



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Dimensionnement du périmètre d'irrigation d'El Eulma
Secteur 2 (200ha) à partir du barrage Draa Diss (W. Sétif)**

Présenté par :

Boulouh Ishak

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Présidente
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examinatrice
SAIL Nadhira	M.C.B	Examinatrice
KERID Rachid	M.C.A	Examinateur
BELLABAS CHARIFI SALIMA	M.C.B	Promotrice

Session novembre 2024

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents, pour leur soutien constant, leur présence à chaque instant et leur amour inconditionnel. Sans vous, ce travail n'aurait jamais vu le jour. Qu'Allah vous protège.

Ma chère sœur, ainsi que mes frères FARIS, HEMZA, AISSAM et LAHBIB, pour l'amour et la complicité qui nous unissent.

À toute ma famille, tant du côté paternel que maternel, que ce travail soit l'expression de mon affection sincère.

Mes amis ANIS, KHIR EDDINE, ADEM, ABD EL HAK, SALAH EDDINE, ABD EL SALEM, ABD EL RAOUF, Pour leur soutien moral et pour les merveilleux moments passés ensemble.

Mes enseignants, pour leur bienveillance et leur aide précieuse dans les moments difficiles. Tous ceux et celles qui m'ont soutenu durant mes études, ainsi que tous ceux que je connais mais n'ai pu mentionner ici.

Remerciement

Avant tout, je tiens à exprimer ma gratitude la plus sincère envers mes parents, dont l'amour, le soutien indéfectible et les encouragements constants ont été une source de motivation cruciale tout au long de mon parcours académique. Leur confiance en moi m'a donné la force nécessaire pour persévérer et mener à terme cette thèse.

*Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à Mme **BELLABAS Charifi Salima**, mon encadrante, pour ses conseils éclairés, son accompagnement bienveillant et sa disponibilité tout au long de ce travail. Son expertise a grandement contribué à l'avancement de ce projet.*

*Je souhaite remercier chaleureusement l'équipe de **l'ONID** (Office National de l'Irrigation et du Drainage) pour les informations précieuses qu'ils ont fournies, lesquelles ont été essentielles à la réalisation de cette étude.*

Mes remerciements vont également à l'ensemble des enseignants de l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique (ENSH), dont la qualité de l'enseignement a joué un rôle déterminant dans l'acquisition des compétences nécessaires à ce projet.

Je remercie également les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en évaluant ce travail. Leurs observations et suggestions ont été précieuses pour l'amélioration et la finalisation de cette recherche.

Enfin, je n'oublie pas mes amis et collègues pour leur soutien moral et les moments de partage tout au long de ce chemin, ainsi que ma famille, à qui je suis profondément reconnaissant pour leur patience et leurs encouragements constants.

À toutes et à tous, merci infiniment.

Merci.

ملخص:

الهدف الرئيسي من هذا المذكرة هو تصميم مشروع ري لمنطقة العلمة بولاية سطيف، بناءً على الخصائص المناخية والهيدرولوجية المحلية. يهدف هذا المشروع إلى تحسين استخدام المياه في الزراعة من خلال إنشاء شبكة توزيع فعالة تلبي احتياجات المحاصيل. تم دمج تقنيات حديثة مثل الري بالتنقيط والري بالرش لتعزيز أداء النظام. تأخذ الدراسة أيضًا في الاعتبار معادلة تدفق المياه اللازمة، مما يساهم في إدارة مستدامة للموارد المائية وزيادة الإنتاجية الزراعية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية : الهيدرولوجية، الري بالتنقيط، الري بالرش، تدفق.

Résumé :

L'objectif principal de ce mémoire est de concevoir un projet d'irrigation pour la région d'El Eulma, dans la wilaya de Sétif, en tenant compte des caractéristiques climatiques et hydrologiques locales. Ce projet vise à optimiser l'utilisation de l'eau pour l'agriculture en mettant en place un réseau de distribution efficace, capable de répondre aux besoins en eau des cultures tout en réduisant les pertes. Des technologies modernes telles que l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion ont été intégrées afin d'améliorer la performance du système. L'étude prend également en compte les débits d'eau nécessaires, contribuant ainsi à une gestion durable des ressources hydriques et à une augmentation de la productivité agricole dans la région.

Mots clés : Hydrologique, irrigation par goutte à goutte, irrigation par aspersion, débit.

Abstract:

The main objective of this dissertation is to design an irrigation project for the El Eulma region, Sétif province, based on local climatic and hydrological characteristics. The project aims to optimize water use for agriculture by establishing an efficient distribution network that meets crop water requirements while minimizing waste. Modern technologies such as drip irrigation and sprinkler irrigation have been integrated to enhance system performance. The study also considers the required water flow rates, contributing to sustainable water resource management and increased agricultural productivity in the region.

I. Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
I. Présentation de la zone d'étude	2
I.1. Introduction	2
I.2. Localisation de la zone d'étude.....	2
I.2.1. Situation géographique	2
I.3. Infrastructures routières et ferroviaires	3
I.4. Réseau hydrographique	3
I.4.1. Zone de Mezloug	4
I.4.2. Zone intermédiaire	4
I.4.3. Zone d'Ain Taghrout	4
I.5. Géologie	4
I.5.1. Le plateau Sétifien	4
I.5.2. Quaternaire.....	4
I.5.3. Mio-Pliocène.....	5
I.6. Relief	5
I.6.1. Zones montagneuses	5
I.6.2. Zone des hautes plaines	5
I.6.3. La frange semi-aride	5
I.7. Drainage	6
I.8. Caractéristiques climatiques	6
I.8.1. Précipitations.....	6
I.8.2. Température	6
I.8.3. L'Humidité relative.....	7
I.8.4. Les vents	7
I.8.5. Le sirocco.....	8
I.8.6. La gelée.....	8
I.8.7. Neige	8
I.8.8. Durée D'insolation.....	8
I.9. Classement du climat.....	9
I.9.1. Classification du Climat selon l'indice de De Martone	9
I.9.2. Classification du climat selon le diagramme d'Emberger :	10
I.9.3. Diagramme ombro-thermique de Gaussen :	11
I.10. Conclusion.....	11
II. Resource en Sols et en eaux	12
II.1. Introduction	12

II.2. Classification des sols	12
II.3. Caractéristiques morphologiques et analyse des sols.....	12
II.3.1. Les sols peu évolués	12
II.3.2. Les sols calcimagnésiques carbonatés	12
II.3.3. Les sols à sesquioxydes de fer	13
II.4. Caractéristiques physico-chimiques des sols :	15
II.4.1. Caractéristique physique :	15
II.4.2. Caractéristiques chimiques :	15
II.5. Les zones homogènes :	15
II.6. Les contraintes édaphiques de mise en valeur :	16
II.6.1. Contraintes morphologiques	16
II.6.2. Contraintes physico-chimiques :	16
II.7. Barrage Draa Diss :	16
II.7.1. Caractéristique du barrage	17
II.7.2. Capacités utiles de retenue :	18
II.8. Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage	18
II.8.1. Classification des eaux pour l'irrigation.....	18
II.8.2. Classification américaine.....	18
II.8.3. Composition chimique de l'eau d'irrigation.....	19
II.9. Conclusion.....	20
III. Etude hydrologique	21
III.1. Introduction.....	21
III.2. La série des données pluviométriques	21
III.3. Homogénéisation des données	22
III.4. Etude des précipitations moyennes annuelles.....	24
III.4.1. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GAUSS :	24
III.4.2. Ajustement selon la loi Log-normale :	27
III.5. Test d'adéquation de Khi-deux « X² ».....	28
III.6. Détermination de l'année de calcul :	29
III.7. Conclusion	29
IV. Besoins en eau des cultures	30
IV.1. Introduction	30
IV.2. Besoin en eau du périmètre	30
IV.2.1. Situation actuelle.....	30
IV.2.2. Occupation prévue.....	30
IV.3. Besoins en eau du périmètre	33

IV.3.1. L'évapotranspiration	33
IV.3.2. Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ETP ou ET0).....	33
IV.4. Calcul de la pluie efficace	35
IV.5. Estimation des besoins en eau des cultures	35
IV.6. Calcul des besoins en eau des assolements	38
IV.7. Loi de débit.....	39
IV.7.1. Calcul des débits spécifiques :	39
IV.7.2. Calcul du débit caractéristique.....	40
IV.8. Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :.....	40
IV.9. Conclusion	41
V. Etude de système d'adduction et distribution.....	42
V.1. Introduction.....	42
V.2. Organisation et structure du périmètre	42
V.2.1. Adduction	43
V.2.2. Modalités de distribution.....	44
V.3. Organisation et structure du périmètre.....	44
V.3.1. Ilots et bornes d'irrigation	45
V.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation	45
V.3.3. Calcul hydraulique aux bornes	45
V.4. Description de l'aménagement du périmètre	46
V.4.1. Schéma d'adduction	46
V.4.2. Schéma de distribution :(conduites secondaires et tertiaires).....	47
V.4.3. Brise charge.....	47
V.5. Dimensionnement du réseau de distribution :.....	47
V.5.1. Le calcul du diamètre	47
V.5.2. Calcul des pertes de charge	47
V.5.3. Calcul des Pressions	48
V.6. Choix du matériau des conduites	48
V.6.1. Caractéristiques des canalisations	48
V.6.2. Choix du matériau	49
V.7. Points spéciaux d'une conduite	49
V.8. Equipement hydromécaniques	49
V.9. Conclusion	50
VI. Techniques d'irrigation.....	51
VI.1. Introduction	51
VI.2. Trace du réseau.....	51

VI.2.1. Ouvrage de tête	52
VI.2.2. Conduite principale	52
VI.2.3. Conduites secondaires.....	52
VI.2.4. Bornes de prise.....	52
VI.2.5. Adducteurs (conduites d'alimentation).....	52
VI.2.6. Conduites latérales (conduites d'irrigation).....	52
VI.2.7. Distributeurs.....	53
VI.3. Choix des techniques d'irrigations	53
VI.3.1. Irrigation de surface	53
VI.3.2. Irrigation par aspersion :	55
VI.3.3. Irrigation souterraine :	58
VI.4. Composition d'une installation goutte à goutte et une installation en aspersion.....	59
VI.5. Conclusion	60
VII. Dimensionnement à la parcelle	61
VII.1. Introduction	61
VII.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	61
VII.3. Dimensionnement théorique	61
VII.4. Dimensionnement hydraulique des rampes.....	64
VII.4.1. Longueur de la rampe	64
VII.4.2. Calcul du diamètre de la rampe.....	64
VII.4.3. Calcul des pertes de charge.....	65
VII.5. Dimensionnement de la porte rampe.....	65
VII.5.1. Longueur de la porte rampe	65
VII.5.2. Débit de la porte rampe.....	65
VII.5.3. Calcul du diamètre de la porte rampe	65
VII.5.4. Calcul de la perte de charge de la porte rampe	66
VII.5.5. Calcul de la pression en tête de réseau	66
VII.6. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte	67
VII.6.1. Données générales	67
VII.6.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	67
VII.6.3. Dose nette pratique	68
VII.6.4. Fréquence et espacement des arrosages (Fr).....	68
VII.6.5. Calcul de la dose brute.....	69
VII.6.6. La dose brute réelle.....	69
VII.6.7. Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures)	69
VII.6.8. Durée d'arrosage journalier	69
VII.6.9. Nombre d'arbre par hectare	69

VII.6.10. Nombre d'arbre par rampe.....	69
VII.6.11. Nombre des goutteurs par rampe	70
VII.6.12. Débit d'une rampe	70
VII.6.13. Nombre de rampes	70
VII.6.14. Débit de porte rampe	70
VII.7. Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte	70
VII.7.1. Diamètre de la rampe.....	70
VII.7.2. Calcul de pertes de charge de la rampe.....	70
VII.7.3. Diamètre de la porte rampes	71
VII.8. Calcul de la pression en tête du réseau.....	71
VII.9. Conclusion.....	72
VIII. Calcul technico-économique	73
VIII.1. Introduction.....	73
VIII.2. Différents travaux à entreprendre	73
VIII.2.1. Exécution des tranchées	73
VIII.2.2. Pose du lit de sable	73
VIII.2.3. Pose des conduites.....	73
VIII.2.4. Epreuve de joint et de la canalisation	73
VIII.2.5. Remblayage des tranchées.....	73
VIII.2.6. Nivellement et compactage	74
VIII.2.7. Choix des engins du chantier.....	74
VIII.3. Volume de terrassement.....	74
VIII.3.1. Dimensions des tranchées.....	74
VIII.3.2. Calcul des volumes de terrassement.....	75
VIII.4. Evaluation de cout des travaux de terrassement.....	77
VIII.4.1. Evaluation de cout de pose des conduites.....	77
VIII.4.2. Estimation des couts des bornes d'irrigation et pièce spéciale.....	78
VIII.4.3. Coût totale de projet	78
VIII.5. Conclusion	79
CONCLUSION GENERALE	80
Bibliographie	81
Annexes	82

Liste des figures

Figure I-1: Situation de la wilaya de Sétif.....	2
Figure I-2 : Plan de situation du périmètre d'EL Eulma	3
Figure I-3: Réseau hydrographique de la région de Sétif (BARKAT.H).....	4
Figure I-4 : Répartition mensuelle de la température.....	7
Figure I-5 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.	10
Figure I-6: Climo-gramme pluviométrique de Gaussen.....	11
Figure II-1 : Barrage de draa diss.....	16
Figure II-2 : Présentation de système de transfert Est du projet (2011).....	17
Figure II-3 : Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.	20
Figure III-1: Ajustement graphique à la loi de Gauss.	27
Figure III-2: Ajustement à la loi de Log-normale.	28
Figure V-1: schéma de la variante retenue.....	42
Figure V-2: schéma des secteurs du périmètre d'EL EULMA	43
Figure V-3: Schéma d'adduction.	44
Figure VI-1: Schéma d'une trace du réseau.....	52
Figure VI-2: Irrigation par ruissellement.	53
Figure VI-3: Irrigation a la raie.....	54
Figure VI-4: Irrigation par submersion.....	54
Figure VI-5: Irrigation par aspersion.....	55
Figure VI-6: Irrigation par pivot.....	56
Figure VI-7: Irrigation en goutte à goutte.....	57
Figure VI-8: Irrigation souterrain.....	58
Figure VI-9: Schéma général d'un réseau d'irrigation sous pression.....	59
Figure VI-10: Partie essentielle d'une installation en aspersion.....	59
Figure VI-11: Partie essentielle d'une installation localisée.....	60
Figure VII-1: Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.....	64
Figure VIII-1: Profil à travers d'une tranchée.....	75

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Caractéristiques géographiques de la station de Sétif.	6
Tableau I-2 : Répartition mensuelle des pluies de la station de Sétif (1992-2021).....	6
Tableau I-3 : Données de températures recueillis dans la station de Sétif en C° (1992-2021).....	6
Tableau I-4 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en % Sétif (1992-2021).....	7
Tableau I-5 : Distribution fréquentielle du vent (1992-2021).....	7
Tableau I-6 : Nombre des jours du sirocco durant l'année.	8
Tableau I-7 : Nombre moyen des jours de gèle blanche.	8
Tableau I-8 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale.	9
Tableau I-9 : Classification de climats selon MARTON.	9
Tableau II-1 : Résultats analytiques des analyses précédemment faites au niveau des différents	14
Tableau II-2 : Propriétés hydrodynamiques des sols.....	15
Tableau II-3 : Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.	18
Tableau II-4 : Composition chimique de l'eau du barrage.	19
Tableau III-1: caractéristiques principales de la station pluviométrique.	21
Tableau III-2: pluie moyennes mensuelles.....	21
Tableau III-3: Caractéristiques de la série pluviométrique.	22
Tableau III-4 : Calcul des paramètres du test de la médiane.....	23
Tableau III-5 : Résultats du test de la médiane.	24
Tableau III-6 : Caractéristiques de la série pluviométriques.....	25
Tableau III-7 : Variable réduite de Gauss.	25
Tableau III-8 : Résultat de l'ajustement à la loi de gauss (Hyfran).....	26
Tableau III-9 : Résultat de l'ajustement à la loi Log-normale par HYFRAN.....	27
Tableau III-10 : Test de validité de l'ajustement.	28
Tableau III-11 : Année de calcul.....	29
Tableau IV-1: Occupation agricole actuelle.....	30
Tableau IV-2: Gamme des cultures proposées pour la zone d'étude.....	31
Tableau IV-3: Les assolements proposés.	32
Tableau IV-4: Calendrier d'occupation des sols pour les cycles culturaux.	32
Tableau IV-5: Calcul de l'évapotranspiration.....	34
Tableau IV-6: Estimation des besoins en eau du blé.....	35
Tableau IV-7: Estimation des besoins en eau de l'orge.	36
Tableau IV-8: Estimation des besoins en eau de l'avoine.	36
Tableau IV-9: Estimation des besoins en eau de l'ail.....	36
Tableau IV-10: Estimation des besoins en eau de la tomate.	37
Tableau IV-11: Estimation des besoins en eau du concombre.....	37
Tableau IV-12: Estimation des besoins en eau des carottes.....	37
Tableau IV-13: Estimation des besoins en eau du poirier.	38
Tableau IV-14: Estimation des besoins en eau du pêcher.	38
Tableau IV-15: Besoin en eau de l'assolement 1.....	39
Tableau IV-16: Besoin en eau de l'assolement 2.....	39
Tableau IV-17: Les besoins totaux du périmètre.	41
Tableau V-1: Type de bornes en fonction de superficie des ilots.	46
Tableau V-2: Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.	46
Tableau V-3 : Résultats de calcul de dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution	49
Tableau VII-1: Résultat de calcul pratique d'aspersion.	66
Tableau VII-2: Caractéristiques des rampes.	71
Tableau VII-3: Caractéristiques des portes rampes.....	71
Tableau VIII-1: calcul des déferents volumes.....	76
Tableau VIII-2: cout de travaux de terrassement.	77
Tableau VIII-3: cout de pose des conduites.	77
Tableau VIII-4: Estimation des couts des bornes et pièces d'irrigation.....	78
Tableau VIII-5: Estimation de coût totale de projet.....	78

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Les ressources en eau jouent un rôle fondamental dans le développement économique d'un pays, notamment dans le secteur agricole où elles sont indispensables pour atteindre des objectifs de croissance durable.

En Algérie, l'eau est un élément clé du succès des projets agricoles, particulièrement en raison de la nécessité de l'irrigation face aux précipitations imprévisibles. Les données récentes mettent en lumière l'importance d'une gestion optimisée de cette ressource pour surmonter les défis liés à la rareté de l'eau et à l'irrégularité des pluies.

La gestion de l'eau agricole en Algérie exige une approche globale, tenant compte des aspects économiques, sociaux et environnementaux. La baisse des précipitations, couplée à une disponibilité en eau incertaine, complique la pérennité des exploitations agricoles. Ce contexte renforce les défis de l'irrigation, rendant la préservation et l'extension des surfaces irriguées cruciales pour garantir la sécurité alimentaire.

Dans ce cadre, l'amélioration des systèmes d'irrigation est indispensable pour mieux gérer les ressources hydriques et répondre aux besoins croissants de l'agriculture. Cette étude se concentre sur le dimensionnement du périmètre d'El Eulma, dans la Wilaya de Sétif, couvrant 200 hectares et alimenté principalement par le barrage de Draa Diss.

Notre travail relatif à l'étude de dimensionnement des équipements pour l'irrigation du secteur est basé sur l'analyse des conditions naturelles s'y trouvant sur place et les différentes ressources en sol et en eau. Par la suite, on a abordé les calculs hydrologiques, le choix des différentes cultures adaptées à ces conditions et aussi les modes d'irrigations à utiliser. Et ce, a fin d'assurer le meilleur rendement possible avec le moindre cout.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

I. Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction

Lors de la réalisation d'un réseau d'irrigation, nécessite une analyse approfondie des principaux paramètres climatiques et géographiques. Cette étude est essentielle pour caractériser la zone étudiée et comprendre le climat local.

Ce chapitre offre une vue d'ensemble du site d'étude, en mettant l'accent sur ses aspects géographiques et climatiques.

I.2. Localisation de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique

La wilaya de Sétif se situe à l'Est de l'Algérie, à environ 300 km d'Alger et à 100 km des côtes méditerranéennes, sur les hauts plateaux, à une altitude entre 800 et 1000 mètres. Elle est constituée de 60 communes réparties en 20 daïras, couvrant une superficie de 6504 km².

- ✓ La wilaya de Sétif est délimitée par :
- ✓ Bejaia et Jijel au Nord.
- ✓ Mila à l'Est.
- ✓ Batna et M'sila au Sud.
- ✓ Bordj Bou Arréridj à l'Ouest.

Le climat de la ville de Sétif est de type continental, caractérisé par un hiver très froid et un été très chaud. La région est connue par ses potentialités édaphiques particulièrement les hautes plaines Sétifiennes, couvrant une surface brute de 28 228 hectares, réparties entre les wilayas de Sétif et de Bordj Bou Arreridj.

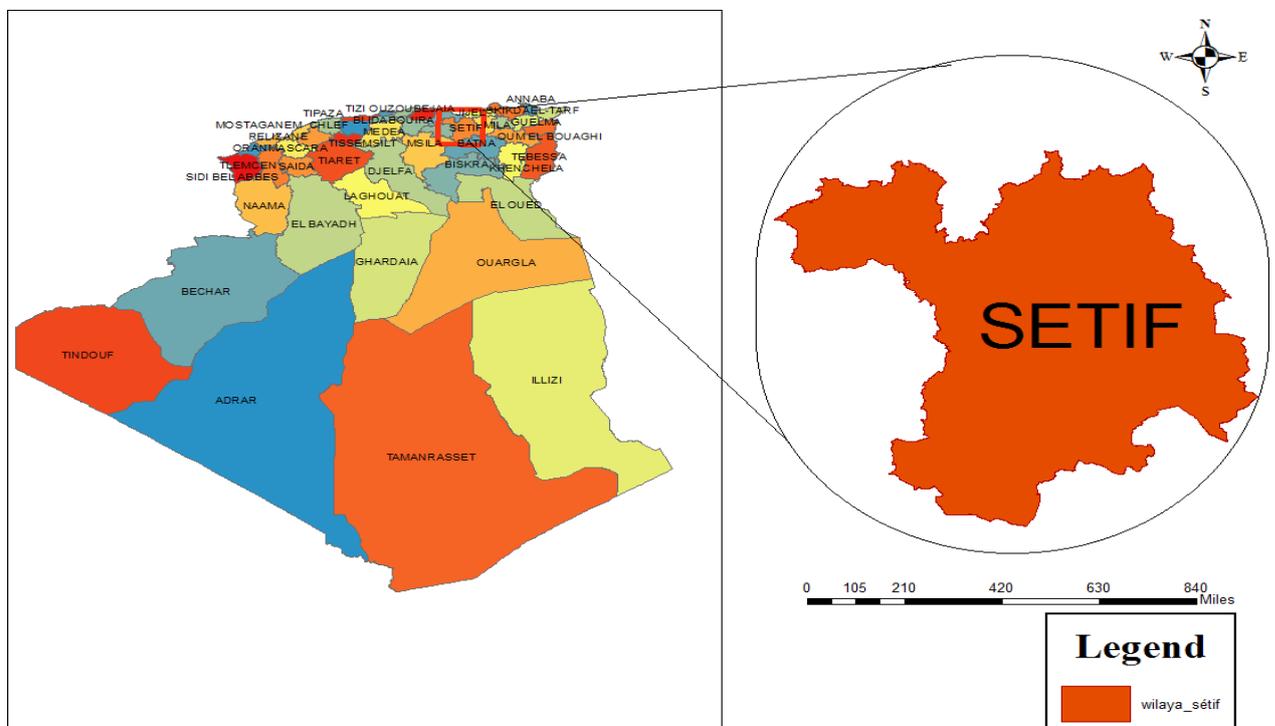


Figure I-1: Situation de la wilaya de Sétif.

La zone d'étude est située à environ 30 kilomètres à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Sétif et occupe une superficie de 200 ha.

Elle est limitée :

- ✓ Au Nord par les piémonts du Djebel Babor.
- ✓ A l'Est par la localité Mechtet Bou Rhalleb.
- ✓ Au sud, par la sebkha Bazer, les piémonts du Djebel Braou et de Tnoutit.
- ✓ A l'ouest par Bled Mahfoud.

Les exploitations du périmètre d'El Eulma ont pour limite Nord la commune de Guelta Zerka et pour limite Sud la commune de Bazer Sakra.

L'étude concerne le périmètre d'El Eulma situé dans la wilaya de Sétif avec les coordonnées UTM suivantes : (latitude 36° 8'44.56"N - longitude 5°44'34.59"E).

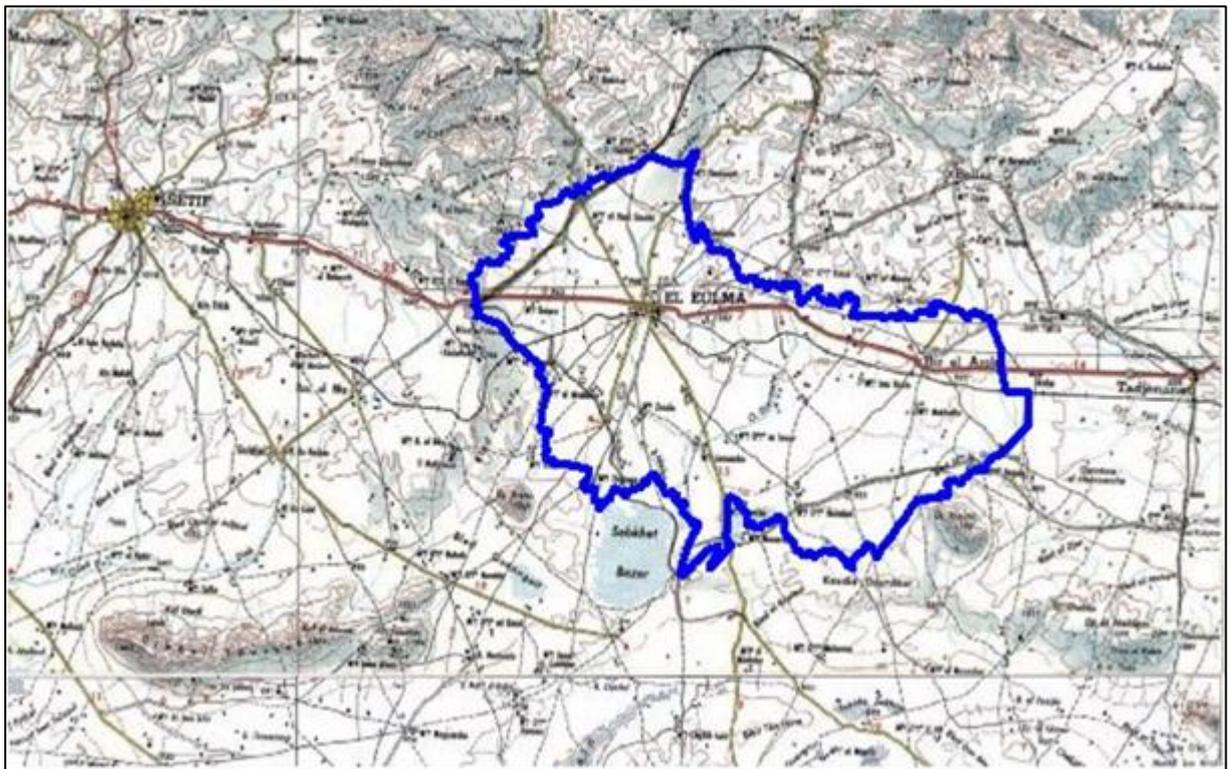


Figure I-2 : Plan de situation du périmètre d'EL Eulma.

I.3. Infrastructures routières et ferroviaires

La région étudiée bénéficie d'une bonne desserte routière, avec un réseau complet tant au niveau national (RN5 : Alger-Constantine ; RN77 : Batna-Jijel) qu'au niveau local (chemins de wilaya : CW113, CW118, CW171). De plus, un réseau dense de chemins communaux relie toutes les agglomérations au réseau principal et secondaire. La zone est également traversée par la ligne de chemin de fer Alger-Constantine. Pour ce qui est de la desserte agricole, il existe un vaste réseau de pistes agricoles principalement en terre.

I.4. Réseau hydrographique

La zone d'étude est traversée par plusieurs oueds importants qui se jettent dans l'oued Bousselam. Parmi les principaux oueds qui traversent la région figurent :

I.4.1.Zone de Mezloug

- ✓ Oued Bou Sellam
- ✓ Oued ben diab

I.4.2.Zone intermédiaire

- ✓ Oued Bou Sellam.
- ✓ Oued Tixter

I.4.3.Zone d'Ain Taghrout

- ✓ Oued Ain Taghrout

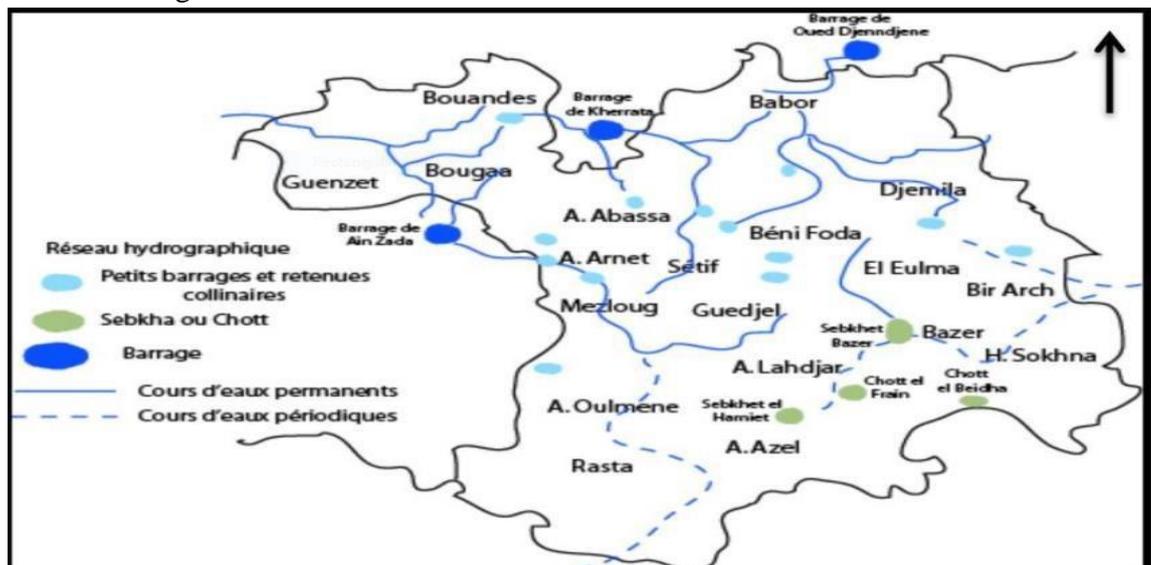


Figure I-3: Réseau hydrographique de la région de Sétif (BARKAT.H).

I.5.Géologie

Les plaines Sétifiennes sont principalement des formations quaternaires (quaternaire ancien, moyen et récent), cependant en rencontre aussi quelques formations du mi- pliocènes à l'Ouest de la zone d'étude (Annexe1).

I.5.1.Le plateau Sétifien

C'est un plateau élevé, dont l'altitude moyenne varie entre 900 et 1000 mètres. Il est bordé au nord par la chaîne des Bibans et au sud par les montagnes du Hodna. À l'origine, ce plateau formait le fond d'un golfe marin, puis d'un vaste lac qui s'est ensuite retiré vers l'est. Il est composé de sédiments secondaires à faciès néritique, tels que grès, dolomies, calcaires et marnes, sur lesquels se sont déposés des sédiments marins lagunaires, lacustres et tertiaires.

I.5.2.Quaternaire**• Quaternaire ancien :**

Le moulouyen se caractérise par un cadre géomorphologique composé de glacis et d'isolements moulouyens, recouverts d'une épaisse croûte calcaire de couleur rose saumon. Ces formations ont été affectées par de nombreux mouvements tectoniques survenus à la fin de la période pluviale moulouyenne, qui ont façonné les principaux traits du relief.

• Quaternaire moyen :

L'amirien s'est développé à partir des zones de faiblesse des glacis moulouyens, permettant ainsi la formation des glacis et cônes amiriens.

• **Quaternaire récent :**

Le tensiftien, tout comme les dépôts moulouyens, constitue l'un des ensembles de dépôts les plus vastes.

I.5.3.Mio-Pliocène

Les formations du Mio-Pliocène se manifestent sur une vaste étendue, se composant principalement de sable, de limons rougeâtres, de cailloutis et de conglomérats du Mio-Pliocène continental. Il s'agit d'une épaisse accumulation de cailloutis et de limons rougeâtres argilo-sableux ou marno-calcaires, correspondant à des dépôts fluviaux dans un bassin étendu.

Le périmètre se situe au niveau de la zone géologique du Quaternaire.

I.6.Relief

La wilaya de Sétif est appelée capitale des hauts plateaux, est divisée en trois grandes zones principales :

- ✓ La zone montagneuse.
- ✓ Les hautes-Plaines.
- ✓ La frange semi-aride.

I.6.1.Zones montagneuses

Constituée de trois (3) masses montagneuses :

-Les monts de Babor : Elle est représentée par la chaîne des Babors, qui s'étend sur environ une centaine de kilomètres, couvrant principalement le nord de la wilaya. Cette chaîne est caractérisée par des sommets élevés, dont le djebel Babor, culminant à 2004 mètres d'altitude. La région est dominée par une petite agriculture, principalement axée sur la culture de l'olivier et d'autres espèces rustiques (Mihi,2012) .

-Les monts des Bibans : dont l'extrémité orientale s'étend sur le nord-ouest de la wilaya.

-Les monts de Hodna : couvrent le sud et le sud-ouest de la wilaya, avec une altitude atteignant 1890 mètres au niveau du djebel Afgane.

La zone montagneuse du Djebel Boutaleb : Cette zone, caractérisée par un relief très escarpé et une végétation forestière dense, s'étend sur 2.871,61 km², ce qui représente 43,84 % de la superficie de la wilaya et comprend 34 communes (Zerroug,2012).

I.6.2.Zone des hautes plaines

Cette région, enclavée entre les massifs montagneux, se situe au centre de la wilaya. Elle couvre une superficie de 3 217,19 km² et comprend 22 communes. Son altitude varie entre 900 et 1 200 mètres. Elle sert de déversoir à de nombreux petits oueds des hautes plaines. La région est connue pour sa céréaliculture semi-intensive, ainsi que pour son élevage et son maraîchage saisonnier (Mihi,2012).

I.6.3.La frange semi-aride

Située dans le sud et le sud-est de la wilaya, cette zone présente rarement des altitudes dépassant les 900 mètres. Elle s'étend sur environ 10 % de la superficie totale de la wilaya et se distingue par la présence de chotts, des dépressions salées. Ces chotts abritent :

- ✓ Chott El Brida (Hammam Sokhna).
- ✓ Chott El Ferraine (Ain-Lahdjar).
- ✓ Sebkhet Melloul (Guellel).
- ✓ Sebkhet Bazer (Sud Bazer Sakra).

I.7.Drainage

La région est connue pour son réseau hydrographique dense, particulièrement développé dans la région d'Ain Taghrout, formant l'ensemble du bassin de drainage de l'oued Bou Sellam.

I.8.Caractéristiques climatiques

Le climat est défini comme l'ensemble des phénomènes météorologiques caractérisant l'état de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. Ses principales composantes incluent les précipitations, la température, le vent, l'évaporation et l'humidité relative. Tous ces facteurs climatiques jouent un rôle plus ou moins significatif dans la planification d'un projet de drainage. Les données météorologiques utilisées dans cette étude ont été fournies par l'ANRH, avec des compléments provenant de la banque de données de l'ENHYD et de l'Office National de la Météorologie (ONM).

Tableau I-1 : Caractéristiques géographique de la station de Sétif.

Station	Latitude (nord)	Longitude (E /W)	Altitude Z, m
Sétif	X	Y	Z
	5°30'-6 Nord	36°-36° 15' Est	1081

Source : ANRH

I.8.1.Précipitations

Dans cette région, la quantité et l'intensité des précipitations varient largement, reflétant un régime pluviométrique irrégulier. Les vents froids venant du nord et du nord-ouest durant les saisons d'hiver et de printemps jouent un rôle important dans la distribution des périodes de pluie.

Tableau I-2 : Répartition mensuelle des pluies de la station de Sétif (1992-2021).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	TOT X
Pluie (mm)	22,0	31	28	27,2	33	18	16	23	49	38,8	31	37,1	354,1

Source : ANRH

I.8.2.Température

Les températures les plus basses sont observées en janvier, avec un moyen inter annuel de 1,8 °C pour notre station. Les températures les plus élevées sont relevées en juillet, atteignant 33,1 °C. En moyenne, la température minimale est d'environ 5,4 °C, tandis que la température maximale est de 25,9 °C.

Tableau I-3 : Données de températures recueillis dans la station de Sétif en C° (1992-2021).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T min (C°)	1,8	2,2	4,5	6,1	11,4	15,8	19,2	19,4	15,3	11,1	5,9	2,6
T Max (C°)	9,7	11,7	14,7	17,1	23,4	29,5	33,1	32,8	27,1	21,3	15,2	10,5
T Moy (C°)	5,4	6,5	9,2	11,3	17,1	22,5	25,9	25,7	20,6	15,6	9,8	6,1

Source : ONM

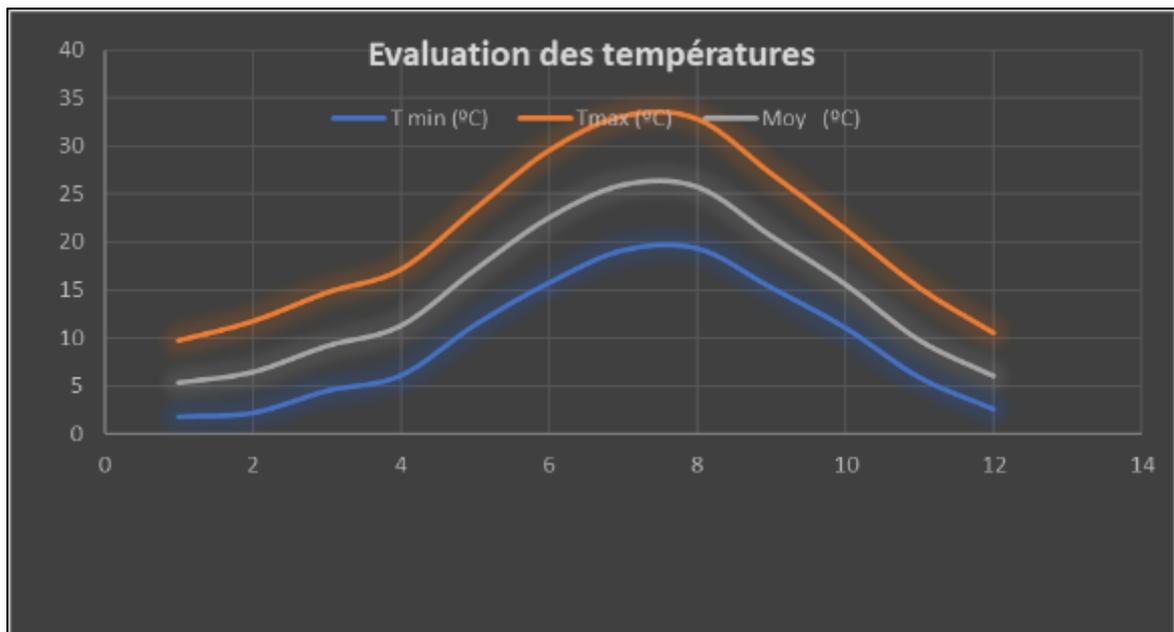


Figure I-4 : Répartition mensuelle de la température.

I.8.3. L'Humidité relative

L'humidité relative dépend des précipitations et de la nature des masses d'air locales. En règle générale, une variation de la température de l'air entraîne une variation inverse de l'humidité relative. À Sétif, la moyenne mensuelle de l'humidité relative est de 70 %. La répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative, mesurée par psychromètre, est présentée dans le tableau suivant :

Tableau I-4 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en % Sétif (1992-2021).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Hr %	76,0	69,0	63,0	59,0	53,0	41,0	35,0	38,0	54,0	62,0	72,0	77,0

I.8.4. Les vents

Le vent correspond au déplacement de l'air et se caractérise par sa direction mesurée à l'aide d'une girouette et d'un anémomètre. C'est un élément climatique particulièrement distinctif, influençant l'évapotranspiration des végétaux. De plus, le vent peut entraîner des effets tels que la verse des céréales, la détérioration des plantes ou la chute des fruits lourds. Son étude est donc essentielle pour orienter et planifier l'implantation des brise-vents.

Tableau I-5 : Distribution fréquentielle du vent (1992-2021).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
V moy (m/s)	2,7	2,8	3,1	3,6	3,1	3,1	2,9	2,9	2,9	2,7	3,1	3,0

Interprétation : Cette année, les vents prédominants soufflent du Nord-Ouest au Nord-Est. Les vents du Nord-Est sont frais et chauds, et peuvent favoriser les maladies cryptogamiques. La moyenne annuelle de la vitesse du vent est élevée et relativement constante, atteignant environ 2,9 m/s.

I.8.5. Le sirocco

Le sirocco est un vent chaud et sec qui souffle du Sahara vers le littoral. Il est particulièrement préjudiciable pour les végétaux car il peut entraîner le flétrissement des plantes et réduire les rendements agricoles. Dans la région étudiée, le sirocco est fréquent de mai à septembre. Ce vent sec et chaud peut causer des dommages significatifs aux cultures en augmentant la température et en asséchant le sol.

Tableau I-6 : Nombre des jours du sirocco durant l'année.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTX
Sirocco (J)	0	0	1	2	1	2	3	2	2	2	1	0	16

Source : ONID

I.8.6. La gelée

Les gelées sont largement influencées par l'altitude et se produisent lorsque les températures chutent considérablement, généralement en dessous de 10°C. Elles peuvent causer des dommages importants aux jeunes plantes, un problème particulièrement préoccupant dans les plaines de Sétif.

Tableau I-7 : Nombre moyen des jours de gèle blanche.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTX
Gelée (J)	7.8	6.4	4.2	1.8	0.1	0	0	0	0	0.9	3.6	9.3	33.5

Source : ONID

Ce phénomène commence à se manifester à partir du mois de novembre et atteint son pic entre décembre et février, pour finalement disparaître vers la fin du mois de mars.

I.8.7. Neige

Sur les hautes plaines de Sétif, la neige tombe fréquemment pendant plusieurs jours, généralement de fin novembre à début avril, totalisant en moyenne 34 jours par an avec une chute de neige moyenne de 71 millimètres. Cet enneigement est significatif car il contribue à l'alimentation des nappes phréatiques, en particulier celles de la terrasse alluviale.

I.8.8. Durée D'insolation

Le phénomène d'insolation, défini par le nombre d'heures où le soleil brille, est enregistré tout au long de l'année avec des valeurs variables. Les périodes les plus ensoleillées se situent pendant la saison chaude, de juillet à août, avec un pic en juillet atteignant 11,9 heures par jour. La région bénéficie d'un ensoleillement assez élevé.

Avec une moyenne annuelle de 8,2 heures par jour. Sur l'ensemble de l'année, l'ensoleillement total est de 2 990 heures, réparties entre 1 169 heures en hiver et 1 821 heures en été.

Tableau I-8 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Ins (h/j)	5,8	7,3	7,7	8,7	9,7	10,8	11,5	10,4	8,8	7,5	6,3	5,7

Source : ONID

I.9. Classement du climat

Par indices, nous faisons référence à une classification du climat à l'aide de formules, dans le but de comprendre l'interaction des différentes variables climatiques et leur impact sur les plantes. Les indices les plus célèbres sont ceux développés par Martone (1926) et Emberger (1932).

I.9.1. Classification du Climat selon l'indice de De Martone

L'indice d'aridité, tel que défini par Martonne, est un paramètre utilisé pour classer les climats, fournissant des informations sur la disponibilité de l'irrigation en fonction des conditions climatiques.

$$Ia = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

- ✓ *Ia*: Indice d'aridité.
- ✓ *P*: Pluviométrie annuelle en *mm*.
- ✓ *T*: Température moyenne annuelle de l'air en °C.

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

Tableau I-9 : Classification de climats selon MARTON.

Valeur <i>Ia</i>	Type de Climat	Irrigation
<i>Ia</i> < 5	Désertique	Indispensable
5 < <i>Ia</i> < 10	Très sec (aride)	Indispensable
10 < <i>Ia</i> < 20	Sec (semi-aride)	Souvent indispensable
20 < <i>Ia</i> < 30	Relativement humide	Parfois utile
<i>Ia</i> > 30	Humide	Inutile

Source : (FAO)

On a :

- $P=354.1mm$
- $T=14.5^{\circ}C$

L'indice d'aridité de la zone d'étude se calcul comme suit :

$$Ia = \frac{354.1}{14.50 + 10} = 14.45$$

On constate alors d'après la classification ci-dessus, que la Région est soumise à un régime climatique relativement sec à étage semi-aride, donc l'irrigation est indispensable.

I.9.2. Classification du climat selon le diagramme d'Emberger :

Le quotient pluviométrique, également appelé indice climatique d'Emberger, permet de classifier les cinq types de climats méditerranéens, allant du plus sec au climat de haute montagne. Cette méthode repose sur un diagramme élaboré par M. Emberger, qui nous informe sur le type de climat et la nature de l'hiver prédominant dans une région donnée. Le quotient d'Emberger que nous avons appliqué sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q = \frac{200 \times P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

- ✓ Q : Coefficient pluvio-thérmiq ue d'Emberger.
- ✓ P : Précipitation moyenne annuelle (mm).
- ✓ M : Température maximale du mois le plus chaud (Kelvin).
- ✓ m : Températures minimale du mois le plus froid (Kelvin).

AN:

- P= 354.1 mm
- M= 33.1°C
- m=1.8°C

Q=64.8

Ci-joint la projection sur le diagramme d'EMBERGER

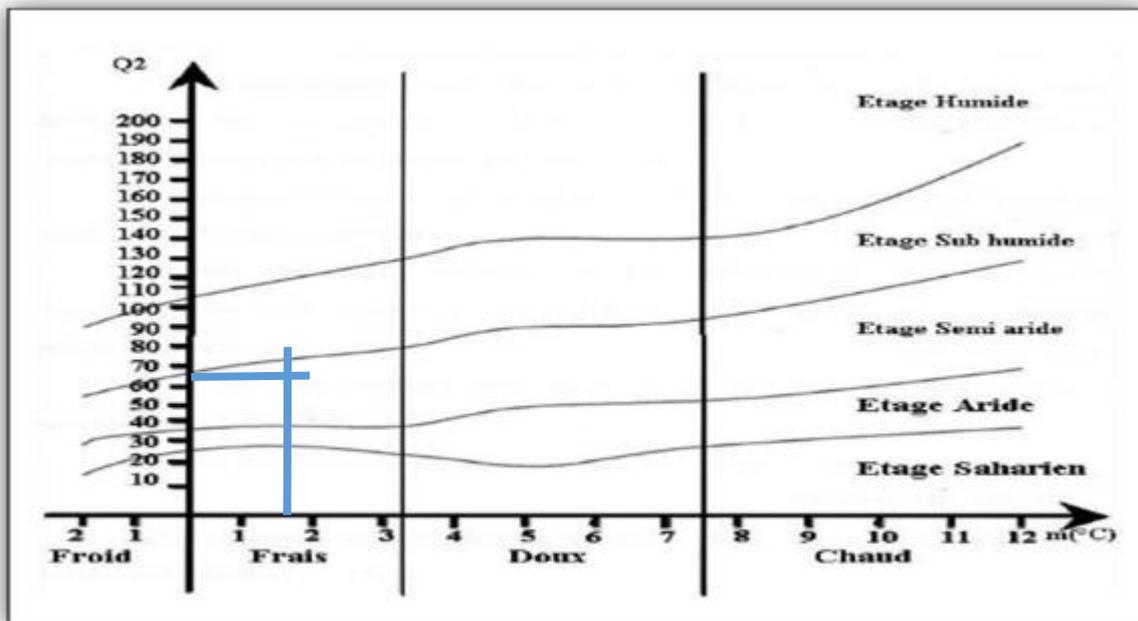


Figure I-5 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

En inscrivant la valeur de (Q) sur le diagramme bioclimatique d'Emberger et en tenant compte de la température moyenne minimale du mois le plus froid, ainsi que des valeurs projetées (Q = 64,83 mm et m = 1,8 °C), nous pouvons en conclure que notre région se situe dans :

- ✓ L'étage bioclimatique : Semi-aride
- ✓ Sous étage : Hiver frais.

I.9.3. Diagramme ombro-thermique de Gausсен :

Il s'agit d'un graphique qui permet de déterminer les périodes sèches et humides de l'année. Une période est considérée comme sèche lorsque la quantité de précipitations, exprimée en millimètres, est inférieure ou égale à deux fois la température moyenne, exprimée en degrés Celsius.

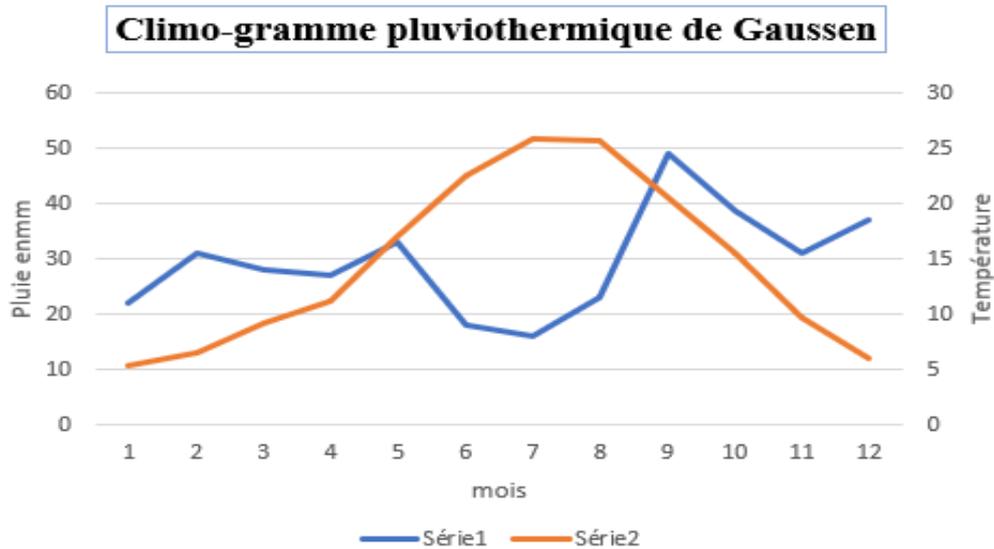


Figure I-6: Climo-gramme pluviométrique de Gausсен.

Pour la station de Sétif, le diagramme ombro-thermique de Gausсен indique que la période sèche s'étend sur plus de quatre mois, de mai à septembre, rendant ainsi l'irrigation des terres indispensable durant cette période. La saison humide, quant à elle, dure sept mois, d'octobre à avril, donc cette zone est caractérisée par le climat semi-aride.

I.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons observé que la zone d'étude est caractérisée par un climat continental semi-aride. L'hiver y est froid avec des gelées fréquentes et des chutes de neige, tandis que l'été est sec et chaud, souvent marqué par un vent du sud sec et chaud, le sirocco.

Les précipitations annuelles, d'environ 400 mm dans les plaines, sont assez irrégulières. Par conséquent, l'irrigation des terres devient indispensable durant cette période.

Chapitre II

Resource en Sols et en eaux

II. Resource en Sols et en eaux

II.1. Introduction

L'eau et le sol sont deux éléments indispensables pour l'agriculture, qui doit satisfaire les besoins alimentaires grandissants de la population en augmentation. En Algérie, en raison de l'aridité du climat, l'eau joue un rôle crucial dans le développement socio-économique, tandis que le sol, une ressource non renouvelable à l'échelle humaine, nécessite une gestion prudente. Les humains doivent donc trouver des moyens d'étendre les terres agricoles tout en préservant les sols.

Ce chapitre vise à approfondir la compréhension de la couverture des sols. Il est crucial de différencier les sols destinés à l'irrigation de ceux à préserver pour éviter leur dégradation, en tenant compte des besoins des populations et des ressources en eau disponibles. Pour cela, il est nécessaire de quantifier et de classer l'eau utilisable pour l'irrigation dans le bassin versant de notre zone d'étude.

Partie 1 : Ressource en sol.

II.2. Classification des sols

La classification des sols employée repose sur le système de la CPCS (1967), complété par celui de Ruellan (1970) pour les sols calcaires méditerranéens. Les principaux critères de classification incluent : la profondeur du sol, la teneur en calcaire total et actif (représentant la forme d'accumulation du calcaire), l'hydromorphie, l'halomorphie, et la recarification. Les prospections pédologiques et les analyses des différents échantillons collectés ont permis d'identifier quatre (03) classes de sols :

- ✓ Les sols peu évolués.
- ✓ Les sols calcimagnésiques.
- ✓ Les sols à sesquioxydes de fer.

II.3. Caractéristiques morphologiques et analyse des sols

Selon l'étude pédologique réalisée par l'E.N.HYD (Entreprise Nationale des Études Hydraulique) et basée sur la classification française, qui divise les sols en classes, sous-classes et groupes en fonction du degré d'évolution du profil et du type d'humus, plusieurs facteurs influencent l'évolution des sols, comme la présence d'eau ou de sols solubles. Quatre principales classes de sols ont été cartographiées :

II.3.1. Les sols peu évolués

Ces types de sols sont bien représentés dans la zone étudiée. Ils se trouvent principalement dans la partie nord, avec une présence moindre autour de la sebkha au sud. Ils couvrent une superficie de 8425.25 hectares, soit 35.5 % de la surface totale. Il s'agit de sols peu évolués, d'origine non climatique, formés par des dépôts alluviaux. Les sous-groupes identifiés comprennent les sols modaux, les sols vertiques, les sols hydromorphes et les sols halomorphes.

II.3.2. Les sols calcimagnésiques carbonatés

Ce sont les sols les plus représentés dans la zone d'étude. Couvrant 11890.3 hectares, soit 50.1% de la superficie totale. Ils apparaissent de manière discontinue dans la partie nord et se densifient dans la partie sud. Leur caractéristique principale est la présence de calcaire sous diverses formes, avec une faible teneur en sels et une texture non argileuse. La présence ou

l'absence d'un niveau limitant permet de les différencier en sols modaux, sols à encroûtement, sols vertiques et rendzines.

II.3.3. Les sols à sesquioxydes de fer

Ce type de sols est très peu présent dans cette zone. Leur caractéristique principale est leur couleur rougeâtre. Dans le périmètre étudié, ces sols couvrent seulement 2610.64 hectares, soit 11 % de la superficie totale, situés principalement au nord-est. Leur texture est équilibrée en surface et devient plus argileuse en profondeur, avec un taux de calcaire très bas. Ils se distinguent par leur couleur rouge ocre, résultant de l'oxydation du fer.

Tableau II-1 : Résultats analytiques des analyses précédemment faites au niveau des différents

N° profils	profondeur s	Granulométries %			texture	Matières organiques				Réserves minérales					PH	CE mmhos/cm	Classe des sols
		A	Lf+Lg	Sf+Sg		MO%	C%	N%	CN	Total%	CaCO3	Actif%	Total	P205 ppm			
01	0-30	32.25	51.3	32.65	A.L	1.96	11.4	1.09	10	2	-	-	26.42	8.11	0.13	Sols à sesquioxyde de fer	
	30-70	62.5	26.97	10.53	A.L	1.53	8.9	1.05	8	2.4	-	-	33.03	8.27	0.12		
02	0-15	18.82	65.92	15.26	L	2.41	14	1.42	10	18.8	10.25	4.83	37.73	8.05	0.12	Sols peu évolués	
	15-27	17.96	64.06	17.98	L	2.3	13	1.32	10	18.2	12	4.3	19.54	8.09	0.13		
	27-70	21.45	56.95	22.6	L	2.06	12	1.26	9	33.2	18	3.6	28.64	8.16	0.15		
03	00-25	34	45	17	A.L	1.38	8.01	1.01	8	25	15.12	1.94	52	8.8	0.85	Sols calcimagnésiques carbonaté	
	25-50	51	37	9	A.L	0.98	5.7	0.65	9	44.8	18.1	2.85	20	7.7	0.81		
	50-110	50	37	9	A.L	0.69	4	0.54	7	46.4	17.73	2.5	30	8.1	0.85		

II.4. Caractéristiques physico-chimiques des sols :

L'analyse physico-chimique réalisée en laboratoire a permis d'approfondir notre compréhension des propriétés, notamment texturales et hydrodynamiques, de notre sol.

II.4.1. Caractéristique physique :

- ✓ **Texture des sols** : limono-argileuse. Voir (annexe 02)
- ✓ **Structure** : La structure est en générale favorable excepté celle des sols peu évolués qui possèdent des structures massives.
- ✓ **Teneur en matière organique** : irrégulier, varie entre 0.9 % et 1.77 %.
- ✓ **Densité apparente** : comprise entre 1.20-1.40.
- ✓ **La densité réelle** : comprise entre 1.9-2.1.
- ✓ **Porosité** : 34-48 %.

Les propriétés hydrodynamiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II-2 : Propriétés hydrodynamiques des sols.

Capacité au champ (%)	26-27%
Point de flétrissement (%)	15-18%
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7-8
Densité apparente	1,3-1.4

Source : ONID

II.4.2. Caractéristiques chimiques :

- **LE PH** : Le pH, indicateur du niveau d'acidité ou de basicité d'un milieu, affecte toutes les réactions chimiques dans le sol. En surface, les valeurs de pH oscillent entre 7,7 et 8,1, traduisant un environnement légèrement à modérément alcalin. En profondeur, les valeurs les plus fréquentes se situent entre 7,8 et 8,3. Globalement, les valeurs de pH restent assez proches entre la surface et la profondeur, en raison de l'abondance de calcaire dans les sols.
- **La capacité d'échange cationique (CEC)** : Les analyses révèlent des valeurs situées entre 21 et 28 meq/100g, indiquant que les sols possèdent une richesse modérée en nutriments.

II.5. Les zones homogènes :

L'étude ANRH a délimité 05 classes de sols en se basant sur le type de sols (surtout la profondeur de la croûte/encroûtement)

- **Les zones I et II** ne présentent pas de grandes différences et auraient pu être rassemblées en une seule classe.
- **Les zones IV et V** ont les mêmes caractéristiques pour la mise en valeur, elles doivent être groupées en une seule classe.
- **Les zones I et II** de l'étude ANRH seront rassemblées dans une même classe de sols qui est l'équivalente de la classe II dans notre étude.
- **La zones III** de l'étude ANRH correspond à la zones **III** de notre étude.
- **Les zones IV et V** de l'étude ANRH appartiennent toutes les deux à la zone IV de notre étude.

II.6. Les contraintes édaphiques de mise en valeur :

La mise en valeur des sols de la plaine d'El Eulma, zone irriguée, doit prendre en compte les caractéristiques intrinsèques des sols, en sélectionnant des cultures adaptées au contexte local. Il est également essentiel d'évaluer la qualité des eaux d'irrigation et l'évolution de la couverture pédologique sous irrigation. Les principales limitations des sols de la région peuvent être regroupées en deux catégories de contraintes :

II.6.1. Contraintes morphologiques

- Topographie assez hétérogène mais restant toujours à pente douce.
- La présence d'accumulations calcaires à moyenne profondeur, sous forme d'encroûtements ou de croûtes, constitue une contrainte pour la mise en valeur des sols en irrigation en limitant la profondeur utile.
- Présence d'un contraste textural entre les horizons de surface et ceux de profondeur.

II.6.2. Contraintes physico-chimiques :

La richesse relative en carbonate de calcium et son homogénéité de répartition dans le profil pédologique sont particulièrement notables dans les sols calcimagnésiques, et à un degré moindre dans les sols d'apport.

Partie 2 : les ressources en eau

II.7. Barrage Draa Diss :

Le barrage de Draa Diss est situé sur l'oued Medjez, à 11,5 km au nord-est de la ville d'El Eulma, dans la commune de Tachouda, wilaya de Sétif. Il a pour objectif de transférer annuellement un volume d'eau de 190,50 hm³ vers l'aval, assurant l'approvisionnement en eau potable pour 780 000 habitants d'El Eulma (39 M de m³) et l'irrigation de 31 700 ha de terres agricoles dans la région (151 M de m³).



Figure II-1 : Barrage de draa diss.

II.7.1. Caractéristique du barrage

- Type : Barrage à noyau d'argile qui recharge les conglomérats en amont et en aval.
- Hauteur maximale de la digue : 70 m.
- Côte en crête de 1140,20 NGA.
- Longueur en crête : 970 m.
- Largeur en crête : 7 m.
- Côte de retenue normale : 1138,20 NGA.
- Evacuateur de crue : sans.
- Une prise pour le réseau d'irrigation est située sur la rive gauche de l'ouvrage à la côte 1084 NGA.
- 03 ports réseau AEP aux niveaux : 1120 NGA, 1102 NGA et 1084.40 NGA.
- Chaque ligne de sortie est équipée de deux vannes papillon (protection et contrôle).
- Le drainage de fond est assuré par deux vannes chariot sous le caisson mesurant 2,40×1,95m (vanne de protection et vanne de réglage).
- Galerie de dérivation : Elle est située dans un affleurement calcaire sur la rive gauche et mesure 406 pieds de longueur.

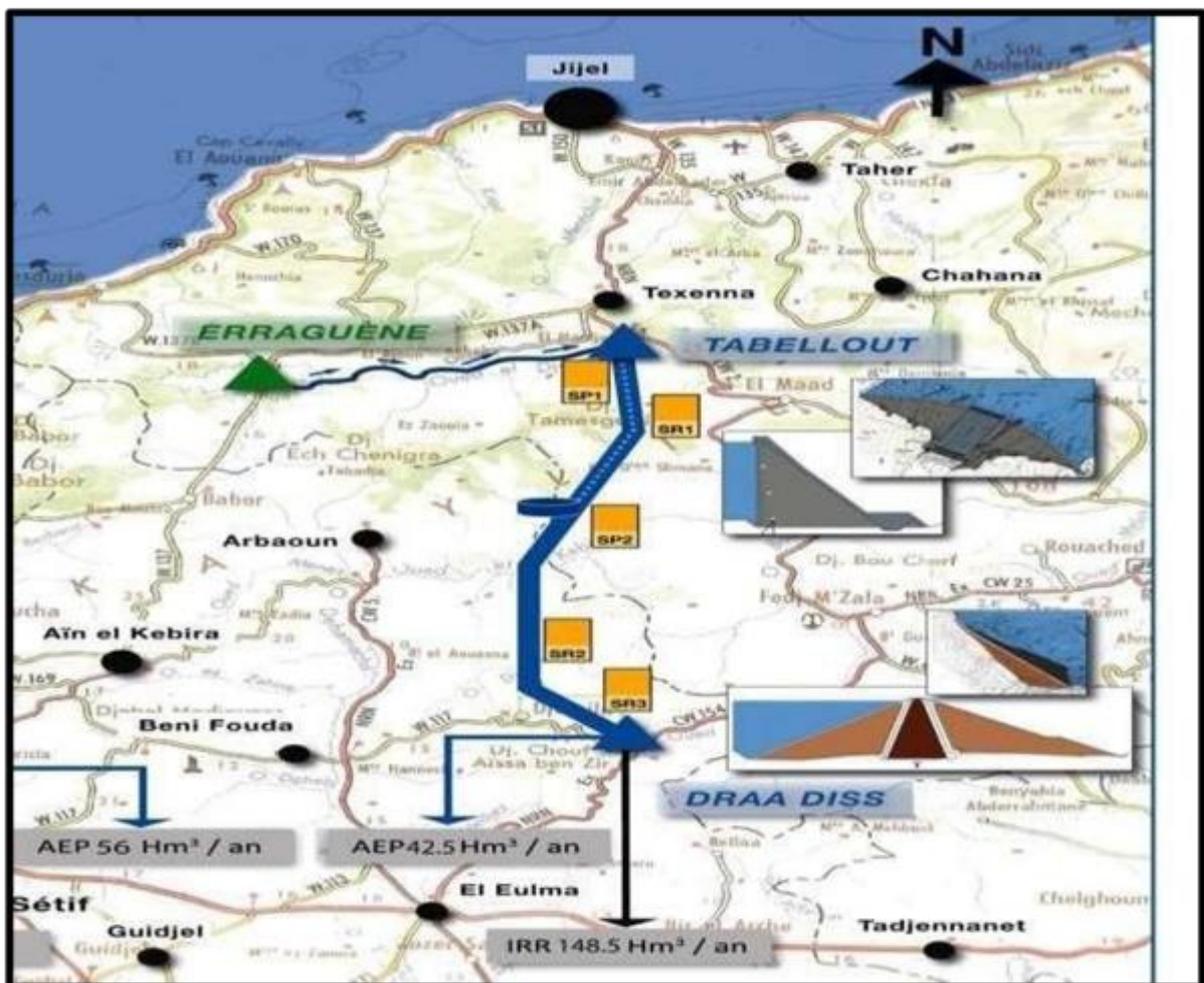


Figure II-2 : Présentation de système de transfert Est du projet (2011).

II.7.2. Capacités utiles de retenue :

La capacité utile d'exploitation, telles que mentionnées par l'APD du Barrage de Draa Diss est 137 hm³.

II.8. Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage

La qualité chimique de l'eau provenant de barrage a été analysée sur des échantillons prélevés au fil des années, spécifiquement à partir de barrage de Draa Diss. La classification des eaux, basée sur leur qualité chimique, a été effectuée en utilisant le diagramme de l'USDA (classification américaine).

II.8.1. Classification des eaux pour l'irrigation

L'eau d'irrigation contient toujours des sels dissous qui, selon leur concentration, peuvent impacter le sol et les cultures. Il est donc essentiel d'adapter les pratiques agricoles à la qualité de l'eau et à la nature des sels qu'elle contient.

La classification des eaux d'irrigation repose sur deux paramètres :

- La Conductivité électrique **CE**.
- Le rapport d'absorption du Sodium **SAR**.

II.8.2. Classification américaine

La classification américaine est basée sur deux paramètres (CE à 25°C et le S.A.R)

- **La Conductivité électrique (CE) :**

La conductivité électrique est une propriété liée à la mobilité des ions. Elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau II-3 : Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique (mmhos/cm)	Qualité des eaux	Remarque
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de faible salinité	Convient pour toutes les cultures
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de salinité moyenne	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de salinité élevé	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes
C4	$CE > 2,25$	Eau de salinité très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

- **Le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R) :**

La S.A.R est calculé par la formule suivante :

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

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ en méq/l

- **S1 : S.A.R < 10** : L'eau contenant une faible quantité de sodium, elle peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.
- **S2 : 10 < S.A.R < 18** : Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière.
- **S3 : 18 < S.A.R < 26** : Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales.
- **S4 : S.A.R > 26** : Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation.

II.8.3. Composition chimique de l'eau d'irrigation

D'après les analyses faites au laboratoire de l'ANRH, la composition chimique moyenne de l'eau est donnée dans le tableau suivant :

Tableau II-4 : Composition chimique de l'eau du barrage.

Eaux de surface		Eaux de surface				source : Bechtel	
Réservoir d'Erraguène							
Paramètres	unités	25/11	25/1	25/1	25/1		Moyenne
PH		7,4	7,7	8,2	7,8	PH	7,9
Conductivité	mho/cm	75	76	77	77	Conductivité	76
Alcalinité total	mg/l Ca CO ₃	104	102	110	102	Alcalinité Total	130
Dureté total	mg par l Ca CO ₃	240	210	220	310		
Calcium	mg/l	69	63	62	61	Calcium	70
Magnésium	mg/l	13	13	16	15	Magnésium	26
Sodium	mg/l	14	14	19	16	Sodium	17
Nitrate	mg N /l	14	0,3	0,3	0,1	Nitrate	0,3
Bore	mg/l	0,07	0,03			Bore	0,12
Plomb	mg/l	nul	nul	0,26	nul	Plomb	0

Source : ADE

Le calcul du S.A.R donne le résultat suivant :

$$SAR = \frac{3,09}{\sqrt{\frac{7 + 4,34}{2}}} = 1.29$$

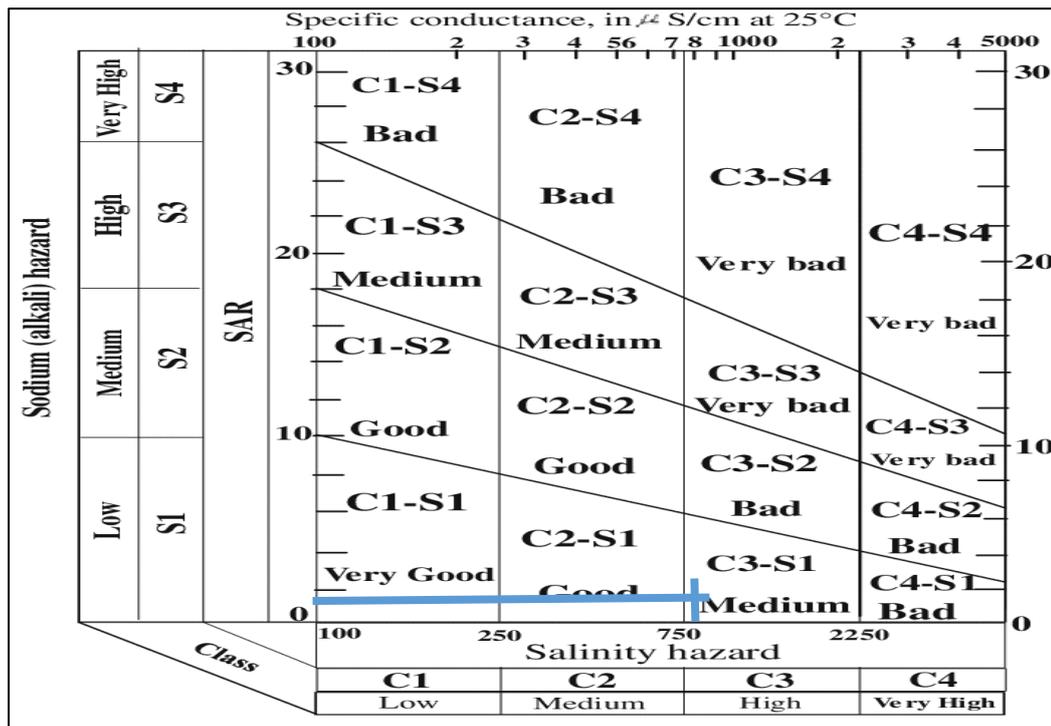


Figure II-3 : Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.

Interprétation : D'après les valeurs moyennes de la conductivité électrique (CE) et du rapport d'adsorption du sodium (SAR) obtenues des analyses, l'eau du barrage de Draa Diss est classée en catégorie **C3 S1**, indiquant une salinité variant de moyenne à relativement élevée, avec un faible risque d'alcalinité.

Remarque : on observe que nos sols et eaux sont moyennement salin, donc on propose un lessivage pour le contrôle de la salinité des sols.

II.9.Conclusion

Ce chapitre est dédié à l'analyse de la formation des sols dans la zone d'étude ainsi qu'à l'évaluation des eaux destinées à l'irrigation de notre périmètre. La prospection pédologique a identifié différentes classes de sols avec de bonnes aptitudes pour diverses cultures agricoles, les plus couramment cultivées dans la région, constituant ainsi un avantage agronomique. Les caractéristiques de ces sols sont les suivantes :

- Texture limono-argileuse. Voir(annex02).
- Stabilité structurale moyenne.
- Une bonne capacité de rétention.

Les eaux du barrage de Draa Diss, utilisées pour irriguer notre périmètre, appartiennent à la classe **C3 S1**. Dans la classe S1, la quantité de sodium est faible, ce qui signifie que cette eau ne devrait pas poser de problèmes, sauf éventuellement pour les arbres fruitiers. En ce qui concerne la classe de salinité C3, la salinité est qualifiée de moyennement forte.

Chapitre III

Etude hydrologique

III. Etude hydrologique

III.1. Introduction

La phase hydrologique est incontournable, ayant pour objectif principal de déterminer l'année de précipitation à partir de l'analyse des averses. Cette étape revêt une importance cruciale en hydrologie, car elle permet d'évaluer la quantité d'eau de pluie reçue par un bassin versant spécifique.

III.2. La série des données pluviométriques

L'étude hydrologique est essentielle dans les projets d'irrigation. Cette section vise à déterminer les caractéristiques des précipitations à des fréquences spécifiques, influençant ainsi l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole.

Pour notre région nous avons choisi la station pluviométrique de HAMMAM codée 100110 par l'ANRH, dont les coordonnées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III-1: caractéristiques principales de la station pluviométrique.

La station pluviométrique	code	Période d'observation	Nombre d'années d'observation	Coordonnées UTM
HAMMAM	100110	1992-2021	30	X(km): 763.3
				Y(km): 338.8
				Z(m): 710

Source : ANRH Alger

La station offre une série de données pluviométriques, incluant les précipitations maximales mensuelles. Cette série couvre une période d'observation de 30 ans, allant de 1992 à 2021. Les données de cette série sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III-2: pluie moyennes mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Tot
1992-1993	30.7	10.7	26.6	128.5	50.6	43	34.9	8.6	39.6	0	0	0	373.2
1993-1994	4.1	11.7	18.2	58.8	29.7	54	2.3	36.5	14.4	0	0	8.2	237.9
1994-1995	25.5	37.2	1	49	151.3	26.7	50.7	39.1	8.8	42.6	2.3	0	434.2
1995-1996	43.6	15.2	11.8	17.3	42.4	118	0	38.2	56.4	44.6	1	17.7	406.2
1996-1997	14.2	10.2	17.3	43	31.2	4.3	7.6	34	23	21.7	0	20.9	227.4
1997-1998	32.2	25.7	37.1	62.3	6.9	58.5	12.5	55.6	94.1	9.5	0	0	394.4
1998-1999	127	21.8	78.3	32.1	88.6	21.9	14	9.6	9.7	2.8	0	0	405.8
1999-2000	26.8	28.6	20.2	96.9	14.8	9.2	15	19.1	36.7	6.6	6.9	0	280.8
2000-2001	12.3	49.9	12.5	81.3	95	27.7	9.1	18.1	39.8	0	0	4.2	349.9
2001-2002	55.9	7.1	23.9	9.9	26	39.7	31.8	18.6	30.2	0	29.8	0	272.9
2002-2003	5.2	9.2	130.1	142.1	165.1	43	32.4	52.6	38.7	35.8	16.5	26.1	696.8

2003-2004	14,4	66,1	13,5	137,9	59,4	19,6	50,7	74,9	65,4	9,9	1	56,6	569,4
2004-2005	26	24,9	50,1	122,2	52,6	54,7	30	49,1	30,5	34,3	1,8	6,3	483,5
2005-2006	8,4	8,4	37,9	50,3	46,1	34,1	16,8	24,7	63,1	3,8	4,5	2,3	300,4
2006-2007	49,2	0,3	2,5	55,9	7	22,9	30,1	37,1	14,5	21,4	0	0,9	241,8
2007-2008	29,8	22,8	17	24,8	20	14,1	51	19,2	45,2	5,1	22,1	15,1	287,2
2008-2009	21,5	47	32,6	43,8	43,9	42,8	43,8	63,2	2,8	5,7	5	0	352
2009-2010	62,6	6,8	26,6	34,7	28,4	34,7	42,3	35,2	46,7	20,5	3,6	10,6	352,7
2010-2011	5,7	43,8	26,8	32,9	9,9	152,6	19,7	52,9	43,7	41,1	0	6,3	435,4
2011-2012	11,9	68,7	17,6	51,5	56,4	80	24	93,8	4,9	4,2	5,4	10,4	428,8
2012-2013	2,4	7,7	41,4	9,3	77,5	158,7	55	45	35	2,3	10,5	0	444,8
2013-2014	20,7	29,3	53	42,4	49,4	24,5	91,8	0,5	72,8	1,6	0	4,1	390,1
2014-2015	5,5	7,9	5,1	138,1	175,6	116,2	90,9	5,5	20,4	0	47,8	4,6	617,6
2015-2016	21,5	38,3	35,2	0	39,1	49,1	114,3	58	36,1	1,8	0	0	393,4
2016-2017	14,3	18,1	48,7	6,9	98	41,1	0	18,3	8,3	22,9	0	0	276,6
2017-2018	8	2,5	20	34,9	34,7	34,5	127,9	79,4	73,1	29,8	1,4	1,2	447,4
2018-2019	44,9	94,9	16,9	17	141,2	32,4	62,4	28,1	67,5	0	0	35,8	541,1
2019-2020	161,6	67,8	73,9	35,6	10,4	0	76,1	58,9	5,7	19,2	1,7	0	510,9
2020-2021	32,8	18,9	54,2	78,2	27	7,9	63,7	21,3	45,9	13,7	0	49,2	412,8
2021-2022	17,9	30,1	33,9	35,5	23,1	24,9	47,3	119,9	19,8	0	0	8,9	361,3

Source : ANRH Alger

Cette série de précipitations annuelles présente les caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau III-3: Caractéristiques de la série pluviométrique.

Moyenne	397,56 mm
Écart type	112,90
Pmax	696,8mm
Pmin	227,4 mm

III.3.Homogénéisation des données

Le test de Mood permet de vérifier si une série de données pluviométriques est homogène. Voici le principe de ce test :

- **Échantillon** : On sélectionne un échantillon de données x_1, x_2, \dots, x_n que l'on ordonne par valeur croissante pour en identifier la médiane M . Cette médiane représente un point central qui divise l'échantillon en deux parties égales : 50% des valeurs inférieures à M et 50% des valeurs supérieures.
- **Remplacement par des signes** : On remplace chaque valeur x_i par un signe +++ si $x_i > M$ et par un signe -- si $x_i < M$.
- **Calculs:**
 - ✓ N_s : nombre total de séries consécutives de +++ ou de --.
 - ✓ T_s : taille de la plus grande série consécutive de +++ ou de --.

$$Ns > \frac{1}{2}(n+1 - u_1 - \frac{a}{2}\sqrt{n+1})$$

$$Ts < 3.3(\log n + 1)$$

Tableau III-4 : Calcul des paramètres du test de la médiane.

Série triée par ordre croissant		Série non triée	
Ordre m	Pmoy (mm)	Année	Pmoy (mm)
1	227.4	1992	-373.2
2	237.9	1993	-237.9
3	241.8	1994	+434.2
4	272.9	1995	+406.2
5	276.6	1996	-227.4
6	280.8	1997	-394.4
7	287.2	1998	+405.8
8	300.4	1999	-280.8
9	349.9	2000	-349.9
10	352	2001	-272,9
11	352.7	2002	+696,8
12	361.3	2003	+569,4
13	373.2	2004	+483,5
14	390.1	2005	-300,4
15	393.4	2006	-241,8
16	394.4	2007	-287.2
17	405.8	2008	-352
18	406.2	2009	-352,7
19	412.8	2010	+435.4
20	428.8	2011	+428.8
21	434.5	2012	+444.8
22	435.4	2013	-390.1
23	444.8	2014	+617.6
24	447.4	2015	-393.4
25	483.5	2016	-276.6
26	510.9	2017	+447.4
27	541.1	2018	+541.1
28	569.4	2019	+510.9
29	617.6	2020	+412.8
30	696.8	2021	-361.3

-Calculs :

On a :

$N=30$, donc : $m=15$,

Alors la médiane est : $M=393.4$

Tableau III-5 : Résultats du test de la médiane.

Paramètre	Valeur	Comparaison
NS	15	15 > 10.22 conditionn°1 vérifiée
$Ns > \frac{1}{2}(n+1 - u_1 - \frac{a}{2}\sqrt{n+1})$	10.22	
TS	5	5 < 8.17 conditionn°2 vérifiée
3.3(logn + 1)	8.17	

Interprétation : Les résultats du test de la médiane (Tableau II-4) indiquent que la série de précipitations est homogène.

III.4. Etude des précipitations moyennes annuelles

Les séries de données pluviométriques peuvent être modélisées à l'aide de diverses lois statistiques, en sélectionnant celles qui offrent le meilleur ajustement pour le projet concerné. Parmi les lois les plus fréquemment employées, on compte :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Log-normale.

III.4.1. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GAUSS :

Une variable est considérée comme appartenant à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition suit la forme suivante :

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

- u : Est la variable réduite de Gauss. Elle est donnée par :

$$U = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- ✓ Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- ✓ Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.

- ✓ Calculer la fréquence expérimentale
- ✓ Calculer variable réduite de gauss u
- ✓ Calcul des caractéristiques empiriques de loi \bar{x} , σ ; Cv ; Cs
- ✓ Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est : $x_{p\%} = \bar{x} + \sigma \cdot U_{(P\%)}$

- \bar{x} : Moyenne arithmétique.
- $x_{p\%}$: Précipitation de probabilité P%.
- σ : Écart type.
- Cv : Coefficient de variation.
- Cs : Coefficient d'asymétrie.

Avant de procéder à l'ajustement il faut suivre les étapes suivantes :

- ✓ Classer les valeurs des précipitations par ordre croissant avec attribution d'un rang 1, 2,..., n.
- ✓ Calculer pour chaque valeur de précipitation la fréquence expérimentale par la formule de HAZEN.

$$F(X) = \frac{m - 0,5}{n}$$

- m : rang de précipitation.
- n : nombre d'observations.

Tableau III-6 : Caractéristiques de la série pluviométriques.

Moyenne	397,56 mm
Pmin	227,4 mm
Sigma	112,90
Cv	0.384

Tableau III-7 : Variable réduite de Gauss.

Rang	Pmoy	F(x)	u
1	227.4	0.0167	-0.6155
2	237.9	0.05	-0.5049
3	241.8	0.0833	-0.4638
4	272.9	0.1167	-0.1362
5	276.6	0.15	-0.0972
6	280.8	0.1833	-0.053
7	287.2	0.2167	0.01443
8	300.4	0.25	0.15348
9	349.9	0.2833	0.6749
10	352	0.3167	0.69702
11	352.7	0.35	0.70439
12	361.3	0.3833	0.79498

13	373.2	0.4167	0.92033
14	390.1	0.45	1.09835
15	393.4	0.4833	1.13311
16	394.4	0.5167	1.14365
17	405.8	0.55	1.26373
18	406.2	0.5833	1.26795
19	412.8	0.6167	1.33747
20	428.8	0.65	1.50601
21	434.5	0.6833	1.56605
22	435.4	0.7167	1.57553
23	444.8	0.75	1.67455
24	447.4	0.7833	1.70194
25	483.5	0.8167	2.08221
26	510.9	0.85	2.37083
27	541.1	0.8833	2.68895
28	569.4	0.9167	2.98705
29	617.6	0.95	3.49478
30	696.8	0.9833	4.32905

Ci-joint l'ajustement par logiciel Hyfran :

Tableau III-8 : Résultat de l'ajustement à la loi de gauss (Hyfran).

T (ans)	Fréquence au non dépassement Q	XT (mm)	Ecart-type	Intervale de confiance
100.0	0.9900	660	40.2	581 - 739
50.0	0.9800	629	36.8	557 - 702
20.0	0.9500	583	31.9	521 - 646
10.0	0.9000	542	28	487 - 597
5.0	0.8000	493	24.1	445 - 540
3.0	0.6667	446	21.6	404 - 488
2.0	0.5000	398	20.6	357 - 438
1.25	0.2000	302	18.1	266 - 337

Et voici l'ajustement graphique de la loi de Gauss :

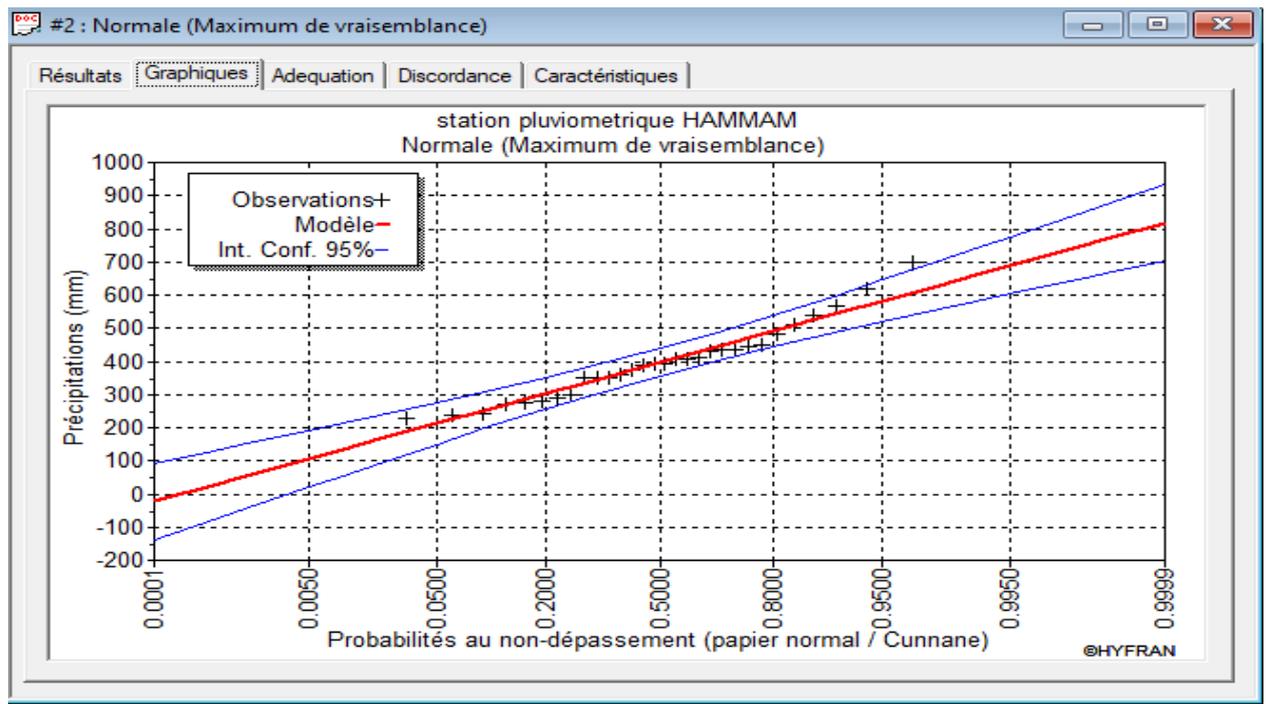


Figure III-1: Ajustement graphique à la loi de Gauss.

III.4.2. Ajustement selon la loi Log-normale :

Cette méthode consiste à convertir les données statistiques des précipitations sur une nouvelle échelle, à savoir l'échelle log normale. L'équation de la droite s'exprime ainsi :

$$\ln(X_p\%) = \overline{\ln(X)} + \delta \ln + (U_p\%)$$

- $X_p\%$: représente la précipitation probable pour un pourcentage $p\%$
- $\overline{\ln(X)}$: la moyenne arithmétique du logarithme des précipitations observées.
- $U_p\%$: correspond à la variable réduite de Gauss.
- $\delta \ln$: est l'écart type des précipitations observées.

Les résultats de l'ajustement par HYFRAN sont :

Tableau III-9 : Résultat de l'ajustement à la loi Log-normale par HYFRAN.

t	Fréquence au non Dépassement (q)	Xt (mm)	Ecart type	Intervale de confiance
100	0.99	737	73.9	592 - 882
50	0.98	683	62.6	560 - 805
20	0.95	608	48.5	513 - 703
10	0.9	549	38.4	474 - 624
5	0.8	485	29.2	428 - 542
3	0.6667	432	23.3	386 - 478
2	0.5	383	19.7	344 - 421
1.25	0.2	302	18.1	266 - 337

Et voici l'ajustement graphique de la loi de Log-normale :

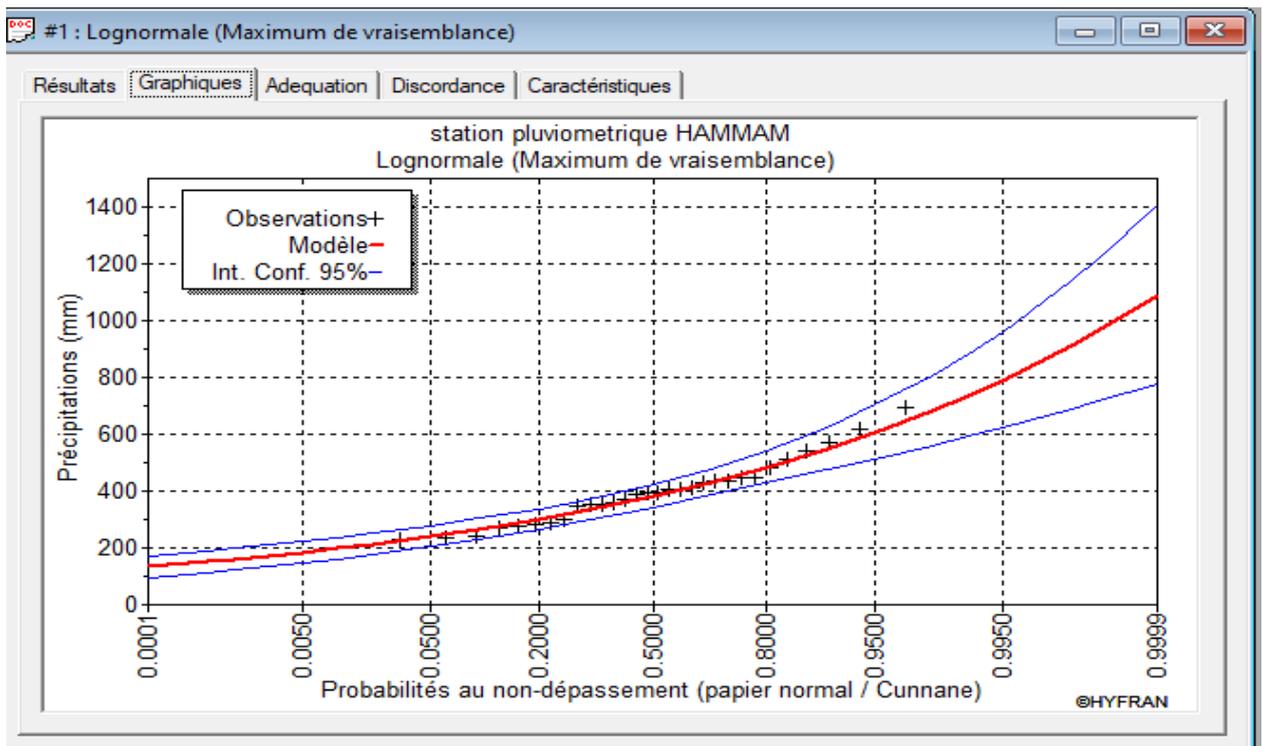


Figure III-2: Ajustement à la loi de Log-normale.

III.5. Test d'adéquation de Khi-deux « X^2 »

L'application du test du Khi-deux de Pearson vise à évaluer la compatibilité d'une distribution statistique avec un échantillon donné de taille N. Pour déterminer la fiabilité de ce test pour chaque ajustement, il est nécessaire de calculer la valeur de χ^2 et de trouver la probabilité correspondante en utilisant la table de la fonction Khi-deux, tout en fixant un seuil de signification α . Pour ce faire, deux hypothèses sont posées.

- H_0 : si $P(\chi^2) \geq \alpha$
- H_1 : si $P(\chi^2) < \alpha$

Tableau III-10 : Test de validité de l'ajustement.

	Loi normal	Loi Log-normal
X^2 Calculée	2.67	6.40

On est tiré la valeur de X^2 théorique, tel que : X^2 théorique = $f(\gamma)$ à partir de la table de Pearson khi deux avec : $\alpha = 0.05$ et $\gamma = 4$

Donc : X^2 calculé < X^2 théorique = 9.48

Après avoir analysé les ajustements obtenus, il apparaît que la loi Log normal fournit le meilleur ajustement pour la série des précipitations annuelles à la station de **HAMMAM**.

III.6. Détermination de l'année de calcul :

L'objectif principal de la détermination de l'année de calcul est de connaître la quantité de pluie utilisable par la plante, représentant une fraction de la pluie efficace (précipitations avec une probabilité de 80%). Pour obtenir la pluviométrie moyenne mensuelle avec une probabilité de 80%, on utilise la loi suivante :

$$P_{i80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i \text{ moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique de (80\%) annuel}}}{P_{\text{théorique de (50\%) annuel}}$$

D'après le tableau d'ajustement de la loi Log normal on trouve :

$$P_{80\%} = 302 \text{ mm} \quad \text{et} \quad P_{50\%} = 383 \text{ mm} \quad \text{d'où :} \quad \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 0.78$$

On remarque que :

$$\frac{(P_{80\%})}{(P_{50\%})} = < 1$$

Donc $P_{i80\%}$ de chaque mois est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III-11 : Année de calcul.

Mois	Sep	oct	Nov	Dec	Jan	fev	Mars	Avril	Mai	juin	Juil	Août
Pmoy (mm)	44,3	45,5	40,1	46,2	46,7	38,9	44,7	45,2	49,7	29,8	17,9	13,2
P80% (mm)	34,55	35,49	31,27	36,03	35,025	30,34	34,86	35,25	38,76	23,24	13,96	10,29

III.7. Conclusion

L'étude hydrologique a permis de reconstituer l'année de précipitations mensuelles avec une probabilité de 80%, afin de déterminer la quantité de pluie disponible pour les plantes et répondre à leurs besoins. Pour dimensionner notre réseau d'irrigation, nous utiliserons les données de cette année de précipitations mensuelles en appliquant la loi d'ajustement de Log-normal.

Chapitre IV

Besoins en eau des cultures

IV. Besoins en eau des cultures

IV.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de quantifier les besoins en eau des cultures en se basant sur les calculs précédemment établis, afin de compenser le déficit hydrique de la couche de sol active. L'eau apportée aux plantes est libérée par la transpiration des feuilles, tandis que le reste s'évapore du sol. La combinaison de ces deux processus constitue l'évapotranspiration, à partir de laquelle nous déterminons les besoins en eau des cultures.

IV.2. Besoin en eau du périmètre

Pour quantifier les besoins en eau des cultures, il est nécessaire d'étudier et de prévoir l'évolution de la répartition des cultures actuelles et projetées dans la zone. Cette démarche permettra d'augmenter les surfaces occupées par des cultures rentables, telles que les cultures maraîchères en plein champ et l'arboriculture fruitière.

IV.2.1. Situation actuelle

Le système agraire du périmètre El Eulma peut être décrit comme un système extensif classique, favorisant une rotation biennale (céréales – jachère) combinée avec l'élevage ovin et bovin.

La situation actuelle des cultures dans la zone à aménager est résumée dans le tableau suivant :

Tableau IV-1: Occupation agricole actuelle.

Occupation	Surface Agricole (ha)	Repartition (%)
Maraîchères	70	35%
Céréale	70	35%
Arboriculture	30	15%
Fourragère	30	15%
Total	200	100%

Source : Enhyd

IV.2.2. Occupation prévue

L'objectif de l'irrigation est de transformer, à moyen terme, le système agraire biennal actuel en un système de polyculture, en augmentant les surfaces céréalières et en réduisant ainsi les périodes de jachère. Cette transformation encouragera les cultures intensives (maraîchères et arboricoles) et les cultures fourragères, ce qui permettra d'augmenter le taux d'occupation des sols, de dynamiser la croissance économique du secteur agricole, d'élever les revenus des agriculteurs et de créer davantage d'emplois.

IV.2.2.1. Cultures proposées pour la zone d'étude

Le tableau suivant présente les différentes cultures proposées dans le cadre de notre scénario.

Tableau IV-2: Gamme des cultures proposées pour la zone d'étude.

Cultures	
Céréaliculture	Blé
	Orge
Fourragère	Avoine
Maraichères	Tomate
	Ail
	Concombre
	Carotte
Cultures arboricoles	Pécher
	poirier

IV.2.2.2. Rotation et Assolement

La pratique des assolements vise principalement à optimiser les revenus tout en réduisant les risques liés à la fertilité du sol d'une année sur l'autre. Elle permet d'associer et de combiner différentes grandes catégories de cultures, telles que les maraîchages, l'arboriculture, la céréaliculture et les cultures fourragères, en fonction de la taille des exploitations, des ressources financières, des compétences techniques et de la gestion des agriculteurs.

La rotation des cultures consiste à ne pas cultiver une même plante, ou une famille de plantes, sur la même parcelle d'une année à l'autre. Concrètement, cela implique de modifier chaque année le plan de culture du potager et, pour les grandes cultures, de réorganiser les parcelles entières. Les agriculteurs partenaires de Bonduelle, par exemple, évitent de cultiver une parcelle avec les mêmes légumes pendant deux années consécutives, permettant ainsi au sol de se régénérer. Cette approche est également appelée assolement.

La rotation des cultures offre plusieurs avantages :

-Réduire la propagation des parasites : De nombreux parasites, tels que bactéries, virus et champignons, spécifiques à certains légumes, peuvent survivre dans le sol d'une année sur l'autre. En modifiant l'emplacement des plantes, on perturbe leur cycle de vie, ce qui aide à limiter leur propagation sans avoir recours à des pesticides pour les éliminer.

-Préserver le sol : Les différentes familles de légumes ont des besoins variés et absorbent des éléments nutritifs spécifiques du sol à différentes profondeurs en fonction de leur système racinaire. Sans rotation des cultures, le sol peut s'appauvrir considérablement après plusieurs saisons et sa structure peut en être affectée. De plus, certains légumes sont particulièrement exigeants en nutriments, tandis que d'autres, comme les légumineuses, ont l'avantage de enrichir le sol de manière naturelle.

Tableau IV-3: Les assolements proposés.

Assolement I			Assolement II		
Culture		Superficie (Ha)	Culture		Superficie (Ha)
Blé		70	Orge		70
Tomate		50	Ail		40
Concombre		20	Carotte		30
Arboriculture	Poirier	15	Arboriculture	Poirier	15
	Pêcher	15		Pêcher	15
Avoine		30	Avoine		30
Total		200	Total		200

IV.2.2.3. Calendrier d’occupation des sols

L'utilisation des terres agricoles, en lien avec les cycles de culture adoptés pour le projet, est illustrée dans le calendrier ci-dessous :

Tableau IV-4: Calendrier d'occupation des sols pour les cycles culturaux.

Cultures	Sept	Oct	nov	dec	jan	fev	Mars	Avril	Mai	Juin	juil	Août
Céréales												
Blé			←								→	
orge			←								→	
Fourrage												
Avoine			←								→	
Maraichères plein champs												
Tomate							←				→	
concombre										←		→
Ail		←					→					
Carotte	←					→						
Arbres de fruits à pépins												
Pêcher	←											→
poirier	←											→

IV.3. Besoins en eau du périmètre

Les besoins en eau des cultures se réfèrent à la quantité d'eau fournie aux plantes au moment opportun pour garantir des conditions d'humidité optimales et maximiser leur rendement. À cet effet, on définit :

IV.3.1. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur par une surface végétalisée. Elle est généralement mesurée en unités de volume par unité de surface et de temps, telles que m³/ha/jour, m³/ha/mois, ou m³/ha/an, et peut également être exprimée en mm par jour, mois ou an. On distingue deux types d'évapotranspiration : l'évapotranspiration de référence (ET₀) et l'évapotranspiration maximale (ETM).

IV.3.1.1. L'évapotranspiration de référence (ET₀)

L'évapotranspiration de référence (ET₀) est définie comme la perte d'eau d'une surface végétale bien irriguée, où l'évaporation est limitée uniquement par l'énergie disponible dans l'atmosphère. En d'autres termes, il s'agit de l'évapotranspiration d'une culture bien approvisionnée en eau, généralement le gazon, lorsque le sol atteint sa capacité maximale de rétention d'eau, représentant ainsi le niveau maximal d'évapotranspiration.

IV.3.1.2. L'évapotranspiration Maximale (ETM) ou Besoins en eau des cultures (ET_c)

Lorsque l'eau n'est plus un facteur limitant pour l'absorption racinaire (dans des conditions hydriques optimales), la régulation stomatique est minimale et l'évapotranspiration de la culture atteint son maximum pendant un stade végétatif.

-Dans ces conditions, les besoins en eau des cultures se calculent de la manière suivante :

$$ETM = Kc \times ET0$$

Avec :

- *Kc* : Représente le coefficient cultural, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.
- *ET₀*: Évapotranspiration de référence.

IV.3.2. Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ETP ou ET₀)

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs méthodes :

- Évapotranspiromètre (mesures directes).
- Stations expérimentales.
- Formules empiriques.

Il existe plusieurs formules empiriques parmi lesquelles, on peut citer :

- Formule de Thornthwaite (1948).
- Formule de Penman.
- Formule de Blaney- Criddle (1959).
- Formule de Turc (1960).
- Formule de Bouchet (1960).

Dans notre étude, l'évapotranspiration de référence (ET₀) a été estimée en utilisant la méthode de Penman-Monteith.

Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET₀) par la formule Penman Monteith :

La détermination de l'évapotranspiration de référence (ET₀) est réalisée en utilisant la formule modifiée de Penman-Monteith :

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

Avec :

- ET₀ : évapotranspiration de référence [mm jour-1]
- R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour-1]
- G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour-1]
- T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- U₂ : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹]
- e_s : Pression de vapeur saturante [kPa]
- e_a : Pression de vapeur réelle [kPa]
- e_s - e_a : Déficit de pression de vapeur saturante [kPa]
- γ : Constante psychrométrique [kPa °C⁻¹]
- Δ : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹]

Pour les calculs, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT version 8.0 de la FAO, en y entrant les données mensuelles fournies par la station météorologique de Sétif.

- **Température** : Températures minimales et maximales mensuelles en (°C).
- **Humidité de l'air** : Humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- **Insolation journalière** : Donnée en heures d'insolation en (heures).
- **Vitesse de vent** : Vitesse du vent peut être introduite en (m/s).

Le tableau suivant présente l'évapotranspiration de référence (ET₀), calculée à l'aide du logiciel CROPWAT.

Tableau IV-5: Calcul de l'évapotranspiration.

Evapotranspiration de référence ET ₀ de Penman et Monteith							
Mois	T _{min} °C	T _{max} °C	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation (heures)	Radiation MJ/m ² /jour	ET ₀ Mm/mois
Janvier	1,8	9,7	76	13,35	5,8	35,44	28,66
Février	2,2	11,7	69	15,4	7,3	36,40	41,97
Mars	4,5	14,7	63	16,55	7,7	32,08	66,18
Avril	6,1	17,1	59	13,8	8,7	36,96	92,01
Mai	11,4	23,4	53	17,05	9,7	37,36	129,85
Juin	15,8	29,5	41	14,05	10,8	31,12	168,37
Juillet	19,2	33,1	35	14,95	11,5	35,76	205,66
Août	19,4	32,8	38	15,95	10,4	36,16	188,9
Septembre	15,3	27,1	54	16,45	8,8	39,76	100,17
Octobre	11,1	21,3	62	14,35	7,5	23,84	76,89
Novembre	5,9	15,2	71	17,55	6,3	10,56	37,84
Décembre	2,6	10,5	77	14,5	5,7	14,32	24,85

IV.4. Calcul de la pluie efficace

La pluie efficace est définie comme la portion des précipitations qui contribue réellement à répondre aux besoins en évapotranspiration de la culture, après avoir soustrait les pertes dues au ruissellement de surface, à la percolation en profondeur, etc. Ces pertes sont estimées à 20% du total des précipitations. Pour évaluer la pluie efficace, on distingue :

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy}$$

Avec :

Lorsque la pluie efficace (P_{eff}) est inférieure à 5 mm, elle est considérée comme nulle.

IV-4 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU)$$

Avec :

- ETM : évapotranspiration (mm/mois).
- P_{eff} : Pluie efficace.
- RFU : C'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures.

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

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

Avec :

- H_{cc} : Humidité à la capacité aux champs (26%).
- H_{pf} : Humidité au point de flétrissement (16%).
- D_a : densité apparente (1.4).
- Y : degré de tarissement (2/3).
- Z : profondeur d'enracinement en mm.

Remarque : L'irrigation est faite lorsque B_h (bilan hydrique) < 0 .

$$B_h = \text{entrées} - \text{sorties} < 0$$

La RFU réelle est maximale en hiver, nulle en été, et égal à 2/3 et 1/2 ou 1/3 au printemps et en automne.

IV.5. Estimation des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau de chaque culture sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau IV-6: Estimation des besoins en eau du blé.

Mois	P_{moy} (mm)	P_{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17						0
Octobre	35,49	27,30	76,89						0
Novembre	31,27	24,06	37,84	0,3	28	14	0,4	15,14	0
Décembre	36,03	27,72	24,85	0,5	46,7	46,7	0,7	17,40	0
Janvier	35,025	28,02	28,66	0,5	46,7	46,7	0,85	24,40	0
Février	30,34	23,32	41,97	0,6	56	56	0,95	40,10	0
Mars	34,86	26,82	66,18	0,6	56	56	1,05	69,50	0
Avril	35,25	27,12	92,01	0,6	56	28	1,05	96,50	41,38
Mai	38,76	29,82	129,85	0,6	56	28	0,85	104	46,18
Juin	23,24	17,88	168,37	0,6	56	0	0,75	126,28	108,4
Juillet	13,96	10,74	205,66						0
Août	10,29	7,92	188,9						

Tableau IV-7: Estimation des besoins en eau de l'orge.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17						0
Octobre	35,49	27,30	76,89						0
Novembre	31,27	24,06	37,84	0,30	28,00	14	0,30	11.35	0
Décembre	36,03	27,72	24,85	0,50	46,67	46.67	0,30	7.45	0
Janvier	35,025	28,02	28,66	0,50	46,67	46,67	0,50	14.33	0
Février	30,34	23,32	41,97	0,60	56,00	56,00	0,50	20.98	0
Mars	34,86	26,82	66,18	0,60	56,00	56	1,00	66.18	0
Avril	35,25	27,12	92,01	0,60	56,00	28	1,15	105.81	50.69
Mai	38,76	29,82	129,85	0,70	65,33	32.67	1,00	129.9	67.36
Juin	23,24	17,88	168,37						0
Juillet	13,96	10,74	205,66						0
Août	10,29	7,92	188,9						0

Tableau IV-8: Estimation des besoins en eau de l'avoine.

Mois	Pmoy (mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes (mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17						0
Octobre	35,49	27,30	76,89						0
Novembre	31,27	24,06	37,84	0,30	28,00	14	0,40	15.136	0
Décembre	36,03	27,72	24,85	0,50	46,67	46.67	0,70	17.392	0
Janvier	35,025	28,02	28,66	0,50	46,67	46,67	0,85	24.361	0
Février	30,34	23,34	41,97	0,60	56,00	56,00	0,95	39.8715	0
Mars	34,86	26,82	66,18	0,60	56,00	56,00	1,05	69.489	0
Avril	35,25	27,12	92,01	0,60	56,00	28	1,05	96.489	13.37
Mai	38,76	29,82	129,85	0,60	56,00	28	0,80	103.88	46
Juin	23,24	17,88	168,37	0,60	56,00	0,00	0,75	126.2775	108.4
Juillet	13,96	10,74	205,66						0
Août	10,29	7,92	188,9						0

Tableau IV-9: Estimation des besoins en eau de l'ail.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17						
Octobre	35,49	27,30	76,89	0.3	22,5	0	0.5	38,45	11,5
Novembre	31,27	24,06	37,84	0.4	30	15	0.75	28,38	0
Décembre	36,03	27,72	24,85	0.4	30	30	1	24,85	0
Janvier	35,025	28,02	28,66	0.4	30	30	1	28,66	0
Février	30,34	23,32	41,97	0.4	30	10	0.75	31,4775	0
Mars	34,86	26,82	66,18						0
Avril	35,25	27,12	92,01						0
Mai	38,76	29,82	129,85						0
Juin	23,24	17,88	168,37						0
Juillet	13,96	10,74	205,66						0
Août	10,29	7,92	188,9						0

Tableau IV-10: Estimation des besoins en eau de la tomate.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17						0
Octobre	35,49	27,30	76,89						0
Novembre	31,27	24,06	37,84						0
Décembre	36,03	27,72	24,85						0
Janvier	35,025	28,02	28,66						0
Février	30,34	23,32	41,97						0
Mars	34,86	26,82	66,18	0.7	65,3	0	0,5	33,09	6,27
Avril	35,25	27,12	92,01	0.9	84	42	0,85	78,20	9,08
Mai	38,76	29,82	129,85	1.2	112	56	1,15	149,33	63,51
Juin	23,24	17,88	168,37	1.2	112	0	0,9	151,53	133,65
Juillet	13,96	10,74	205,66						0
Août	10,29	7,92	188,9						0

Tableau IV-11: Estimation des besoins en eau du concombre.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17						0
Octobre	35,49	27,30	76,89						0
Novembre	31,27	24,06	37,84						0
Décembre	36,03	27,72	24,85						0
Janvier	35,025	28,02	28,66						0
Février	30,34	23,34	41,97						0
Mars	34,86	26,82	66,18						0
Avril	35,25	27,12	92,01						0
Mai	38,76	29,82	129,85	0.4	30	0	0,42	54,537	22,73
Juin	23,24	17,88	168,37	0.45	33,75	0	0,65	109,441	90,37
Juillet	13,96	10,74	205,66	0.5	37,5	0	0,85	174,811	166,36
Août	10,29	7,92	188,9	0.6	45	0	0,85	160,565	149,11

Tableau IV-12: Estimation des besoins en eau des carottes.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17	0,3	22,5	0	0,42	70,12	41,77
Octobre	35,49	27,30	76,89	0,6	45	11,25	0,70	69,20	28,83
Novembre	31,27	24,06	37,84	0,9	67,5	15	0,81	39,73	0
Décembre	36,03	27,72	24,85	0,9	67,5	67,5	0,77	24,85	0
Janvier	35,025	28,02	28,66	0,9	67,5	67,5	0,57	27,23	0
Février	30,34	23,34	41,97						0
Mars	34,86	26,82	66,18						0
Avril	35,25	27,12	92,01						0
Mai	38,76	29,82	129,85						0

Juin	23,24	17,88	168,37						0
Juillet	13,96	10,74	205,66						0
Août	10,29	7,92	188,9						0

Tableau IV-13: Estimation des besoins en eau du poirier.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17	1,5	140	0	0,95	95,16	68,58
Octobre	35,49	27,30	76,89	1,5	140	0	0,95	73,05	45,75
Novembre	31,27	24,06	37,84	1,5	140	70	0,95	35,95	0
Décembre	36,03	27,72	24,85	1,5	140	140	0,9	22,37	0
Janvier	35,025	28,02	28,66	1,5	140	140	0,8	22,93	0
Février	30,34	23,32	41,97	1,5	140	140	0,7	29,38	0
Mars	34,86	26,82	66,18	1,5	140	140	0,5	33,09	0
Avril	35,25	27,12	92,01	1,5	140	70	0,5	46,01	0
Mai	38,76	29,82	129,85	1,5	140	70	0,5	64,93	0
Juin	23,24	17,88	168,37	1,5	140	0	0,6	101,02	83,14
Juillet	13,96	10,74	205,66	1,5	140	0	0,6	123,40	112,66
Août	10,29	7,92	188,9	1,5	140	0	0,7	132,23	124,31

Tableau IV-14: Estimation des besoins en eau du pêcher.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	34,55	26,58	100,17	1,50	140	0	0,7	70,12	43,54
Octobre	35,49	27,30	76,89	1,50	140	0	0,9	69,20	41,9
Novembre	31,27	24,06	37,84	1,50	140	70	0,9	34,06	0
Décembre	36,03	27,72	24,85	1,50	140	140	0,9	22,37	0
Janvier	35,025	28,02	28,66	1,50	140	140	0,7	20,06	0
Février	30,34	23,34	41,97	1,50	140	140	0,65	27,28	0
Mars	34,86	26,82	66,18	1,50	140	140	0,55	36,40	0
Avril	35,25	27,12	92,01	1,50	140	70	0,55	50,61	0
Mai	38,76	29,82	129,85	1,50	140	70	0,55	71,42	0
Juin	23,24	17,88	168,37	1,50	140	0	0,55	92,60	74,72
Juillet	13,96	10,74	205,66	1,50	140	0	0,55	113,11	102,37
Août	10,29	7,92	188,9	1,50	140	0	0,55	103,90	96

IV.6. Calcul des besoins en eau des assolements

Les tableaux ci-dessous présentent le calcul des besoins en eau pour les cultures des deux assolements. Cela permet d'identifier le mois de pointe, c'est-à-dire celui où la demande en eau est la plus élevée.

Tableau IV-15: Besoin en eau de l'assolement 1.

Mois	Blé	Tomate	Concombre	Avoine	Pécher	Poirier	Total
Sep	-	-	-	-	43,54	68,58	109.12
Oct	-	-	-	-	41,9	45,75	87.65
Nov	0	-	-	0	0	0	0
Dec	0	-	-	0	0	0	0
Jan	0	-	-	0	0	0	0
Fev	0	-	-	0	0	0	0
Mars	0	6,27	-	0	0	0	6.27
Avr	41,38	9,08	-	13.37	0	0	63.83
Mai	46,18	63,51	22,73	46	0	0	178.42
Juin	108,4	133,65	90,37	108.4	74,72	83,14	598.68
Juil	-	-	166,36	-	102,37	112,66	381.39
aout	-	-	149,11	-	96	124,31	369.42

Tableau IV-16: Besoin en eau de l'assolement 2.

Mois	Orge	Ail	Avoine	Carotte	Pécher	poirier	Total
Sep	-	-	-	41,77	43,54	68,58	153.89
Oct	-	11,5	-	28,83	41,9	45,75	127.98
Nov	0	0	0	0	0	0	0
Dec	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0
Fev	0	0	0	-	0	0	0
Mars	0	-	0	-	0	0	0
Avr	50.69	-	13.37	-	0	0	64.06
Mai	67.36	-	46	-	0	0	113.36
Juin	-	-	108.4	-	74,72	83,14	266.26
Juil	-	-	-	-	102,37	112,66	215.03
aout	-	-	-	-	96	124,31	220.31

IV.7.Loi de débit

IV.7.1.Calcul des débits spécifiques :

Les débits spécifiques sont déterminés en fonction des besoins en eau de chaque culture, qui ont été évalués préalablement selon la répartition des cultures. La dose d'arrosage nécessaire pour répondre à la consommation maximale est exprimée en débit constant, disponible en continu 24 heures sur 24, afin de satisfaire les besoins mensuels. Les débits spécifiques sont calculés à l'aide de la formule suivante :

$$q(l/s/ha) = \frac{Bm \times 10 \times 1000}{T \times t \times 3600 \times K}$$

- ✓ Bm : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m³/ha.
- ✓ T : Temps d'irrigation par jour.
- ✓ t : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour (t=30 J).
- ✓ K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ≈ 0.75

$$q = \frac{598.68 \times 10 \times 1000}{30 \times 24 \times 3600 \times 0.75} = 3.07(l/s/ha)$$

Les besoins en eau sont déterminés en se basant sur la culture la plus exigeante, qui est l'Assolement 1. Par conséquent, la période de demande maximale se situe au mois de juin :

Bnet = 598.68 mm.

qs = 3,07 l/s/ha > 1,5 l/s/ha

Le débit spécifique dépasse 1,5, donc il existe un risque de dimensionner excessivement les conduites de refoulement ou gravitaires.

Pour résoudre ce problème, nous disposons de trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- ✓ Calculer la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures.
- ✓ Prendre en compte la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
- ✓ Choisir le débit spécifique de la culture la plus exigeante durant le mois de pointe.

Dans notre cas, nous choisissons le débit spécifique de la culture la plus exigeante, qui est celle des Concombres au mois de Juillet.

Bnet = 166,36mm,

Donc le débit spécifique corrigé est de : **qs = 0.85 l/s/ha**

IV.7.2.Calcul du débit caractéristique

Il s'agit du débit maximal en fonction de la pression de service dans le réseau d'irrigation. Ce débit est égal à :

$$Q_{car} = q_{sp} \times surface$$

Avec : La surface totale est égale : 200 ha

$$Q_{car} = 0.85 \times 200 = 170 l/s$$

IV.8.Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :

Le volume des besoins en eau est calculé en multipliant le besoin en eau de la culture (en m³) par la surface de la culture.

$$B_{brut} = B_{net}/(0,75)$$

$$V_{besoin} = B_{brut} \times S_{culture}$$

On trouve les résultats dans le tableau suivant :

Tableau IV-17: Les besoins totaux du périmètre.

Les cultures	Surface (ha)	Bnet	Efficiencie	Bbrut	Vbesoin en m3
Blé	70	195.96	0.75	2612.8	182896
Tomate	50	212.51	0.75	2833.47	141673.5
Concombre	20	428.57	0.75	5714.26	114285.2
Avoine	30	167.77	0.75	2236.93	67107.9
Pécher	15	358.33	0.75	4780.4	71706
Poirier	15	434.44	0.75	5792.53	86887.95
La somme	200	-	-	-	664556.55

On remarque que le volume total des besoins en eau annuels de notre périmètre est de **664556.55m3**, ce volume peut être assuré par le barrage de Draa Diss.

IV.9.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons évalué les besoins en eau pour l'irrigation des cultures sur une superficie de 200 ha.

Le volume requis pour cette irrigation est d'environ 664556.55 m3, qui sera prélevé du barrage de Draa Diss, dont la capacité totale est de 137 Mm³.

Il en ressort que la capacité du barrage est amplement suffisante pour satisfaire les besoins en eau de l'ensemble de la surface irriguée.

Chapitre V

Etude de système d'adduction et distribution

V. Etude de système d'adduction et distribution

V.1. Introduction

Le réseau collectif de distribution d'eau est principalement composé de canalisations enterrées, qui acheminent l'eau sous pression vers divers exploitants par le biais de bornes d'arrosage. L'extension de ces réseaux, basés sur des conduites sous pression, est largement influencée par la nécessité d'une gestion efficace des ressources en eau, notamment grâce à la généralisation des méthodes modernes d'irrigation à la demande. Dans ce cadre, ce chapitre se concentre sur l'élaboration d'une méthodologie pour optimiser le réseau de distribution d'irrigation sous pression, telle qu'elle est présentée ci-après.

V.2. Organisation et structure du périmètre

Le schéma d'adduction et de distribution sélectionné comporte deux niveaux de distribution afin de minimiser les fluctuations de pression causées par le marnage dans le barrage.

- Le premier niveau, appelé "étage bas", qui correspond à notre périmètre (secteur 2) et secteur 3 couvre la zone entre 900 et 940 mètres d'altitude. En limitant la pression à 13 bars dans les conduites (avec une marge de sécurité de deux bars pour les régimes transitoires), On a donc une pression de $1138 - 900 = 23,8$ bars en statique aux points les plus bas, il est nécessaire de casser la charge par un régulateur. Le régulateur est réglé à une altitude de 1030 mètres et sera installé sur la colline à gauche de l'oued Medjez.
- Le second niveau, ou "étage haut", qui correspond au secteur 1 et secteur 4.

Le schéma ci-dessous met en évidence les lignes de charge sur les deux secteurs.

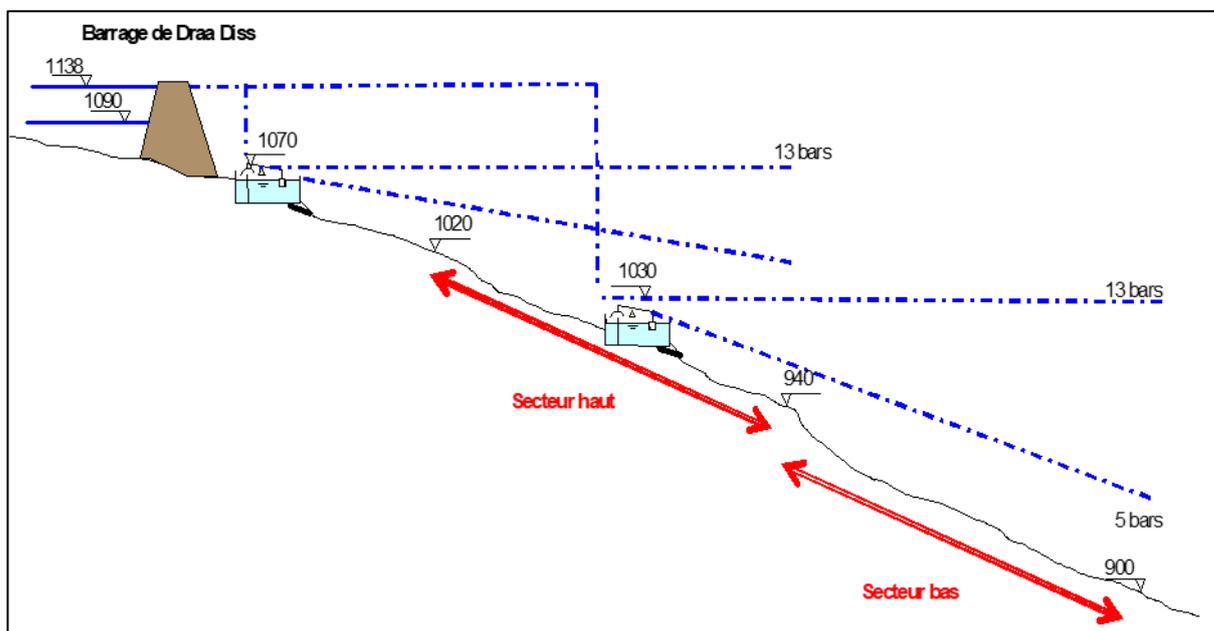


Figure V-1: schéma de la variante retenue.

Dans le périmètre, l'objectif est d'assurer une pression de 5 bars avant les bornes sur l'ensemble de la surface. Cela permet d'obtenir une pression d'environ 4 bars au niveau des bornes, suffisante pour l'irrigation par aspersion des parcelles. Seules certaines bornes situées en hauteur ou à grande distance pourraient présenter une pression légèrement inférieure.

En définitif, la création des deux étages, haut et bas, et deux branches Est et Ouest se matérialise par la division du périmètre en 4 secteurs :

- **Secteur 1** : d'une superficie de 4019,21 ha, il se développe au nord de la voie ferrée à l'ouest d'El Eulma,
- **Secteur 2** : sa superficie est de 3699,51 ha et il est limité au Nord par la voie ferrée, à l'ouest et au sud par les limites du périmètre et à l'est par l'ex CW5,
- **Secteur 3** : qui est le plus étendu, il est découpé en deux sous-secteurs, le secteur Est avec 5350,50ha et le secteur ouest avec 3183,34. Il englobe les terres situées au-dessous de la courbe 940,
- **Secteur 4** : il se développe au nord du secteur 3, à l'Est de la ville d'El Eulma sur une superficie de 3885,0 ha.

Ce découpage peut sembler déséquilibré, mais il découle de la configuration morphologique et topographique spécifique de la zone concernée. On remarque également que la frontière ouest du secteur 3 aurait pu être le CW 153, mais les terres situées entre les CW 5 et 153 sont plus proches des canalisations de la zone Ouest, ce qui les rend moins problématiques en termes de pression.

Dans cette thèse, nous nous concentrons sur l'aménagement hydroagricole d'une partie du secteur 2. La figure V-2 suivante, illustre le découpage en secteurs qui en résulte :

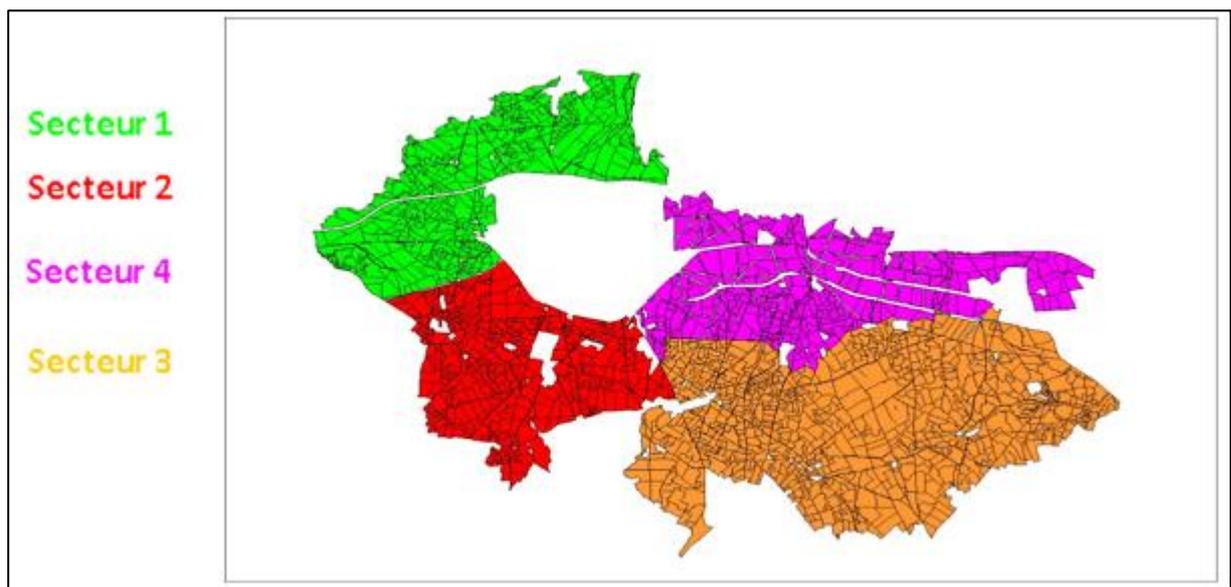


Figure V-2: schéma des secteurs du périmètre d'EL EULMA

V.2.1.Adduction

Les ouvrages d'adduction comprennent :

- L'ouvrage de raccordement à la conduite du barrage de Draa Diss,
- Deux brises charge,
- Deux adducteurs entre les brise-charge et l'entrée dans le périmètre.
- Les adducteurs qui desservent les secteurs entre l'entrée dans le périmètre et les zones de distribution proprement dites.

Le schéma synoptique ci-dessous montre l'agencement des réseaux d'adduction et de distribution.

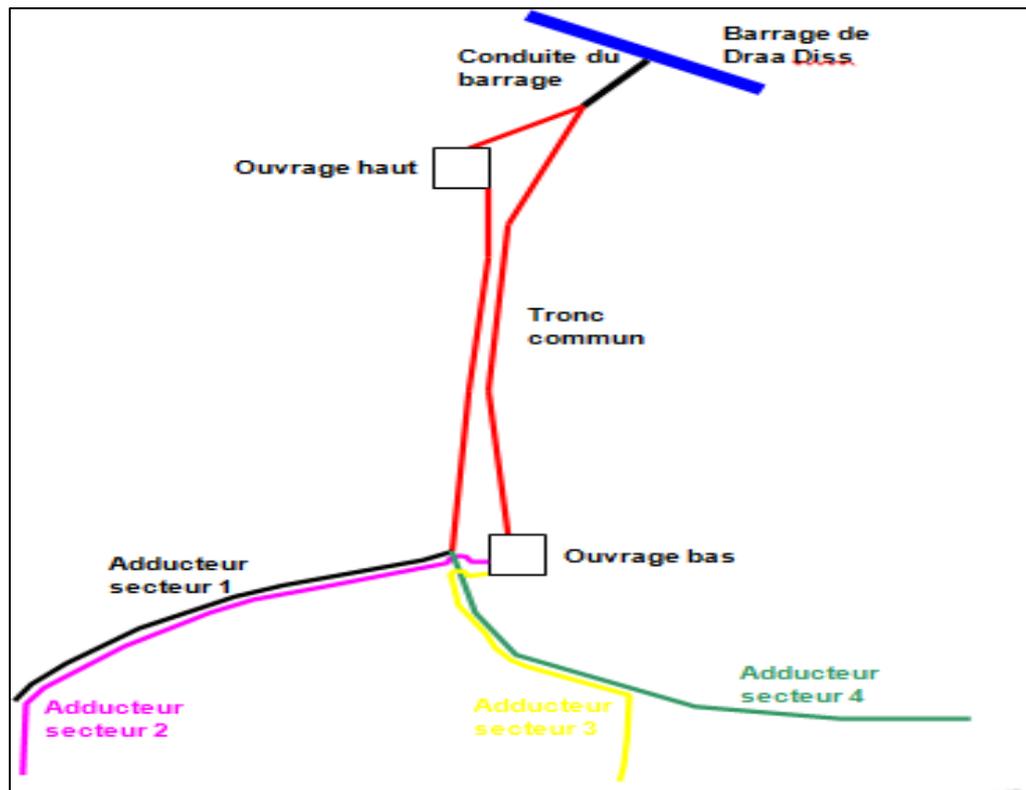


Figure V-3: Schéma d'adduction.

V.2.2. Modalités de distribution

-Distribution à la demande : Cette méthode permet à l'agriculteur de choisir d'utiliser sa propre borne ou prise d'irrigation au moment qui lui convient. Cependant, ce mode de fonctionnement est particulièrement complexe, car les demandes de débit sont complètement imprévisibles.

-Distribution au tour d'arrosage : Il s'agit d'un mode de desserte spécifique et très strict, avec un débit fixe et uniforme sur l'ensemble du réseau. Chaque irrigant peut irriguer durant un tour d'eau, pour une durée proportionnelle à la surface de sa parcelle irriguée.

On distingue :

- **Tour d'arrosage à la borne :** Chaque borne du réseau reçoit un débit correspondant au débit théorique continu des surfaces irriguées qu'elle dessert. Un limiteur de débit, commun à toutes les prises, est installé sur chaque borne.
- **Tour d'arrosage à l'antenne :** Pour les petites propriétés, les modules disponibles en appliquant les modalités précédentes peuvent s'avérer insuffisants. C'est pourquoi il a été envisagé de regrouper plusieurs bornes sur une même antenne.

V.3. Organisation et structure du périmètre

La structuration du périmètre constitue la contrainte initiale dans l'aménagement d'une zone d'irrigation.

Le périmètre d'El Eulma, situé en aval du barrage de Draa Diss, est divisé en quatre secteurs, couvrant une superficie totale de 200 hectares.

V.3.1. Ilots et bornes d'irrigation

Le terme « îlot d'irrigation » désigne l'unité hydro-agricole desservie par une borne d'irrigation. La structuration d'un périmètre en îlots est le fruit d'un compromis tenant compte de divers facteurs tels que la topographie, les aspects technico-économiques, ainsi que la taille et le nombre de parcelles,ect.

On considère généralement que l'implantation des bornes dans les zones de petites et moyennes exploitations doit respecter certains critères. Suivants :

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

V.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation

Chaque îlot sera doté d'un dispositif de desserte appelé borne d'irrigation, équipé d'une ou plusieurs sorties, ou « prises », en fonction du nombre d'arrosages qu'il doit gérer simultanément. Chaque borne, ainsi que chaque sortie, doivent remplir toutes les fonctions d'une prise, à savoir :

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

V.3.3. Calcul hydraulique aux bornes

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

$$Q_b = qs \times Si$$

Avec :

- ✓ Q_b : Débit de chaque îlot (l/s).
- ✓ qs : Débit spécifique (l/s/ha).
- ✓ i : Superficie de l'îlot (ha).

V-2-4 Choix du diamètre et du type des bornes :

Le type de borne sélectionné dépend de la superficie de l'îlot et du nombre de parcelles. En général, on considère que :

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

Tableau V-1: Type de bornes en fonction de superficie des ilots.

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < (11,11) \text{ l/s}$	1 Entrée $\Phi 80,100$	2 sorties $\Phi 65$
Type A4	$Q < (22,22) \text{ l/s}$	2 Entrée $\Phi 80,100$	4 sorties $\Phi 65$
Type B	$(22,22 \text{ l/s}) < Q < (33,33 \text{ l/s})$	2 Entrée $\Phi 80, 100,125$	2 sorties $\Phi 100$
Type C	$Q > (33,33 \text{ l/s})$	2 Entrée $\Phi 80, 100,125$	1 sortie $\Phi 150$

Source : Bayard

Le type des bornes et ses diamètres en fonction des débits sont détaillés comme suit :

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

N° Borne	N° Ilot	Surface (ha)	Qsp l/s/ha	Qborne l/s	Type de la borne
1	1	15,22	0,85	12,93	A2
2	2	18,16		15,43	A4
3	3	16,8		14,28	A4
4	4	14,76		12,54	A2
5	5	16,2		13,77	A4
6	6	18,23		15,49	A4
7	7	14,8		12,58	A2
8	8	16,1		13,68	A4
9	9	15,5		13,17	A4
10	10	15,1		12,83	A2
11	11	17,6		14,96	A4
12	12	21,53		18,30	A4

Le périmètre exige 12 bornes pour permettre l'alimentation de l'ensemble des parcelles sur une surface de 200 ha.

V.4.Description de l'aménagement du périmètre

V.4.1.Schéma d'adduction

L'eau pour le système d'irrigation d'El Eulma sera acheminée depuis le barrage de Draa Diss, situé à 11 km au nord du périmètre. Ce barrage possède une capacité d'exploitation utile de 137 millions de mètres cubes, avec une cote de crête de 1140,2 m et une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 1130,2 m. Toutefois, si la pression entre la chambre de vanne et la tête du secteur dépasse 10 bars, il est recommandé de :

- Construire un brise charge (ou un régulateur) pour réduire la pression hydrostatique dans les canalisations.
- Installer des dispositifs de réduction de pression.

Compte tenu d'une différence de pression significative, supérieure à 11 bars, la solution retenue consiste à acheminer l'eau du barrage vers un bassin (brise charge) avant de la distribuer au périmètre d'irrigation.

V.4.2.Schéma de distribution :(conduites secondaires et tertiaires)

Dans le réseau de distribution, des canalisations secondaires et tertiaires achemineront l'eau des conduites principales jusqu'aux parcelles.

V.4.3.Brise charge

Un brise charge (ou brise-charge) est un dispositif utilisé dans les réseaux de distribution d'eau pour réduire la pression d'eau dans une conduite ou un système de distribution. Son objectif principal est d'éviter les dommages aux équipements en aval causés par une pression excessive et de prévenir les risques de fuites ou de ruptures de canalisation.

Voici quelques détails supplémentaires sur son rôle :

1.Protection des installations : En abaissant la pression, il protège les équipements, tels que les robinets, les soupapes, et autres dispositifs sensibles, des effets néfastes d'une pression trop élevée.

2.Sécurité des utilisateurs : Une pression trop élevée peut être dangereuse pour les utilisateurs. Le brise charge garantit une pression d'eau plus sûre et plus contrôlée à la sortie des robinets ou autres points de distribution.

3.Économie d'eau : En régulant la pression, il réduit les déperditions d'eau dues à des fuites potentielles, notamment dans les vieux réseaux ou les systèmes mal entretenus.

4.Longévité du réseau : En minimisant les contraintes sur le réseau de distribution, le brise charge contribue à prolonger la durée de vie des conduites et autres équipements.

C'est donc un élément essentiel pour assurer un fonctionnement sûr et efficace des systèmes de distribution d'eau.

V.5.Dimensionnement du réseau de distribution :

Une fois les débits des îlots déterminés, nous passons au dimensionnement des conduites. Celui-ci doit être conforme aux normes hydrauliques suivantes :

Nous commençons par fixer la pression à l'entrée du réseau, puis calculons la charge disponible pour le dimensionnement entre le réservoir et le point d'entrée du réseau. Ensuite, nous déterminons le diamètre des conduites avant de le normaliser.

V.5.1.Le calcul du diamètre

Le dimensionnement des diamètres se fait en fonction des débits transportés par le tronçon de conduite et des vitesses. La formule de « Continuité » permet d'estimer un diamètre optimal, que l'on ajuste ensuite pour le normaliser.

$$D = \frac{\sqrt{4 * Q * 0.001}}{\Pi * V} * 100$$

Avec :

- ✓ Q : Débit, exprimé en m³/s
- ✓ D : Diamètre exprimé en mm.
- ✓ V : Vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

V.5.2.Calcul des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires ont été calculées à l'aide de la formule de Hazen-Williams, qui s'exprime de la manière suivante :

$$J = \left(\frac{3,592}{Cw}\right)^{1,852} \times \frac{L}{n^{4,87}} \times Q^{1,852}$$

Avec :

- ✓ D : Diamètre de la conduite considérée.
- ✓ CW : La rugosité des canalisations.
- ✓ L : La longueur de la conduite. 4.87
- ✓ Q : Débit en m³/s.

V.5.3.Calcul des Pressions

Par l'équation de Bernoulli :

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

- ✓ Z : La côte.
- ✓ P/ρg : La hauteur représentative de la pression.
- ✓ V²/2g : La hauteur représentative de la vitesse.
- ✓ ΔH : Les pertes de charges.

V.6.Choix du matériau des conduites

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

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

V.6.1.Caractéristiques des canalisations

Conduites en Tuyaux en fonte :

On utilise les tuyaux en fonte dans des :

- Diamètres supérieur ou égal à 500 mm.
- Résistance mécanique, résistance à la pression et à la dépression.
- Pérennité.
- Grande résistance à la corrosion, l'abrasion, et aux agents climatiques.

Conduite en PEHD :

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

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

Les inconvénients sont :

- Le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.
- Ovalisation.
- Sensibilité aux ultraviolets si apparents.

V.6.2.Choix du matériau

Dans le cas de notre étude, on choisira un matériau selon le diamètre de la conduite :

- Fonte pour les conduites de 600 à 1800 mm.
- PEHD pour les conduites de diamètre jusqu'à 500 mm.

V.7.Points spéciaux d'une conduite

Les points spéciaux d'une conduite sont :

- Les points hauts, où seront installées des ventouses trifonctionnelles d'entrée et de purge d'air.
- Les points bas, où dans quelques-uns, seront installés des dérivations pour le vidage exceptionnel de la conduite.
- Les dérivations vers les branches.
- Les sectionnements intermédiaires.

V.8.Equipement hydromécaniques

Afin de garantir le bon fonctionnement et la protection du réseau de distribution, nous envisageons l'installation d'équipements hydromécaniques tels que :

- **Venteuses ou soupapes d'échappement** : Placées aux points les plus élevés des canalisations, elles facilitent l'évacuation de l'air.
- **Puits de vidange** : Situés dans les zones basses (dépressions naturelles), ils permettent l'évacuation de l'eau lorsque cela est nécessaire.
- **Vanne de sectionnement** : Elles assurent la régulation des modules d'irrigation dans les sections du réseau de distribution. De plus, elles sont installées au niveau de la station de pompage et des réservoirs.

Tableau V-3 : Résultats de calcul de dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution (vitesse, perte de charge et pressions)

N° du Tronçon	Longueur	S (Ha)	Débit	D (mm)	D (mm)	Matériel	V (m/s)	P.D.C T(m)	Cote T	Cote P	Pression En bars
Brise charge-N1	1773	200	240	479,87	500	Fonte	1,35	2,32	1030,1	1100,24	7,014
N1-B1	143,94	15,22	12,93	104,79	110	PEHD	1,31	0,81	969,90	1020,1	5,02
N1-N2	228,44	184,78	157,63	365,13	400	Fonte	1,50	0,80	949,78	990,15	4,037
N2-B2	165,06	18,16	15,36	114,46	125	PEHD	1,58	0,89	948,67	988,8	4,013
N2-N3	276,81	166,62	141,62	346,72	400	Fonte	1,1	0,22	947,65	989,33	4,168
N3-B3	162,71	16,8	14,28	110,09	125	PEHD	1,16	0,74	937,53	980,42	4,289
N3-N4	202,03	149,82	127,34	328,78	350	PEHD	1,32	0,46	936,48	976,69	4,021
N4-B4	115,88	14,76	12,546	103,19	110	PEHD	1,32	2,02	935,37	974,45	3,908

N4-N5	269,55	135,06	114,80	312,16	315	PEHD	1,47	1,69	933,29	971,99	3,870
N5-B5	149,5	16,2	13,77	108,11	110	PEHD	1,44	1,02	927,22	964,76	3,754
N5-N6	119,63	118,86	101,03	292,84	315	PEHD	1,29	0,59	926,19	963,87	3,768
N6-B6	214,62	18,23	15,45	114,68	125	PEHD	1,26	2,97	925,73	957,89	3,216
N6-N7	177,38	100,63	85,5	269,45	315	PEHD	1,09	0,2	924,87	955,78	3,091
N7-B7	141,24	14,8	12,58	103,33	110	PEHD	1,32	0,72	919,90	950,48	3,058
N7-N8	83,77	85,83	72,9	248,85	250	PEHD	1,48	0,69	918,06	947,12	2,906
N8-B8	200	16,1	13,685	107,78	110	PEHD	1,44	4,10	916,70	945,4	2,870
N8-N9	142,64	69,73	59,27	224,30	250	PEHD	1,20	0,81	914,43	941,27	2,684
N9-B9	277,2	15,5	13,17	105,75	110	PEHD	1,38	1,42	913,26	938,43	2,517
N9-N10	143,76	54,2	46,07	197,75	200	PEHD	1,46	0,5	908,69	934,29	2,560
N10-B10	300	15,1	12,83	104,37	110	PEHD	1,35	6,26	906,38	931,89	2,551
N10-N11	139,81	39,13	33,26	168,02	200	PEHD	1,05	0,92	904,50	928,68	2,418
N11-B11	115	17,6	14,96	112,68	125	PEHD	1,21	1,71	903,74	928,54	2,480
N11-N12	97,41	21,53	18,35	124,63	125	PEHD	1,49	0,32	902,66	927,46	2,480
N12-B12	88,56	21,53	18,35	124,63	125	PEHD	1,49	1,6	900,12	924,57	2,445

V.9.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné le système d'approvisionnement en eau du périmètre d'El Eulma, qui se compose de 12 îlots, chacun équipé de bornes de distribution. Le projet prévoit l'installation d'une conduite principale gravitaire en fonte et PEHD, reliant le brise charge aux différents points de distribution situés sur les parcelles.

La pression du réseau de distribution est adaptée à l'utilisation de systèmes d'irrigation modernes nécessitant une pression élevée, tels que l'irrigation par aspersion.

Chapitre VI

Techniques d'irrigation

VI. Techniques d'irrigation

VI.1. Introduction

La sélection du système d'irrigation représente un défi majeur pour assurer une distribution optimale de l'eau, issue de diverses sources, sur le sol de manière efficace, afin de répondre aux besoins hydriques des cultures. Dans ce chapitre, nous examinerons les schémas et les différentes méthodes d'irrigation, avant de choisir celle qui s'adapte le mieux aux caractéristiques de notre zone.

VI.2. Trace du réseau

Les conduites qui acheminent et distribuent l'eau pour l'irrigation dans les différentes parcelles sont généralement enterrées, ce qui les protège des opérations agricoles et du passage des véhicules. Les bornes de prise, qui apparaissent à la surface, sont placées à différents endroits en fonction de la configuration du réseau.

Avec les méthodes d'irrigation de surface, l'eau peut être acheminée directement vers des canaux à ciel ouvert qui irriguent les sillons ou les bassins. Pour la micro-irrigation et d'autres systèmes comme l'aspersion, les bornes sont reliées à des conduites d'alimentation plus petites, disposées le long des limites des parcelles. Ces conduites alimentent ensuite des conduites latérales installées perpendiculairement, le long des rangs de cultures. Les conduites latérales, équipées de distributeurs espacés à intervalles réguliers, assurent une répartition uniforme de l'eau entre les plantes sous une pression contrôlée.

Bien qu'il existe divers systèmes d'irrigation, une analyse approfondie des différents réseaux, de leurs équipements et de leurs principes de fonctionnement montre une approche similaire depuis la planification jusqu'à la mise en œuvre, ainsi que de nombreuses caractéristiques communes parmi leurs composants. Dans tous les systèmes utilisant des conduites sous pression, les principaux éléments sont :

- L'ouvrage de tête (contrôle de la charge).
- Les conduites principales et secondaires.
- Les bornes.
- Les adducteurs (conduites d'alimentation).
- Les conduites latérales (tuyaux d'irrigation) avec les distributeurs.

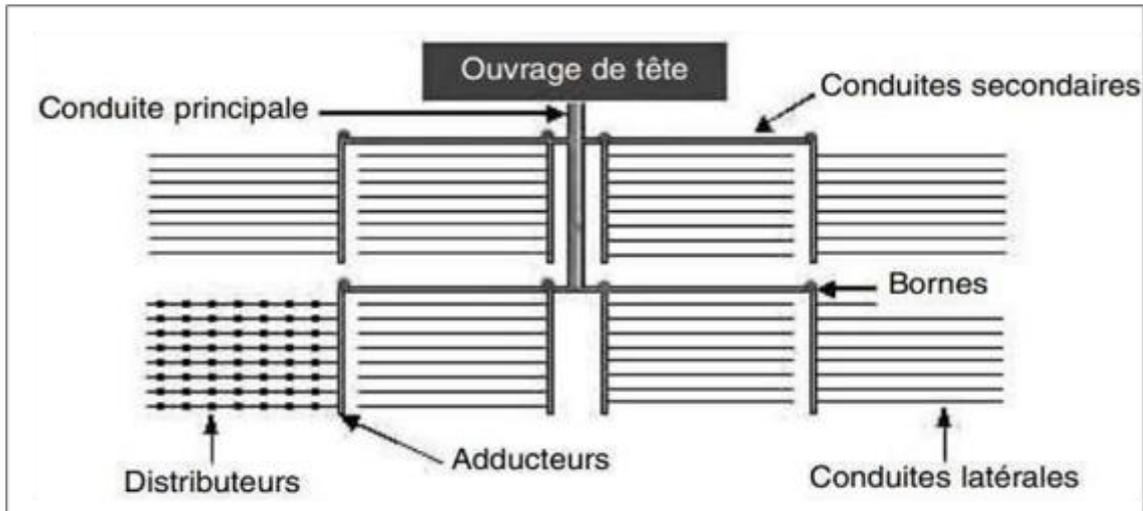


Figure VI-1: Schéma d'une trace du réseau.

Tel que :

VI.2.1. Ouvrage de tête

Il est constitué d'une conduite d'alimentation, faite de PVC rigide ou d'acier galvanisé fileté, installée horizontalement à au moins 60 cm au-dessus du sol. Ce système est équipé d'un purgeur d'air, d'une vanne de régulation, de deux prises (tuyaux d'un pouce) pour connecter un injecteur d'engrais, ainsi que d'un filtre. Si un filtre à gravier ou un séparateur à sable (hydrocyclone) est requis, il est installé en amont de l'ensemble.

VI.2.2. Conduite principale

Il s'agit de la conduite ayant le plus grand diamètre dans le réseau, capable de transporter le débit du système tout en maintenant des conditions hydrauliques optimales, en termes de vitesse d'écoulement et de pertes de charge.

VI.2.3. Conduites secondaires

Ces conduites, de diamètre plus réduit, se raccordent à la conduite principale pour distribuer le flux vers les différentes parcelles. Elles sont conçues du même matériau que les conduites principales.

VI.2.4. Bornes de prise

Ces conduites, reliées aux conduites principales ou secondaires, sont équipées d'une vanne de sectionnement (de 2 à 3 pouces). Elles assurent l'alimentation partielle ou totale des adducteurs en flux.

VI.2.5. Adducteurs (conduites d'alimentation)

Ces conduites, de diamètre plus petit que les conduites secondaires, sont reliées aux bornes et généralement posées en surface le long des limites des parcelles pour alimenter les conduites latérales.

VI.2.6. Conduites latérales (conduites d'irrigation)

Ces conduites, ayant le plus petit diamètre du système, sont connectées aux adducteurs de manière perpendiculaire en des points spécifiques. Elles sont installées le long des rangs de cultures et sont équipées de distributeurs placés à intervalles réguliers et rapprochés.

VI.2.7.Distributeurs

Un distributeur d'irrigation est un dispositif de n'importe quelle forme, type ou taille, conçu pour être connecté à une conduite et libérer l'eau sous pression de différentes manières : en projetant des jets d'eau en hauteur (asperseurs), en pulvérisant l'eau (mini-diffuseurs), en distribuant de manière continue des gouttes d'eau (goutteurs), ou en fournissant de petits débits (barboteurs, vanettes, et ouvertures sur une conduite, tuyaux de petits diamètres, etc.).

VI.3.Choix des techniques d'irrigations

Divers facteurs doivent être pris en compte lors du choix des techniques d'irrigation, notamment :

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

Selon le caractère de l'exécution de l'arrosage, on distingue :

- Irrigation de surface (par gravité).
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée (goutte à goutte).

VI.3.1.Irrigation de surface

L'irrigation de surface englobe toutes les méthodes d'arrosage où l'eau est distribuée sur la parcelle à ciel ouvert, en s'écoulant simplement à la surface du sol. La répartition de l'eau dépend de la topographie du terrain et des propriétés hydriques du sol, telles que le ruissellement, l'infiltration et la capillarité.

VI.3.1.1.L'irrigation par ruissellement

Cette méthode implique de laisser l'eau s'écouler à la surface du sol, où elle s'infiltre verticalement. L'eau est maintenue en mouvement suffisamment longtemps pour permettre l'humidification du sol jusqu'à la profondeur souhaitée de la couche active.



Figure VI-2: Irrigation par ruissellement.

VI.3.1.2.L'arrosage par infiltration (à la raie)

Cette méthode consiste à distribuer l'eau à travers des rigoles ou des sillons avec un débit relativement faible par rapport à d'autres procédés. Seule une partie du sol est directement arrosée, tandis que le reste est humidifié par infiltration latérale.



Figure VI-3: Irrigation a la raie.

VI.3.1.3.L'arrosage par submersion

Le principe repose sur l'application d'une couche d'eau, plus ou moins épaisse, à la surface du sol, qui est ensuite laissée en place suffisamment longtemps pour s'infiltrer jusqu'à la profondeur souhaitée. Cela permet au sol de constituer une réserve d'eau essentielle au développement des cultures.



Figure VI-4: Irrigation par submersion.

VI.3.1.4.Les Avantages et Les inconvénients des techniques d'irrigation de surface

Les Avantages :

- Coût initial relativement bas.
- Faibles besoins énergétiques, voire nuls.
- Méthodes éprouvées.
- Peu affecté par le vent.
- Adapté à l'épandage d'eaux usées.

- Utilisation possible d'eaux salées (avec lessivage du sol).
- Les plantes ne sont pas mouillées, ce qui est bénéfique pour la santé des cultures.

Les Inconvénients :

- Forte demande en main-d'œuvre (à l'exception des systèmes modernes).
- Efficacité d'irrigation à la parcelle souvent limitée.
- Peu adapté aux sols très perméables.
- Nécessité de planage des parcelles.
- Les parcelles sont généralement desservies par des canaux, ce qui divise et fixe l'organisation des parcelles.
- Pertes d'eau au niveau des réseaux de canaux.
- Espace occupé par les canaux et les rigoles.

VI.3.2.Irrigation par aspersion :

En irrigation par aspersion, l'eau est distribuée aux cultures de manière similaire à la pluie naturelle, en utilisant divers dispositifs de projection alimentés sous pression. Ces appareils sont sélectionnés et placés pour assurer une répartition aussi uniforme que possible de l'eau.

VI.3.2.1.Par asperseur

L'irrigation par aspersion est une méthode d'arrosage où l'eau est appliquée aux plantes sous forme de pluie artificielle, à l'aide d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression (Clément & Galland, 1979). Ces dispositifs rotatifs pulvérisent l'eau en fines gouttelettes et visent à répartir l'eau de manière aussi uniforme que possible sur la surface du sol.



Figure VI-5: Irrigation par aspersion.

VI.3.2.2.Les avantages et les inconvénients de l'aspersion

Les Avantages :

- Adapté à l'arrosage de tous les types de sol, qu'il s'agisse de sols sableux ou argileux.
- Possibilité de créer des installations mobiles, facilement déplaçables en fonction des cultures, facilitant ainsi la rotation des cultures ; cette mobilité permet également une installation rapide en cas de risque de sécheresse sur une zone cultivée.
- Avec des équipements entièrement automatiques, possibilité d'effectuer des arrosages à faible dose et à intervalles rapprochés (utile pour la levée des semis en l'absence de pluie, les cultures de saison, et la céréaliculture en zones arides).
- Possibilité d'installer des dispositifs de protection contre les gelées printanières.

-L'eau pulvérisée est oxygénée, ce qui est bénéfique dans le cadre d'utilisations résiduelles à effet réducteur.

Les Inconvénients :

-Consommation d'énergie élevée, parfois difficilement supportable dans les pays où le coût de l'énergie est élevé.

-Utilisation compliquée et efficacité diminuée dans les zones venteuses.

-Nécessité d'intensifier les traitements phytosanitaires en raison du rinçage des feuilles.

-L'humidité des feuilles peut favoriser le développement de maladies cryptogamiques chez certaines plantes.

-Mauvaise adéquation avec les sols sensibles au tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau.

-Usage limité pour l'arrosage avec des eaux usées en raison de la formation d'aérosols.

-Difficulté de déplacement du matériel dans les zones de cultures hautes, bien que ce problème soit résolu avec les systèmes automatisés.

-Inadapté pour l'irrigation avec des eaux salées pour de nombreuses cultures, en raison des risques de brûlure du feuillage ou de dépôts inesthétiques sur les fruits.

VI.3.2.3.Irrigation par pivot

Il s'agit d'une méthode d'irrigation moderne qui consiste à disperser l'eau sous forme de pluie artificielle à l'aide d'asperseurs fonctionnant sous pression. Cette technique est simple à mettre en œuvre et permet de maximiser l'utilisation de la surface cultivée tout en économisant une quantité significative d'eau. Cependant, elle présente certains inconvénients, tels qu'un temps d'arrosage prolongé et une faible fréquence d'irrigation. De plus, elle requiert une pression élevée dans le réseau, ce qui implique une consommation énergétique conséquente. Les coûts d'installation et d'énergie sont élevés, tout comme le débit d'eau nécessaire.



Figure VI-6: Irrigation par pivot.

VI.3.2.4.Les avantages et les inconvénients du pivot

Les avantages :

-Ne requiert aucune préparation préalable de la surface à irriguer.

-Favorise une oxygénation importante de l'eau pulvérisée.

-Permet des économies d'eau.

-Améliore les conditions environnementales.

- Possibilité d'automatiser le système d'irrigation.
- Demande moins de main-d'œuvre.

Les inconvénients :

- Coût élevé, avec un investissement initial significatif pour l'achat du matériel.
- Risque de compactage du sol.
- Encourage la prolifération des mauvaises herbes.
- L'homogénéité de l'arrosage est compromise en présence de vents forts.
- L'utilisation d'eau salée peut représenter un danger pour le feuillage.

VI-2-3 Irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'irrigation localisée, également connue sous le nom de micro-irrigation, regroupe divers systèmes permettant de distribuer l'eau directement à la parcelle. Elle se distingue par :

- L'installation d'un réseau dense de canalisations (ou rampes) couvrant intégralement la surface à irriguer.
- L'apport d'eau à proximité immédiate des plantes, où elle se concentre en surface avant de pénétrer le sol. L'eau se déplace alors verticalement sous l'effet de la gravité, et obliquement ainsi qu'horizontalement par capillarité, mais uniquement dans une partie de la zone racinaire. Le volume de sol ainsi humidifié, appelé bulbe humide, comprend :
 - Une zone saturée autour du goutteur, en forme de soucoupe, qui est étroite et peu profonde (moins de 10 cm dans un sol moyen).
 - Une frange capillaire non saturée où l'humidité diminue à mesure que l'on s'éloigne du goutteur.



Figure VI-7: Irrigation en goutte à goutte.

VI.3.2.5. Les Avantages et Les inconvénients spécifiques de l'irrigation localisée :

Les Avantages :

- Efficacité d'arrosage optimale à la parcelle (à condition de maîtriser parfaitement la technique).
- Rendement des cultures excellent (sous la même condition).
- Bonne tolérance à l'utilisation d'eaux salées (même condition).
- Besoins en main-d'œuvre très faibles.
- Coûts d'entretien réduits.
- Insensibilité aux effets du vent.
- Ne mouille pas le feuillage, ce qui est bénéfique sur le plan phytosanitaire.

- Humidifie le sol de manière très partielle, ce qui est avantageux pour les pratiques culturales.
- Réduit la croissance des mauvaises herbes.
- Accélère le cycle végétatif des cultures.

Les Inconvénients :

- Coût global élevé, limitant l'utilisation de cette technique aux cultures à haute valeur ajoutée.
- Requiert un haut niveau de compétence à chaque étape : études préliminaires agro-pédologiques, conception de l'installation, et gestion des arrosages par l'irrigant.
- Demande une maintenance rigoureuse en raison des risques potentiels liés à l'interruption des arrosages.
- Nécessite la filtration de l'eau utilisée pour l'irrigation.
- Fonctionne avec du matériel fragile ayant une durée de vie relativement courte.

VI.3.3.Irrigation souterraine :

En irrigation sub-surface, l'eau est appliquée sous la surface du sol. Cette méthode peut inclure :

- Le contrôle de la nappe phréatique via un réseau de drainage qui peut inverser son fonctionnement pour admettre de l'eau d'irrigation. Ce réseau peut être constitué de fossés profonds ou de drains enterrés, cette technique étant particulièrement adaptée aux terrains humides et relativement plats.
- L'installation de dispositifs permettant d'humidifier le sol en profondeur, à proximité des racines des plantes.

Les dispositifs utilisés pour diffuser l'eau sont composés de récipients poreux, tels que les « Canaris » en terre cuite, une méthode traditionnelle. Cette technique est surtout utilisée pour les cultures maraîchères sur de petites surfaces.



Figure VI-8: Irrigation souterrain.

VI-2-4-1 Les Avantages et Les inconvénients de l'irrigation souterraine par drains enterrés :

Les Avantages :

- Coûts d'investissement et de fonctionnement très réduits sur des parcelles déjà équipées en drainage souterrain.
- Exigences en main-d'œuvre quasiment nulles.
- Absence de matériel en surface, éliminant toute gêne pour l'exploitant.
- Ne mouille pas le feuillage, ce qui est bénéfique pour la santé des plantes.
- Ne mouille pas le sol en surface, ce qui facilite les pratiques culturales.

Les Inconvénients :

- Contrôle limité et variable de l'apport en eau aux cultures, ce qui rend cette technique plus adaptée aux productions à faible valeur ajoutée.
- Technique applicable uniquement sous certaines conditions de sol, sur des parcelles nécessitant un drainage souterrain.

VI.4.Composition d'une installation goutte à goutte et une installation en aspersion

- ❖ **Borne d'irrigation :** C'est l'élément central du réseau d'irrigation, servant de point de distribution de l'eau en fonction des caractéristiques spécifiques.

Les composants d'un système d'irrigation sous pression sont les suivants :

- La conduite principale.
- Unité de filtration.
- L'antenne ou porte-rampes, aussi dénommée secondaire.
- La rampe qui porte les goutteurs ou bien les asperseurs, aussi dénommée tertiaire.
- Les goutteurs.

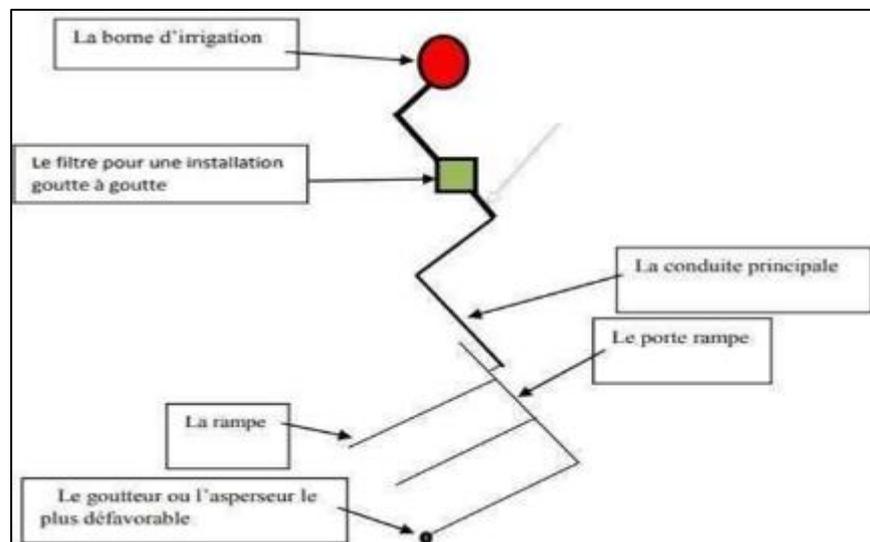


Figure VI-9: Schéma général d'un réseau d'irrigation sous pression.

Le schéma ci-dessous présente l'installation détaillée en aspersion :

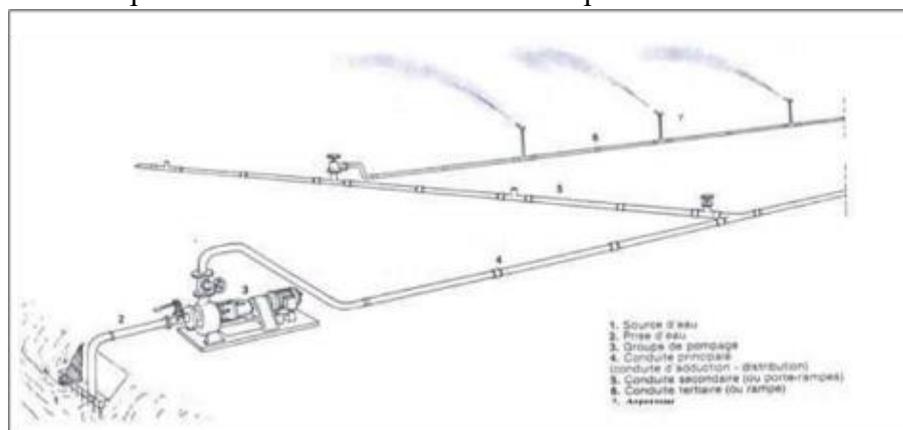


Figure VI-10: Partie essentielle d'une installation en aspersion.

Le schéma ci-dessous présent l'installation localisée détaillée :

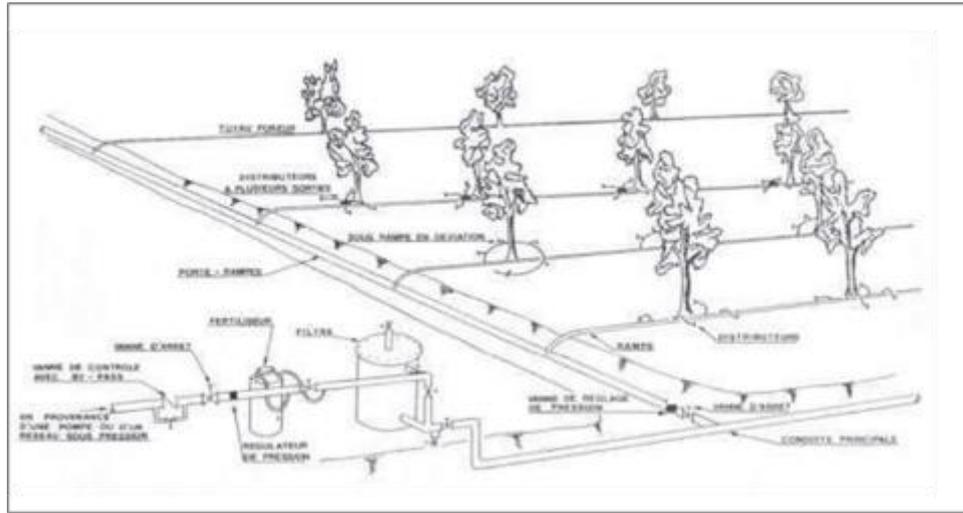


Figure VI-11: Partie essentielle d'une installation localisée.

VI.5.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné la structure d'un réseau d'irrigation en détaillant ses différentes composantes et éléments essentiels au bon fonctionnement de notre périmètre. Ensuite, nous avons exploré divers systèmes d'irrigation, en précisant leurs caractéristiques, avantages et inconvénients.

Pour choisir un système d'irrigation adapté, à la fois pratique et économique, il est crucial de considérer les critères socio-économiques et techniques. Nous avons opté pour le réseau sous pression, en particulier le système d'irrigation localisée pour les cultures maraîchères et les arbres fruitiers (comme le pommier), et le système de pivot pour les céréales, en raison de leur efficacité et de leur capacité à économiser l'eau.

Chapitre VII

Dimensionnement à la parcelle

VII. Dimensionnement à la parcelle

VII.1. Introduction

L'étape de détermination des dimensions des parcelles est cruciale dans la conception d'un plan d'aménagement, et elle dépend fortement de la méthode d'irrigation choisie. Cette section se concentre sur la procédure permettant de définir la taille optimale des parcelles en fonction de la technique d'irrigation retenue, tout en tenant compte des critères et des contraintes spécifiques à la région géographique étudiée.

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

Choix de culture : Nous avons opté pour l'irrigation comme méthode pour la culture du blé, une céréale qui présente des avantages significatifs, tant sur le plan agronomique qu'économique.

Choix des parcelles de l'ilot : Un réseau d'irrigation par aspersion est installé sur la parcelle **P6**, couvrant une superficie de 2,1 hectares. Cette parcelle est alimentée par la borne **B3**, avec des pressions calculées d'environ **4,289 bars**.

- **Longueur** $L = 180$ m
- **Largeur** $b = 120$ m
- **Texture** = Argilo-limoneuse.
- **Efficienc**e d'irrigation $E_{as} = 75$ %
- **Temps de travail** : 20 heures par jour, et 26 jours par mois.
- **Besoins de pointe** : 108,4 mm/mois pour le mois de pointe (Juin).
- **Perméabilité du sol** : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à : $K = 7$ mm/h

Dose pratique :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) . Da . Z$$

- **Y** : degré de tarissement : égal à 2/3
- **Da** : densité apparente : égale à 1.4
- **Surface de la parcelle** : $S = 2,5$ ha
- **Type de culture** : Blé
- **Z** : profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le Blé)
- **Hcc** : humidité à la capacité au champ (26%)
- **Hpf** : humidité au point de flétrissement (16%)

$$RFU = 2/3 ((26-16)/100) * 1.4 * 0.6 * 1000 = 56 \text{ mm}$$

VII.3. Dimensionnement théorique

a) Calcul du diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $K = 7$ mm/h ; On pose $p \leq k$.

$$P = \frac{1.5 \cdot d}{1.04}$$

Avec :

- **P** : La pluviométrie de la buse en mm.
- **d** : Le diamètre de la buse en mm.

D'où :

$$d = \frac{7 * 1.04}{1.5} = 4.85 \text{ mm}$$

Selon la documentation technique de l'arroseur PERROT (comme indiqué dans l'Annexe 6), le diamètre standardisé de buse le plus proche est de **4,8 mm**.

b) Calcule de la portée de jet (L) :

La portée de projection correspond à la distance entre l'émetteur et le point où le jet atteint le sol. Ce paramètre délimite la zone circulaire irriguée par l'appareil et se calcule à l'aide de l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot D^{0,5} \cdot H^{0,25}$$

Avec :

- **D** : le diamètre de la buse (mm)
- **H** : pression à la buse (m), dans notre cas P= 4,0 bars, hauteur d'eau =40m.

$$L = 3 \cdot (4,8^{0,5}) \cdot 40^{0,25} = 16,52 \text{ m}$$

Selon la fiche technique de l'arroseur ZB de type Perrot (voir Annexe 6), avec un diamètre de buse de 4,8 mm et une pression de 4,0 bars, la portée minimale sera d'environ **16,6 mètres**.

c) Ecartements entre les rampes et arroseurs :

Conformément aux directives des normes américaines, l'espacement maximal recommandé est déterminé en fonction de la vitesse du vent de la manière suivante :

- *El* entre les lignes d'arrosage : 1,3L (vent faible) à 1,02L (vent fort).
- *Ea* entre les arroseurs sur la rampe : 0,8L (vent faible) à 0,5L (vent fort).

Les valeurs maximales sont associées à des conditions de vent de faible intensité, soit (<10 Km/h).

Les vitesses du vent dans notre cas sont relativement faibles et homogènes durant toute L'année.

Dans notre zone d'investigation, les vitesses maximales du vent sont d'environ 3,6m/s, Équivalant à 12,96 km/h. Par conséquent, nous utilisons les valeurs suivantes :

- ***El*** = 1,3*16,6= 21,58 m
- ***Ea*** =0,8*16,6= 13,28 m

Les valeurs standardisées des écartements se présentent comme suit :

- ***El*** = 18m.
- ***Ea***= 18m.

La surface mouillée = 324 m.

d) Débit de l'asperseur :

Le calcul du débit d'un asperseur s'effectue à l'aide de la relation suivante :

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

- **q** = $0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40} = 0,00042 \text{ m}^3/\text{s}$
- **q** = 1,512 m³/h

Avec :

- **q** : le débit de l'asperseur (m³/s)

e) Vérification de la pluviométrie de la buse :

En admettant que l'écart soit en rapport direct avec la portée, on peut estimer la pluviométrie horaire, désignée par p en (mm/h), en utilisant la relation suivante :

$$P = \frac{q}{E_1 E_a}$$

- Q : est le débit de l'asperseur choisi, $q=4,8 \cdot 10^{-4} = 1,64 \text{ m}^3/\text{s}$

D'où :

$$P = \frac{1,512 \times 1000}{18,18} = 4,66 \text{ mm/h}$$

Par conséquent, la sélection du diamètre de la buse garantira une pluviométrie

$$P \leq K = 7 \text{ mm/h}$$

f) Calcul du tour d'eau :

Le temps de rotation de l'eau représente la durée nécessaire pour irriguer l'ensemble des parcelles.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose}_{\text{RFU}} N_j}{B_{\text{mp}}}$$

$$T_{\text{eau}} = \frac{56 \times 26}{108,4} = 13,43 \text{ Jours}$$

On prend : un tour d'eau de 13 jours.

On irrigue $30/13 = 2$ fois par mois.

g) La dose réelle :

$$D_r = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière}$$

Tel que :

- La dose journalière = $108,4/30 = 3,61 \text{ mm/jour}$.
- $D_r = 13 \times 3,61 = 46,93 \text{ mm}$.
- $D_r = 46,93 \text{ mm}$.

h) la dose brute :

$$D_b = \frac{\text{la dose}_{\text{réelle}}}{0,75} = \frac{46,93}{0,75} = 62,57 \text{ mm}$$

i) Temps d'arrosage :

La durée T requise pour délivrer une quantité d'eau via un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration est calculée à l'aide de la relation suivante :

$$T_a = \frac{\text{dose}_{\text{réelle brute}}}{\text{pluviométrie}} = \frac{62,57}{7} = 8,93 \text{ h}$$

- $T_a = 8 \text{ h}$

Ainsi, il sera envisageable de programmer deux cycles par jour pour un asperseur, ce qui correspond à une durée de fonctionnement cumulée de 20 heures.

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

$$Q_{eq} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T \cdot n \cdot N_j} = \frac{2,1 \cdot 108,4 \cdot 10}{8 \cdot 2 \cdot 26} = 5,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

k) Calcule de l'unité d'arrosage (SU) :

La surface ou la zone irriguée par unité de mesure :

$$SU = \frac{S}{Teau \cdot n} = \frac{2,1}{8 * 2} = 0,13 \text{ ha}$$

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

$$N_{asp} = \frac{SU \cdot 10000}{El \cdot Ea} = \frac{0,13 * 10000}{18 * 18} = 4 \text{ asp}$$

Dans notre cas, nous tiendrons compte des éléments suivants :

- 4 Asperseurs pour 0.13 ha.

VII.4. Dimensionnement hydraulique des rampes

VII.4.1. Longueur de la rampe

Cette étape de dimensionnement diffère selon les parcelles, en fonction de leurs dimensions et de la façon dont le réseau d'aspersion est conçu.

Deux méthodes d'installation des dispositifs d'aspersion sur la rampe sont envisagées.

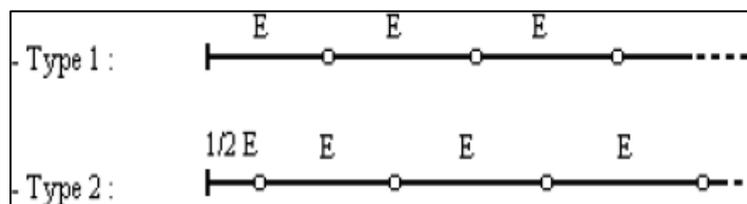


Figure VII-1: Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est donc :

Pour le type 1 : $L = n \cdot E$

Pour le type 2 : $L = (n+0.5) \cdot E$

D'où :

$$L_r = \frac{\text{largeur}_{\text{de terrain}}}{2} - \frac{Ea}{2} = \frac{120}{2} - \frac{18}{2} = 51 \text{ m}$$

Le calcul du nombre d'asperseurs par rampe peut s'effectuer à l'aide de la formule suivante :

$$N_{asp} = \frac{\text{largeur}}{Ea} = \frac{L_r}{Ea} = \frac{51}{18} = 2 \text{ asperseur}$$

VII-3-2 Dimensionnement de la rampe (Q_r) :

Q_r = le débit de l'asperseur x le nombre d'asperseur par rampe

Le débit au niveau de la rampe :

$$Q_r = 1,512 \times 2 = 3,024 \text{ m}^3/\text{h} = 8,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le nombre de dispositions possibles des rampes :

$$N_r = \frac{l_r}{El} = \frac{180}{18} = 10 \text{ rampes.}$$

VII.4.2. Calcul du diamètre de la rampe

Diamètre de la rampe : $D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi \cdot V}}$

Avec :

- V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe.
- $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0,5 \div 2,5]$

- **Où :**

Nous faisons l'hypothèse que $V = 1,5$ m/s et on calcule D_R .

$$D_R = \sqrt{\frac{4 * 0,00084}{\pi * 1,5}} = 0,02670\text{m} = 26,7\text{mm}$$

Les tuyauteries en PEHD disponibles sur le marché présentent les diamètres suivants :

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

Le diamètre normalisé ($D_r = 50$ mm)

- $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$
- $V = \frac{4 * 0,00084}{\pi * (50 \times 10^{-3})^2} = 0,427$ m/s

VII.4.3. Calcule des pertes de charge

La formule couramment utilisée pour déterminer les pertes de charge linéaires dans les conduites repose sur le modèle d'Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3,592}{CH}\right)^{1,852} \times \frac{L}{D^{4,87}} \times Q^{1,852}$$

Avec :

- **J** : représente la perte de charge linéaire en m,
- **CH** : est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD)
- **D** : correspond au diamètre de la canalisation (m)
- **L** : représente la mesure de la longueur de la conduite (m)
- **Q** : est le débit en $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J = \left(\frac{3,592}{140}\right)^{1,852} \times \frac{51}{0,050^{4,87}} \times 0,00084^{1,852} = 0,24 \text{ m.}$$

VII.5. Dimensionnement de la porte rampe

VII.5.1. Longueur de la porte rampe

La longueur de la porte de la rampe est mesurée en fonction de :

$$L_{pr} = 180 - \frac{18}{2} = 171 \text{ m}$$

VII.5.2. Débit de la porte rampe

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r$$

En utilisant ces données dans l'équation, on obtient :

$$Q_{pr} = 3,024 \times 10 = 30,24 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0084 \text{ m}^3/\text{s}$$

VII.5.3. Calcul du diamètre de la porte rampe

Le calcul du diamètre de la porte rampe se fait par la relation suivante :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}}$$

Avec :

- **Q_{pr}** : le débit exprimé m^3/s ,
- **D_r** : le diamètre exprimé en mm,

- **V** : la vitesse économique de 2 m/s

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0084}{\pi \times 2}} = 0,0731\text{m} = 75 \text{ mm.}$$

Pour réduire les pertes de charge, on opte pour un diamètre standard de 75 mm pour une conduite en PEHD.

D'où :

$$V = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times D_r^2}$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$V = \frac{4 \times 0,0084}{\pi \times 0,075^2} = 1,90 \text{ m/s.}$$

VII.5.4. Calcul de la perte de charge de la porte rampe

La formule couramment employée pour déterminer les pertes de charge linéaires dans les conduites repose sur le modèle d'Hazen-Williams :

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

Avec :

- **J** : représente la perte de charge linéaire en m,
- **CH** : est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD)
- **D** : correspond au diamètre de la canalisation (m)
- **L** : représente la mesure de la longueur de la conduite (m)
- **Q** : est le débit en 1 m³/s.

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{171}{0,075^{4.87}} \times 0,0084^{1.852} = 8,33 \text{ m.}$$

Tableau VII-1: Résultat de calcul pratique d'aspersion.

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	171	551
Diamètre (mm)	75	50
Débit (m ³ /h)	0,0084	0,00084
Vitesse (m/s)	1,90	0,427
Perte de charge totale (m)	8,33	0,24

$\Delta H_t = 8,33 + 0,24 = 8,57 \text{ m}$ de perte charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VII.5.5. Calcul de la pression en tête de réseau

Il s'agit de la pression nécessaire pour assurer le bon fonctionnement du dernier asperseur.

- **H = H1+H2 + H3**

- **H** : pression à la tête de la parcelle
- **H1** : La pression requise pour assurer le fonctionnement optimal d'un asperseur est de (3bars)
- **H2** : perte de charge totale de la rampe.
- **H3** : la dénivelée (0 m. Terrain relativement plat)
- **H = 30+ 8,57 + 0 = 38,57 m.**

P = 3.85 bars, Cela est parfaitement adéquat compte tenu de la pression disponible à la borne, qui est de **4,00 bars**.

VII.6.Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

Dans cette partie, nous porterons notre attention sur le dimensionnement d'un système d'irrigation localisée (goutte à goutte). Il est crucial de disposer de données essentielles telles que la surface de la parcelle, les besoins quotidiens en eau, ainsi que la durée maximale de fonctionnement journalier.

VII.6.1.Données générales

Le système d'irrigation sera installé sur la parcelle **P14**, alimentée par la borne **B11**, avec une pression estimée à environ **2,48 bars**. La superficie totale de l'exploitation est de 3,8 hectares, avec une forme globalement rectangulaire.

- Culture : Poirier
- Besoin de pointe : 124,31mm
- Organisation du réseau goutte à goutte : Avec un espacement de 4 mètres par 4 mètres (4*4).
- Surface : 3,8 ha
- Longueur : 160 m.
- Largeur : 120 m.

Caractéristiques du goutteur :

- Débit nominal : 4 l/h ;
- Pression nominale : 10m.c.e
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2
- Espacement des goutteurs $\approx [1 - 2]$ m

VII.6.2.Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

a) Influence du taux de couverture du sol :

Dans un système d'irrigation par goutte-à-goutte, l'eau est distribuée de manière précise sur une petite portion de la surface, ce qui limite significativement l'évaporation directe depuis le sol. Pour intégrer cet effet, un coefficient de réduction, noté Kr , est appliqué à l'ETM. La valeur de Kr est liée à la proportion de la surface du sol recouverte par les plantes adultes, généralement estimée à 60 %. Ce coefficient peut être déterminé à l'aide de différentes formules disponibles, comme suit :

Keller et Karmeli (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0,85}$$

La formule de Freeman et Garzoli :

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

Nous considérons qu'un taux de couverture de 60 % est atteint pour les arbres adultes, ce qui implique que :

- ✓ **Kr = 0.80** selon Keller et Karmeli
- ✓ **Kr = 0.70** selon Freeman et Garzoli

Nous utiliserons un facteur Kr égal à 0,80

Donc :

$$\mathbf{B_{net} = B_j \times K_r}$$

$$\mathbf{B_{net} = (124,31/30) \times 0,8 = 3,31 \text{ mm/j}}$$

VII.6.3. Dose nette pratique

Après avoir calculé les besoins quotidiens, il est essentiel de définir une fraction ou un pourcentage d'humidification de la zone racinaire. La dose (RFU) est déterminée en tenant compte de la hauteur d'eau P :

$$\mathbf{D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P \cdot P\% = RFU \times P\%}$$

Tels que :

- **Hcc** : la hauteur d'eau de capacité au champ (25%),
- **Hpf** : la hauteur d'eau du point de flétrissement permanent (15%),
- **Da** : densité apparente à une valeur de 1.5,
- **Y** : a une valeur de 2/3,
- **Z** : représente la profondeur des racines de la plante 1500 mm,
- **P** : représente le taux de saturation du sol en eau.

La valeur de P% est calculée en utilisant l'équation :

$$\mathbf{P\% = \frac{(N \times Spd \times Sh)}{(Sa \times Sr)}}$$

- **P** : le volume de sol humidifié,
- **N** : le nombre de points de distribution par arbre,
- **Spd** : la distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (m),
- **Sh** : la largeur de la bande humidifiée,
- **Sr** : étant l'écartement entre les rangs d'arbres,
- **Sa** : l'espacement des arbres sur les rangs.

On aboutit à :

$$\mathbf{P\% = \frac{(2 \times 2 \times 1)}{(4 \times 4)} = 25\%}$$

$$\mathbf{RFU = (0,25 - 0,15) \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1,5 = 150 \text{ mm}}$$

Et : $\mathbf{D_{nette} = 150 \times 0,25 = 37,5 \text{ mm.}}$

VII.6.4. Fréquence et espacement des arrosages (Fr)

L'intervalle entre deux sessions d'irrigation (cycle d'arrosage) est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\mathbf{Fr = \frac{D_{nette}}{B_{net}}}$$

- $\mathbf{Fr = 37,5/3,31 = 11,32 \text{ jours}}$

Ainsi, nous choisissons une période de 12 jours pour un cycle d'irrigation (Tour =12 jours).

- 2 irrigations par mois.

VII.6.5. Calcul de la dose brute

Nous réévaluons la dose réelle :

$$D_r = B_{jp} \times Fr$$

- $D_r = 3,31 \times 12 = 39,72 \text{ mm}$

VII.6.6. La dose brute réelle

$$D_{brute} = \frac{D_r}{(Eff \times Cu)}$$

Tel que :

- **Eff** : Efficience du réseau d'irrigation $Eff = 90\%$
- **Cu** : coefficient d'uniformité $Cu = 90\%$

$$D_{brute} = \frac{39,72}{(0,9 \times 0,9)} = 49,03 \text{ mm}$$

VII.6.7. Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures)

$$h = \frac{(D_{brute} \times Sa \times Sr)}{(n \times Qg)}$$

- **Dbrute** : le besoin brut calculé précédemment (49,03mm)
- **Sa et Sr** : l'espacement entre les arbres, les rangs,
- **N** : le nombre de goutteurs (2),
- **Qg** : le débit du goutteur (4 l/h).

$$h = \frac{(49,03 \times 4 \times 4)}{(2 \times 4)} = 98,06 \text{ h/mois}$$

VII.6.8. Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{Fr}$$

$$D_j = \frac{98,06}{12} = 8,17 \text{ h/jour.}$$

VII.6.9. Nombre d'arbre par hectare

La formule pour calculer le nombre d'arbre par hectare est la suivante :

$$N_{arbr} = \frac{1ha}{Sa \times Sr}$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$N_{arbr} = \frac{10000}{4 \times 4} = 625 \text{ arbres.}$$

VII.6.10. Nombre d'arbre par rampe

La formule permettant de déterminer le nombre d'arbres par rampe est la suivante :

$$N_{armp} = \frac{Lrgp}{Sa}$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$N_{armp} = \frac{120}{4} = 30 \text{ arbres.}$$

VII.6.11. Nombre des goutteurs par rampe

La formule utilisée pour calculer le nombre de goutteurs par rampe est la suivante :

$$N_g = \frac{Lrgp}{Sa} \times 2$$

En appliquant ces données à l'équation :

$$N_g = 30 \times 2 = 60 \text{ goutteurs.}$$

VII.6.12. Débit d'une rampe

La méthode utilisée pour déterminer le débit d'une rampe est la suivante :

$$Q_{rmp} = N_g \times q_g$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à : $Q_{rmp} = 60 \times 4 = 240 \text{ l/h.}$

VII.6.13. Nombre de rampes

La méthode pour calculer le nombre de rampes est la suivante :

$$N_{rmp} = \frac{Lngp}{S_r}$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$N_{rmp} = \frac{160}{4} = 40 \text{ rampes}$$

VII.6.14. Débit de porte rampe

La méthode pour déterminer le débit d'une porte-rampe est la suivante :

En appliquant ces données à l'équation, on obtient :

$$Q_{prmp} = Q_{rmp} \times N_{rmp}$$

$$Q_{prmp} = 240 \times 40 = 9600 \text{ l/h}$$

VII.7. Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte

L'évaluation des paramètres hydrauliques, comme les dimensions, les niveaux de pression et les pertes de charge, est cruciale dans le calcul hydraulique d'un système d'irrigation goutte à goutte pour garantir une performance optimale du réseau.

VII.7.1. Diamètre de la rampe

La formule utilisée pour calculer le diamètre de la rampe est la suivante :

$$D_{rmp} = ((Jth \times 2.75) / (0.478 \times Q_{rmp}^{1.75} \times Lrgp))^{(-1/4.75)}$$

En utilisant ces données dans l'équation, on parvient à :

$$D_{rmp} = ((1.4 \times 2.75) / (0.478 \times 240^{1.75} \times 120))^{(-1/4.75)} = 13,30 \text{ mm.}$$

On prend $DN = 16 \text{ mm.}$

VII.7.2. Calcul de pertes de charge de la rampe

$$J_{cal} = (0.478 \times Lrgp \times D_{rmp}^{-4.75} \times Q_{rmp}^{1.75}) / 2.75$$

En utilisant ces données dans l'équation, on parvient à :

$$J_{cal} = (0.478 \times 160 \times 16^{-4.75} \times 240^{1.75}) / 2.75 = 0.77 \text{ m.}$$

$J_{cal} = 0.77 \text{ m} < 1.4$ la condition est vérifiée.

Tableau VII-2: Caractéristiques des rampes.

Cultures	Poirier
Lrgp(m)	120
Ng	60
Qrmp(l/h)	240
J th (m)	1.4
Dcalcu (mm)	13.30
Dn (mm)	16
J calculé (m)	0.77

VII.7.3. Diamètre de la porte rampes

Pour calculer le diamètre de la rampe, on utilise la formule suivante :

$$Dprmp = ((Jth \times 2.75) / (0.478 \times Qprmp^{1.75} \times Lngp))^{(-1 / 4.75)}$$

En insérant ces données dans l'équation, on obtient le résultat suivant :

$$Dprmp = ((0.8 \times 2.75) / (0.478 \times 9600^{1.75} \times 160))^{(-1 / 4.75)} = 61.88 \text{ mm.}$$

On prend DN = 75 mm.

Évaluation des pertes de charge de la porte-rampe :

$$Jcal = (0.478 \times Lngp \times Dprmp^{-4.75} \times Qprmp^{1.75}) / 2.75$$

En appliquant ces données à la formule, le résultat obtenu est :

$$Jcal = (0.478 \times 160 \times 75^{-4.75} \times 9600^{1.75}) / 2.75 = 0.32.$$

Jcal= 0.32 m < 0.8 la condition est vérifiée.

Tableau VII-3: Caractéristiques des portes rampes.

Cultures	Poirier
Lngp(m)	160
Nr	40
Qprmp(l/h)	9600
J th (m)	0.8
Dcalcu (mm)	61.88
Dn (mm)	75
J calculé (m)	0.32

VII.8. Calcul de la pression en tête du réseau

Afin de calculer la pression totale requise pour le bon fonctionnement du système d'irrigation goutte à goutte, il convient d'additionner les pertes de charge à travers tout le réseau, puis d'ajouter la pression nécessaire pour chaque goutteur.

$$H = H1 + H2$$

Avec :

- H représente la pression à la tête de la parcelle,
- H1 est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un goutteur (1 bars),
- H2 est la perte de charge totale,

En se basant sur les valeurs indiquées :

- (H1 = 1 bar, H2 = 0.32+0.77 m)

Nous obtenons :

$$\mathbf{H = 10 + 1.09 = 11.09 \text{ m} = \mathbf{1.2 \text{ bar.}}$$

Ainsi, une pression de **2,48 bars** est amplement suffisante pour alimenter les goutteurs et garantir leur bon fonctionnement.

VII.9.Conclusion

Par conséquent, une pression de 2,48 bars est tout à fait adéquate pour alimenter les goutteurs et assurer leur bon fonctionnement.

Dans cette section, nous avons étudié la méthodologie de dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion pour la culture du blé, ainsi que d'un système d'irrigation goutte à goutte Adapté à la culture de poirier.

L'adoption de ces systèmes poursuit un double objectif : d'une part, la préservation des ressources en eau pour l'irrigation, et d'autre part, l'optimisation des rendements agricoles.

Chapitre VIII

Calcul technico-économique

VIII. Calcul technico-économique

VIII.1. Introduction

Dans ce chapitre, en examinant le bilan quantitatif ainsi que la liste estimative, nous avons pu estimer les coûts liés à la mise en œuvre du projet d'irrigation proposé. Cette analyse inclut l'estimation des matériaux nécessaires et la description des différentes opérations à réaliser sur le terrain.

En particulier, cela couvre les points suivants :

- **Le réseau de distribution** : Il comprend l'ensemble des éléments requis pour acheminer l'eau de manière précise et efficace vers les diverses zones de la parcelle.
- **Le système d'irrigation (par aspersion et goutte à goutte)** : Cela implique l'installation d'un système d'irrigation par aspersion, comprenant les tuyaux, les dispositifs d'arrosage, les vannes, ainsi que d'autres équipements indispensables pour assurer une distribution homogène et contrôlée de l'eau aux cultures.

VIII.2. Différents travaux à entreprendre

Tâches liées au réseau de distribution.

Les travaux à réaliser dans le cadre du réseau de distribution incluent les aspects suivants : profondeur de la tranchée :

VIII.2.1. Exécution des tranchées

Il s'agit d'une opération de terrassement (déblais) consistant à creuser des excavations. Ces excavations seront réalisées à l'aide d'une pelle hydraulique, et les déblais seront déposés à côté de la tranchée, tandis que l'autre côté sera réservé à l'installation des conduites.

VIII.2.2. Pose du lit de sable

Cette étape consiste à déposer une couche de sable au fond de la tranchée, avec une épaisseur de 14 cm dans notre situation.

VIII.2.3. Pose des conduites

Avant de placer les conduites dans la tranchée, un tri minutieux est effectué pour écarter celles qui ont été endommagées par des chocs. Ensuite, les conduites sont doucement descendues au fond de la fouille à l'aide d'un engin de levage. Pendant la pause, l'alignement des tuyaux est régulièrement contrôlé afin d'éviter des problèmes lors de leur raccordement.

VIII.2.4. Epreuve de joint et de la canalisation

Pour assurer une sécurité optimale, les tests de pression des conduites et des joints sont réalisés avant le remblaiement. Ces essais sont effectués à l'aide d'une pompe de test, qui permet de remplir la conduite avec de l'eau sous une pression équivalente à 1,8 fois la pression de service à laquelle la conduite sera soumise en fonctionnement. Ce test doit durer environ 30 minutes, et la variation de pression ne doit pas dépasser 0,2 bar.

VIII.2.5. Remblayage des tranchées

Cette opération de terrassement consiste à enfouir la conduite en utilisant le remblai provenant de l'excavation.

VIII.2.6. Nivellement et compactage

Après avoir réalisé le remblai, on effectue le nivellement en étalant les terres accumulées en monticules, suivi du compactage pour augmenter la densité du sol et prévenir tout affaissement ultérieur.

VIII.2.7. Choix des engins du chantier

Pour exécuter ces travaux, il est nécessaire d'utiliser divers types d'équipements, chaque tâche requérant un engin spécifique. Ces équipements se divisent en trois grandes catégories :

- **Les engins de chargement :**

- Les chargeuses.
- Les pelles hydrauliques.
- Les pelles mécaniques.

- **Les engins de transport :**

- Les brouettes.
- Les camions bennes.
- Les dumpers.
- Les motos basculeurs.
- Les véhicules utilitaires.

- **Les engins de mise en place des matériaux :**

- Les niveleuses.
- Les compacteurs.
- Les finisseurs.

Concernant notre projet, on a utilisé les engins suivants :

A. Pour le décapage

B. Pour l'excavation des tranchées

C. Pour le remblaiement des tranchées

D. Pour le compactage

VIII.3. Volume de terrassement

VIII.3.1. Dimensions des tranchées

VIII.3.1.1. Largeur de fond de la tranchée

La largeur de la tranchée sera déterminée en fonction du diamètre de la conduite, en utilisant la formule suivante :

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

$$B = D + 0.6$$

Où :

- **B** : représente la largeur de la tranchée en mètres.
- **D** : représente le diamètre de la conduite en mètres.

VIII.3.1.2. Profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit être suffisante pour permettre l'exécution adéquate des branchements individuels et prévenir toute interférence avec les autres conduites.

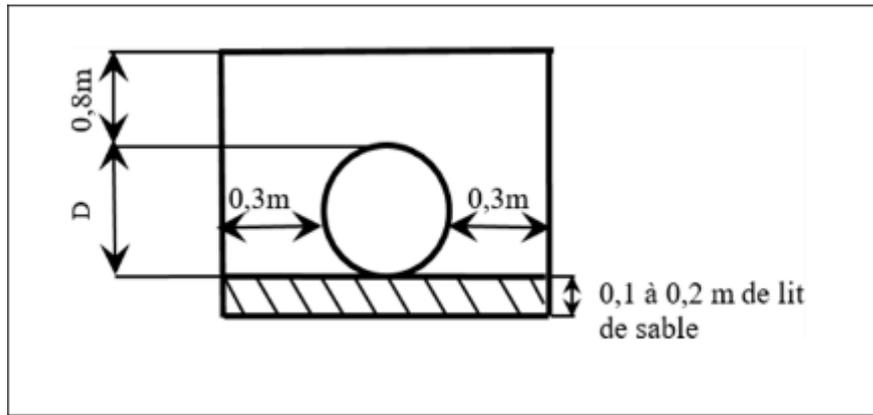


Figure VIII-1: Profil à travers d'une tranchée.

La profondeur de la tranchée est calculée en utilisant la formule suivante :

$$Htr = e + D + h$$

Avec :

- **Htr** : Profondeur de la tranchée (m).
- **e** : Hauteur du lit de pose (m).
- **D** : Diamètre de la conduite (m).
- **h** : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite (m).

VIII.3.1.3. Section de la tranchée

Les sections des tranchées sont :

$$Str = B \times Htr$$

Avec :

- **Htr** : Profondeur total de la tranchée (m).
- **B** : Largeur du fond de la tranchée (m).

VIII.3.1.4. Volume de la tranchée

Le calcul du volume d'une tranchée s'effectue en utilisant la relation suivante :

$$Vtr = Str \times L$$

Avec :

- **Str** : est la section de la tranchée en mètres carrés.
- **L** : correspond à la longueur de la tranchée en mètres.

VIII.3.2. Calcul des volumes de terrassement

VIII.3.2.1. Volume de déblai

Les déblais d'une tranchée représentent les matériaux retirés du sol afin de permettre l'installation des canalisations. Leur calcul se réalise de la façon suivante :

$$Vdéblai = Vtr = B \times Htr \times L$$

Avec :

- **B** : est la largeur de tronçon (m).
- **Htr** : profondeur de tronçon (m).
- **L** : longueur de tronçon (m).

VIII.3.2.2. Volume de lit de sable

Le lit de sable est une couche horizontale constituée de sable, utilisée pour créer une base stable. Son calcul s'effectue selon la relation suivante :

$$Vls = e \times B \times L$$

Avec :

- **Vls** : le volume du lit de sable en mètres cubes.
- **e** : l'épaisseur de la couche du lit de sable en mètres.
- **B** : la largeur de la tranchée en mètres.
- **L** : la longueur de la tranchée en mètres.

VIII.3.2.3. Volume occupée par la conduite

On le détermine en utilisant la formule suivante :

$$V = S_{con} \times L = (\pi \times d^2 \times L) / 4$$

Où :

- **Vcon** : le volume occupé par la conduite (en mètres cubes).
- **Scon** : la section de la conduite (en mètres carrés).
- **L** : la longueur du tronçon (en mètres).
- **D** : le diamètre extérieur de la conduite (en mètres).

VIII.3.2.4. Volume de remblai

Le remblai désigne la quantité de terre nécessaire pour combler une tranchée et la ramener à son niveau d'origine. Ce volume est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Vrem = Vdéblai - (Vls + Vcon)$$

Où :

- **Vrem** : le volume de remblai en (m³).
- **Vdéblai** : le volume de déblai en (m³).
- **Vls** : le volume du lit de sable en (m³).
- **Vcon** : le volume occupé par la conduite en (m³).

Tableau VIII-1: calcul des différents volumes.

D(mm)	B(m)	H(m)	L(m)	Vdeb (m ³)	S conduites	Vcond (m ³)	Vsable (m ³)	V rem (m ³)
500	1.1	1.35	1273	1990.40	0.62	789.26	280.06	921.08
400	1	1.25	805.25	1006.56	0.4	322.1	161.05	523.41
350	0.95	1.2	302.03	344.31	0.36	108.73	57.38	178.2
315	0.915	1.165	566.56	603.93	0.24	135.97	103.68	364.28
250	0.85	1.1	226.41	211.69	0.149	33.73	38.48	139.48
200	0.8	1.05	283.57	238.2	0.098	27.78	45.37	165.05
125	0.725	0.975	843.36	596.15	0.039	32.89	122.28	440.98
110	0.71	0.96	1327.76	905.00	0.03	39.83	188.54	676.63
Somme			5627.94	5896.24		1490.29	996.84	3409.11

VIII.4.Evaluation de cout des travaux de terrassement

Tableau VIII-2: cout de travaux de terrassement.

Type des travaux	Unité	Prix unitaire DA	Quantité	Prix des Trav DA
Déblai	M3	450	5896.24	2653308
l. sable	M3	2500	996.84	2492100
Remblais	M3	350	3409.11	1193185
Total HT				6338593
TVA 19%				1204332.67
TOTAL TTC1				7542925.67

VIII.4.1.Evaluation de cout de pose des conduites

Tableau VIII-3: cout de pose des conduites.

Conduite	Type	Unité de mesure	Prix unit en DA	Quantité ml	Prix DA
500	Fonte	ml	9900	1273	12602700
400	Fonte	ml	8000	805.25	6442000
350	PEHD	ml	7200	302.03	2174616
315	PEHD	ml	6800	566.56	3852608
250	PEHD	ml	4500	226.41	1018845
200	PEHD	ml	3600	283.57	1020852
125	PEHD	ml	1200	843.36	1012032
110	PEHD	ml	1000	1327.76	1327760
Total HT					29451413
TVA 19%					5595768.47
TOTAL TTC2					35047181.47

VIII.4.2. Estimation des coûts des bornes d'irrigation et pièce spéciale**Tableau VIII-4: Estimation des coûts des bornes et pièces d'irrigation.**

Les Bornes	Prix unitaire	Quantité	Prix des Trav (DA)
A4	20000	8	160000
A2	15000	4	60000
Coude 90°	1300	2	2600
Coude 45°	1200	3	3600
Vannes	13000	6	78000
Te	1200	4	4800
Bouchons	850	4	3400
asperseurs	600	80	48000
Ventouse	13000	1	13000
Goutteurs	60	2400	144000
Total HT			517400
TVA 19%			98306
TOTAL TTC3			615706

VIII.4.3. Coût totale de projet

Il s'agit de la somme des divers prix précédemment calculés.

Tableau VIII-5: Estimation de coût totale de projet.

Designation de travaux	Montant TTC (DA)
Terrassement	7542925.67
Pose des conduits	34511681.47
Bornes et pièces d'irrigation	615706
TOTAL	42670313.14

VIII.5.Conclusion

Une analyse économique approfondie des extensions de périmètres d'irrigation souligne l'importance de réaliser des estimations rigoureuses et de maîtriser les coûts de manière stricte pour assurer la réussite du projet. Cette approche permet non seulement d'optimiser l'emploi des ressources, mais aussi d'avoir un effet durable et bénéfique sur le développement agricole ainsi que sur les conditions de vie des agriculteurs. Il est donc essentiel d'inclure ces aspects économiques dans la planification et la mise en œuvre des projets d'irrigation pour en tirer le meilleur parti.

Le coût total de l'extension du périmètre d'irrigation à El Eulma est estimé à **Quarante-deux millions six cent soixante-dix mille trois cent treize dinars et quatorze centimes.**

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Au cours de cette étude, nous avons procédé au dimensionnement détaillé du Secteur 2 du périmètre d'irrigation d'El Eulma, d'une superficie de 200 hectares, en utilisant les ressources en eau du barrage de Draa Diss. L'analyse climatique a confirmé le caractère semi-aride de la région, avec une saison sèche de plus de quatre mois, soulignant l'importance de l'irrigation pour assurer un rendement agricole satisfaisant.

L'étude agro-pédologique a révélé que les sols de la zone sont principalement de texture limono-argileuse, ce qui nous a conduit à choisir des cultures adaptées à ce type de sol.

Puis on a fait le test de la qualité d'eau du barrage de draa diss basé sur la classification américaine est on a conclu que nos eaux appartiennent à la classe **C3 S1**.

Ensuite, place à l'étude hydrologique, qui nous a permis de choisir la série pluviométrique Annuelle qu'on doit utiliser pour reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80% et Calculer les besoins en eau des cultures à planter, qui était d'ailleurs, l'étape suivante.

Après cette sélection, nous avons analysé le système d'adduction et de distribution d'eau. Nous avons opté pour un réseau gravitaire acheminant l'eau depuis le barrage jusqu'aux parcelles, via des conduites en Fonte et en PEHD, équipées de bornes d'irrigation. Ce réseau maintient une pression moyenne de 4 bars, permettant ainsi l'utilisation de techniques modernes d'irrigation telles que le goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage, ainsi que l'aspersion pour les céréales.

Afin de répondre aux exigences techniques et économiques, une étude technico-économique complète a été réalisée, estimant le coût total du projet à 42 670 313,14 DA (dinars algériens).

Bibliographie

-DRIF, SALAH EDDINE (2023). RÉHABILITATION ET DIAGNOSTIQUE DU RÉSEAU D'IRRIGATION DU PÉRIMÈTRE EL-HAMIZ «200 HA », (WILAYA D'ALGER) ".

-MIHI, 2012

-OUIR, FATMA ZOHRA. (2022). "AMÉNAGEMENT HYDROAGRICOLE DU PÉRIMÈTRE D'EI EULMA «1160 HA » SECTEUR 4 À PARTIR DU BARRAGE DRAA DISS AVEC (W. SÉTIF)."

-STUCKY-EENHYD & BRLLI DOSSIER IB ANALYSE DE RESSOURCE EN SOL.

-STUCKY-EENHYD & BRLLI DOSSIER IC ANALYSE DE RESSOURCE EN EAUX.

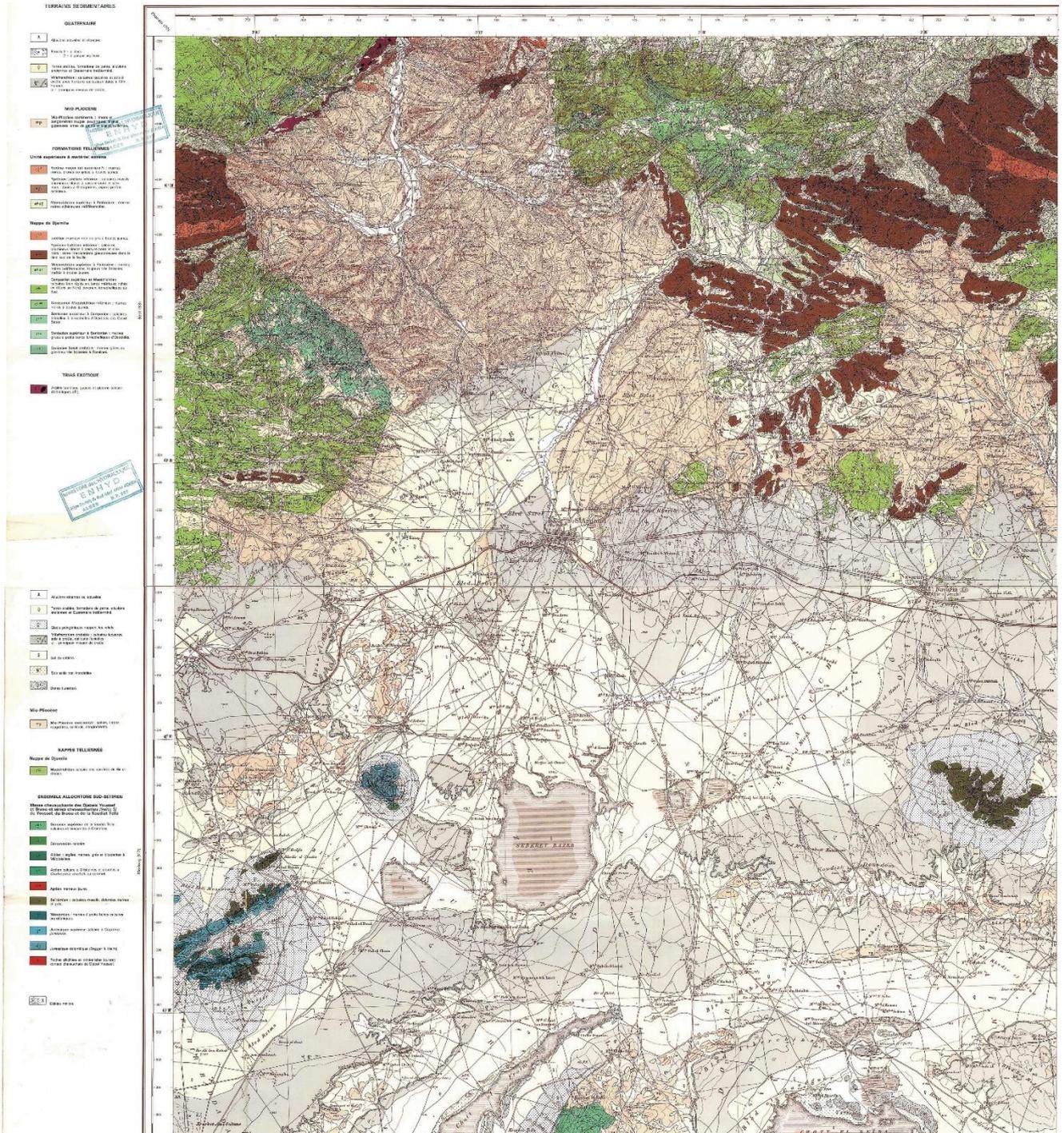
-STUCKY-EENHYD & BRLLI DOSSIER PHASE IV LOT1-RESEAUX D'ADDUCTION.

-TAZI, ABD EI MADJID (2023). "ETUDE DE LA PROJECTION D'UN SYSTÈME D'IRRIGATION AGRICOLE DU PÉRIMÈTRE DU MOYEN CHELIFF SECTEUR C «120 HA » IRRIGUÉ À PARTIR DU BARRAGE D'OUM DROUA (WILAYA DE CHLEF) ".

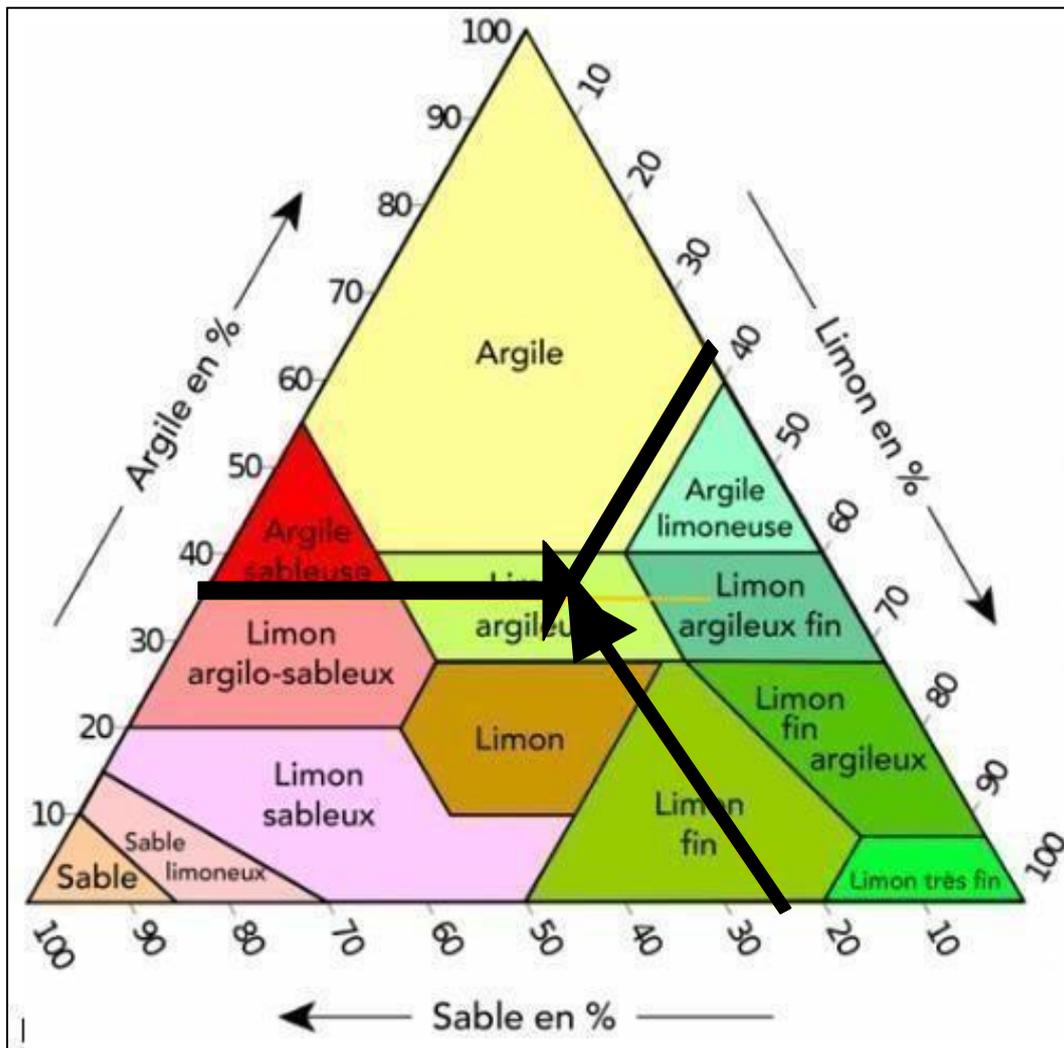
-ZERROUG, 2012

Annexes

Annexe 1 : carte Géologique de la région d'étude.



Annexe 2 : triangle des textures.

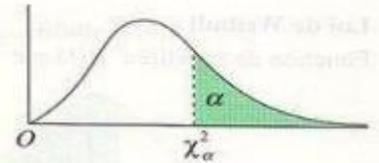


Annexe 3 : la table de Pearson khi deux.

Table de distribution de χ^2 (loi de K. Pearson)

La table donne la probabilité α , en fonction du nombre de degrés de liberté ν , pour que χ^2 égale ou dépasse une valeur donnée χ_{α}^2 .

$$\alpha = P(\chi^2 \geq \chi_{\alpha}^2)$$



ν	$\alpha = 0,990$	$\alpha = 0,975$	$\alpha = 0,950$	$\alpha = 0,900$	$\alpha = 0,100$	$\alpha = 0,050$	$\alpha = 0,025$	$\alpha = 0,010$	$\alpha = 0,001$
1	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2	0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3	0,12	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4	0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5	0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	20,52
6	0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,47	24,32
8	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	26,13
9	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11	3,05	3,82	4,57	5,58	17,27	19,67	21,92	24,72	31,26
12	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,84	32,00	39,25
17	6,41	7,56	8,67	10,08	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,80	42,31
19	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	45,32
21	8,90	10,28	11,59	13,24	29,61	32,67	35,48	38,93	46,80
22	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,41	39,37	42,98	51,18
25	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,88	41,92	45,64	54,05
27	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28	13,57	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

Quand ν est supérieur à 30, on utilise la table de la loi normale (table de l'écart réduit) avec :

$$t = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2\nu - 1}$$

Annexe 4 : Source : Bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33 tableau 18.

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

Annexe 5 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD

<u>GAMME DES PRODUITS</u>					
PRESSION DIAMETRES	PN6 SDR26	PN10 SDR17	PN16 SDR11	PN20 SDR9	PN25 SDR7.4
20	***	***	2.0	2.3	3.0
25	***	***	2.3	3.0	3.5
32	***	2.0	3.0	3.6	4.4
40	1.8	2.4	3.7	4.5	5.5
50	2.0	3.0	4.6	5.6	6.9
63	2.5	3.8	5.8	7.1	8.6
75	2.9	4.5	6.8	8.4	10.3
90	3.5	5.4	8.2	10.1	12.3
110	4.2	6.6	10.0	12.3	15.1
125	4.8	7.4	11.4	14.0	17.1
160	6.2	9.5	14.6	17.9	21.9
200	7.7	11.9	18.2	22.4	27.4
250	9.6	14.8	22.7	27.9	34.2
315	12.1	18.7	28.6	35.2	43.1
400	15.3	23.7	36.3	44.7	54.7
500	19.1	29.7	45.4	55.8	***
630	24.1	37.4	57.2	70.3	***
710	27.2	42.1	64.5	79.3	***
800	30.6	47.4	72.6	89.3	***

(SETIF PIPE. SOCIÉTÉ DE TRANSFORMATION PLASTIQUE)

Annexe 6 : La fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot

Diamètres des buses	P (bar) 2,5	P (bar) 3,0	P (bar) 3,5	P (bar) 4,0	P (bar) 4,5	P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar)	
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
mm	Portée en m					Distances entre arroseurs									
4.2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4.5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4.8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5.0	15,8	15,9	16,3	16,7	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5.2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6.0	16,4	16,5	16,7	17,2	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7.0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
ZB 22/ZB 24W						Consommation d'eau									
	(m ³ /h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)				
4.2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33	2,3	3,1	2,5	3,4	2,7	3,6	2,9	3,9	3,1	4,1
4.5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	2,6	3,5	2,9	3,9	3,1	4,2	3,3	4,4	3,5	4,7
4.8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74	3,0	4,0	3,3	4,4	3,5	4,7	3,8	5,1	4,0	5,4
5.0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5	4,4	5,8
5.2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04	3,5	4,7	3,9	5,2	4,2	5,6	4,4	5,9	4,7	6,3
6.0	1,89	2,07	2,24	2,39	2,54	4,7	6,3	5,1	6,9	5,6	7,4	5,9	7,9	6,3	8,4
7.0**	2,53	2,77	2,99	3,19	3,39	6,4	8,5	7,0	9,3	7,5	10,1	8,1	10,8	8,6	11,4
ZB 22D						Précipitations									
	(m ³ /h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)				
4.2x2.4	1,32	1,44	1,56	1,66	1,77	3,1	4,1	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5
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	7,7
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	10,4	8,4	11,2	9,0	12,0	9,6	12,7

Caractéristiques du canon ZB22

Image 5 sur 11