.4  | 8.4  | 58.2  | 10.3 | 54.4  | 65             |
| 90           |                                                    |        | 3.5  | 83.0   | 4.3   | 81.4   | 5.4   | 79.2   | 6.7   | 76.6   | 8.2  | 73.6  | 10.1 | 69.8  | 12.3 | 65.4  | 80             |
| 110          |                                                    |        | 4.2  | 101.8  | 5.3   | 99.4   | 6.6   | 96.8   | 8.1   | 93.8   | 10.0 | 90.0  | 12.3 | 85.4  | 15.1 | 79.8  | 100            |
| 125          |                                                    |        | 4.8  | 115.4  | 6.0   | 113.0  | 7.4   | 110.2  | 9.2   | 106.6  | 11.4 | 102.2 | 14.0 | 97.0  | 17.1 | 90.8  | 100            |
| 140          |                                                    |        | 5.4  | 129.2  | 6.7   | 126.6  | 8.3   | 123.4  | 10.3  | 119.4  | 12.7 | 114.6 | 15.7 | 108.6 | 19.2 | 101.6 | 125            |
| 160          |                                                    |        | 6.2  | 147.6  | 7.7   | 144.6  | 9.5   | 141.0  | 11.8  | 136.4  | 14.6 | 130.8 | 17.9 | 124.2 | 21.9 | 116.2 | 150            |
| 180          |                                                    |        | 6.9  | 166.2  | 8.6   | 162.8  | 10.7  | 158.6  | 13.3  | 153.4  | 16.4 | 147.2 | 20.1 | 139.8 | 24.6 | 130.8 | 150            |
| 200          |                                                    |        | 7.7  | 184.6  | 9.6   | 180.8  | 11.9  | 176.2  | 14.7  | 170.6  | 18.2 | 163.6 | 22.4 | 155.2 | 27.4 | 145.2 | 200            |
| 225          |                                                    |        | 8.6  | 207.8  | 10.8  | 203.4  | 13.4  | 198.2  | 16.6  | 191.8  | 20.5 | 184.0 | 25.2 | 174.6 | 30.8 | 163.4 | 200            |
| 250          |                                                    |        | 9.6  | 230.8  | 11.9  | 226.2  | 14.8  | 220.4  | 18.4  | 213.2  | 22.7 | 204.6 | 27.9 | 194.2 | 34.2 | 181.6 | 250            |
| 280          |                                                    |        | 10.7 | 258.6  | 13.4  | 253.2  | 16.6  | 246.8  | 20.6  | 238.8  | 25.4 | 229.2 | 31.3 | 217.4 | 38.3 | 203.4 | 250            |
| 315          | 9.7                                                | 295.6  | 12.1 | 290.8  | 15.0  | 285.0  | 18.7  | 277.6  | 23.2  | 268.6  | 28.6 | 257.8 | 35.2 | 244.6 | 43.1 | 228.8 | 300            |
| 355          | 10.9                                               | 333.2  | 13.6 | 327.8  | 16.9  | 321.2  | 21.1  | 312.8  | 26.1  | 302.8  | 32.2 | 290.6 | 39.7 | 275.6 | 48.5 | 258.0 | 350            |
| 400          | 12.3                                               | 375.4  | 15.3 | 369.4  | 19.1  | 361.8  | 23.7  | 352.6  | 29.4  | 341.2  | 36.3 | 327.4 | 44.7 | 310.6 | 54.7 | 290.6 | 400            |
| 450          | 13.8                                               | 422.4  | 17.2 | 415.6  | 21.5  | 407.0  | 26.7  | 396.6  | 33.1  | 383.8  | 40.9 | 368.2 | 50.3 | 349.4 | 61.5 | 327.0 | 450            |
| 500          | 15.3                                               | 469.4  | 19.1 | 461.8  | 23.9  | 452.2  | 29.7  | 440.6  | 36.8  | 426.4  | 45.4 | 409.2 | 55.8 | 388.4 |      |       | 500            |
| 560          | 17.2                                               | 525.6  | 21.4 | 517.2  | 26.7  | 506.6  | 33.2  | 493.6  | 41.2  | 477.6  | 50.8 | 458.4 | 62.5 | 435.0 |      |       | 550            |
| 630          | 19.3                                               | 591.4  | 24.1 | 581.8  | 30.0  | 570.0  | 37.4  | 555.2  | 46.3  | 537.4  | 57.2 | 515.6 | 70.3 | 489.4 |      |       | 600            |
| 710          | 21.8                                               | 666.4  | 27.2 | 655.6  | 33.9  | 642.2  | 42.1  | 625.8  | 52.2  | 605.6  | 64.5 | 581.0 | 79.3 | 641.4 |      |       | 700            |
| 800          | 24.5                                               | 751.0  | 30.6 | 738.8  | 38.1  | 723.8  | 47.4  | 705.2  | 58.8  | 682.4  | 72.6 | 654.8 | 89.3 | 621.4 |      |       | 800            |
| 900          | 27.6                                               | 844.8  | 34.4 | 831.2  | 42.9  | 814.2  | 53.3  | 793.4  | 66.1  | 767.8  | 81.7 | 736.6 |      |       |      |       | 900            |
| 1000         | 30.6                                               | 938.8  | 38.2 | 923.6  | 47.7  | 904.6  | 59.3  | 881.4  | 73.5  | 853.0  | 90.8 | 818.4 |      |       |      |       | 1000           |
| 1200         | 36.7                                               | 1126.6 | 45.9 | 1108.2 | 57.2  | 1085.6 | 71.1  | 1057.8 | 88.2  | 1023.6 |      |       |      |       |      |       | 1200           |
| 1400         | 42.9                                               | 1314.2 | 53.5 | 1293.0 | 66.7  | 1266.6 | 83.0  | 1234.0 | 102.8 | 1194.4 |      |       |      |       |      |       | 1400           |
| 1600         | 49.0                                               | 1502.0 | 61.2 | 1477.6 | 76.2  | 1447.6 | 94.8  | 1410.4 | 117.5 | 1365.0 |      |       |      |       |      |       | 1600           |
| 1800         | 55.1                                               | 1689.8 | 68.8 | 1662.4 | 85.8  | 1628.4 | 106.6 | 1586.8 |       |        |      |       |      |       |      |       | 1800           |
| 2000         | 61.2                                               | 1877.6 | 76.4 | 1847.2 | 95.3  | 1809.4 | 118.5 | 1763.0 |       |        |      |       |      |       |      |       | 2000           |
| 2250         | 70.0                                               | 2110.0 | 86.0 | 2078.0 | 107.2 | 2035.6 |       |        |       |        |      |       |      |       |      |       | 2250           |
| 2500         | 77.7                                               | 2344.8 | 95.6 | 2308.8 | 119.1 | 2261.8 |       |        |       |        |      |       |      |       |      |       | 2500           |

Annexe 03 :la fiche Perrot du diamètre de buse.

| Diamètres<br>des buses        | P<br>(bar)<br>2,5 | P<br>(bar)<br>3,0 | P<br>(bar)<br>3,5 | P<br>(bar)<br>4,0 | P<br>(bar)<br>4,5 | P (bar) 2,5<br> | P (bar) 3,0<br> | P (bar) 3,5<br> | P (bar) 4,0<br> | P (bar) 4,5<br> |        |        |        |        |        |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| mm                            | Portée en m       |                   |                   |                   |                   | Distance entre arroseurs PR 24                                                                     |                                                                                                    |                                                                                                    |                                                                                                    |                                                                                                     |        |        |        |        |        |
| 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   |                   |                   |                   |                   |                   | Précipitations                                                                                     |                                                                                                    |                                                                                                    |                                                                                                    |                                                                                                     |        |        |        |        |        |
|                               | (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   |

Annexe 04 : Coefficient de foisonnement  $K_f$  .

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