



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'Ain el bey-Kouif
(120 h) W.Tébessa**

Présenté par :

MOKHTARI Farida

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr MEDDI Mohamed	Professeur	Président
Mme SADOUNE Samra	M.C.A	Examinatrice
Mme MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinatrice
KHEDIMALLAH Abderrahmane	M.C.B	Promoteur

Session octobre 2025

Dédicace

Je dédie ce travail :

À ma très chère mère :

Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu m'as apportés depuis mon enfance et j'espère que tes prières m'accompagneront toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de tes vœux tant formulés, le fruit de tes innombrables sacrifices, bien que je ne pourrai jamais t'en remercier suffisamment. Puisse Dieu, le Très-Haut, t'accorder le paradis, la santé, le bonheur et une longue vie, et faire en sorte que je ne te déçoive jamais.

À mon très cher père :

À celui qui m'a aidée à découvrir le « savoir », ce trésor inépuisable. De tous les pères, tu es toujours le meilleur au monde. Tu as su m'entourer d'attention, m'inculquer les nobles valeurs de la vie, m'apprendre le sens de l'honnêteté et de la responsabilité. Tu as toujours cru en moi, tu as été ma lumière. Aujourd'hui, je réalise tes espoirs à travers chaque livre lu, chaque examen réussi, chaque défi surmonté. Ta foi m'a guidée. Que Dieu t'accorde le paradis et une longue vie.

*À mes chers frères : **Djalal, Hicham et Bilal** votre soutien, votre affection et votre présence qui ont toujours illuminé mon chemin. Et mes chers sœurs : **Rima, Meriem et Karima**. Merci pour votre tendresse, votre complicité et vos encouragements qui m'ont toujours donné la force d'aller de l'avant. Vous êtes pour moi une source de force, de courage et de réconfort. Que Dieu vous protège et nous garde toujours soudés.*

*À mes chers beaux-frères : **Amine, Redha et salim** Je vous porte une grande affection et j'apprécie votre présence dans ma vie. Merci pour chaque beau moment. Vous êtes une bénédiction de Dieu et une partie précieuse de ma famille.*

*À tous mes nièces et neveux : **Anis, Ramy, Mehdi, Wassim, Ania, Hadil, Ifyana, Lyne...***

Votre présence me donne l'énergie pour achever ce travail, que Dieu vous protège et je vous souhaite d'atteindre toujours plus hauts niveaux de réussite

*À mes copines : **Nour El Houda, Anfel, Karima et Romaissa** pour la douceur de votre compagnie et Pour les merveilleux moments qu'on a passés ensemble.*

*À mes amis **Aymen et Mohamed** vous êtes comme des frères avec qui j'ai partagé rires difficultés et souvenirs inoubliable.*

Chaima.

Remerciement

Je rends d'abord grâce à Allah, le Tout-Puissant, le Miséricordieux, qui m'a accordé la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

J'exprime ensuite ma profonde gratitude à ma chère mère et à mon cher père, ainsi qu'à mes frères et sœurs et leurs époux, pour leur amour, soutien inébranlable, tant moral, Psychologique, matériel que financier. Si j'ai pu arriver à ce stade de mon parcours, c'est avant tout par la volonté d'Allah, puis grâce à vous.

J'adresse également mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.

Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à mon encadrant, M. KHEDIMALLAH Abderrahmane, pour son accompagnement, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Mes remerciements vont aussi au président et aux membres du jury qui m'honorent en acceptant d'évaluer ce mémoire.

Je tiens également à saluer et remercier l'ensemble des enseignants qui ont participé à ma formation et qui m'ont transmis leur savoir.

Enfin, à toutes celles et ceux qui m'ont soutenu, encouragé et aidé, de près ou de loin, je dis du fond du cœur :

MERCI.

ملخص:

يتمثل الهدف الرئيسي لهذه المذكرة في تصميم مشروع للسقي بمنطقة زراعية تقع في عين الباي بولاية تبسة، على مساحة تقدر بـ 120 هكتاراً في أعالي الحوض السطحي لسد بريكة، مع مراعاة الخصائص المناخية والهيدرولوجية المحلية. يهدف هذا المشروع إلى تحسين استغلال الموارد المائية في المجال الزراعي من خلال إنشاء شبكة توزيع فعالة قادرة على تلبية احتياجات المحاصيل المائية مع تقليل الفواقد. وقد تم إدماج تقنيات حديثة مثل السقي بالتنقيط والري بالرش من أجل رفع كفاءة النظام. كما تأخذ الدراسة بعين الاعتبار التدفقات المائية اللازمة، مما يساهم في تحقيق إدارة مستدامة للموارد المائية وزيادة الإنتاجية الزراعية بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية: منطقة زراعية، سد، التدفق، التوزيع، المحاصيل

Résumé :

L'objectif principal de ce mémoire est de concevoir un projet d'irrigation pour une zone agricole dans la région d'Ain el bey dans la wilaya de Tébessa, avec une surface de 120 ha en amont de la retenue collinaire d'El Brika, 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 : zone agricole, retenue collinaire, débit, distribution, cultures

Abstract:

The main objective of this dissertation is to design an irrigation project for an agricultural area located in Ain El Bey, Tébessa province, covering a surface of 120 hectares in the upper catchment of El Brika hill reservoir, while taking into account the local climatic and hydrological characteristics. This project aims to enhance the utilization of water resources in agriculture by establishing an efficient distribution network capable of meeting crop water requirements while minimizing losses. Modern techniques such as drip irrigation and sprinkler irrigation have been integrated to improve system performance. The study also considers the required water flows, thereby contributing to the sustainable management of water resources and the increase of agricultural productivity in the region.

Keywords: agricultural area, hill reservoir, flow, distribution, crops.

Table des matiers :

Liste des planches :	13
Introduction générale :	16
Chapitre I Présentation de la zone d'étude	17
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
Introduction :	2
I.1 Situation géographique du site :	2
I.1.1 Présentation de la wilaya de Tébessa :	2
I.1.2 Localisation de la zone d'étude :	2
I.1.3 Caractéristiques topographiques de la région :	3
I.1.3.1 Relief :	3
I.1.3.2 Hydrographie:	3
I.1.3.3 Géologie :	4
I.2 Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude :	5
I.2.1 Choix de la station météorologique :	5
I.2.2 Température:	5
I.2.3 Précipitations:	6
I.2.4 Humidité:	7
I.2.5 Les vents :	8
I.2.6 Evaporation:	8
I.2.7 L'ensoleillement:	8
I.3 Facteurs bioclimatiques:	9
I.3.1 Indice d'aridité de Martonne:	9
I.3.2 Indice d'Emberger:	10
I.3.3 Indice de Bagnouls et Gaussen :	11
Conclusion :	12
CHAPITRE II : RESSOURCE EN EAU ET EN SOL	14
Introduction :	14
II.1 Ressources en sols:	14
II.1.1 Classification des sols:	14
II.1.2 Caractéristiques morphologiques:	15
II.1.3 Analyse physico-chimique du sol :	15
II.1.4 Triangle des textures de sol :	16
II.1.5 Les paramètres hydrodynamiques des sols :	17
II.2 La ressource en eau :	17
II.2.1 Caractéristiques de la retenue collinaire (El Brika) :	17
II.2.2 Qualité de l'eau destinée à l'irrigation	18

II.2.3 Classification de l'eau d'irrigation :	19
II.2.3.1 Conductivité électrique :	19
II.2.3.2 S.A.R (Sodium-Absorption-Rapport):	19
II.2.3.4 Classification de l'eau d'irrigation :	20
II.3 Analyse des données pluviométriques et choix du type de la loi d'ajustement :	21
II.3.1 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	23
II.3.1.1 Le test de Wilcoxon :	23
II.3.2 Ajustement statistique des pluies:	25
II.3.2.1 Ajustement selon la loi normale (loi de Gauss) :	25
II.3.2.2 Ajustement selon la loi Log-normale :	27
II.4 Test d'ajustement par la loi par Khi carrée :	28
II.5 Détermination de l'année de calcul :	29
Conclusion:	29
CHAPITRE III : BESOIN EN EAU DES CULTURES	31
Introduction :	31
III.1 Besoins en Eau du Périmètre :	31
III.1.1 Calcul des Besoins en Eau :	31
III.1.2 Calcul de l'Évapotranspiration de Référence (ET ₀) :	32
III.1.2.2 Méthodes Indirectes:	32
III.2 Calcul de la pluie efficace :	34
III.3 Choix des cultures:	34
III.3.1 Cultures proposées pour la zone d'étude :	35
III.3.2 Assolement des cultures:	35
III.3.3 Les cycles végétatifs des cultures :	36
III.4. Calcul des besoins en eau des assolements :	40
III.3 Loi de débit:	41
III.3.1 Calcul des débits spécifiques :	41
III.3.2 Calcul du débit caractéristique:	41
III.3.3 Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :	42
Conclusion :	42
Chapitre IV : Etude de système d'adduction et distribution	43
CHAPITRE IV : Etude de système d'adduction et distribution	44
Introduction :	44
IV.1 Alimentation en eau du périmètre d'Ain El bey :	44
IV.2 Organisation et structure du périmètre :	44
IV.3 Calcul hydraulique des bornes :	45
IV.3.1 Choix du diamètre des bornes :	45

IV.3.2 Choix du type de bornes :	45
IV.4 Description de l'aménagement du périmètre d'Ain El Bey :	46
IV.4.2 Schéma d'adduction:	46
IV.4.3 Schéma de distribution :(conduites secondaires et tertiaires).....	47
IV.4.4 Brise charge:.....	47
IV.5 Etude du système de pompage :	47
IV.5.1 Généralités sur les pompes :	47
IV.5.2 Les turbopompes:	47
IV.5.3 Les pompes volumétriques:	48
IV.6 Calcul de la hauteur manométrique totale :	48
IV.6.1 Calcul de la hauteur géométrique H_g :	48
IV.6.2 Calcul des pertes de charge totale :	48
IV.7 Calcul des frais d'amortissement:	49
IV.7.1 Calcul des frais d'exploitation:	50
IV.7.2 Puissance absorbée par la pompe :	50
IV.7.3 Bilan total des frais et Choix du diamètre :	50
IV.8 Choix de nombre et de type de pompe :	51
IV.9 Vérification du risque de la cavitation :	52
IV.10 Dimensionnement du Réservoir de stockage :	53
IV.11 Description du réseau d'adduction-distribution :	54
IV.12 Choix du matériau des conduites :	54
IV.13 Dimensionnement du réseau de distribution :	55
IV.13.1 Vitesses admissibles :	55
IV.13.2 Calcul des diamètres :	55
IV.13.3 Estimation des pertes de charge :	55
IV.13.4 Calcul des pressions:.....	56
Conclusion :	58
Chapitre V : techniques d'irrigation.....	59
Chapitre V : techniques d'irrigation.	60
Introduction :	60
V.1 Choix des techniques d'irrigation :	60
V.2 Irrigation de surface (gravitaire) :	60
V.2.1 Irrigation à la raie :	60
V.2.2 Irrigation par ruissellement:	61
V.2.3 Irrigation par bassins (submersion)	61
V.2.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation de.....	62
V.3 Irrigation par aspersion	62

V.3.1 Irrigation par asperseurs	62
V.3.2 Irrigation par pivot.....	63
V.3.3 Avantages et limites de l'irrigation par aspersion	63
V.4 Irrigation localisée (goutte à goutte).....	64
V.4.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :.....	64
V.5 Irrigation souterraine :.....	65
V.5.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :.....	65
Conclusion :.....	66
Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle.....	67
Chapitre VI :Dimensionnement à la parcelle	68
Introduction :	68
VI.1 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :.....	68
VI.1.1 Données générales:	68
VI.2 Dimensionnement théorique :	69
VI.2 Dimensionnement hydraulique des rampes :	72
VI.2.1 Longueur de la rampe :	72
VI.2.2 Dimensionnement de la rampe (Qr) :.....	72
VI.2.3 Calcul du diamètre de la rampe :.....	72
VI.2.4 Calcul des pertes de charge :.....	73
VI.3 Dimensionnement de la porte rampe :	73
VI.3.2 Débit de la porte rampe :.....	73
VI.3.3 Calcul du diamètre de la porte rampe :.....	74
VI.3.4 Calcul de la perte de charge de la porte rampe :.....	74
VI.4 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :	75
VI.4.1 Caractéristiques du gouteur :.....	76
VI.4.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :.....	76
VI.4.3 Dose nette pratique:	76
VI.4.5 La dose brute réelle.....	77
VI.4.6 Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures) :	78
VI.4.7 Durée d'arrosage	78
VI.4.8 Nombre d'arbre par hectare:.....	78
VI.4.9 Nombre d'arbre par rampe :.....	78
VI.4.10 Nombre des gouteurs par rampe :.....	78
VI.4.11 Débit d'une rampe :	78
VI.4.12 Nombre de rampes.....	79
VI.4.13 Débit de porte rampe :.....	79
VI.5 Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte :.....	79

VI.5.1 Diamètre de la rampe :	79
VI.5.2 Diamètre de la porte rampes :	80
VI.5.3 Évaluation des pertes de charge de la porte rampe :	80
VI.6 Calcul de la pression en tête du réseau :	80
Conclusion :	81
Chapitre VII : Calcul technico-économique	82
CHAPITRE VII : Calcul technico-économique.....	83
Introduction :	83
VII.1 Différents travaux à entreprendre:	83
VII.1.1 Exécution des tranchées:	83
VII.1.2 Pose du lit de sable :	83
VII.1.3 Pose des conduites:.....	84
VII.1.4 Epreuve de joint et de la canalisation :	84
VII.1.5 Remblayage des tranchées:.....	84
VII.1.6 Nivellement et compactage:	84
VII.1.7 Choix des engins du chantier :	84
VII.2 Volume de terrassement	85
VII.2.1 Dimensions des tranchées :	85
VII.2.2 Calcul des volumes de terrassement :	86
VII.2.3 Evaluation de cout des travaux de terrassement :	87
VII.2.4 Evaluation de cout de pose des conduites :	88
VII.2.5 Estimation des couts des bornes d'irrigation et pièce spéciale :	88
VII.2.6 Coût totale de projet:	89
Conclusion:	89
Conclusion générale :	91
Bibliographie	92
Annexes	93

Liste des tableaux :

Chapitre I :

Tableau I.2 : Températures mensuelles (°C).....	5
Tableau I.3 : pluies mensuelles moyennes de la station de Tébessa.	6
Tableau I.4 : humidité relative mensuelle.	7
Tableau I.5 : Vitesse moyenne mensuelle de vent :	8
Tableau I.6 : Évaporations mensuelles en mm.....	8
Tableau I.7 : Ensoleillement mensuel moyen.	8
Tableau I.8 : Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne	9
Tableau I.9. Les températures et les précipitations moyennes mensuelles.	11

Chapitre II :

Tableau II.1 : Fiche analytique profil N° : K4	15
Tableau II.2 : les caractéristiques hydrodynamiques des sols limono-argileux.	17
Tableau II.3: Qualité de l'eau d'irrigation.	18
Tableau II.4 : Classification de l'eau selon la conductivité électrique.....	19
Tableau II.5 : Classification d'eau selon le SAR.....	20
Tableau II.6 : caractéristiques principales de la station pluviométrique.....	21
Tableau II.7. Série de pluie de la station de Tébessa de l'année 1980 à 2020.	21
Tableau II.8. Test d'homogénéité de la série pluviométrique.....	23
Tableau II.9. Les éléments de calcul de test de Wilcoxon.	25
Tableau II.10 : Caractéristiques de la série pluviométriques.	26
Tableau II.11 : Résultat de l'ajustement à la loi de gauss (Hyfran).	26
Tableau II.12 : Résultat de l'ajustement à la loi Log-normale par HYFRAN.	27
Tableau II.13 : Test de validité de l'ajustement.....	28
Tableau II.14 : Année de calcul.	29

Chapitre III :

Tableau III.1 : Pluie efficace.	34
Tableau III.3 : Assolement proposé pour le périmètre.	36
Tableau III.5 : Estimation des besoins en eau du blé.....	37
Tableau III.6 : Estimation des besoins en eau de l'orge.	37
Tableau III.7 : Estimation des besoins en eau de l'avoine.	37
Tableau III.8 : Estimation des besoins en eau de l'ail.....	38
Tableau III.9 : Estimation des besoins en eau de la tomate.	38
Tableau III.10 : Estimation des besoins en eau du carotte.....	38
Tableau III.11 : Estimation des besoins en eau d'oignon.....	39
Tableau III.12 : Estimation des besoins en eau du noyer.	39
Tableau III.13 : Estimation des besoins en eau d'olivier.....	39
Tableau III.14 : Besoin en eau de l'assolement 1.	40
Tableau III.15 : Besoin en eau de l'assolement 2.	40
Tableau III.16 : Les besoins totaux du périmètre.	42

Chapitre IV :

Tableau IV.1 : Type de bornes en fonction de superficie des ilots.	45
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.....	46
Tableau IV.3 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite	49

Tableau IV.4 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.....	49
Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation.....	50
Tableau IV.6 : Bilan technico-économique des diamètres choisis.....	51
Tableau IV.7 : Variantes pour le choix du nombre de pompe.....	52
Tableau IV.8: Dimensions du réservoir de stockage projeté.....	54
Tableau IV.9 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	56
Tableau IV.10 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	57

Chapitre VI :

Tableau VI.1: Résultat de calcul pratique d'aspersion.	75
Tableau VI.2 : Caractéristiques des rampes.	79
Tableau VI.3: Caractéristiques des portes rampes.	80

Chapitre VII :

TableauVII.1 : calcul des déferents volumes.	87
Tableau VII.2 : cout de travaux de terrassement.....	87
Tableau VII.3 : cout de pose des conduites.....	88
Tableau VII.4 : Estimation des couts des bornes et pièces d'irrigation.	88
Tableau VII.5 : Estimation de coût totale de projet.	89

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I.1. Situation géographique de la wilaya de Tébessa (gifex.com).....	2
Figure I.2. Image satellitaire de localisation du périmètre d'Ain el bey	3
(Source : Google Earth25/04/2025).....	3
Figure I.3. Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Tébessa (decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2015/01/reseau-hydrographique- TEBESSA.html).	4
Figure I.4. Carte géologique de la wilaya de Tébessa	4
(Carte géologique de l'Algérie au 1/50000, feuille n°206 Tébessa (Durozoy MG (1956)).....	4
Figure I.5. Répartitions des températures moyennes interannuelles.	6
Figure I.6. Histogramme des précipitations mensuelles moyennes (mm).....	6
Figure I.7. Humidité relative mensuelle.	7
Figure I.8. Diagramme bioclimatique des étages d'Emberger (région de Tébessa).....	10
Figure I.9. Diagramme ombrothermique de la station de Tébessa.	11

Chapitre II :

Figure II.1 : Triangle des textures des sols.	16
Figure II.3 : Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.	20
Figure II.3 : Ajustement graphique à la loi de Gauss.	27
Figure II.4 : Ajustement à la loi de Log-normale.	28

Chapitre III :

Figure III.1. Calcul de l'ETP entrées dans le CROPWAT.	34
---	----

Chapitre IV :

Figure IV.1. Vue générale du périmètre irrigué avec la retenue collinaire	44
Figure IV.2: Schéma d'adduction.	46
Figure IV.3 : Bilan total des frais en fonction des diamètres	51
Figure IV.4 : Courbe caractéristique de la pompe.	52

Chapitre V :

Figure V.1 : Irrigation à la raie	60
Figure V.2 : Irrigation par ruissellement	61
Figure V.3 Irrigation par bassins (submersion)	61
Figure V.4 Irrigation par asperseurs	62
Figure V.6 : Irrigation localisée (goutte à goutte)	64
Figure V.7 : Irrigation souterraine	65
Deux configurations techniques sont envisagées pour l'installation des dispositifs d'aspersion sur les rampes :	72

Chapitre VI :

Figure VI.1: Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.	72
---	----

Chapitre VII :

Figure VII.1. Disposition de la conduite dans une tranchée.	85
--	----

Liste des planches :

Planche N°01 : Plan de situation du périmètre d'Ain el bey- Kouif W .Tébessa

Planche N°02 : plan du réseau d'adduction du périmètre d'étude.

Planche N°03 : Profil en long de la conduite principale du périmètre d'Ain el bey- Kouif W .Tébessa.

Planche N°04 : Réseau d'irrigation par aspersion et goutte à goutte du périmètre d'Ain el bey- Kouif W .Tébessa.

Liste des annexes :

Annexe 1 : carte de sol de la wilaya de Tébessa

Annexe 2 : la table de Pearson khi deux

Annexe 3 : Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 5 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD

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

Introduction générale

Introduction générale :

L'irrigation joue un rôle vital dans l'agriculture à l'échelle mondiale, en garantissant la sécurité alimentaire, en stimulant la productivité des cultures et en permettant l'expansion des terres cultivables. Dans de nombreuses régions, les précipitations naturelles sont insuffisantes, irrégulières ou imprévisibles, rendant l'irrigation indispensable pour maintenir des rendements agricoles stables. En fournissant de l'eau de manière contrôlée aux cultures, l'irrigation favorise la croissance optimale des plantes, améliore la qualité des récoltes et réduit les risques liés aux sécheresses.

En Algérie, l'irrigation est fortement utilisée, mobilisant environ 70 % des ressources en eau disponibles. Cette situation résulte des conditions arides et semi-arides qui caractérisent une grande partie du territoire. Cependant, au cours de la dernière décennie, la sécheresse a considérablement réduit les volumes d'eau destinés à l'irrigation, menaçant ainsi la sécurité alimentaire, diminuant la productivité des terres agricoles et impactant l'économie nationale. Il devient donc impératif d'adopter des méthodes d'irrigation plus efficaces et de gérer les ressources en eau de manière durable.

Le périmètre de Ain El Bey, dans la wilaya de Tébessa, représente une part significative des terres irriguées du pays et joue un rôle crucial dans l'économie locale. Face à la rareté croissante de l'eau et à la diminution des volumes alloués à l'irrigation, il est nécessaire de réfléchir à une optimisation de l'aménagement hydro-agricole pour garantir la durabilité de l'irrigation et la productivité des cultures.

La problématique de ce travail est donc la suivante : Comment optimiser l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'Ain El Bey (W. Tébessa) afin d'assurer une gestion durable de l'eau, maintenir la productivité agricole et renforcer la sécurité alimentaire dans un contexte de sécheresses récurrentes ?

Ce travail est structuré comme suit :

Chapitre 01 : Présentation de la zone d'étude

Chapitre 02 : Ressources en eau et en sol

Chapitre 03 : Besoins en eau des cultures

Chapitre 04 : Étude du système d'adduction et de distribution

Chapitre 05 : Dimensionnement à la parcelle

Chapitre 06 : Étude technico-économique

Chapitre I

*Présentation de la zone
d'étude*

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction :

Pour développer un projet d'irrigation, il est essentiel de comprendre l'environnement local et d'analyser les conditions climatiques afin d'évaluer les besoins en eau et de concevoir le réseau hydraulique. L'objectif de cette partie est de diagnostiquer la zone d'étude en examinant divers éléments naturels, notamment les facteurs géographiques, géologiques et climatiques, afin de déterminer les cultures les mieux adaptées à cette région spécifique.

I.1 Situation géographique du site :

I.1.1 Présentation de la wilaya de Tébessa :

La wilaya de Tébessa, localisée dans la partie nord-est de l'Algérie, est délimitée par plusieurs entités administratives :

- Nord par SOUK AHRAS,
- Ouest par la wilaya de KHENCHELA et OUM el Bouaghi,
- Par la Tunisie, à l'Est,
- Et par la wilaya d'El Oued, au Sud.

La superficie totale de la région s'étend sur environ 13 878 km², avec une population estimée à 694 289 habitants en 2012, soit une densité moyenne de 50 habitants par kilomètre carré. Sur le plan administratif, la wilaya est subdivisée en 12 daïras regroupant 28 communes.

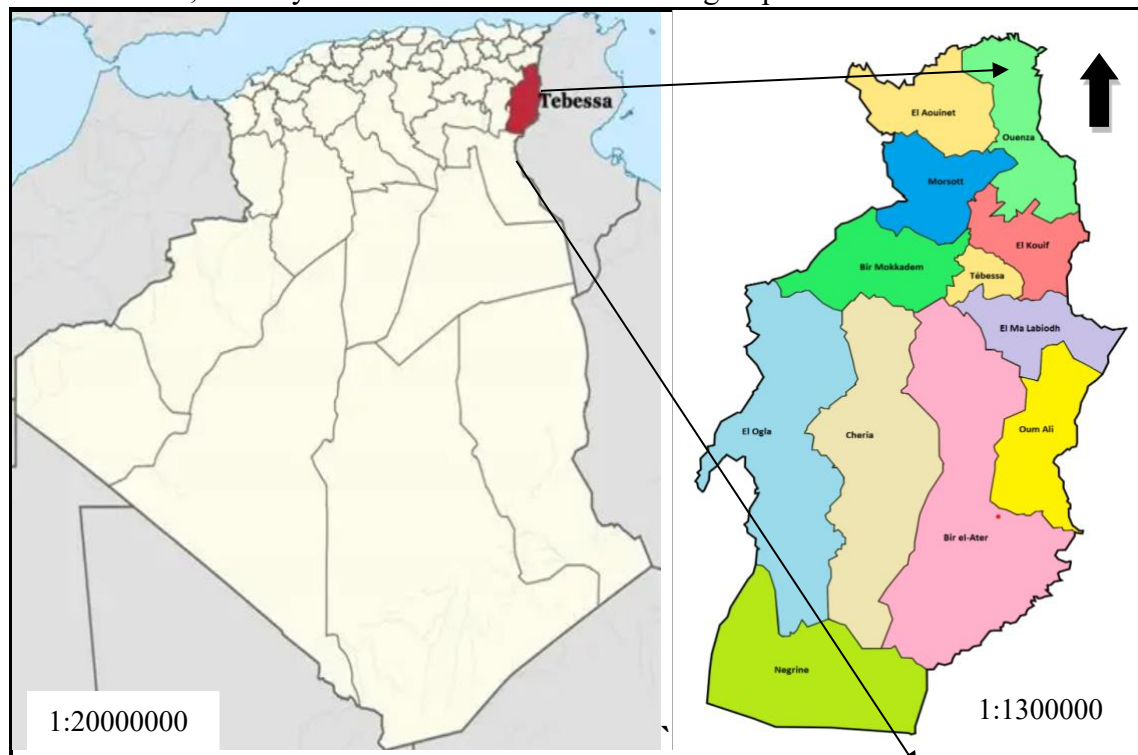


Figure I.1. Situation géographique de la wilaya de Tébessa (gifex.com)

I.1.2 Localisation de la zone d'étude :

La zone d'étude est délimitée à l'est par la Tunisie, au nord par Aïn Zerga, à l'ouest par Tébessa, et au sud par Bekkaria. Ses coordonnées géographiques sont de 8,33° de longitude Est et 35,50° de latitude Nord, avec une altitude moyenne de 885 mètres.

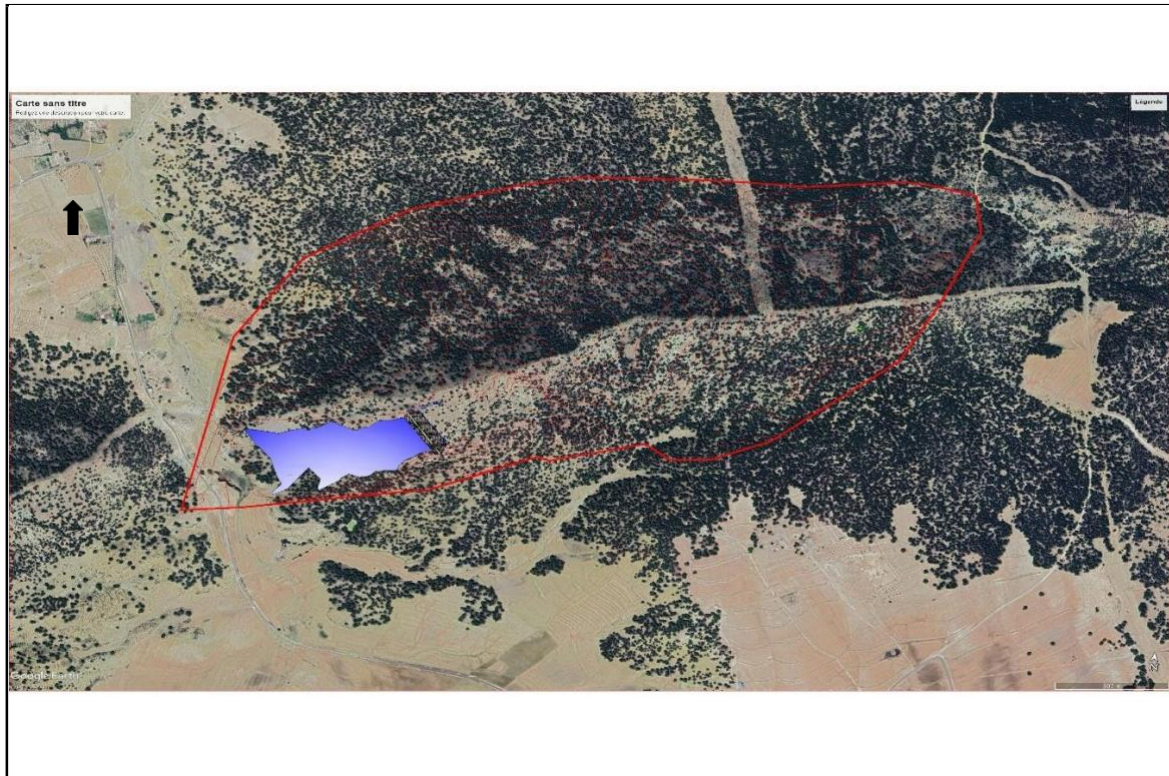


Figure I.2. Image satellitaire de localisation du périmètre d'Ain el bey

(Source : Google Earth 25/04/2025)

I.1.3 Caractéristiques topographiques de la région :

I.1.3.1 Relief :

Les monts de Tébessa, qui prolongent les Nemamcha dans l'Atlas saharien oriental, présentent une structure géomorphologique complexe. Cette région se caractérise par un resserrement progressif des plaines du Mellègue vers les reliefs, marquant une transition nette. Au sud, une faille (Meddoud – Aïn Chabro) délimite brutalement ces monts, tandis qu'au nord, le fossé Tébessa–Bekkaria forme une dépression comblée de dépôts variés (cailloutis, sables, marnes, argiles). Le paysage est dominé par des massifs parallèles tels que le Djebel Serdiess et Gourrigeur, ainsi que par des unités morcelées comme les djebels Anoual, Azmor, Bouroumane et Djebissa. À l'est, entre Tébessa et El Malabiod, le relief devient plus accidenté, formant une barrière orientée ouest-est avant de s'infléchir vers la plaine de la Merdja.

I.1.3.2 Hydrographie:

La plaine de Tébessa est traversée par l'Oued Kébir, qui s'écoule vers le nord et sert de frontière administrative à plusieurs communes. Ce cours d'eau prend naissance à l'est de la plaine, entre El-Kouif sur la rive nord et Bekkaria sur la rive sud. En son centre, il traverse la commune de Boulhaf Dyr au nord ainsi que celles de Tébessa, Hammamet et Bir D'hab au sud. Après un long parcours, il atteint son point de sortie dans la commune d'El-Aouine. Ce cours d'eau intermittent, d'une grande importance, traverse la zone du nord vers le sud. Son débit est directement lié aux précipitations, en particulier aux pluies orageuses.

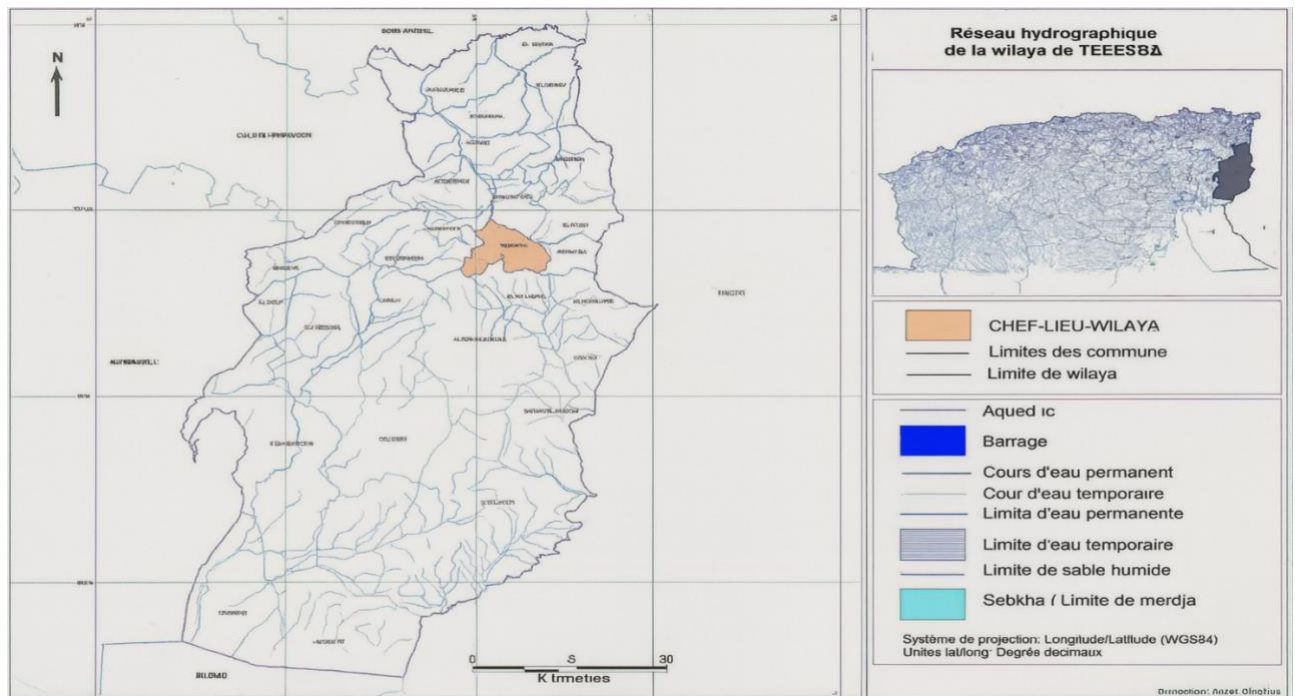


Figure I.3. Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Tébessa (decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2015/01/reseau-hydrographique-TEBESSA.html).

I.1.3.3 Géologie :

La wilaya de Tébessa appartient à la bordure orientale de l'Atlas saharien et présente une géologie dominée par des formations sédimentaires (calcaires, marnes, grès) d'âges secondaire et tertiaire. Elle est structurée par des plis, failles et fossés d'effondrement, notamment le graben de Tébessa-Bekkaria. Cette configuration tectonique favorise la présence de ressources minérales comme le phosphate et le fer.

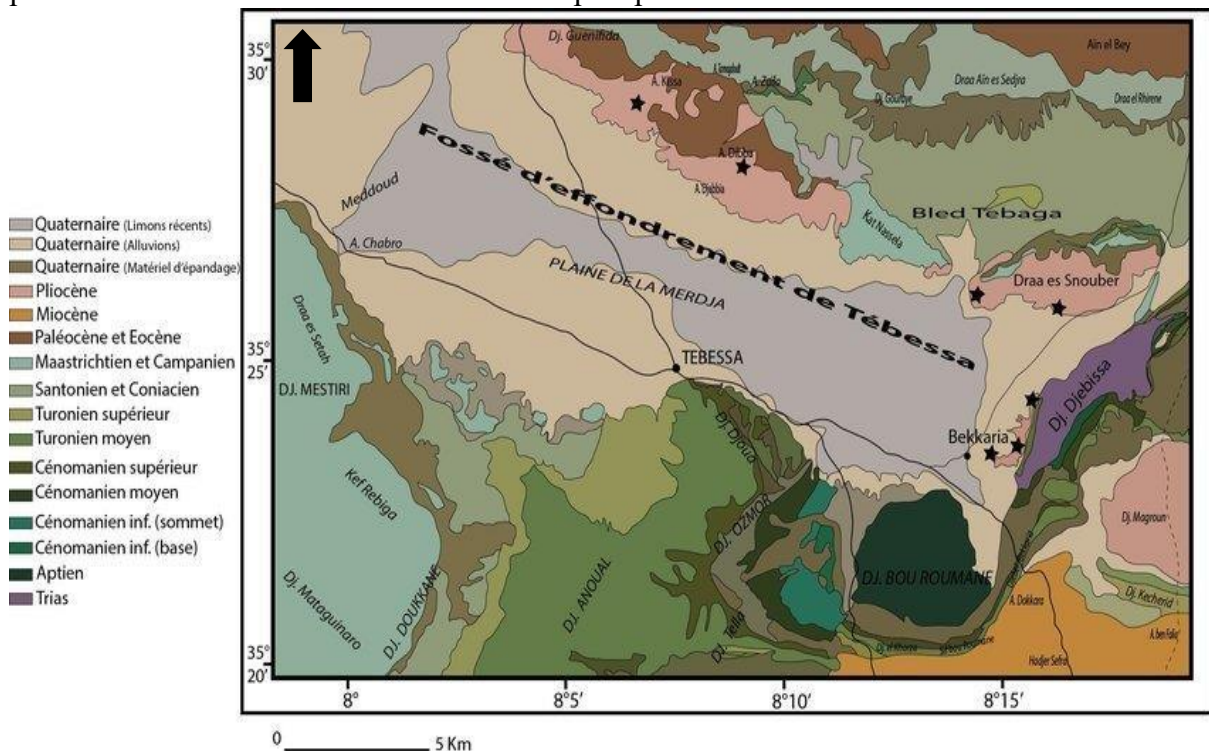


Figure I.4. Carte géologique de la wilaya de Tébessa (Carte géologique de l'Algérie au 1/50000, feuille n°206 Tébessa (Durozoy MG (1956))

I.2 Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude :

Les informations climatiques et météorologiques sont essentielles pour une gestion efficace de l'irrigation. L'étude du climat permet de prendre en compte des éléments déterminants tels que la pluviométrie et la température, qui conditionnent le bilan hydrique ainsi que les besoins en eau des cultures. Cette étude repose sur les relevés fournis par la station météorologique de Tébessa, couvrant la période de 1991 à 2020, soit plus de deux décennies de données. Ces données proviennent de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et l'Office National de la Météorologie (ONM).

I.2.1 Choix de la station météorologique :

La station météorologique de Tébessa a été retenue pour cette étude en raison de sa proximité géographique avec la zone d'analyse. Elle fournit des données climatiques fiables et continues sur une longue période, ce qui permet une évaluation précise des conditions météorologiques locales.

Tableau I.1: Station météorologique de Tébessa

Localisation	Longitude	Latitude	Altitude	Période d'observation	Durée des relevés
Tébessa	8,12° Est	35,40° Nord	870 mètres	1990 – 2020	30ans

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

I.2.2 Température:

Les données climatiques relatives aux températures mensuelles (moyennes, minimales et maximales) ont été extraites d'une série d'observations enregistrées par la station météorologique de l'aéroport de Tébessa, relevant de l'Office National de la Météorologie (O.N.M).

Tableau I.2 : Températures mensuelles (°C)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
Tmin(°C)	14.4	10.8	5.3	1.9	0.7	0.7	3.4	6.6	10.3	14.7	18	17.8	8.71
Tmax(°C)	27.5	22.8	15.5	11.3	10.5	11.3	15.6	19.9	24.5	30	34.1	33	21.33
Tmoy(°C)	20.9	16.8	10.4	6.6	5.6	6	9.5	13.2	17.4	22.3	26	25.4	15.01

(Source : ONM Tébessa, Séries 1990-2020)

Avec :

- **Temp. Min** : Moyenne des températures minimales mensuelles observées (°C)
- **Temp. Max** : Moyenne des températures maximales mensuelles observées (°C)
- **Temp. Moy** : Température moyenne mensuelle (°C)

L'analyse des fluctuations thermiques mensuelles constitue un paramètre déterminant dans l'élaboration de stratégies d'irrigation optimales et dans le choix des espèces végétales les mieux adaptées aux spécificités climatiques locales. L'évolution annuelle des températures est représentée dans le graphique ci-après.

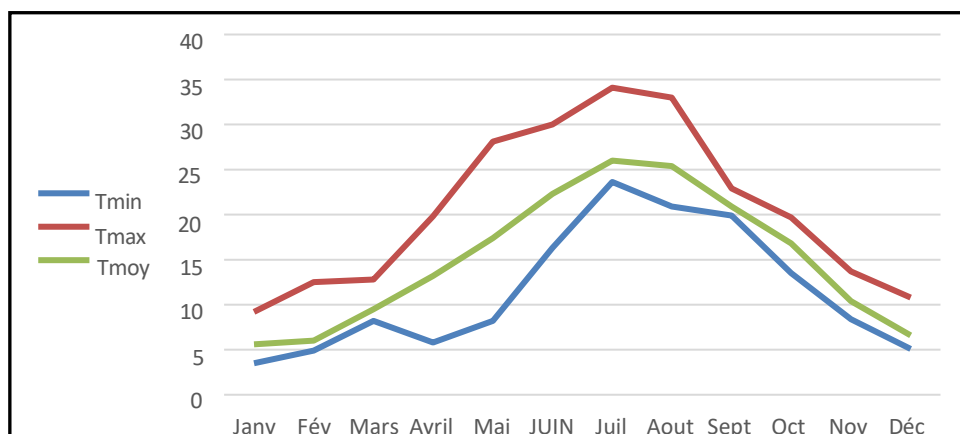


Figure I.5. Répartitions des températures moyennes interannuelles.

On observe que la température atteint son maximum au mois de juillet, avec une valeur moyenne de 34,1 °C, ce qui entraîne une évaporation accrue ainsi qu'un besoin en irrigation plus important durant cette période. En revanche, le mois de janvier est le plus froid de l'année, avec une température moyenne de 0,7 °C

I.2.3 Précipitations:

La pluviométrie annuelle constitue un indicateur fondamental dans la planification agricole, en raison de son impact direct sur les besoins hydriques des cultures. Un total annuel estimé à 370.94mm représente ainsi un paramètre déterminant dans l'évaluation du potentiel de production.

Tableau I.3 : pluies mensuelles moyennes de la station de Tébesa.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
Pluie moy. (mm)	39.73	31.1	30.58	29.57	41.59	29.96	35.86	35.02	39.88	23.81	12.16	21.68	370.94

(Source: ANRH Tébesa, séries: 1990-2020)

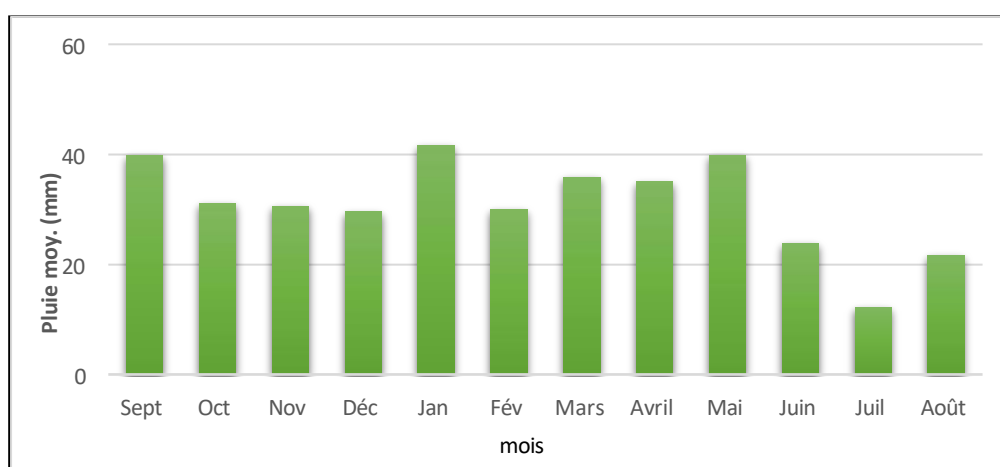


Figure I.6. Histogramme des précipitations mensuelles moyennes (mm)

Il est observé que le mois de janvier enregistre la plus forte pluviométrie avec 41.59 mm, tandis que le mois de juillet présente la valeur la plus basse avec 12.16mm. Cette faible répartition des précipitations implique la nécessité de faire preuve de prudence dans le choix des cultures à mettre en place.

I.2.4 Humidité:

L'humidité relative représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée à l'aide d'un indice hygrométrique. Elle joue un rôle essentiel dans les analyses climatologiques ainsi que dans l'étude du cycle hydrologique.

Tableau I.4 : humidité relative mensuelle.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Humidité en (%)	51	56	66	71	70	66	59	53	49	38	31	35

(Source: ONM Tébessa, séries 1990-2020)

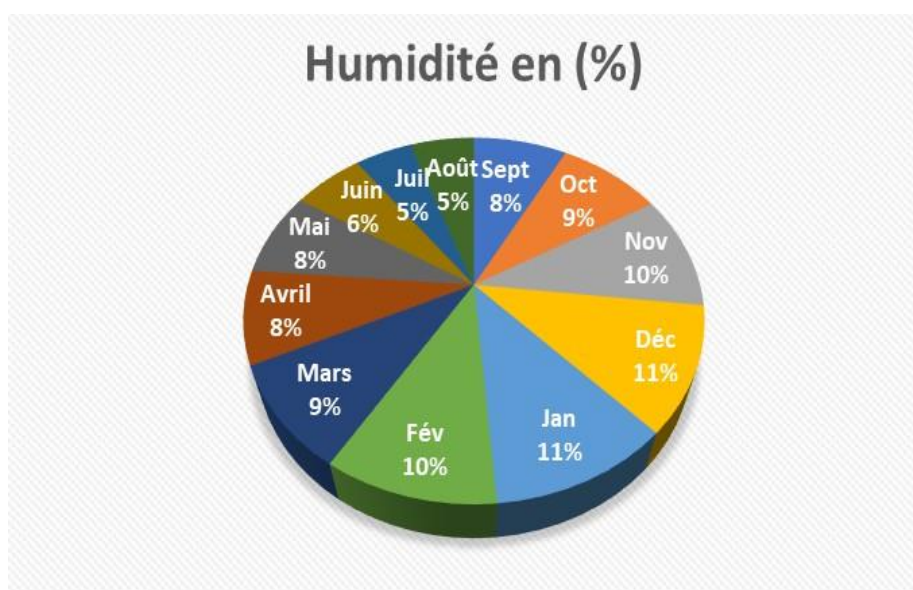


Figure I.7. Humidité relative mensuelle.

On observe que décembre est le mois le plus humide, avec un taux d'humidité relative atteignant 71 %, tandis que juillet enregistre la valeur la plus basse, avec seulement 31 % d'humidité.

I.2.5 Les vents :

La vitesse moyenne du vent représente un paramètre clé dans la sélection appropriée d'un système d'irrigation. Les données suivantes fournissent une estimation des vitesses moyennes observées sur la période d'étude.

Tableau I.5 : Vitesse moyenne mensuelle de vent :

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
Vitesse de vent en (m/s)	3.42	3.66	4.16	4.47	4.5	4.52	4.38	4.3	3.86	3.52	3.38	3.3	3.95

(Source: ONM Tébessa, séries 1990-2020)

L'analyse des données montre que la vitesse moyenne annuelle du vent s'établit à 3,95 m/s. La valeur minimale est enregistrée au mois d'août avec 3,3 m/s, tandis que la vitesse maximale, atteignant 4,52 m/s, est observée en février.

I.2.6 Evaporation:

L'évaporation constitue un processus fondamental du cycle hydrologique. Elle correspond au transfert physique de l'eau depuis les surfaces terrestres vers l'atmosphère et influence directement les taux d'évapotranspiration dans la zone d'étude.

Tableau I.6 : Évaporations mensuelles en mm.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Evaporation (mm)	221.16	161.4	109.16	93.62	88.89	105.95	133.53	175.05	224.68	280.37	367.95	332.95

(Source : ONM Tébessa, séries 1990-2020)

Les résultats indiquent que l'évaporation atteint son niveau le plus élevé durant le mois de juillet, alors qu'elle enregistre sa valeur minimale au mois de janvier.

I.2.7 L'ensoleillement:

En tant que source d'énergie, l'ensoleillement, ou "insolation", représente un facteur climatique qui quantifie le rayonnement solaire reçu par une surface durant une période définie.

Tableau I.7 : Ensoleillement mensuel moyen.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
Durée d'insolation (Heures)	303	263.5	207	182.9	189.1	197.2	260.4	294	347.2	378	396.8	365.8

(Source : ONM Tébessa, séries 1990-2020)

L'analyse des données met en évidence que le mois de juillet connaît la durée d'ensoleillement la plus élevée, avec 12,8 heures par jour, tandis que le mois de décembre présente la durée la plus faible, s'élevant à seulement 5,9 heures par jour.

I.3 Facteurs bioclimatiques:

La classification climatique de la région analysée repose sur l'étude de paramètres environnementaux fondamentaux, principalement :

- La température.
- Les précipitations.

I.3.1 Indice d'aridité de Martonne:

L'indice de Martonne, également désigné sous le terme d'indice de sécheresse, peut être évalué sur une échelle mensuelle. Il fournit une mesure du degré de sécheresse en reliant les précipitations aux besoins évaporatifs moyens de l'atmosphère, lesquels sont approximativement représentés par la température, afin de savoir le type de climat.

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

Avec :

: L'indice d'aridité annuelle De Martonne. T :

Température moyenne annuelle en °C.

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

Tableau I.8 : Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne

Valeur de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Par fois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

A.N:

Pour : P = 370.94mm et T = 15.01°C

$$I_{DM} = 14.83$$

$$\text{Donc : } 10 < I_{DM} < 20$$

On conclut que la région appartient au type « climat sec ou semi-aride » donc l'irrigation est souvent indispensable selon l'indice de Martonne.

I.3.2 Indice d'Emberger:

Dans le contexte des régions méditerranéennes, notamment celui de Tébessa, cet indice exprime le rapport entre les précipitations annuelles et la moyenne des températures extrêmes (du mois le plus chaud et du mois le plus froid), pondéré par l'amplitude thermique extrême (M-m).

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2} \times 2000 \quad (I.2)$$

Avec :

Q: Coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : pluviométrie annuelle moyenne en mm.

M : La température maximale du mois le plus chaud en °K.

m : La température minimale du mois le plus froid en °K.

A.N:

- P = 370.94 mm
- M = 34.1°C + 273.15 = 307.25 K
- m = 0.7°C + 273.15 = 273.85

Danc: Q = 38.22 mm

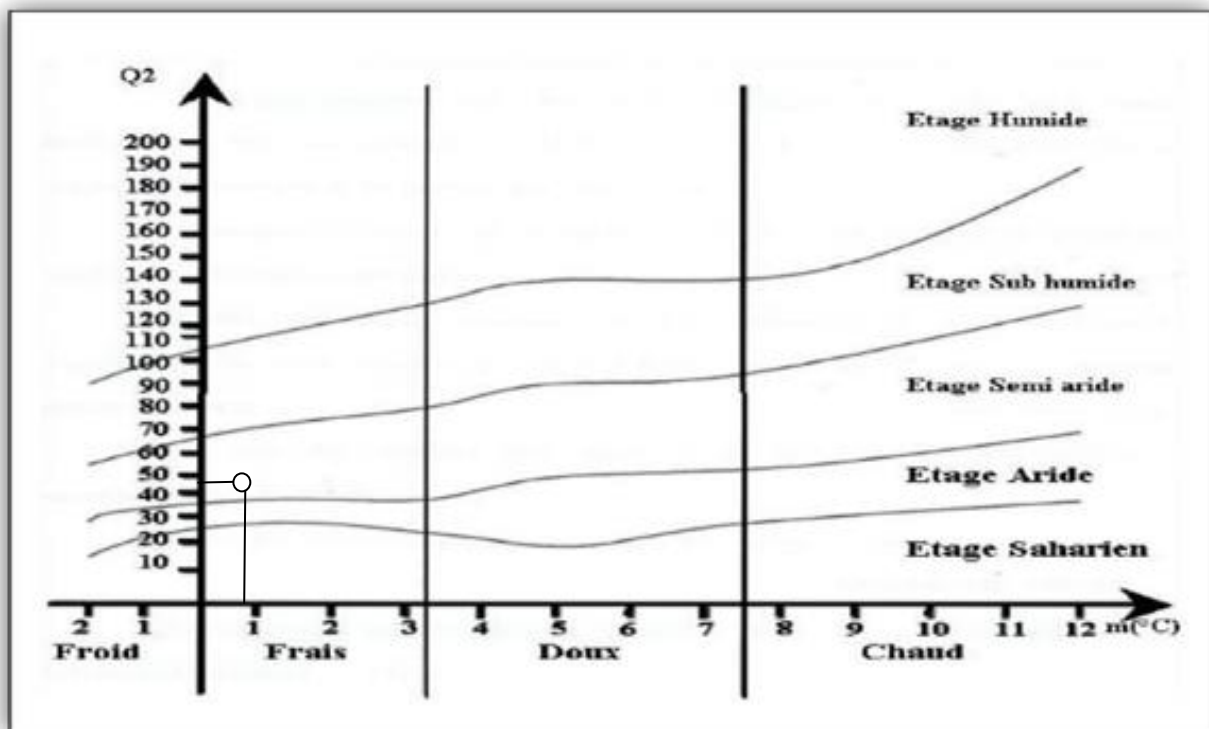


Figure I.8. Diagramme bioclimatique des étages d'Emberger (région de Tébessa)

I.3.3 Indice de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme ombrothermique constitue un outil graphique permettant de représenter simultanément les données de précipitations et de températures au cours d'une période donnée. Il facilite l'analyse des périodes de sécheresse ainsi que l'évaluation des besoins en irrigation selon les spécificités climatiques de chaque région. La construction de ce diagramme repose sur l'inscription des mois le long de l'axe des abscisses, tandis que les précipitations moyennes et les températures moyennes sont reportées sur le même graphique en respectant l'échelle conventionnelle où une hauteur de précipitation P est équivalente au double de la température T ($P = 2T$).

Tableau I.9. Les températures et les précipitations moyennes mensuelles.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
T (°C)	20.9	16.8	10.4	6.6	5.6	6	9.5	13.2	17.4	22.3	26	25.4
2T	41,8	33,6	20,8	13,2	11,2	12	19	26,4	34,8	44,6	52	50,8
P(mm)	39.73	31.1	30.58	29.57	41,59	29.96	35.86	35.02	39.88	23.81	12.16	21.68

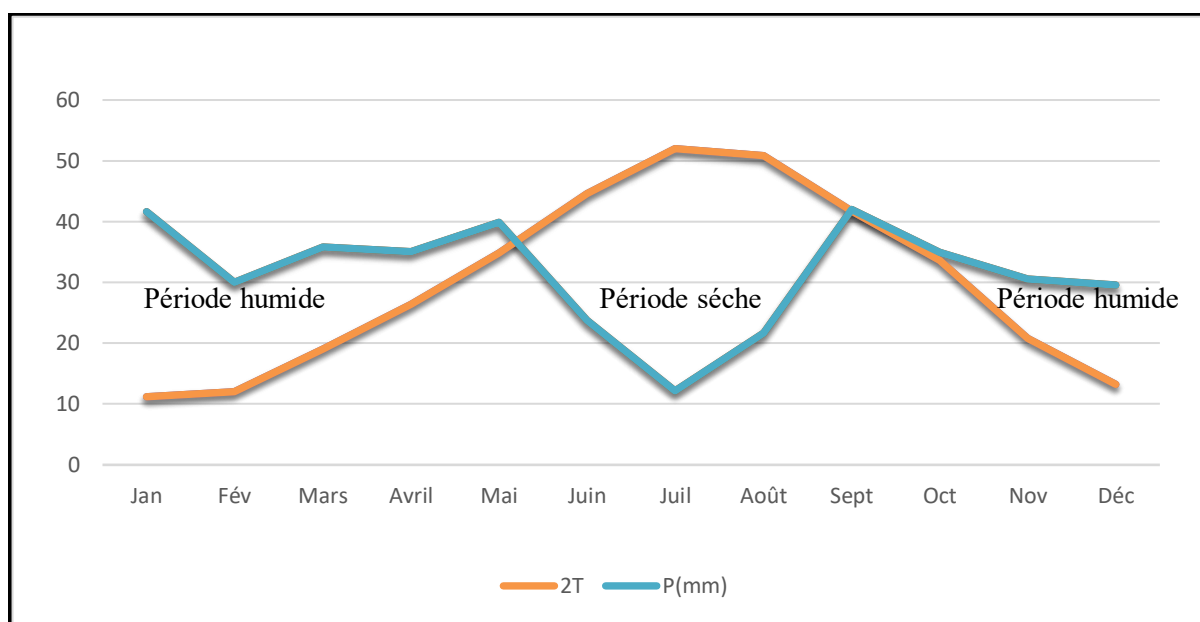


Figure I.9. Diagramme ombrothermique de la station de Tébessa.

L'analyse du diagramme révèle l'existence d'une période sèche s'étendant sur cinq mois (mai, juin, juillet, août et septembre), rendant l'apport en eau par irrigation essentiel durant cet intervalle.

Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à l'analyse des données climatiques et pluviométriques relatives à la zone d'étude. L'étude menée a permis d'aboutir aux principales conclusions suivantes:

- Le climat de la région étudiée est classé comme semi-aride.
- La hauteur moyenne annuelle des précipitations est estimée à environ 370,94 mm.
- La période de sécheresse s'étend du mois du mai jusqu'à celui de septembre.
- La température moyenne annuelle atteint 15,01 °C.

Étant donné les caractéristiques semi-arides de la zone ainsi que son rôle majeur dans l'agriculture, l'irrigation apparaît comme un moyen indispensable pour améliorer la gestion des ressources et promouvoir une agriculture plus productive et durable.

Chapitre II :
**Ressources en eau-
Hydrologie**

CHAPITRE II : RESSOURCE EN EAU ET EN SOL

Introduction :

La pédologie constitue une branche des sciences de la Terre dédiée à l'étude de la formation, de la classification, de la description et de la cartographie des sols. Une connaissance approfondie des sols s'avère indispensable pour promouvoir une gestion rationnelle et durable des terres ainsi que des ressources naturelles. Cette discipline vise à analyser les principales caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, telles que la texture, la structure, le pH, la teneur en matière organique et la concentration en éléments nutritifs.

II.1 Ressources en sols:

L'analyse des ressources pédologiques a pour objectif de caractériser la nature et les propriétés des sols afin d'évaluer leur potentiel d'utilisation ainsi que leurs contraintes pour diverses activités telles que l'agriculture, la sylviculture ou la construction. Dans le cadre d'un projet de développement, il est essentiel de prendre en considération plusieurs paramètres, parmi lesquels :

- **La profondeur du sol**, qui conditionne l'épaisseur exploitable par les racines ainsi que la capacité de rétention en eau.
- **La texture du sol**, correspondant à la distribution granulométrique et à la proportion de cailloux, influençant directement la capacité du sol à retenir l'eau.
- **La structure du sol et la porosité des horizons**, déterminantes pour la perméabilité du sol et l'efficacité des pratiques d'irrigation.
- **Les propriétés chimiques** (pH, conductivité électrique - CE, rapport d'adsorption du sodium - SAR), qui influencent la fertilité et l'aptitude des sols à l'agriculture irriguée.

II.1.1 Classification des sols:

Dans cette étude, la classification adoptée se fonde sur le référentiel élaboré par la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S, 1967). La méthode met en avant l'identification des niveaux hiérarchiques supérieurs (classe, sous-classe, groupe, sous-groupe) ainsi que des niveaux inférieurs (famille et série), ce qui permet aux utilisateurs d'analyser efficacement les caractéristiques fonctionnelles du sol.

Ces sols présentent une teinte brun olive et se caractérisent sur l'ensemble de leur profil par une texture limono-argileuse ainsi qu'une structure fine, de nature polyédrique. Ils se sont développés sur des alluvions récentes issues des oueds, affichant une faible porosité et une compaction marquée le long de leur profil. D'un point de vue chimique, ils se distinguent par une teneur en matière organique inférieure à 2 %, avec un rapport C/N avoisinant 10, et une forte richesse en calcaire total.

II.1.2 Caractéristiques morphologiques:

Différents profils ont été étudiés ; les principales caractéristiques du profil 1 sont pris depuis le point dont les coordonnées (X : 8°32'05.45"E ; Y 35°30'41.78"N), présentées et synthétisées ci-dessous :

1) Profile n°1 :

- **Classe:** sols calcimagnésiques
- **Sous classe:** sols carbonatés
- **Groupe:** sols bruns calcaires
- **Sous-groupe :** sols bruns calcaires profonds
- **Série:** sols modaux

2) Profondeur:

Les horizons sont répartis selon leur profondeur de la manière suivante :

- **0–30 cm :** Teinte brun olive à l'état sec et brun olive foncé à l'état humide ; texture limono-argileuse, structure grumeleuse, enracinement abondant de céréales, présence de nodules calcaires, horizon poreux, faible compacité, et effervescence moyennement forte au contact du HCl.

- **30–120 cm :** Teinte brun olive aussi bien à l'état sec qu'humide ; texture argilo-limoneuse, structure polyédrique fine, enracinement de céréales peu développé, présence de nodules calcaires, horizon poreux mais plus compact que celui de surface, avec apparition de graviers, et réaction moyenne à l'HCl.

- **120–150 cm :** Couleur brun noir à sec et noire à l'humide ; texture sablo-argileuse, structure polyédrique fine, quelques nodules de calcaire, horizon poreux, faible compacité, avec des graviers moins abondants que dans l'horizon intermédiaire, et une effervescence faible au HCl.

II.1.3 Analyse physico-chimique du sol :

L'analyse physico-chimique effectuée en laboratoire a permis d'acquérir une meilleure connaissance des propriétés de notre sol, les mesures sont prises depuis le point dont les coordonnées sont : (X : 8°32'10.95"E ; Y 35°30'39.16"N).

Tableau II.1 : Fiche analytique profil N° : K4

Horizon		K41	K42	K43
Profondeur (cm)		0-30	30-120	120-150
GRANULOMETRIE				
	Sable (%)	33,64	25,14	22,01
	Limon (%)	41,36	44,23	45,33
	Argile (%)	25,00	30,63	30,00
MATIERE ORGANIQUE				
Matière organique %		1,8	1,6	1,0
C ‰		10,2	9,2	4,5
N ‰		1,2	0,9	0,5
C/N		8,8	10,1	6,8

SOLUTION DU SOL				
Cations	Ca ⁺⁺ (méq/100g)	20,25	21,15	22
	Mg ⁺⁺ (méq/100g)	2,48	2,08	2,0
	Na ⁺ (méq/100g)	0,88	0,78	0,7
	K ⁺ (méq/100g)	0,87	0,9	0,8
Anions	SO ₄ ⁻⁻ (méq/100g)	36,94	38,66	40
	Cl ⁻ (méq/100g)	1,76	1,64	1,5
	HCO ₃ ^{-e} (méq/100g)	0,46	0,32	0,3
PH (eau1/5)		7,9	8	8,2
CE (1/5, ms/cm)		0,52	0,51	0,73
Salinité(g/l)		0,5	0,5	0,6
TDS (mg/l)		414	413	585
RESERVES MINERALES				
CaCO ₃ total (%)		21,92	15,1	10,12
CaCO ₃ actif (%)		8	4	3
P ₂ O ₅ total ‰		2,2	3,9	4,2
P ₂ O ₅ Assimilable (ppm)		220	340	340
K ₂ O ‰		1,85	1,92	2,0

Source: l'ANRH Constantine (12/09/2019).

II.1.4 Triangle des textures de sol :

Comprendre la texture du sol est un élément clé pour choisir les cultures les mieux adaptées à une zone spécifique. Cette information permet également d'orienter efficacement les pratiques agricoles, notamment en ce qui concerne les besoins en irrigation et les apports d'amendements nécessaires à l'amélioration du sol. L'identification de la texture d'un sol repose principalement, en agronomie, sur l'utilisation du triangle textural. Cet outil permet de classer le sol en fonction des proportions relatives de sable, de limon et d'argile qu'il contient. Dans le cadre de notre étude, le triangle textural utilisé est présenté ci-après :

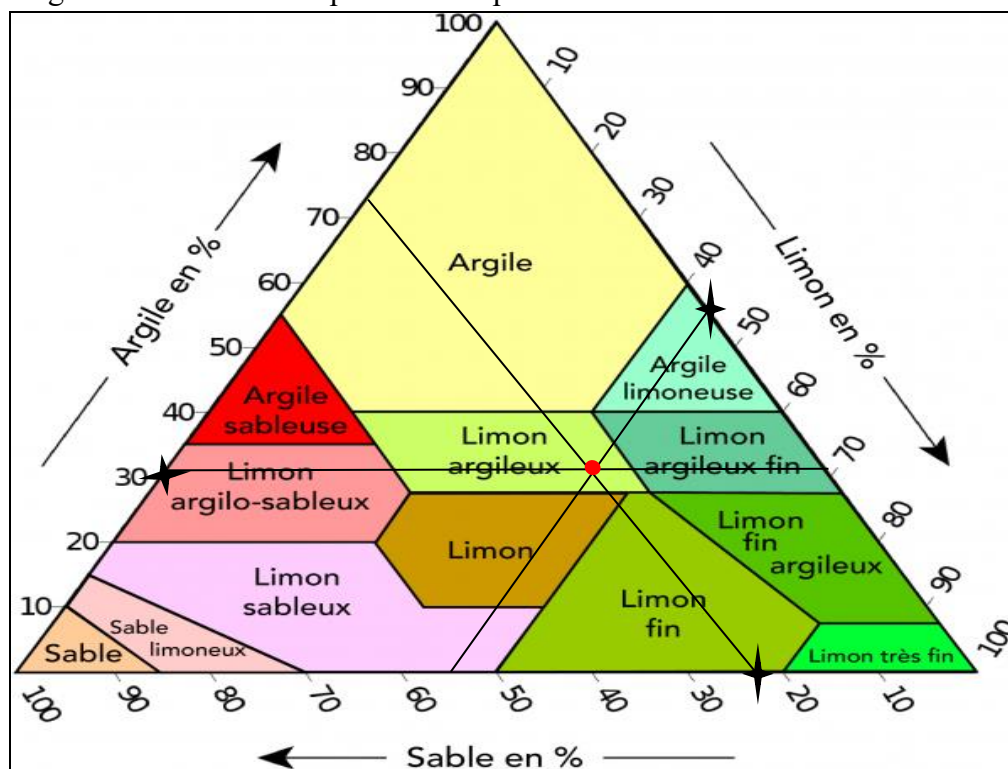


Figure II.1 : Triangle des textures des sols.

Interprétations des résultats:

- Ces sols sont peu fréquents et se trouvent principalement sur des pentes légères, comprises entre 0,5 et 1 %, dans les zones basses de l'étude.
- Ils sont caractérisés par une texture limono-argileuse, avec un horizon superficiel altéré et pulvérulent, inondé en hiver, ainsi qu'un horizon plus profond présentant des propriétés vertiques.

II.1.5 Les paramètres hydrodynamiques des sols :

Les propriétés hydrodynamiques des sols désignent l'ensemble des caractéristiques influençant le déplacement et la rétention de l'eau dans le sol. Parmi ces propriétés figurent notamment la densité apparente, la porosité, la perméabilité, la capacité au champ (H_{cc}) ainsi que le point de flétrissement permanent (H_{pf}). Dans le cas de l'extension du périmètre des Arribs, ces paramètres sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.2 : les caractéristiques hydrodynamiques des sols limono-argileux.

Paramètre	Valeur Moyenne
Texture	Limono-argileux
Densité apparente D_a en g/cm^3	1.42
Perméabilité K en m/s	$(2.5-3) \times 10^{-5}$
Humidité à la capacité au champ H_{pf} en %	26-28
Humidité au point de flétrissement H_{cc} en %	14- 15
La porosité en %	40

Source: l'ANRH Constantine.

II.2 La ressource en eau :

Cette section de l'étude vise à estimer les ressources en eaux superficielles exploitées à travers les différentes infrastructures de mobilisation présentes dans la zone d'étude : Il convient de souligner la présence de trois barrages majeurs : Felg, Saf-Saf El Ouessa et Aïn Zerga, Les volumes d'eau mobilisés par ces ouvrages sont principalement destinés à l'approvisionnement en eau potable des populations de la wilaya de Tébessa ainsi qu'à l'irrigation agricole.

La ressource hydrique initialement prévue pour l'étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'Ain El Bey, Tébessa, repose sur l'exploitation des eaux provenant de la retenue collinaire d'El Brika. L'évaluation des ressources en eau revêt une importance capitale, car l'extension de l'irrigation est étroitement conditionnée par leur disponibilité.

II.2.1 Caractéristiques de la retenue collinaire (El Brika) :

L'irrigation du périmètre agricole est alimentée par une retenue collinaire implantée en aval des parcelles à irriguer. Cette infrastructure hydraulique présente une capacité totale de $1,025 \text{ hm}^3$, avec un volume utile de $0,96762 \text{ hm}^3$ et un volume mort de $0,05738 \text{ hm}^3$. Le volume régularisé atteint $0,577 \text{ hm}^3$. Ses coordonnées géographiques sont : (X : $8^\circ 18' 45.88'' \text{E}$; Y $35^\circ 26' 38.57'' \text{N}$)

Concernant les altitudes caractéristiques, la côte en crête du barrage est située à 974,20 mètres, tandis que le niveau des plus hautes eaux atteint 973,10 mètres NGA. Le niveau normal d'exploitation est fixé à 972,00 mètres NGA, et le niveau mort est positionné à 966,00 mètres. Enfin, la côte de la vidange de fond, correspondant à la génératrice inférieure de la conduite de vidange, se trouve à 964,20 mètres NGA.

II.2.2 Qualité de l'eau destinée à l'irrigation

Avant d'entreprendre tout projet de mise en valeur agricole, l'analyse de la qualité de l'eau d'irrigation s'avère indispensable. Cette évaluation nécessite l'examen de plusieurs paramètres essentiels, notamment:

- Le pH.
- Le risque lié à la salinité.
- La teneur en sodium (exprimée par le Ratio d'Absorption du Sodium ou SAR).
- La présence de carbonates et de bicarbonates de calcium (Ca) et de magnésium (Mg).
- La concentration en anions toxiques.

Tableau II.3: Qualité de l'eau d'irrigation.

Tableau 110: Qualité de l'eau d'irrigation.			
Caractéristique	Symbol	Valeur mesuré	
PH	PH	7.9	
Salinité			
Minéralisation totale	TDS	1134.32 mg/l	
Cations et Anions		Valeur mesuré (mg/l)	Valeur mesuré (meq/l)
Sodium	Na ⁺	69.29	13.75
Magnésium	Mg ⁺⁺	37.81	3,11
Calcium	Ca ⁺⁺	275.5	13.75
Potassium	K ⁺	0,69	0,01
Bicarbonates	HCO3	79.3	1.30
Sulfates	SO4 ²⁻	584	12.16
Chlorures	Cl	85	2.40
Nitrates	NO3 ⁻	3	0.05

Source : l'A.N.R.H de Constantine (06/09/2017)

II.2.3 Classification de l'eau d'irrigation :

II.2.3.1 Conductivité électrique :

Conductivité électrique La conductivité électrique est un paramètre essentiel permettant d'évaluer la salinité de l'eau, car elle dépend de la mobilité des ions. Elle se mesure à une température standard de 25°C et s'exprime en mmoh par centimètre (dS/cm). En fonction de sa valeur, l'eau peut être répartie en quatre catégories de risque, allant d'un faible à un danger élevé.

Tableau II.4 : Classification de l'eau selon la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique EC (mmhos/cm)	Qualité de l'eau	Aptitude à l'irrigation
C1	$EC \leq 0,25$	Eau à faible risque de salinité	Adaptée à toutes les cultures
C2	$0,25 < EC \leq 0,75$	Eau à risque moyen de salinité	Adaptée aux plantes modérément tolérantes
C3	$0,75 < EC \leq 2,25$	Eau à fort risque de salinité	Adaptée uniquement aux sols bien drainés et aux plantes tolérantes
C4	$EC > 2,25$	Eau à très fort risque de salinité	Eau difficilement utilisable, même sur sols bien drainés

L'eau provenant de la retenue collinaire, destinée à l'irrigation, présente une conductivité électrique moyenne de 1,691 mmho/cm. Selon les critères de classification, elle appartient à la classe C3, ce qui traduit une salinité élevée et implique des mesures de gestion adaptées pour son usage agricole.

II.2.3.2 S.A.R (Sodium-Absorption-Rapport):

Le rapport d'adsorption du sodium (**SAR**) constitue un indicateur essentiel dans l'évaluation de l'activité des ions sodium au sein des mécanismes d'échange du sol. Il permet d'analyser la compétitivité du sodium par rapport aux autres cations majeurs, notamment le calcium et le magnésium, qui jouent un rôle fondamental dans la stabilité structurale des sols. La valeur du SAR est déterminée selon une équation spécifique qui quantifie cette proportion ionique et ses effets potentiels sur la qualité du sol.

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

Na^+ : Sodium en meq/l.

Ca^{++} : Calcium en meq/l.

Mg^{++} : Magnésium en meq/l.

$$SAR = \frac{13.75}{\frac{\sqrt{13.75 + 3.11}}{2}} = 4.74$$

Tableau II.5 : Classification d'eau selon le SAR

Classe	S.A. R	Risque d'alcalinisation
S ₁	$SAR \leq 10$	Faible
S ₂	$10 < SAR \leq 18$	Moyen
S ₃	$18 < SAR \leq 26$	Élevé
S ₄	$SAR > 26$	Très élevé

D'après le tableau ci-dessus, $SAR = 4.74 \leq 10$, ce qui correspond à la **classe S1**, indiquant un **faible risque d'alcalinité**.

II.2.3.4 Classification de l'eau d'irrigation :

On utilise le diagramme suivant pour classer l'eau d'irrigation de la retenue collinaire à partir des résultats de la conductivité électrique ($EC = 1,692 \text{ mmhos/cm}$) et du $SAR = 4,74$:

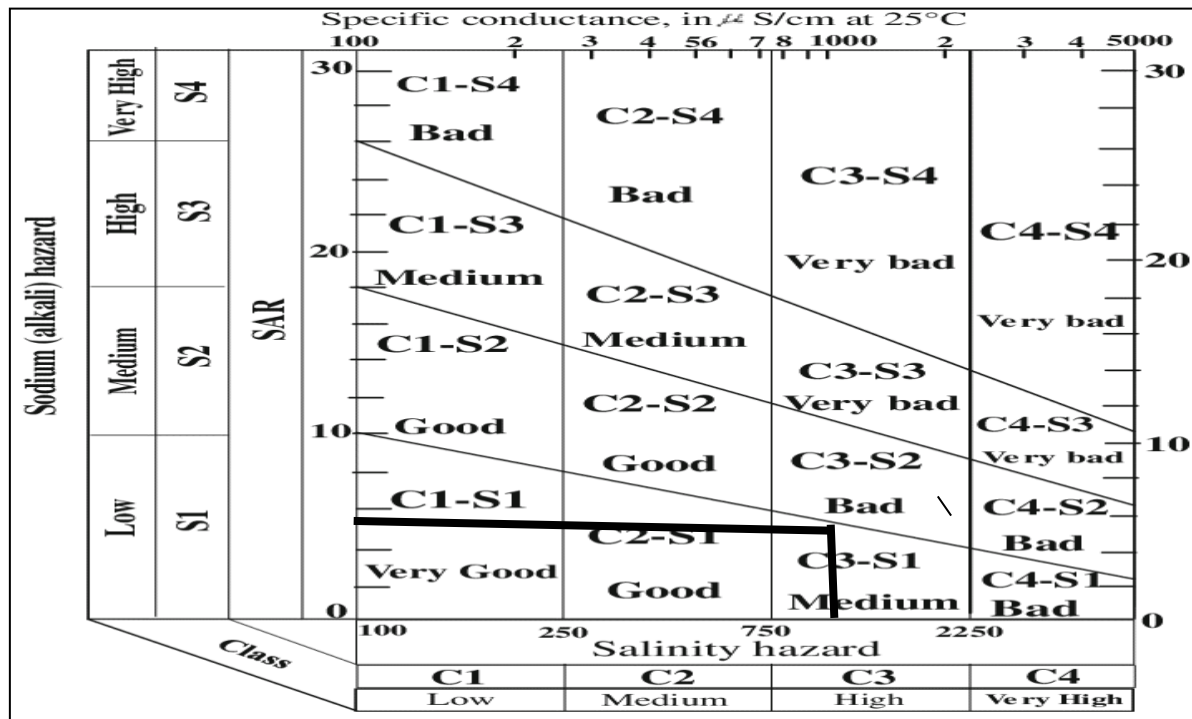


Figure 0.1 : Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.

Interprétation :

L'eau provenant de la retenue collinaire appartient à la classification (S1-C3), indiquant un faible risque lié à l'alcalinité (S1). Elle peut ainsi être employée sans entraîner d'accumulation excessive de sodium nuisible pour la plupart des sols. Cependant, son niveau de salinité est élevé, ce qui nécessite une vigilance particulière. Une concentration importante en sels pourrait limiter son adéquation avec certains types de sols et de cultures, impliquant éventuellement la mise en place de mesures adaptées, telles qu'un système de drainage efficace ou la sélection de plantes résistantes. Il est donc primordial de tenir compte de ces caractéristiques lorsqu'on envisage son utilisation pour l'irrigation, notamment en choisissant les cultures de manière réfléchie et en adoptant des stratégies de gestion de l'eau visant à réduire les impacts négatifs de la salinité.

II.3 Analyse des données pluviométriques et choix du type de la loi d'ajustement :

L'analyse des précipitations a été réalisée à partir des relevés de la station pluviométrique de Tébessa, dont les données fiables et détaillées offrent une représentation pertinente des conditions climatiques de la zone étudiée.

Tableau II.6 : caractéristiques principales de la station pluviométrique.

Meteorological Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observation	Durée d'observation
Tébessa	8,12°	35,40°	1100	1980-2020	40ans

Tableau II.7. Série de pluie de la station de Tébessa de l'année 1980 à 2020.

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
80/81	49,8	14	16,8	26,5	14,2	22,2	15,3	41,7	33,6	49,4	6,7	4,5	294,7
81/82	42,7	44,2	43,8	15,6	18,4	35,6	22,4	36,2	59,21	14,8	4,8	26,7	364,41
82/83	7	33,2	46,3	12,8	42,2	48,6	22,7	17,6	13,6	17,9	7,8	28,3	298
83/84	11,4	32,7	4,3	32,9	13,7	41,4	41,3	19	21	6,8	0	15,4	239,9
84/85	23,7	21,2	16,8	43	25,7	15,9	64,5	15,4	57,4	22,2	15,9	6	327,7
85/86	66,55	12,6	16,75	36,4	10,5	19	60,9	2,5	26,8	13,2	36,5	23	324,7
86/87	15,83	25,4	36,6	16,7	10,2	17,4	42,6	19,2	33,3	34,2	13,7	5	270,13
87/88	14,44	22,6	30,2	27,5	12,7	2	23,8	27,6	56,1	41,4	11,5	36,5	306,34
88/89	18	13,5	23,9	25,4	43,3	10,4	34,7	26,3	19	45,3	8,7	101,3	369,8
89/90	38,6	7,8	31,6	18,7	43	19,5	40,6	50,8	48,35	17,1	13,2	115,6	444,85
90/91	37,5	29,4	60,1	34,5	32,4	31,3	44,3	25	54,9	14,4	8,5	35,6	407,9
91/92	58,9	52,4	39,6	14,2	20,3	24,9	22,3	25,6	71,7	23,2	13,4	24,5	391
92/93	44,08	28,4	61,05	48,4	5,3	27,9	19,4	14,5	22,36	13,8	7,1	2,3	294,59

93/94	16,05	26,2	9,9	19,5	44,2	20,9	9,4	13,3	31,7	50,6	14,5	6,7	262,95
94/95	82	36,8	7,4	5,7	88	23,5	52,4	30,2	12,7	15,8	7,6	3,5	365,6
95/96	94,9	33,7	28	8,2	10,5	60,9	39,3	30,5	13,83	27,6	7,5	15,5	370,43
96/97	56	5	42,6	22,9	27,6	4	27,8	50,7	12,06	12	0	19,4	280,06
97/98	32,1	40,5	26,7	13,5	51,5	2	15,7	9,9	18,51	36,3	13	13,3	273,01
98/99	42,1	51,7	36,3	27,9	23,7	11,7	31,8	15,4	80	22	5	13,6	361,2
99/00	20,3	48,7	39,5	23,2	20	14,8	6,1	12	50,96	36,5	10	8,5	290,56
2000/20001	41,2	32,7	13,5	13,9	22,8	16	5,5	11,1	31,6	28	6	46,7	269
2001/2002	35,84	6	56	6,8	12,3	16	33,5	26	11,4	5	15	85	308,84
2002./2003	32,6	77,9	59,3	36,5	53,5	25,5	31	64,5	83,7	30,9	16,2	36,8	548,4
2003/2004	48,8	35,4	80,77	122,5	12,5	13,4	41,8	13,7	20,8	4,5	6,3	13,5	413,97
2004/2005	46,54	18,3	4,24	31,8	32,1	15	35,5	55,5	23,9	21	9,5	46,6	339,98
2005/2006	26,37	42,19	21,09	58,01	105,47	26,37	0	47,46	89,65	21,09	21,09	21,09	479,88
2006/2007	0	21,09	5,27	58,01	10,55	21,09	68,55	73,83	42,19	47,46	5,27	31,64	384,95
2007/2008	10,55	36,91	0	36,91	10,55	5,27	36,91	21,09	42,19	26,37	10,55	21,09	258,39
2008/2009	79,1	15,82	15,82	31,64	163,48	31,64	36,91	126,56	58,01	0	15,82	21,09	595,89
2009/2010	79,1	21,09	0	5,27	42,19	5,27	31,64	36,91	47,46	47,46	21,09	0	337,48
2010/2011	68,55	42,19	63,28	26,37	42,19	73,83	36,91	52,73	84,38	47,46	47,46	0	585,35
2011/2012	5,27	79,1	31,64	36,91	47,46	89,65	79,1	58,01	26,37	0	5,27	15,82	474,6
2012/2013	52,73	31,64	10,55	5,27	52,73	36,91	36,91	42,19	0	0	21,09	36,91	326,93
2013/2014	47,46	31,64	58,01	42,19	58,01	31,64	100,2	15,82	58,01	21,09	5,27	0	469,34
2014/2015	26,37	31,64	26,37	79,1	26,37	31,64	26,37	79,1	26,37	31,64	26,37	79,1	490,44
2015/2016	58,01	15,82	36,91	0	31,64	5,27	52,73	52,73	52,73	10,55	0	0	316,39
2016/2017	45	49,15	35	30	25	6,5	30	34,2	40	15	0	0	309,85
2017/2018	45	34,21	30,2	35	25	20	35	30	39,6	20	15,2	15	341,01
2018/2019	50	39,33	35	40	30	28	39,1	38	44,8	25	18	21	408,23
2019/2020	30,5	26,9	26,9	29,4	34	27,6	33,5	33,4	37,5	26,6	12,7	20,2	339,2

(Source: ONM Tébessa, séries 1980-2020)

II.3.1 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

II.3.1.1 Le test de Wilcoxon :

Ce test, de nature non paramétrique, repose sur l'analyse des rangs des données plutôt que sur leurs valeurs numériques. Il s'applique de la manière suivante :

À partir d'une série de N observations, on extrait deux sous-échantillons notés X et Y, de tailles respectives N1 et N2, telles que $N = N1 + N2$ et $N1 \leq N2$. L'ensemble des valeurs est ensuite trié par ordre croissant, puis les deux sous-échantillons sont combinés pour former une série commune ($X \cup Y$). Selon Wilcoxon, si une certaine condition est satisfaite, alors la série peut être considérée comme homogène avec un niveau de confiance de 95 % (Touaibia, 2004).

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

Tel que

$$W_x = |RANG|_x \quad (II.2)$$

$$W_{\min} = \left(\frac{(N1 + N2 + 1) * N1 - 1}{2} - 1.96 * \left(\frac{N1 * N2 * (N1 + N2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (II.3)$$

$$W_{\max} = (N1 + N2 + 1) * N1 - W_{\min} \quad (II.4)$$

Tableau II.8. Test d'homogénéité de la série pluviométrique.

Série	Série X	Série Y	TRI	XY	RANG
294,7	294,7	370,43	239,9	X	1
364,41	364,41	280,06	258,39	Y	2
298	298	273,01	262,95	X	3
239,9	239,9	361,2	269	Y	4
327,7	327,7	290,56	270,13	X	5
324,7	324,7	269	273,01	Y	6
270,13	270,13	308,84	280,06	Y	7
306,34	306,34	548,4	290,56	Y	8
369,8	369,8	413,97	294,59	X	9
444,85	444,85	339,98	294,7	Y	10
407,9	407,9	479,88	298	X	11
391	391	384,95	306,34	X	12
294,59	294,59	258,39	308,84	Y	13
262,95	262,95	595,89	309,85	Y	14

365,6	365,6	337,48	316,39	Y	15
370,43		585,35	324,7	X	16
280,06		474,6	326,93	Y	17
273,01		326,93	327,7	X	18
361,2		469,34	337,48	Y	19
290,56		490,44	339,2	Y	20
269		316,39	339,98	Y	21
308,84		309,85	341,01	Y	22
548,4		341,01	361,2	Y	23
413,97		408,23	364,41	X	24
339,98		339,2	365,6	Y	26
479,88			369,8	X	27
384,95			370,43	Y	28
258,39			384,95	Y	29
595,89			391	X	30
337,48			407,9	X	31
585,35			408,23	Y	32
474,6			413,97	Y	33
326,93			444,85	X	34
469,34			469,34	Y	35
490,44			474,6	Y	36
316,39			479,88	Y	37
309,85			490,44	Y	38
341,01			548,4	Y	39
408,23			585,35	Y	40
339,2			595,89	Y	41

A.N:

$$W_x = |RANG|_x = |1 + 3 + 5 + 9 + 11 + 12 + 16 + 18 + 24 + 27 + 30 + 31 + 34| = 221$$

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)1 - 1}{2} - 1,96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{2!} \right)^{\frac{1}{2}} \right) = 203,04$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) N_1 - W_{\min}] = 242,95$$

Tableau II.9. Les éléments de calcul de test de Wilcoxon.

N1	N2	$W_{\min}$	W_x	$W_{\max}$
13	28	203,04	221	242,95

Alors, on a : **203,04 < W_x < 242,95** La condition de Wilcoxon étant satisfaite, on peut conclure que la série des précipitations moyennes annuelles enregistrées à la station de Tébessa présente une homogénéité.

II.3.2 Ajustement statistique des pluies:

L'ajustement statistique des données de précipitations annuelles à des lois de probabilité est une pratique courante, notamment en raison de la faible variabilité interannuelle observée dans certaines stations. Dans ce contexte, le choix se porte sur la loi statistique offrant la meilleure concordance avec les données mesurées. Les distributions les plus fréquemment utilisées pour ce type d'ajustement sont :

- La loi normale (ou loi de Gauss)
- La loi log-normale (ou loi de Galton)

II.3.2.1 Ajustement selon la loi normale (loi de Gauss) :

La loi normale est définie entièrement par sa fonction de densité, sa moyenne (ou espérance mathématique), et son écart-type. Il s'agit d'une distribution de probabilité continue dont la fonction de densité est donnée par la formule suivante :

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

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

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

L'ajustement statistique s'articule selon les étapes suivantes :

- Organiser les données de l'échantillon dans l'ordre croissant.
- Attribuer un rang à chaque valeur classée.
- Déterminer les fréquences empiriques associées aux observations.
- Calculer la variable centrée réduite (u) selon la loi normale.
- Estimer les paramètres statistiques empiriques tels que : $\bar{x}$, σ .

- Représenter les données sur un papier de probabilité normal à l'aide de la droite de Henry, afin d'évaluer la qualité de l'ajustement.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est : $x_p\% = \bar{x} + \sigma \cdot U_{(P\%)} \quad (II.7)$

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

Avant d'effectuer l'ajustement statistique, certaines étapes doivent être respectées :

- Trier les valeurs de précipitations par ordre croissant, en leur attribuant un rang successif allant de 1 à n .
- Déterminer la fréquence empirique associée à chaque valeur à l'aide de la formule de Hazen, qui permet une estimation plus équilibrée de la probabilité cumulative :

$$F(X) = \frac{m - 0,5}{n} \quad (II.8)$$

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

Tableau II.10 : Caractéristiques de la série pluviométriques.

Moyenne	Écart-type	Cv
397,56 mm	112,90	0.384

Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel HYFRAN, et les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Tableau II.11 : Résultat de l'ajustement à la loi de gauss (Hyfran).

T (ans)	Fréquence au non dépassement Q	XT (mm)	Écart-type	Intervalle de confiance
100	0.9900	571	27.4	517-624
50.0	0.9800	546	25.1	497-595
20.0	0.9500	510	21.8	467-553
10.0	0.9000	477	19.2	440-515
5.0	0.8000	438	16.5	406-470
3.0	0.6667	401	14.8	372-430
2.0	0.5000	363	14.1	335-391
1.25	0.2000	288	16.5	255-320

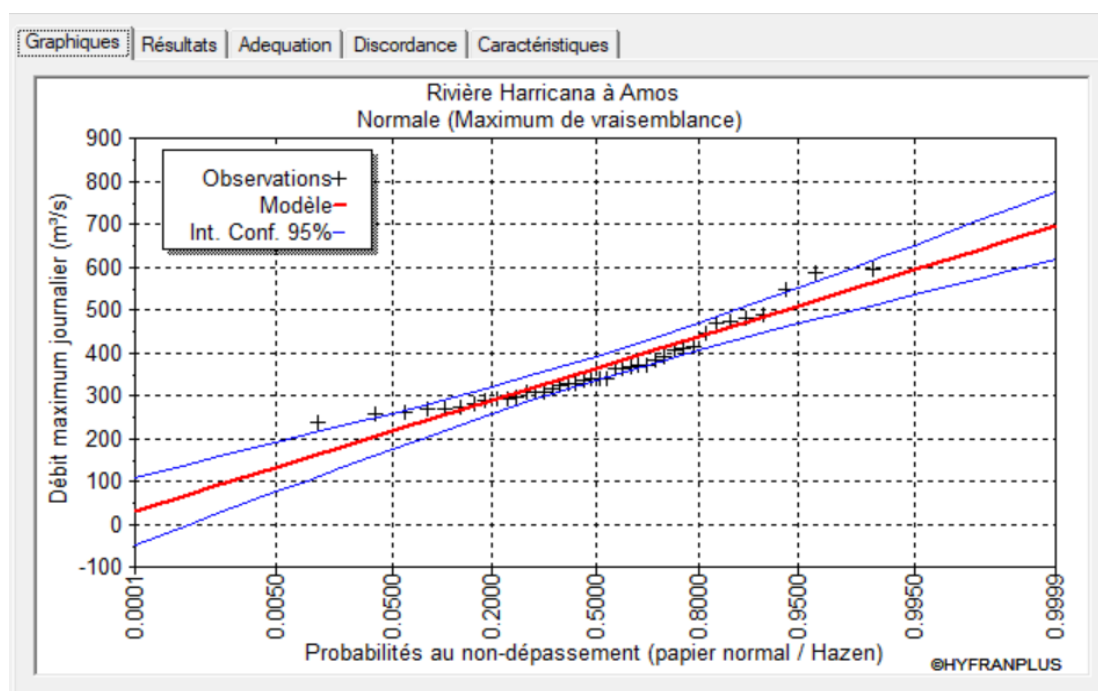


Figure II.3 : Ajustement graphique à la loi de Gauss.

II.3.2.2 Ajustement selon la loi Log-normale :

Cette méthode repose sur la conversion des données statistiques des précipitations afin de les adapter à une distribution de type log-normale. La relation mathématique caractérisant cet ajustement s'exprime sous la forme suivante :

$$\ln(X_p\%) = \overline{\ln(X)} + \delta \ln + (U_p\%) \quad (II.9)$$

• $X_p\%$: 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.

Tableau II.12 : Résultat de l'ajustement à la loi Log-normale par HYFRAN.

T	Fréquence au non Dépassement (q)	Xt (mm)	Écart-type	Intervalle de confiance
100	0.9900	604	42.7	520 - 687
50	0.9800	567	36.7	495 - 639
20	0.9500	516	29.0	459 - 573
10	0.9000	474	23.4	429 - 520
5	0.8000	429	18.2	393 - 464
3	0.6667	390	14.9	361 - 419
2	0.5000	399	12.9	328 - 378
1.25	0.2000	323	12.4	267 - 315

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

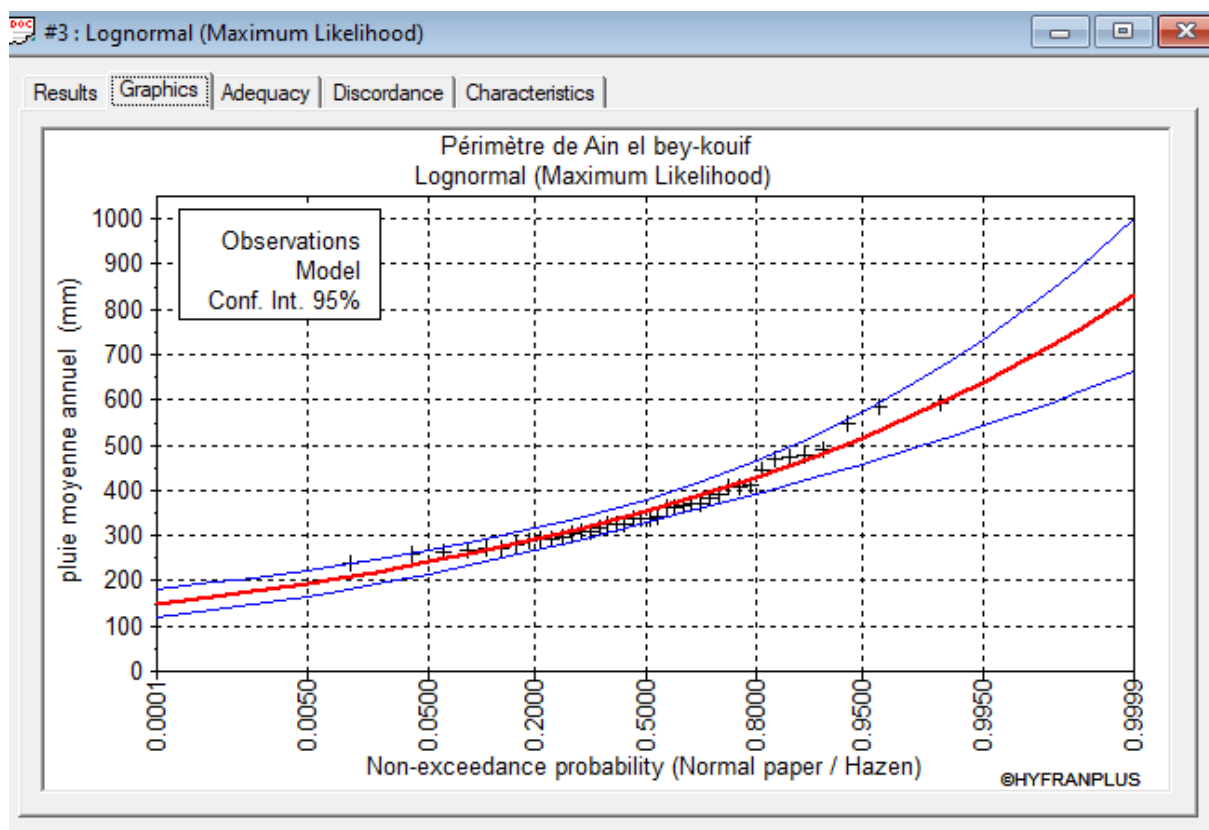


Figure II.4 : Ajustement à la loi de Log-normale.

II.4 Test d'ajustement par la loi par Khi carrée :

Le test du Khi-carrée permet d'évaluer dans quelle mesure une loi de probabilité s'ajuste aux données d'un échantillon de taille N . Pour apprécier la pertinence de cet ajustement, on calcule la statistique χ^2 , puis on détermine la probabilité associée à cette valeur à l'aide de la table de la loi du Khi-deux, en fixant un niveau de signification α .

L'analyse repose sur les hypothèses suivantes :

- H_0 : l'hypothèse nulle est acceptée si $P(\chi^2) \geq \alpha$.
- H_1 : l'hypothèse nulle est rejetée si $P(\chi^2) < \alpha$.

Tableau II.13 : Test de validité de l'ajustement.

	Loi normal	Loi Log-normal
X^2 Calculée	11,1	4

La valeur théorique de X^2 est extraite en fonction de $f(\gamma)$ à partir de la table de Khi-deux de Pearson, considérant un seuil de signification fixé à $\alpha = 0.05$ et un degré de liberté de $\gamma = 5$.

L'analyse comparative des valeurs montre que : X^2 calculé $<$ X^2 théorique (Voir annexe), dont la valeur est établie à 11,07. L'examen des différents ajustements indique que la loi Log-normale fournit la meilleure représentation statistique de la distribution des précipitations annuelles.

II.5 Détermination de l'année de calcul :

La détermination de l'année de calcul vise principalement à estimer la quantité d'eau de pluie que la plante peut réellement utiliser. Cette quantité correspond à une partie des précipitations dites efficaces, c'est-à-dire celles dont la probabilité d'occurrence atteint 80 %. Pour évaluer la pluviométrie mensuelle moyenne associée à cette probabilité, on applique la loi suivante :

$$Pi\ 80\% \text{ de } chaque_{mois} = Pi\ moy \text{ de } chaque_{mois} \times \frac{P_{théorique\ de\ (80\%)}}{P_{théorique\ de\ (50\%)}} \quad (II. 10)$$

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

$$P_{80\%} = 323\text{mm} \quad \text{et} \quad P_{50\%} = 399\text{ mm} \quad \text{d'où :} \quad \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 0.80$$

Tableau II.14 : Année de calcul.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	fev	Mars	Avril	Mai	juin	Juil	Août
Pmoy (mm)	39.62	29.56	30.08	31.09	35,88	26.04	33,53	33,66	38,85	23.40	12.45	25,30
P80% (mm)	31,69	23,65	24,06	24,90	28,70	20,83	26,82	26,92	31,08	18,72	10,01	20,24

Conclusion:

Dans le cadre de l'analyse pédologique menée sur la zone d'étude, il a été observé que le sol présente une texture limono-argileuse, caractéristique influençant directement ses propriétés d'infiltration et de rétention hydrique. Parallèlement, l'évaluation des eaux d'irrigation issues de la retenue collinaire (El Brika) a révélé leur classification en C3S1, indiquant une salinité modérée et une faible teneur en sodium. Cette classification implique que ces eaux peuvent être utilisées sans risque d'alcalinisation, à condition de garantir un drainage adéquat du sol. Toutefois, une vigilance particulière est requise pour certaines cultures sensibles, notamment les arbres fruitiers, susceptibles d'être affectés par des niveaux même modérés de salinité. Ainsi, une gestion optimisée des ressources hydriques, associée à une surveillance régulière de la qualité des sols, demeure essentielle pour assurer la pérennité des pratiques agricoles dans cette région.

Chapitre III : Besoin en eau **des cultures**

CHAPITRE III : BESOIN EN EAU DES CULTURES

Introduction :

L'estimation des besoins hydriques des cultures constitue une étape fondamentale pour optimiser la gestion de l'irrigation et assurer une croissance végétale optimale. Ce processus vise à quantifier précisément la quantité d'eau nécessaire afin de maintenir des conditions favorables au développement des plantes, tout en prévenant le gaspillage des ressources et la détérioration des sols. Son élaboration repose sur l'intégration de modèles mathématiques et de données météorologiques, permettant une évaluation rigoureuse des volumes d'eau requis selon les spécificités de chaque culture et les conditions environnementales du moment. La maîtrise des exigences hydriques des cultures permet aux agriculteurs et aux gestionnaires de l'eau de concevoir et d'appliquer des stratégies d'irrigation adaptées, favorisant ainsi une efficience accrue dans l'utilisation des ressources et une réduction des coûts liés à l'irrigation.

III.1 Besoins en Eau du Périmètre :

L'analyse des besoins hydriques des cultures vise à déterminer la quantité d'eau indispensable au maintien d'un niveau d'humidité du sol optimal, garantissant ainsi des conditions propices à un rendement maximal des végétaux. Cette évaluation s'appuie sur l'identification des exigences spécifiques de chaque espèce cultivée, telles qu'elles sont définies dans le calendrier agronomique. Une approche méthodique de cette problématique permet d'adapter les pratiques agricoles et d'optimiser la gestion des ressources en eau, contribuant ainsi à une production durable et efficiente.

III.1.1 Calcul des Besoins en Eau :

L'évaluation des besoins en eau des cultures constitue une démarche essentielle pour garantir une gestion efficace et pérenne de l'irrigation. Cette estimation repose sur l'analyse de plusieurs paramètres déterminants, tels que la superficie exploitée, les caractéristiques des cultures, les précipitations reçues, les propriétés du sol ainsi que les techniques d'irrigation mises en œuvre. L'utilisation de modèles et d'outils spécialisés permet de quantifier de manière précise les volumes d'eau nécessaires à chaque culture. L'établissement d'un bilan hydrique, réalisé pour chaque stade de développement végétatif sur des périodes définies, s'avère indispensable afin d'adapter les apports en eau aux exigences physiologiques des plantes.

$$Bi = ETMi - (P_{eff} + RFU_{i-1}) \quad (III.1)$$

Avec:

- **ETMi** : Valeur maximale de l'évapotranspiration en mm, calculée comme suit :

$$ETM = ET0 \times K_c \quad (III.2)$$

Avec : Représente le coefficient cultural, dépendant du type de la culture.

ET0: Évapotranspiration de référence.

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 :

$$RFU = Y \times (Hcc - Hpf) \times Da \times Z$$

Avec:

- Hcc : Humidité a la capacité aux champs (26%).
- Hpf : Humidité au point de flétrissement (16%).
- Da: densité apparente (1.4).
- Y: degré de tarissement (2/3).
- Z : profondeur d'enracinement en mm

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

$$Bh = \text{Entrées} - \text{Sorties} < 0$$

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.

III.1.2 Calcul de l'Évapotranspiration de Référence (ET0) :

L'évapotranspiration de référence (ET0) correspond à la quantité d'eau dissipée sous forme de vapeur par une culture type, évoluant dans des conditions climatiques normalisées. Ce paramètre prend en compte plusieurs facteurs environnementaux, notamment la température, l'humidité atmosphérique, la vitesse du vent et le rayonnement solaire. L'analyse des valeurs d'ET0 constitue un outil essentiel pour la gestion de l'irrigation, permettant d'adapter les apports en eau aux besoins spécifiques des cultures. Une planification rigoureuse basée sur ces données favorise l'optimisation des rendements agricoles tout en limitant les pertes hydriques et les coûts liés à l'irrigation.

III.1.2.1 Méthodes Directes:

Les méthodes directes d'évaluation de l'évapotranspiration incluent l'utilisation d'évapotranspiromètre ou de lysimètres. Le lysimètre est un dispositif expérimental constitué d'un réservoir rempli de sol et d'une plante intercalaire, permettant de mesurer précisément les flux d'eau. Il est équipé d'un système de drainage qui collecte l'eau infiltrée à travers le sol, offrant ainsi une estimation fiable des pertes hydriques par évapotranspiration. Bien que cette approche soit reconnue pour sa précision, elle demeure onéreuse et requiert un suivi rigoureux pour garantir la fiabilité des mesures.

III.1.2.2 Méthodes Indirectes:

Les méthodes indirectes permettent d'estimer l'évapotranspiration de référence (ET0) à partir de formules empiriques basées sur des paramètres climatiques. Ces modèles mathématiques exploitent des données telles que la température, l'humidité relative, la vitesse du vent et le rayonnement solaire pour établir des estimations adaptées aux conditions locales. Parmi les formules couramment utilisées, on retrouve:

- **Méthode de Turc (1960) :** Cette approche permet d'estimer l'évapotranspiration de référence (ET0) en se basant principalement sur les données de température et d'humidité de l'air, offrant ainsi une estimation simplifiée des besoins hydriques des cultures.

- **Méthode de Thornthwaite (1955)** : Cette formule repose exclusivement sur l'analyse des températures, considérant que l'évaporation est principalement influencée par la disponibilité thermique.
- **Méthode de Blaney-Criddle (1959)** : Elle propose une estimation d'ET₀ en intégrant les paramètres de température et d'humidité relative, ce qui la rend particulièrement adaptée aux régions où les données météorologiques sont limitées.
- **Méthode de Penman (1948)** : Fondée sur un bilan énergétique, cette approche prend en compte plusieurs variables climatiques, notamment la température, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et le rayonnement solaire, pour une estimation plus précise de ET₀.
- **Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) – FAO** : Développée dans le cadre des travaux de la FAO, cette méthode affine l'estimation de ET₀ en intégrant divers paramètres climatiques, ce qui la rend particulièrement pertinente pour les systèmes agricoles irrigués.

L'estimation de l'évapotranspiration de référence (ET₀) a été réalisée en appliquant la méthode de Penman-Monteith.

Méthode de Penman Monteith :

En 1948, Penman et Monteith ont développé une équation d'équilibre énergétique fondée sur le transfert de masse, permettant d'estimer l'évapotranspiration à partir de paramètres climatiques tels que l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent. La formule modifiée de Penman-Monteith, préconisée par la FAO, s'est imposée comme une référence pour l'évaluation des besoins hydriques agricoles, est la suivante :

$$ET_0 = \frac{0.408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)} \quad (III. 3)$$

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: 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].

L'évapotranspiration de référence (ET₀) a été estimée à l'aide du logiciel CROPWAT (FAO, 2008) en appliquant la méthode de Penman-Monteith. Les données climatiques intégrées comprenaient:

- **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).
Permettant une estimation optimisée des besoins hydriques des cultures

Le tableau suivant présente l'évapotranspiration de référence (ET₀), calculée par le logiciel CROPWAT :

Pays

Algérie

Station

Tébessa

Altitude

867

m.

Latitude

35.24

°N

Longitude

8.07

°E

Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m²/jour	mm/mois
Janvier	0.7	10.5	70	388	6.1	10.1	53.38
Février	0.7	11.3	66	391	6.8	13.0	60.34
Mars	3.4	15.6	59	379	8.4	17.9	101.65
Avril	6.6	19.9	53	372	9.8	22.5	139.30
Mai	10.3	24.5	49	333	11.2	26.1	182.93
Juin	14.7	30.0	38	305	12.6	28.6	226.90
Juillet	18.0	34.1	31	293	12.8	28.6	265.41
Août	17.8	33.0	35	286	11.8	25.8	241.45
Septembre	14.4	27.5	51	295	10.1	20.9	166.37
Octobre	10.8	22.8	56	317	8.5	15.7	125.03
Novembre	5.3	15.5	66	360	6.9	11.3	72.62
Décembre	1.9	11.3	71	386	5.9	9.3	52.73
Moyenne	8.7	21.3	54	342	9.2	19.2	1688.13

Figure III.1. Calcul de l'ETP entrées dans le CROPWAT.

III.2 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace représente la fraction des précipitations totales qui est réellement disponible pour satisfaire les besoins hydriques des cultures, notamment ceux liés à l'évapotranspiration. Cette quantité est obtenue après déduction des pertes engendrées par divers processus tels que le ruissellement de surface, l'infiltration profonde ou encore l'évaporation directe. Dans le cadre de cette étude, ces pertes sont estimées à environ 20 % du total des précipitations. Ainsi, la pluie efficace (*Peff*) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$P_{eff} = A \times P_{80\%}$$

Tableau III.1 : Pluie efficace.

Mois	Sep	oct	Nov	Dec	Jan	fev	Mars	Avril	Mai	juin	Juil	Août
P80% (mm)	31,69	23,65	24,06	24,90	28,70	20,83	26,82	26,92	31,08	18,72	10,01	20,24
Peff (mm)	25,35	18,92	19,24	19,92	22,96	16,66	21,46	21,53	24,86	14,99	8,08	16,19

III.3 Choix des cultures:

Le choix des cultures à établir dans un périmètre agricole revêt une importance stratégique, car il permet d'orienter la planification des productions sur le long terme. Cette sélection doit s'appuyer sur une analyse approfondie prenant en compte plusieurs facteurs essentiels :

- Les caractéristiques climatiques propres à la région étudiée.
- La qualité et la disponibilité des ressources en eau destinées à l'irrigation.
- L'aptitude des sols à accueillir certaines cultures, déterminée à partir d'une étude pédologique.
- La vocation agricole du territoire concerné.

III.3.1 Cultures proposées pour la zone d'étude :

La région de Kouif se caractérise par une activité agricole dominée par les cultures céréalières, fourragères et maraîchères. Cette spécificité implique que la sélection des cultures adaptées à cette zone doit privilégier les céréales et le maraîchage, tout en envisageant l'intégration d'autres types de cultures afin de diversifier et pérenniser l'agriculture locale. Les cultures retenues pour cette région sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.2 : Les cultures proposées pour le périmètre de l'extension du plain d'Ain El Bey

Type de culture	Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en ha
La céréaliculture :	- Blé - Orge grain	33%	40 ha
Les cultures fourragères :	- Avoine	21%	25 ha
Le maraîchage :	- Oignon - Ail - Tomate - Carotte	25%	30 ha
L'arboriculture :	- Olivier - Noyer	21%	25ha
Total		100%	120ha

III.3.2 Assolement des cultures:

L'assolement des cultures est une approche agricole essentielle permettant d'organiser l'alternance des cultures sur une période déterminée. Cette méthode poursuit plusieurs objectifs majeurs : préserver et améliorer la fertilité des sols, limiter la propagation des maladies et des ravageurs, et optimiser les rendements. En adoptant un schéma d'assolement adapté, les agriculteurs peuvent exploiter efficacement les ressources du sol tout en réduisant les risques sanitaires pour les cultures et en favorisant une production durable.

Tableau III.3 : Assolement proposé pour le périmètre.

Assolement I			Assolement II		
Culture		Superficie (Ha)	Culture		Superficie (Ha)
Blé		40	Orge		40
Tomate		15	Ail		15
Oignon		15	Carotte		15
Arboriculture	Olivier	12.5	Arboriculture	Olivier	12.5
	Noyer	12.5		Noyer	12.5
Avoine		25	Avoine		25
Total		120	Total		120

III.3.3 Les cycles végétatifs des cultures :

Le cycle végétatif des plantes correspond à l'ensemble des phases de croissance et de développement, allant de la germination jusqu'à la formation des graines ou des fruits. Ce processus se divise en plusieurs étapes distinctes, influencées par les caractéristiques propres à chaque espèce végétale ainsi que par les conditions environnementales locales. Pour les cultures retenues dans le cadre de l'extension du périmètre d'Ain El Bey, leurs cycles végétatifs sont établis en fonction de leurs spécificités biologiques ainsi que des exigences du sol et du climat régional.

III.3.4: Estimation des besoins en eau des cultures :

Tableau III.5 : Estimation des besoins en eau du blé.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	31.69	25.4	166.37					0	0
Octobre	23.65	18.9	125.03					0	0
Novembre	24.07	19.3	72.62	0,3	28	14	0.4	29.0	0
Décembre	24.9	19.9	52.73	0,5	46.7	46.7	0.7	36.9	0
Janvier	28.7	23.0	53.38	0,5	46.7	46.7	0.85	45.4	0
Février	20.83	16.7	60.34	0,6	56	56	0.95	57.3	0
Mars	26.82	21.5	101.65	0,6	56	56	1.05	106.7	29.3
Avril	26.92	21.5	139.3	0,6	56	28	1.05	146.3	96.7
Mai	31.08	24.9	182.93	0,6	56	28	0.85	155.5	102.6
Juin	18.72	15.0	226.9	0,6	56	0	0.75	170.2	155.2
Juillet	10.01	8.0	265.41					0.0	0
Août	20.24	16.2	241.45					0.0	0

Tableau III.6 : 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	31.69	25.4	166.37					0	0
Octobre	23.65	18.9	125.03					0	0
Novembre	24.07	19.3	72.62	0,30	28.00	14	0.30	21.8	0
Décembre	24.9	19.9	52.73	0,50	46.67	46.67	0.30	15.8	0
Janvier	28.7	23.0	53.38	0,50	46.67	46,67	0.50	26.7	0
Février	20.83	16.7	60.34	0,60	56.00	56,00	0.50	30.2	0
Mars	26.82	21.5	101.65	0,60	56.00	56	1.00	101.7	24.2
Avril	26.92	21.5	139.3	0,60	56.00	28	1.15	160.2	110.7
Mai	31.08	24.9	182.93	0,70	65.33	32.67	1.00	182.9	125.4
Juin	18.72	15.0	226.9					0	0
Juillet	10.01	8.0	265.41					0	0
Août	20.24	16.2	241.45					0	0

Tableau III.7 : 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	31.69	25.4	166.37					0	0
Octobre	23.65	18.9	125.03					0	0
Novembre	24.07	19.3	72.62	0,30	28.00	14	0.40	29.0	0
Décembre	24.9	19.9	52.73	0,50	46.67	46.67	0.70	36.9	0
Janvier	28.7	23.0	53.38	0,50	46.67	46,67	0.85	45.4	0
Février	20.83	16.7	60.34	0,60	56.00	56,00	0.95	57.3	0
Mars	26.82	21.5	101.65	0,60	56.00	56,00	1.05	106.7	29.3
Avril	26.92	21.5	139.3	0,60	56.00	28	1.05	146.3	96.7
Mai	31.08	24.9	182.93	0,60	56.00	28	0.80	146.3	93.5
Juin	18.72	15.0	226.9	0,60	56.00	0.00	0.75	170.2	155.2
Juillet	10.01	8.0	265.41					0	0
Août	20.24	16.2	241.45					0	0

Tableau III.8 : 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	31.69	25.4	166.37						
Octobre	23.65	18.9	125.03	0.3	22.5	0	0.5	62.5	43.6
Novembre	24.07	19.3	72.62	0.4	30	15	0.75	54.5	20.2
Décembre	24.9	19.9	52.73	0.4	30	30	1	52.7	2.8
Janvier	28.7	23.0	53.38	0.4	30	30	1	53.4	2.6
Février	20.83	16.7	60.34	0.4	30	10	0.75	45.3	18.6
Mars	26.82	21.5	101.65						0
Avril	26.92	21.5	139.3						0
Mai	31.08	24.9	182.93						0
Juin	18.72	15.0	226.9						0
Juillet	10.01	8.0	265.41						0
Août	20.24	16.2	241.45						0

Tableau III.9 : 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	31.69	25.4	166.37						0
Octobre	23.65	18.9	125.03						0
Novembre	24.07	19.3	72.62						0
Décembre	24.9	19.9	52.73						0
Janvier	28.7	23.0	53.38						0
Février	20.83	16.7	60.34						0
Mars	26.82	21.5	101.65	0.7	65.3	0	0.5	50.8	29.3
Avril	26.92	21.5	139.3	0.9	84	42	0.85	118.4	54.9
Mai	31.08	24.9	182.93	1.2	112	56	1.15	210.4	129.5
Juin	18.72	15.0	226.9	1.2	112	0	0.9	204.2	189.2
Juillet	10.01	8.0	265.41						0
Août	20.24	16.2	241.45						0

Tableau III.10 : Estimation des besoins en eau du carotte.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	31.69	25.4	166.37	0.3	22.5	0	0.42	69.9	44.5
Octobre	23.65	18.9	125.03	0.6	45	11.25	0.7	87.5	57.4
Novembre	24.07	19.3	72.62	0.9	67.5	15	0.81	58.8	24.5
Décembre	24.9	19.9	52.73	0.9	67.5	67.5	0.77	40.6	0.0
Janvier	28.7	23.0	53.38	0.9	67.5	67.5	0.57	30.4	0.0
Février	20.83	16.7	60.34						
Mars	26.82	21.5	101.65						
Avril	26.92	21.5	139.3						
Mai	31.08	24.9	182.93						
Juin	18.72	15.0	226.9						
Juillet	10.01	8.0	265.41						
Août	20.24	16.2	241.45						

Tableau III.11 : Estimation des besoins en eau d'oignon.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	31.69	25.4	166.37	0.3	34.1	0	1.1	183.0	157.6
Octobre	23.65	18.9	125.03	0.4	45.4	0	1.1	137.5	118.6
Novembre	24.07	19.3	72.62	0.5	56.8	0	0.9	65.4	46.1
Décembre	24.9	19.9	52.73	0.6	68.2	0	0.85	44.8	24.9
Janvier	28.7	23.0	53.38						
Février	20.83	16.7	60.34						
Mars	26.82	21.5	101.65						
Avril	26.92	21.5	139.3						
Mai	31.08	24.9	182.93						
Juin	18.72	15.0	226.9						
Juillet	10.01	8.0	265.41						
Août	20.24	16.2	241.45						

Tableau III.12 : Estimation des besoins en eau du noyer.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes(mm)
Septembre	31.69	25.4	166.37	2	229.68	0	0.65	108.1	82.7
Octobre	23.65	18.9	125.03	2	229.68	114.84	0.5	62.5	
Novembre	24.07	19.3	72.62	2	229.68	114.84	0.3	21.8	
Décembre	24.9	19.9	52.73	2	229.68	229.68	0.3	15.8	
Janvier	28.7	23.0	53.38	2	229.68	229.68	0.3	16.0	
Février	20.83	16.7	60.34	2	229.68	229.68	0.3	18.1	
Mars	26.82	21.5	101.65	2	229.68	229.68	0.3	30.5	
Avril	26.92	21.5	139.3	2	229.68	114.84	0.5	69.7	
Mai	31.08	24.9	182.93	2	229.68	114.84	0.5	91.5	
Juin	18.72	15.0	226.9	2	229.68	12.76	0.65	147.5	119.7
Juillet	10.01	8.0	265.41	2	229.68	0	0.7	185.8	177.8
Août	20.24	16.2	241.45	2	229.68	0	0.7	169.0	152.8

Tableau III.13 : Estimation des besoins en eau d'olivier.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU Theo (mm)	RFU reel (mm)	KC	ETM (mm/mois)	Bes (mm)
Septembre	31.69	25.4	166.37	1.5	170.4	0	0.65	108.1	82.7
Octobre	23.65	18.9	125.03	1.5	170.4	0	0.6	75.0	56.1
Novembre	24.07	19.3	72.62	1.5	170.4	0	0.6	43.6	24.3
Décembre	24.9	19.9	52.73	1.5	170.4	0	0.5	26.4	6.5
Janvier	28.7	23.0	53.38	1.5	170.4	85.2	0.5	26.7	0.0
Février	20.83	16.7	60.34	1.5	170.4	85.2	0.6	36.2	0.0
Mars	26.82	21.5	101.65	1.5	170.4	0	0.65	66.1	44.6
Avril	26.92	21.5	139.3	1.5	170.4	0	0.7	97.5	76.0
Mai	31.08	24.9	182.93	1.5	170.4	0	0.75	137.2	112.3
Juin	18.72	15.0	226.9	1.5	170.4	0	0.8	181.5	166.5
Juillet	10.01	8.0	265.41	1.5	170.4	0	0.7	185.8	177.8
Août	20.24	16.2	241.45	1.5	170.4	0	0.7	169.0	152.8

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

Les tableaux suivants illustrent le calcul des besoins en eau des cultures pour les deux assolements. Cette analyse permet de déterminer le mois où la demande en eau atteint son niveau maximal.

Tableau III.14 : Besoin en eau de l'assolement 1.

Mois	Blé	Tomate	Oignon	Avoine	Noyer	L'olivier	Total
Sep	0	0	157.6	0	82.7	116.0	356.3
Oct	0	0	118.6	0	0.0	36.0	154.6
Nov	0	0	46.1	0	0.0	0.0	46.1
Déc	0	0	24.9	0	0.0	0.0	24.6
Jan	0	0		0	0.0	0.0	0
Fév.	0	0		0	0.0	0.0	0
Mars	29.3	29.3		29.3	0.0	0.0	87.9
Avr	96.7	54.9		96.7	0.0	17.7	266
Mai	102.6	129.5		93.5	0.0	94.0	419.6
Juin	155.2	189.2		155.2	119.7	166.5	758.8
Juil	0	0		0	177.8	217.6	395.4
Aout	0	0		0	152.8	189.0	341.8

Tableau III.15 : Besoin en eau de l'assolement 2.

Mois	Orge	Ail	Avoine	Carotte	Noyer	L'olivier	Total
Sep	0		0	44.5	82.7	82.7	209.9
Oct	0	43.6	0	57.4	0.0	56.1	157.1
Nov	0	20.2	0	24.5	0.0	24.3	69
Déc	0	2.8	0	0.0	0.0	6.5	9.3
Jan	0	2.6	0	0.0	0.0	0.0	2.6
Fév	0	18.6	0		0.0	0.0	18.6
Mars	24.2	0	29.3		0.0	44.6	98.1
Avr	110.7	0	96.7		0.0	76.0	283.4
Mai	125.4	0	93.5		0.0	112.3	331,2
Juin	0	0	155.2		119.7	166.5	441.4
Juil	0	0	0		177.8	177.8	355.6
Aout	0	0	0		152.8	152.8	305.6

III.3 Loi de débit:**III.3.1 Calcul des débits spécifiques :**

Les débits spécifiques sont établis en fonction des besoins hydriques propres à chaque culture, préalablement estimés selon leur répartition sur la zone étudiée. La quantité d'eau requise durant la période de consommation maximale est traduite en un débit constant, assuré en continu sur 24 heures, pour couvrir les besoins mensuels. Ces débits sont calculés selon la formule suivante :

$$qs(l/s/ha) = \frac{Bm \times 10 \times 1000}{T \times t \times 3600 \times K} \quad (III.4)$$

Bm : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m^3/ha .

T : Temps d'irrigation par jour.

t : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ($t=30$ J).

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0.75 .

$$qs = \frac{758.80 \times 10 \times}{30 \times 24 \times 3600 \times 0.75} = 3.903(l/s/ha)$$

L'évaluation des besoins en eau repose sur la culture la plus consommatrice, à savoir l'assolement 1. De ce fait, la période de demande maximale correspond au mois de juin :

$$B_{net} = 758.8 \text{ mm}$$

$$qs = 3,903 \text{ l/s/ha} > 1,5 \text{ l/s/ha}$$

Lorsque le débit spécifique dépasse 1,5, il y a un risque de surdimensionnement des conduites, qu'elles soient de refoulement ou gravitaires.

Pour remédier à cette situation, trois approches permettent d'estimer le débit spécifique :

Déterminer la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures.

Considérer la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.

Sélectionner le débit spécifique de la culture la plus exigeante durant le mois de pointe.

Dans notre étude, nous retenons le débit spécifique correspondant à la culture présentant les besoins en eau les plus élevés, à savoir celle d'olivier durant le mois de juillet :

$$B_{net} = 217,6 \text{ mm},$$

$$\text{Donc le débit spécifique corrigé est de : } qs = 1,11 \text{ l/s/ha}$$

III.3.2 Calcul du débit caractéristique:

Le débit caractéristique retenu correspond au débit maximal attendu, déterminé en fonction de la pression de service au sein du réseau d'irrigation. Il s'exprime selon la relation suivante :

$$Q_{car} = qs \times surface \quad (III.5)$$

Avec : La surface totale est égale : 120 ha

$$Q_{car} = 1,11 \times 120 = 133,2 \text{ l/s}$$

III.3.3 Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :

Le volume des besoins en eaux est déterminé en effectuant le produit entre la dose unitaire d'irrigation, exprimée en mètres cubes par hectare, et la superficie occupée par la culture.

$$B_{brut} = B_{Net} / (0,75) \quad (III.6)$$

$$V_{besoin} = B_{brut} \times S_{culture} \quad (III.7)$$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau III.16 : Les besoins totaux du périmètre.

Les cultures	Surface (ha)	B _{Net}	Efficiencie	B _{brut}	V _{besoin} en m3
Blé	40	383.8	0.75	5117.3	20 4692
Tomate	15	402.9	0.75	5372.1	80 581,5
Oignon	15	347.2	0.75	4629.3	69 439.5
Avoine	25	374.7	0.75	4996.1	124 902.5
Olivier	12.5	836.8	0.75	11157.3	139 466.25
Noyer	12.5	533	0.75	7106.6	8 8845
Somme	120	-	-	-	627 345.25

On remarque que le volume total annuel des besoins en eau pour l'ensemble du périmètre s'élève à 627345.25m³. Ce volume peut être entièrement couvert par les ressources mobilisables à partir de la retenue collinaire d'El Brika.

Conclusion :

Ce chapitre traite l'estimation des besoins hydriques des cultures sur une superficie de 120 ha. Après avoir effectué les calculs théoriques nécessaires, nous avons évalué les besoins en eau pour chaque type de culture, ce qui nous a permis de déterminer le débit spécifique requis pour le dimensionnement du réseau d'irrigation de la zone étudiée. Il ressort de cette analyse que le mois de juillet représente la période de pointe.

Le volume d'eau nécessaire pour assurer cette irrigation est estimé à environ 627345.25m³, prélevé à partir de la retenue collinaire d'El Brika. Dans capacité totale de 1,025 hm³, avec un volume utile de 0,96762 hm³ et un volume mort de 0,05738 hm³

On conclut que la capacité de retenue collinaire permet de couvrir les besoins en eau de toute la zone irriguée.

***Chapitre IV : Etude de
système d'adduction et
distribution***

CHAPITRE IV : Etude de système d'adduction et distribution.

Introduction :

L'irrigation joue un rôle fondamental en agriculture, car elle garantit un apport en eau adéquat aux cultures, notamment dans les régions arides où les précipitations sont rares. Afin de pallier l'insuffisance des pluies, diverses techniques d'irrigation ont été développées. Celles-ci sont conçues pour répondre à des contextes spécifiques et offrent des niveaux variés de performance en termes d'utilisation et de gestion de l'eau. Dans ce chapitre, nous allons analyser en détail le système hydraulique du périmètre concerné, en mettant l'accent sur la nécessité de concevoir un nouveau réseau d'adduction reliant le barrage aux parcelles agricoles.

IV.1 Alimentation en eau du périmètre d'Ain El bey :

Le périmètre d'Ain El bey se trouve dans la plaine de Kouif il sera alimenté par la retenue collinaire d'El Brika, situé au sud-est du périmètre. La capacité de la retenue est de 1,025 hm³. Les quantités d'eau nécessaires sont transférées par un système intégré comprenant une station de pompage, un réseau d'adduction distribution et un ouvrage de stockage.

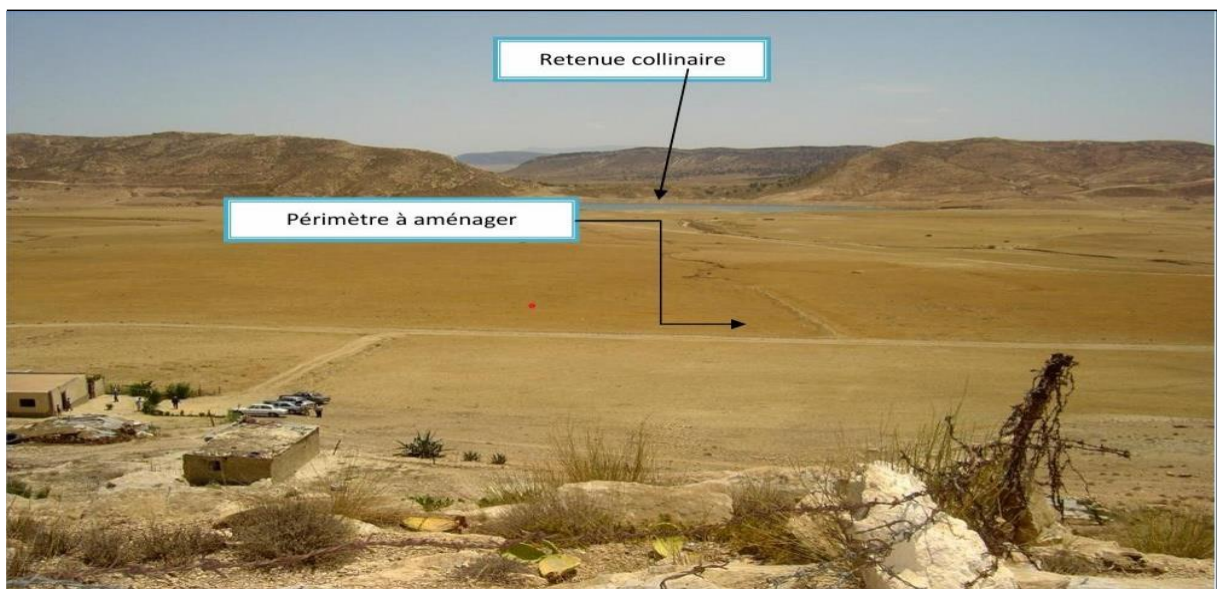


Figure IV.1. Vue générale du périmètre irrigué avec la retenue collinaire

IV.2 Organisation et structure du périmètre :

Un îlot d'irrigation est une unité hydro-agricole constituée de plusieurs parcelles, dont l'alimentation en eau est assurée par une borne d'irrigation. La structuration des périmètres en îlots est déterminée par des paramètres variés, notamment les contraintes topographiques, les considérations technico-économiques, ainsi que la superficie et le nombre de parcelles. Afin d'optimiser cette organisation, plusieurs principes doivent être respectés:

- ✓ Chaque îlot doit disposer d'une prise dédiée afin de garantir une gestion rationnelle de l'eau.
- ✓ Une borne d'irrigation peut être équipée d'un maximum de quatre prises afin de maintenir une distribution efficace.
- ✓ L'implantation des bornes doit être stratégique, soit aux limites des îlots pour une desserte optimisée, soit en position centrale dans le cas des îlots de grande dimension.

La borne d'irrigation, élément clé des réseaux à la demande, est conçue pour répondre aux exigences de gestion efficace de l'eau. Ses principales fonctions sont les suivantes :

- Réguler le débit en le limitant aux besoins spécifiques de l'îlot.
- Ajuster la pression et compenser les fluctuations éventuelles afin de préserver l'intégrité du réseau hydraulique
- Faciliter la gestion et la conservation de la ressource en eau pour un ou plusieurs exploitants disposant de prises individuelles.

IV.3 Calcul hydraulique des bornes :

L'efficacité hydraulique des bornes est directement liée au débit requis pour assurer l'alimentation en eau des parcelles situées en aval. La détermination du débit nécessaire pour chaque borne, assurant la desserte optimale d'un îlot, s'effectue selon la formule suivante :

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots\dots (IV.1)$$

Q_b = Débit de chaque îlot (l/s).

q_s = Débit spécifique (l/s/ha).

S = Superficie de l'îlot (ha).

IV.3.1 Choix du diamètre des bornes :

Le choix du diamètre des bornes d'irrigation est principalement conditionné par les exigences en débit de chaque îlot, garantissant une distribution hydraulique optimale. Les valeurs spécifiques sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.1 : Type de bornes en fonction de superficie des îlots.

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

IV.3.2 Choix du type de bornes :

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

- 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 ($S > 50 \text{ ha}$) on prévoit des bornes de type C.

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

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

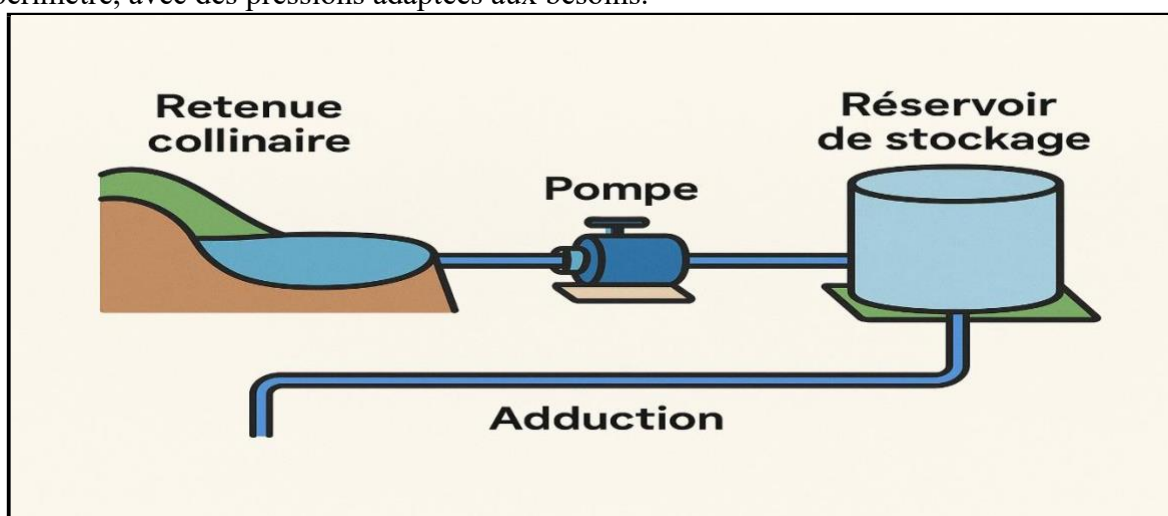
N° Ilot	Nombre de parcelles	Surface (ha)	Q_{sp} l/s/ha	Q_{borne} l/s	Type de la borne
1	2	8.7	1,11	9.65	A2
2	2	6.47		7.18	A2
3	2	4.79		5.32	A2
4	2	8,36		9,27	A2
5	2	6,43		7.14	A2
6	2	8,85		9.82	A2
7	3	12.00		13.32	A4
8	2	9.41		10.44	A2
9	2	8.37		9.29	A2
10	3	11.53		12.79	A4
11	2	7,28		8.08	A2
12	2	7.38		8.19	A2
13	2	6.93		7.69	A2
14	3	13.57		15.06	A4

Notre périmètre, exige 14 bornes A4 et A2, pour la gestion des arrosages, au niveau des parcelles.

IV.4 Description de l'aménagement du périmètre d'Ain El Bey :

IV.4.2 Schéma d'adduction:

L'organisation hydro-agricole des périmètres irrigués dépend de la position relative du barrage par rapport à la zone à irriguer. Dans le cas de la retenue collinaire d'El Brika, une solution mixte a été retenue. Elle repose sur un système de pompage situé en aval de la retenue (à une altitude de 958 m), qui refoule l'eau vers un réservoir implanté à une altitude de 1055.20 m. À partir de ce réservoir, une conduite principale assure l'alimentation gravitaire des différentes parcelles en contrebas. Ce dispositif garantit une distribution efficace de l'eau à l'ensemble du périmètre, avec des pressions adaptées aux besoins.



FigureIV.2: Schéma d'adduction.

IV.4.3 Schéma de distribution :(conduites secondaires et tertiaires)

Dans le réseau de distribution, l'eau est conduite jusqu'aux parcelles agricoles à l'aide de canalisations secondaires et tertiaires dérivées des conduites principales.

IV.4.4 Brise charge:

Le brise-charge est un équipement essentiel dans les réseaux d'adduction d'eau, utilisé pour limiter la pression dans les conduites de distribution. Il permet de prévenir les surpressions susceptibles d'endommager les infrastructures situées en aval, et de réduire les risques de fuites ou de ruptures de canalisation.

Voici les principales fonctions de ce dispositif :

- 1. Préservation des équipements** : En abaissant la pression, le brise-charge protège les composants sensibles du réseau tels que les vannes, robinets et régulateurs contre les effets néfastes d'une pression excessive.
- 2. Sécurité des usagers** : Une pression trop élevée peut présenter un danger. Le brise-charge assure une pression maîtrisée et sécurisée au niveau des points de distribution.
- 3. Réduction des pertes en eau** : En maintenant la pression à un niveau optimal, il limite les fuites, particulièrement dans les réseaux anciens ou sujets à des défaillances.
- 4. Durabilité du réseau** : En réduisant les contraintes mécaniques sur les conduites, ce dispositif prolonge la durée de vie du système de distribution.

IV.5 Etude du système de pompage :

IV.5.1 Généralités sur les pompes :

Une pompe est un dispositif conçu pour assurer le déplacement d'un fluide d'un point à un autre en générant une pression suffisante pour son écoulement. Son fonctionnement repose sur un mécanisme qui induit une variation de pression, facilitant ainsi la circulation de liquides comme l'eau, les gaz ou d'autres fluides à travers un système. Selon leur mode de fonctionnement, les pompes se déclinent en plusieurs catégories, notamment les pompes centrifuges, volumétriques et à engrenages, chacune offrant des performances et avantages spécifiques.

IV.5.2 Les turbopompes:

Les turbopompes se divisent en trois grandes familles en fonction du mode d'écoulement du fluide : les pompes centrifuges, caractérisées par un écoulement radial, les pompes axiales, où l'écoulement suit un axe longitudinal, et les pompes semi-axiales qui combinent ces deux principes.

- **Pompes centrifuges** : Optimales pour générer des pressions élevées tout en maintenant un débit relativement faible, ces pompes permettent le déplacement du fluide par un écoulement radial. L'augmentation de la hauteur de refoulement est directement liée à l'accroissement du diamètre extérieur de la roue, dont les pales sont planes.
- **Pompes axiales** : Leur conception rappelle celle des hélices, avec des pales profilées en courbes. Elles sont adaptées aux applications nécessitant des débits importants sur de faibles hauteurs.
- **Pompes semi-axiales** : Elles offrent une solution intermédiaire en assurant un débit élevé à une faible hauteur de refoulement. Leur conception repose sur une structure hélico-centrifuge avec des dimensions imposantes et des diamètres d'entrée et de sortie équilibrés pour optimiser le flux.

IV.5.3 Les pompes volumétriques:

Les pompes volumétriques appartiennent à une catégorie particulière de dispositifs de pompage où l'énergie est transformée durant la phase de refoulement grâce à des composants spécifiques opérant de manière cyclique. Ce processus entraîne systématiquement une augmentation de la pression du fluide transféré.

IV.6 Calcul de la hauteur manométrique totale :

La hauteur d'élévation est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{HMT} = (\text{Ha} + \text{Href}) + \text{J} + \text{Pr} \dots \dots \dots (\text{IV.2})$$

- HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).
- Ha : Hauteur d'aspiration ; Href : Hauteur de refoulement (m).
- Hg : Hauteur géométrique en (m) = hauteur d'aspiration + hauteur de refoulement.
- J : Perte de charge fonction de la longueur du tuyau, des accessoires (vanne, coudes).
- Pr : Pression résiduelle, pression à la sortie du tube de refoulement (0.5 – 1m).

IV.6.1 Calcul de la hauteur géométrique Hg :

- Hr : Cote du réservoir = 1055.2m
- Hb : Cote bache : 960.26m

Donc : $\text{Hg} = 1055.2 - 960.26 = 94.94\text{m}$

IV.6.2 Calcul des pertes de charge totale :**1. Calcul de la perte de charge linéaire :**

Les pertes de charge linéaires dans une conduite sont déterminées à l'aide de la formule de Hazen-Williams. On obtient ainsi :

$$\text{J} = \left(\frac{3.592}{\text{Cw}} \right)^{1.852} \times \frac{\text{L}}{\text{n}^{4.87}} \times \text{Q}^{1.852} \quad (\text{IV.3})$$

- ΔH : perte de charge linéaire.
- L : longueur de la conduite en mètres.
- Q : débit en m³/s.
- D: diamètre en mètres.
- C: coefficient de Hazen-Williams.

2. Calcul des pertes de charge singulières :

Les pertes singulières sont estimées à 10 % des pertes linéaires, ce qui se traduit par :

$$\Delta\text{H}_s = 0,1 \times \Delta\text{H}_L \quad (\text{IV.4})$$

3. Pertes de charge totales:

La perte de charge totale dans le système est obtenue en additionnant la perte linéaire et la perte singulière :

$$\Delta\text{H}_T = \Delta\text{H}_s + \Delta\text{H}_L \quad (\text{IV.5})$$

4. Calcul du débit à refouler :

Le débit calculé est déterminé de la manière suivante :

$$\text{Q} = \text{Q}_s \times \text{S}_{tot} = 1,11 \times 120 = 133,2 \text{ l/s} = 0.133 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ce débit est ensuite ajusté pour obtenir le débit forcé :

$$\text{Q}_{forcé} = \text{Q}_c \times 1.05 = 0.133 \times 1.05 = 0.140 \text{ m}^3/\text{s}$$

5. Calcul du diamètre:

Le diamètre nécessaire à l'écoulement est calculé à partir du débit de référence

$$D = \sqrt{Q_{ref}} = \sqrt{0.14} = 0.378\text{m} = 378 \text{ mm}$$

Les résultats détaillés concernant les hauteurs manométriques totales en fonction des différents diamètres de conduites en PEHD sont présentés dans le tableau ci-dessous :

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

D (mm)	L(m)	Q (m3/s)	V (m/s)	ΔH_l	ΔH_t	Hg	Hmt
250	2230	0.140	2.85	32.91	36.20	94.94	131.14
315	2230	0.140	1.80	9.89	10,88	94.94	105.82
400	2230	0.140	1.14	2.87	3.15	94.94	98.09
500	2230	0.140	0.72	0,75	0,82	94.94	95.12

Le diamètre de la conduite de refoulement est déterminé à partir d'une évaluation technico-économique : **S = coût d'investissement + coût de l'exploitation.**

IV.7 Calcul des frais d'amortissement:

- **Amortissement annuel :**

Les frais annuels d'amortissement reposent principalement sur deux paramètres : la durée d'amortissement de la conduite et le taux d'annuité appliqué. On peut exprimer cette relation par la formule suivante :

$$F = \text{Prc} \times A \quad (\text{IV.6})$$

Où:

- **Prc** : prix d'achat de la conduite exprimé en DA,
- **A** : l'annuité d'amortissement, calculée selon la formule :

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

A : frais d'amortissement (Da).

: Taux d'annuité annuel. $i = 8\%$.

: Nombre d'année d'amortissement. $n = 30\text{ans}$.

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

D (mm)	Prix ML(TT)	L(m)	Prix (DA)	A	F Amort (DA)
250	4250	2230	9477500	0.089	843497.5
315	7000	2230	15610000	0.089	1389290
400	11200	2230	24976000	0.089	2222864
500	17000	2230	37910000	0.089	3373990

IV.7.1 Calcul des frais d'exploitation:

Les coûts d'exploitation liés au pompage sont évalués à partir de la consommation totale d'électricité, appliquée à l'ensemble des diamètres envisagés. Ils s'expriment par la relation suivante :

$$F_{\text{exp}} = E \times e \quad (\text{IV.7})$$

Où:

- F_{exp} : coût d'exploitation en DA.
- E : l'énergie totale dépensée par la pompe (en kWh).
- e : tarif unitaire du kilowatt, déterminé par Sonalgaz ($e = 4,68$ DA).

IV.7.2 Puissance absorbée par la pompe :

La puissance absorbée par la pompe se calcule d'après la formule :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H_m}{\eta} \quad (\text{IV.8})$$

Où :

η : Rendement de la pompe en pourcentage ($\eta = 76\%$).

Q : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m^3/s).

ρ : Masse volumique de l'eau (kg/m^3).

Énergie consommée par la pompe :

Le calcul de l'énergie utilisée par la pompe se réalise avec l'équation suivante :

$$E = P \times t \times 365 \quad [\text{kW/an}] \quad (\text{IV.9})$$

Où :

- t : durée de fonctionnement quotidien en heures (dans notre cas, 22 heures).
- P : la puissance de la pompe en kilowatts.

Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation

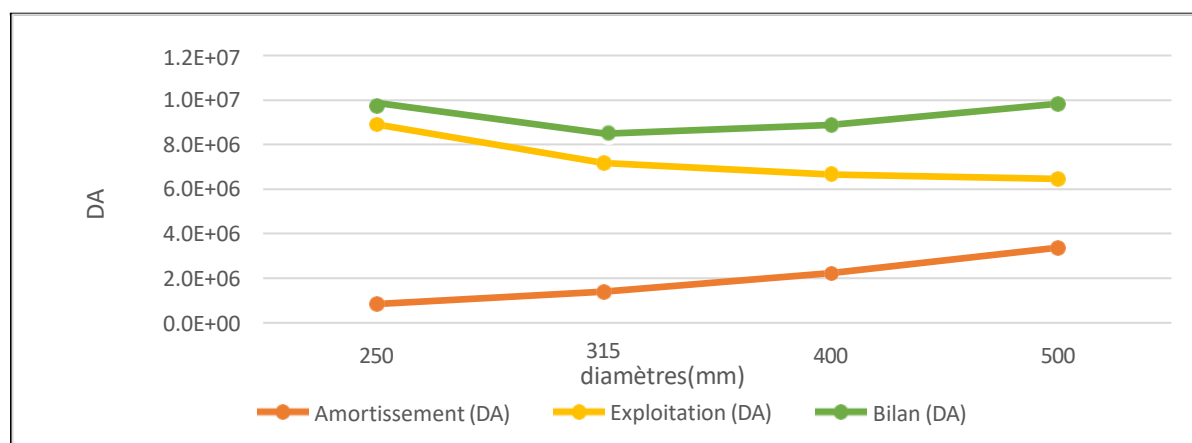
D (mm)	Q (m3/s)	Hmt (m)	P(KWatt)	E (KWh)	FEX (DA)
250	0.140	131.14	236.98	1902949.4	8905803.20
315	0.140	105.82	191.22	1535496.6	7186124.08
400	0.140	98.09	177.25	1423317.5	6661125,90
500	0.140	95.12	171.90	1380357	6460070.76

IV.7.3 Bilan total des frais et Choix du diamètre :

Pour déterminer le diamètre optimal de la conduite de refoulement, on procède à une analyse regroupant à la fois les coûts d'exploitation et les charges d'amortissement.

Tableau IV.6 : Bilan technico-économique des diamètres choisis

D(mm)	Amortissement (DA)	Exploitation (DA)	Bilan (DA)
250	843497.5	8905803.20	97 49300.7
315	1389290	7186124.08	85 75414.04
400	2222864	6661125,90	88 83989.9
500	3373990	6460070.76	98 34060.76

**Figure IV.3 : Bilan total des frais en fonction des diamètres****Interprétation :**

D'après l'analyse technico-économique illustrée par le graphe IV.2, il ressort clairement qu'un diamètre de 315 mm (PN16) représente le choix optimal. Ce dimensionnement permet d'obtenir un débit de refoulement de 0,140 m³/s et une hauteur manométrique totale de 98.09m. Ce résultat met en évidence l'équilibre entre performance hydraulique et optimisation des coûts, essentiel pour la conception efficace du système.

IV.8 Choix de nombre et de type de pompe :

Le choix du nombre et du modèle de pompes à installer repose sur une variété de paramètres clés, tels que le débit à atteindre, la hauteur de refoulement, l'efficacité énergétique et la puissance consommée, entre autres. Avant de déterminer précisément le nombre d'appareils nécessaires, il est indispensable de considérer les aspects suivants :

- ✓ Le nombre minimal de pompes à utiliser.
- ✓ La puissance absorbée minimale requise.
- ✓ La valeur minimale du NPSH (Net Positive Suction Head).
- ✓ L'optimisation du rendement.
- ✓ Une vitesse de rotation élevée.

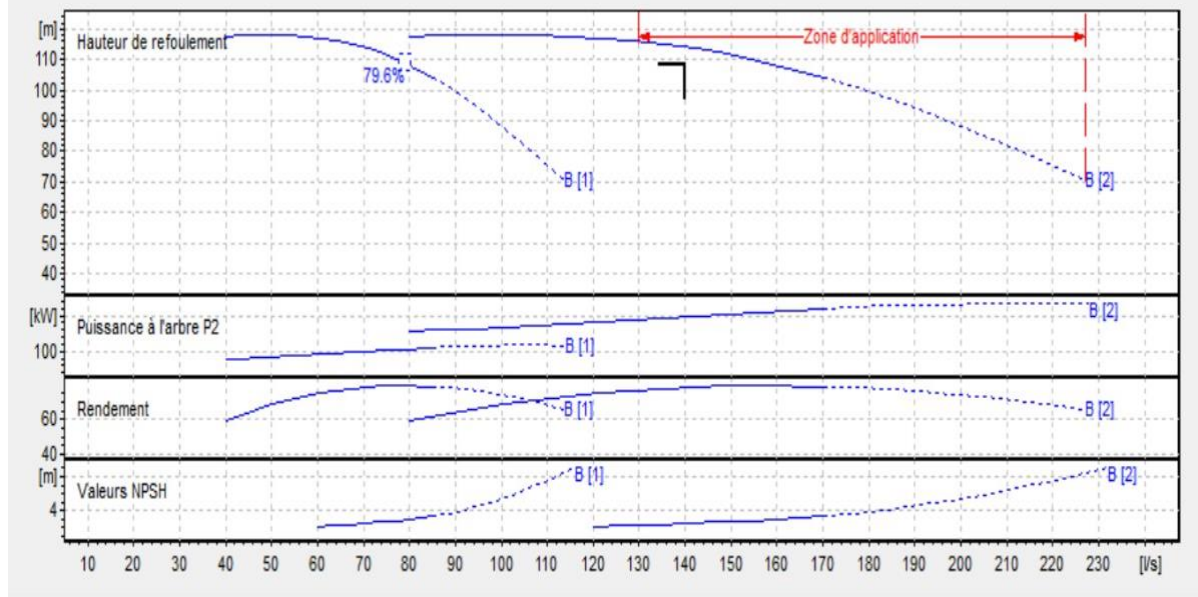
Cette approche garantit une sélection adaptée pour répondre aux exigences opérationnelles tout en maximisant la performance du système.

Pour déterminer le nombre et le type de pompes conformes aux critères précédemment décrits, nous avons recours au logiciel Caprari. Les résultats de cette analyse figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.7 : Variantes pour le choix du nombre de pompe

N	Q (l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	η (%)	N (tr/min)	P abs (KW)	NPSHr (m)
1	140	109	-	-	-	-	-
2	70*2	109	PM 125	79.6	2900	50	2.97
3	46.6*3	109	PM 100	70.3	2900	44	3.81
4	35	109	PM 100	66.3	2900	36	3.44

Les courbes caractéristiques des pompes sélectionnées sont illustrées dans la figure ci-après :

**Figure IV.4 : Courbe caractéristique de la pompe.**

D'après les simulations réalisées avec le logiciel Caprari, le dispositif de pompage destiné à l'irrigation de l'extension du périmètre d'Ain El Bey repose sur deux pompes centrifuges de type PM125. L'extraction des eaux d'irrigation est assurée par un système comprenant ces trois unités principales, complété par une pompe de secours pour garantir la continuité de l'approvisionnement.

IV.9 Vérification du risque de la cavitation :

La cavitation se produit lorsque la pression absolue du liquide à l'entrée de la pompe descend en dessous ou atteint la tension de vapeur de l'eau, ce qui perturbe l'écoulement à l'entrée de l'appareil. Dans les pompes centrifuges, ce phénomène résulte souvent d'un déficit en énergie NPSH à l'admission. Afin d'éviter ce désagrément, il est indispensable que la charge nette d'aspiration disponible (NPSHd) soit supérieure à la charge nette d'aspiration requise (NPSHr): $NPSH_r < NPSH_d$

Avec:

- **NPSH_r** : Charge nette d'aspiration requise, valeur transmise par le constructeur.
- **NPSH_d** : Charge nette d'aspiration disponible, donnée par l'installateur.

Le calcul de la valeur de NPSH_d s'effectue par la relation suivante :

$$\text{NPSH}_d = \frac{P_{am}}{\rho g} - ZE - \Delta H_{amm} - \frac{P_v}{\rho g} - \frac{v_{amm}^2}{2g} \quad (\text{IV.10})$$

$\frac{P_{am}}{\rho g}$: La hauteur de pression atmosphérique calculée en mce, en fonction de la position de la Station de pompage.

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

P_v : En mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est recommandé de prendre : $P_v = 20 \text{ hPa}$. ce qui correspond à une valeur de $P_v / \rho g = 24 \text{ m}$

$V \text{ (m/s)}$: la vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration

ΔH_{amm} : La perte de charge relevée à l'aspiration. Pour la conduite d'admission, on applique les pertes de charge linéaires, qui sont spécifiées pour des longueurs comprises entre 4 m et 1000 m. Ici, avec une longueur d'aspiration de 4 m, la perte de charge apparente est évaluée à 0,016 m.

Le système de pompage comporte deux pompes, entraînant une répartition du débit d'aspiration en trois parties distinctes.

On obtient : $V = \frac{4.Q}{3,14.D^2} = \frac{4.0,0700}{3,14.0,191^2} = 2,49 \text{ m/s}$ D'où : $V^2/2g = 2,97$.

Alors :

$(\text{NPSH})_d = 6,08 \text{ m}$.

On remarque que : $(\text{NPSH})_d = 6,08 \text{ m} > 5,58 = (\text{NPSH})_r$

La pompe est efficacement protégée contre tout risque de cavitation.

IV.10 Dimensionnement du Réservoir de stockage :

Pour garantir que le système d'irrigation reçoive l'eau en temps voulu et en maintenant une pression hydraulique adéquate, il est essentiel d'installer un réservoir de stockage. Le volume à prévoir pour ce réservoir se calcule de la manière suivante :

$$V_{\text{réservoir}} = Q_f \times T_{nf} \quad (\text{IV.11})$$

$V_{\text{réservoir}}$: Volume d'eau d'irrigation (m³).

Q_f : débit forcé (m³/h), $Q_f = 497 \text{ m}^3/\text{h}$.

T_{nf} : temps de non fonctionnement de la pompe, $T_{nf} = 2 \text{ heure}$.

Donc :

$$V = 497 \times 2 = 994 \text{ m}^3$$

Ainsi, en prenant :

$$V = 1000 \text{ m}^3$$

La forme géométrique retenue pour notre réservoir est circulaire en béton armé

Les dimensions finales du réservoir cylindrique sont :

Tableau IV.8: Dimensions du réservoir de stockage projeté

Volume (m3)	1000
Hauteur (m)	5
Diamètre (m)	16

IV.11 Description du réseau d'adduction-distribution :

L'alimentation du périmètre d'Ain El Bey se fait par un système gravitaire, reliant le réservoir de stockage au point le plus éloigné à travers un réseau de canalisations. Le choix du matériau utilisé pour ces conduites repose sur plusieurs facteurs.

IV.12 Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau utilisé pour les conduites joue un rôle crucial dans la réussite d'un projet d'irrigation ou d'adduction d'eau. Il s'agit de trouver un équilibre entre performance technique, durabilité et maîtrise des coûts d'investissement. Le matériau choisi doit répondre à plusieurs critères essentiels : garantir une bonne performance hydraulique (en termes de pression et de débit), être facilement accessible sur le marché, présenter un bon rapport qualité/prix, et surtout être compatible avec les caractéristiques géotechniques du site d'installation.

1. Les conduites en fonte :

Les canalisations en fonte sont reconnues pour leur solidité et leur longévité. Elles supportent efficacement les fortes pressions internes et bénéficient d'un bon niveau de protection contre la corrosion, ce qui en fait une solution fiable et durable. Toutefois, leur poids important complique les opérations de transport, de manutention et de pose, ce qui peut alourdir les coûts de mise en œuvre. De plus, leur coût à l'achat reste relativement élevé par rapport à d'autres options.

2. Les conduites en PEHD (polyéthylène haute densité) :

Le PEHD est souvent privilégié pour sa résistance à la pression et ses bonnes propriétés mécaniques. Ce matériau souple s'adapte aisément aux terrains variés, ce qui facilite sa pose dans des contextes géotechniques complexes. Toutefois, une attention particulière doit être portée lors des opérations de soudure : une mauvaise exécution peut compromettre l'intégrité du réseau. Par ailleurs, bien que résistant, le PEHD peut s'écraser sous de fortes contraintes externes.

3. PRV (Polyester Renforcé de Verre) :

Le PRV est un matériau composite constitué d'une résine polymère renforcée par des fibres de verre, et parfois enrichie de microsphères. Cette combinaison lui confère d'excellentes qualités mécaniques et une très bonne résistance à la corrosion. Léger, durable et performant, le PRV se positionne comme une alternative sérieuse aux matériaux métalliques, notamment dans les environnements agressifs.

IV.13 Dimensionnement du réseau de distribution :

IV.13.1 Vitesses admissibles :

Définir une vitesse limite admissible pour l'écoulement dans les conduites présente plusieurs avantages sur le plan technique. D'une part, cela permet de fixer un diamètre de canalisation optimal, évitant ainsi le surdimensionnement inutile et contribuant à réduire les coûts liés aux matériaux. D'autre part, cela permet de prévenir certains désagréments hydrauliques : des vitesses trop élevées peuvent provoquer l'érosion des parois, tandis que des vitesses trop faibles favorisent l'accumulation de dépôts solides.

En pratique, la plage de vitesses recommandée se situe généralement entre 1,0 m/s et 2,0 m/s. Pour notre réseau, une vitesse maximale de 1,5 m/s a été retenue afin de garantir un bon compromis entre sécurité hydraulique et efficacité économique.

IV.13.2 Calcul des diamètres :

Le dimensionnement des conduites se fait en tenant compte à la fois du débit à acheminer et de la vitesse d'écoulement dans chaque tronçon du réseau.

Pour déterminer le diamètre théorique, on s'appuie sur la relation de continuité dérivée de la formule de Chezy. Une fois ce diamètre calculé, il est ensuite ajusté en fonction des standards disponibles sur le marché, afin de sélectionner un diamètre nominal compatible avec les conduites commercialisées

$$D = \frac{\sqrt{4 * Q * 0.001}}{\Pi * V} * 100 \quad (IV.12)$$

Où :

- Q : débit exprimé en m³/s,
- D : diamètre exprimé mm
- V : vitesse admissible=1.5 m/s.

IV.13.3 Estimation des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires sont déterminées à l'aide de la formule de Lechapt et Calmon :

$$\Delta H = C * ((L * QM) / DN)$$

- ΔH : les pertes de charge unitaires (en mètres par mètre),
- L, M, et N : coefficients influencés par la rugosité absolue (**Ks**) des conduites,
- C : coefficient qui prend en compte une majoration de **10 à 15 %** pour intégrer les pertes singulières.

Par ailleurs, le paramètre **J** est exprimé par :

$$J = L \times QM / DN \quad (IV.13)$$

Les variables utilisées sont les suivantes :

- J : Perte de charge linéaire, exprimée en mètres de colonne d'eau (mCE),
- L : Longueur de la conduite (en kilomètres),
- Q : Débit en mètres cubes par seconde (m³/s),
- D : Diamètre intérieur en mètres (m).

Dans le cadre de cette étude, nous adoptons une valeur de $C = 1.15$, tenant compte d'une majoration de 15 % pour les pertes singulières.

Les résultats des calculs sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau IV.9 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K(mm)	L	M	N
0.1	1.15	1.89	5.01
0.5	1.4	1.96	5.19
1	1.6	1.975	5.25

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

Dans étude, les conduites seront en PEHD.

IV.13.4 Calcul des pressions:

On détermine les valeurs de pression en appliquant le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre deux points distincts, notés 1 et 2.

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \Delta H \quad (\text{IV.14})$$

- Z : La côte.
 - $P/\rho g$: La hauteur représentative de la pression.
 - $V^2/2g$: La hauteur représentative de la vitesse.
 - ΔH : Les pertes de charges.
- ❖ L'estimation des pressions au niveau des nœuds, des raccordements et des bornes a été effectuée à l'aide de la simulation hydraulique sous Water-CAD.

Tableau IV.10 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution

N° du Tronçon	Longueur	Débit	D _{calculé} (mm)	D _{nm} (m)	Matériel	V (m/s)	P.D.C L(m)	P.D.C T(m)	Cote T	Cote P	Pression En bars
R-N1	360	133	388.21	400	PEHD	0.89	0.89	0.96	987.00	1053.38	4.21
N1-N2	279	48	257.7	315	PEHD	0.93	0.36	0.39	995.00	1054.14	3.16
N2-B1	64	11	152.4	160	PEHD	0.61	0.12	0.14	992.00	1053.20	4.06
N2-N3	272	9	152.4	160	PEHD	0.50	0.37	0.41	1015.0	1052.14	5.10
N3-B2	210	16	152.4	160	PEHD	0.89	0.84	0.92	1004.0	1050.87	5.26
N3-B3	264	26	191.7	200	PEHD	0.90	0.87	0.96	996.00	1050.31	5.08
N3-N4	187	60	291.3	315	PEHD	0.90	0.32	0.35	985.00	1053.86	5.12
N4-B4	544	13	152.4	160	PEHD	0.69	1.48	1.63	992.00	1053.70	4.19
N4-N5	238	22	212.5	250	PEHD	0.61	0.19	0.21	1010.0	1051.49	5.89
N5-B6	228	35	268.0	315	PEHD	0.63	0.14	0.15	1003.0	1051.37	5.98
N5-N6	292	73	359.2	400	PEHD	0.72	0.22	0.24	1013.0	1051.36	5.23
N6-B5	158	6	51.70	63	PEHD	0.35	1.24	1.37	993.00	1053.39	4.49
N6-B7	600	38	259.2	315	PEHD	0.72	0.44	0.48	985.00	1054.67	5.39
N1-N7	355	30	215.8	250	PEHD	0.81	0.51	0.57	983.00	1051.34	4.59
N7-B8	50	10.00	100.93	110	PEHD	0.80	0.52	0.57	988.6	1049.35	5.78
N7-N8	402	17.95	129.16	160	PEHD	0.73	1.80	1.98	979.5	1046.86	4.97
N8-B12	50	7.93	84,66	90	PEHD	0.71	0.71	0.78	1018.6	1054.30	4.35
N8-N9	50	10.02	104.13	110	PEHD	0.85	0.52	0.57	1016.5	1053.85	6.06
N9-B13	480	62.18	254.47	315	PEHD	0.75	0.87	0.96	1014	1053.49	4.98
N9-N10	50	6.90	62.87	63	PEHD	0.45	4.54	4.99	1005	1052.18	2.57
N10-B10	280	55.28	176.2	200	PEHD	0.92	4.289	4.71	1005.3	1052.73	4.71
N10-B14	50	9.07	71.28	75	PEHD	0.44	3.17	3.49	1005	1052.38	2.27
N1-N11	305	37.01	179.00	200	PEHD	0.68	2.23	2.46	994.5	1050.63	5.72
N11-B9	50	14.53	96,8	110	PEHD	0.87	0.97	1.06	992.1	1049.20	2.87

Analyse des résultats:

L'étude du tableau récapitulatif des calculs hydrauliques du réseau de distribution du périmètre met en évidence des valeurs de vitesse et de pression qui traduisent une conception satisfaisante et un fonctionnement adapté aux besoins du système d'irrigation.

1. Vitesse (m/s):

Les vitesses enregistrées dans le réseau se situent entre **0.35 et 0.95 m/s**. Cette plage est considérée comme optimale pour les systèmes d'irrigation.

2. Pression (bar):

La pression mesurée aux bornes varie de **2,27 à 6,06 bars**. Ces niveaux de pression sont appropriés pour assurer le bon fonctionnement des asperseurs et des dispositifs de goutte-à-goutte.

Conclusion :

Dans ce chapitre, l'étude a porté sur le système d'adduction du périmètre d'Ain el BEY, subdivisé en 14 îlots et équipé de 14 bornes d'irrigation. La phase de dimensionnement et de calcul a permis:

- D'évaluer le réseau d'adduction, constitué d'une conduite de refoulement de **315 mm** de diamètre.
- De concevoir le réseau de distribution reliant le réservoir aux bornes d'irrigation, réalisé à travers une canalisation en PEHD (PN10).
- De vérifier les niveaux de pression disponibles aux bornes, condition indispensable à la mise en œuvre de tout réseau d'irrigation. Ces résultats confirment la possibilité de recourir à différents systèmes d'irrigation, y compris ceux nécessitant des pressions élevées comme l'aspersion, favorisant ainsi la diversification des cultures et l'amélioration des rendements.

Chapitre V : techniques d'irrigation

Chapitre V : techniques d'irrigation.

Introduction :

La détermination du système d'irrigation constitue un enjeu essentiel pour garantir une répartition efficace de l'eau, provenant de différentes sources, sur le sol afin de satisfaire les exigences hydriques des cultures. Ce chapitre explorera les divers schémas et techniques d'irrigation, afin d'identifier la méthode la plus adaptée aux spécificités de la zone étudiée.

V.1 Choix des techniques d'irrigation :

Le choix d'un système d'irrigation approprié repose sur l'analyse de plusieurs paramètres clés :

- ✓ La pente du terrain à aménager pour l'irrigation.
- ✓ Le débit d'eau disponible.
- ✓ Les caractéristiques du sol, notamment sa perméabilité.
- ✓ Le type de cultures envisagées.
- ✓ Les aspects économiques du projet.

On peut regrouper les méthodes d'irrigation en trois grandes catégories :

- L'irrigation de surface (gravitaire).
- L'irrigation par aspersion (sous pression).
- La micro-irrigation (sous pression).

V.2 Irrigation de surface (gravitaire) :

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, généralement planes au fond, bordées de levées de terre de hauteur variable. Ces diguettes servent à contenir l'eau à l'intérieur du champ et à éviter son écoulement vers les parcelles voisines. Cette technique est surtout utilisée pour irriguer les rizières installées sur des terrains plats ou en terrasses sur les pentes. Elle n'est toutefois pas adaptée aux cultures sensibles à l'excès d'eau, comme la pomme de terre.

V.2.1 Irrigation à la raie :

Cette technique consiste à faire circuler l'eau dans des sillons creusés entre les rangs de culture, avec un débit modéré par rapport à d'autres systèmes d'irrigation. Les raies sont généralement espacées de 0,75 à 1 mètre, ce qui permet à l'eau de s'infiltrer sur une zone limitée du sol, favorisant un arrosage ciblé.



Figure V.1 : Irrigation à la raie

V.2.2 Irrigation par ruissellement:

Cette méthode d'irrigation repose sur l'utilisation de rigoles permettant de conduire l'eau depuis les canaux ou fossés jusqu'aux différentes parties du champ. La parcelle est subdivisée en bandes rectangulaires orientées selon la pente naturelle du sol, facilitant ainsi l'écoulement de l'eau.

Irrigation par planches : l'eau est distribuée sur de larges bandes rectangulaires spécialement aménagées pour assurer une répartition homogène sur la surface à irriguer.



FigureV.2 : Irrigation par ruissellement

V.2.3 Irrigation par bassins (submersion)

Cette technique repose sur l'aménagement de parcelles en cuvettes de terre à fond relativement plat, délimitées par de petites diguettes, plus ou moins élevées, destinées à contenir l'eau et à éviter son écoulement vers les zones adjacentes. Elle est principalement utilisée pour irriguer les rizières implantées sur des terrains plats ou en terrasses le long des pentes. Toutefois, elle n'est pas adaptée aux cultures sensibles à l'excès d'eau, telles que la pomme de terre.



FigureV.3 Irrigation par bassins (submersion)

V.2.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation de**surface Avantages**

- Faibles besoins en énergie Faibles besoins en énergie.
- Coût d'installation relativement modeste.
- Possibilité de contribuer à la recharge des nappes souterraines.

Inconvénients

- Pertes en eau élevées.
- Rendement en eau peu efficace.
- Forte demande en main-d'œuvre et en temps.
- Travaux de nivellement et d'aménagement du terrain indispensables.

V.3 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion permet d'apporter de l'eau aux cultures sous forme de fines gouttelettes, imitant la pluie naturelle. Les dispositifs les plus couramment utilisés dans ce système sont les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. Pour optimiser son efficacité, l'installation doit être conçue de manière à ce que le débit d'arrosage ne dépasse pas la capacité d'infiltration du sol, limitant ainsi les pertes dues au ruissellement.

V.3.1 Irrigation par asperseurs

Dans ce système, l'eau est acheminée sous pression à travers un réseau de canalisations, puis projetée en fines gouttelettes par des asperseurs rotatifs, simulant une pluie artificielle sur les cultures.



Figure V.4 Irrigation par asperseurs

V.3.2 Irrigation par pivot

Les dispositifs d'irrigation automoteurs, tels que les pivots centraux et les rampes frontales, sont couramment utilisés dans les régions sahariennes pour irriguer les prairies et d'autres cultures dépassant le couvert végétal. Les pivots fonctionnent en rotation autour d'un point fixe, tandis que les rampes frontales se déplacent en ligne droite avec des extrémités indépendantes. Le fonctionnement de ces systèmes, incluant leur déplacement sur la parcelle et l'acheminement de l'eau jusqu'aux cultures, nécessite une source d'énergie. Bien qu'ils offrent une grande flexibilité dans la gestion de l'irrigation, ils peuvent engendrer des coûts énergétiques plus importants comparativement à d'autres méthodes.



Figure V.5 Irrigation par pivot

V.3.3 Avantages et limites de l'irrigation par aspersion**Avantages :**

- Optimise l'utilisation des surfaces agricoles.
- Adaptée à tous types de sols.
- Système pouvant être automatisé.
- Apporte une bonne oxygénation à l'eau d'irrigation.
- Réduction des besoins en main-d'œuvre.

Inconvénients

- Investissement initial très coûteux.
- Favorise l'évaporation de l'eau et le développement des adventices.
- La répartition de l'eau peut être inégale en cas de vent fort.

V.4 Irrigation localisée (goutte à goutte)

Dans les régions arides, les systèmes d'irrigation conçus pour optimiser l'utilisation de l'eau sont ceux qui délivrent, à faible débit, l'eau directement au niveau des racines des plantes à l'aide de goutteurs ou de diffuseurs. Cette technique repose sur l'injection d'eau sous pression dans un réseau de tuyaux, souvent en PVC ou en PEHD. L'eau est ensuite distribuée sur la parcelle à travers de nombreux goutteurs installés le long des lignes de culture. Ainsi, seule la zone entourant les racines reste humide, ce qui permet une irrigation ciblée et économe.



Figure V.6 : Irrigation localisée (goutte à goutte)

V.4.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :**Les Avantages :**

- Permet une distribution très précise de l'eau au niveau de la parcelle, à condition que la technique soit correctement maîtrisée.
- Peut conduire à des rendements agricoles élevés si les conditions de mise en œuvre sont optimales.
- Offre une meilleure tolérance à l'utilisation d'eaux légèrement salines, dans un contexte de bonne gestion du système.
- Réduit considérablement les besoins en main-d'œuvre.
- Nécessite peu de dépenses pour l'entretien régulier du système.
- Ne subit pas l'influence du vent, ce qui assure une stabilité dans l'irrigation.
- Ne mouille pas les feuilles, limitant ainsi les risques de maladies liées à l'humidité.
- L'humidification très localisée du sol favorise certaines interventions culturales et réduit l'évaporation.
- Contribue à limiter le développement des adventices (mauvaises herbes), car seule une portion restreinte du sol est irriguée.
- Peut raccourcir le cycle de développement des cultures grâce à une gestion hydrique ciblée.

Les Inconvénients :

- Le coût d'investissement initial est relativement élevé, ce qui restreint son usage aux productions à forte valeur économique.
- Implique un haut niveau de technicité pour chaque phase du projet : analyse du sol, conception du système, et gestion fine de l'irrigation.
- Exige un suivi technique rigoureux, notamment pour éviter tout dysfonctionnement pouvant compromettre l'apport en eau.
- Nécessite un système de filtration de l'eau pour éviter l'obstruction des dispositifs d'irrigation.
- Utilise du matériel souvent délicat, avec une durée de vie parfois limitée, ce qui peut entraîner des frais supplémentaires à moyen terme.

V.5 Irrigation souterraine :

En sub-surface, l'eau est apportée directement sous la couche superficielle du sol. Cette approche peut prendre plusieurs formes, parmi lesquelles :

- La régulation du niveau de la nappe phréatique grâce à un système de drainage modulable, capable de fonctionner en sens inverse pour acheminer l'eau d'irrigation. Ce système peut s'appuyer sur des drains enterrés ou des fossés profonds, ce qui en fait une solution pertinente pour les terrains plats et humides.
- L'emploi de dispositifs conçus pour apporter l'humidité directement à proximité des racines, en profondeur dans le sol.

Parmi les systèmes utilisés pour la diffusion de l'eau, on retrouve des récipients poreux, tels que les jarres en terre cuite connues sous le nom de « Canaris ». Cette méthode, d'origine traditionnelle, est principalement utilisée en maraîchage, notamment sur de petites surfaces.

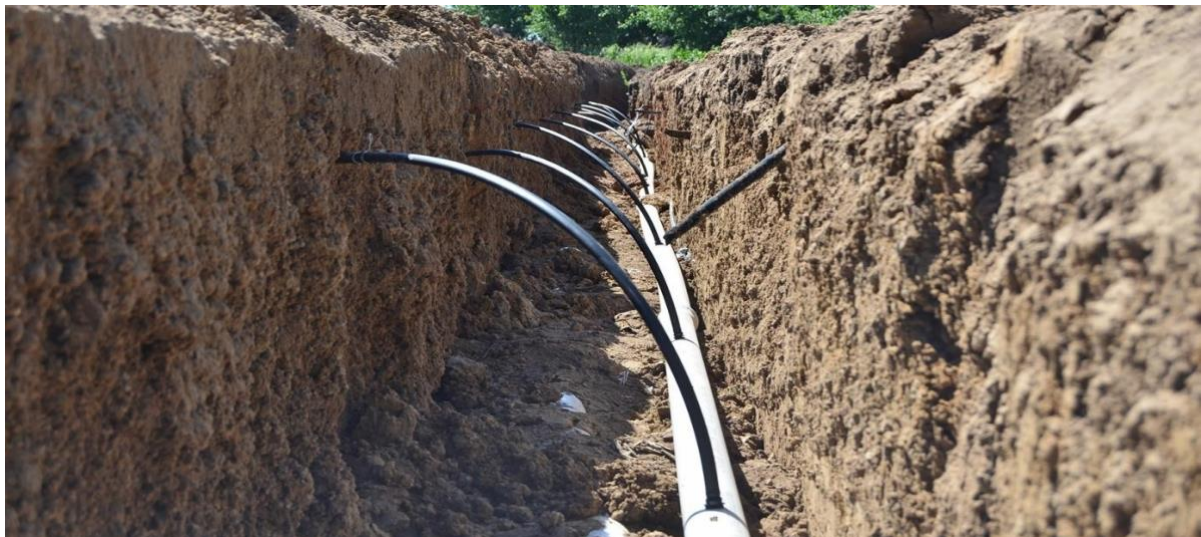


Figure V.7 : Irrigation souterraine

V.5.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :**Les avantages :**

- Faibles coûts d'installation et d'exploitation, notamment lorsque la parcelle dispose déjà d'un système de drainage souterrain fonctionnel.

- Très faible besoin en main-d'œuvre, le système étant largement automatisé ou passif.
- Aucune structure apparente en surface, ce qui permet une exploitation du terrain sans obstacle ni gêne pour les opérations agricoles.
- L'absence d'humidification du feuillage limite le risque de maladies cryptogamiques et autres pathologies liées à l'humidité.
- Le sol en surface reste sec, ce qui facilite le passage des engins agricoles et d'autres interventions culturales.

Les inconvénients :

- Maîtrise de l'irrigation moins précise, avec une distribution de l'eau parfois irrégulière, ce qui rend la méthode plus appropriée aux cultures à faible exigence ou faible valeur économique.
- Applicabilité restreinte, cette technique nécessitant des conditions pédologiques spécifiques et la présence préalable d'un système de drainage enterré.

Conclusion :

En conclusion, le choix de la méthode d'irrigation la plus adaptée nécessite une évaluation rigoureuse des avantages et des limites propres à chaque technique. Dans le cadre de notre étude, l'accent a été mis sur les solutions modernes suivantes :

- L'irrigation goutte à goutte, particulièrement adaptée aux cultures arboricoles et maraîchères, en raison de sa précision et de son efficacité hydrique.
- L'irrigation par aspersion, recommandée pour les cultures fourragères et céréalières, grâce à sa capacité à couvrir de larges surfaces de manière uniforme

Chapitre VI :
Dimensionnement à la
parcelle

Chapitre VI :Dimensionnement à la parcelle

Introduction :

La définition des dimensions des parcelles constitue une étape essentielle dans la conception d'un plan d'aménagement. Cette configuration dépend étroitement du système d'irrigation retenu. Cette partie du travail s'attache à analyser la démarche permettant d'établir la taille optimale des parcelles, en intégrant les spécificités de la méthode d'irrigation adoptée ainsi que les contraintes et caractéristiques propres à la zone géographique concernée par l'étude.

VI.1 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion consiste à distribuer l'eau aux cultures sous forme de fines gouttelettes, simulant une pluie artificielle. Ce procédé repose sur l'utilisation de dispositifs spécifiques fonctionnant sous pression. Dans ce cadre, nous décrivons brièvement le fonctionnement typique de l'irrigation à l'échelle de la parcelle à l'aide d'un système conventionnel.

À partir du point de prélèvement, l'eau transite par une conduite d'approche (également appelée conduite tertiaire), qui alimente les portes rampes. Ces dernières desservent les rampes principales, sur lesquelles sont installés les asperseurs.

Avant de procéder au dimensionnement des différents éléments du système, il est indispensable d'évaluer plusieurs paramètres clés, notamment le type de culture envisagé et les particularités physiques de la parcelle concernée.

VI.1.1 Données générales:

Choix de culture :

La culture retenue nécessite l'installation complète du réseau d'irrigation, incluant les conduites et les asperseurs, sur l'ensemble de la parcelle pendant toute la durée de la campagne agricole. Dans le cadre de cette étude, c'est le blé qui a été choisie comme culture de référence pour l'irrigation.

Choix des parcelles de l'ilot :

L'arrosage par aspersion est réalisé sur une parcelle située dans l'ilot n°1, couvrant une superficie de 2,43 hectares. Cette parcelle bénéficie d'une pression disponible de 4,06 bars, ce qui permet le bon fonctionnement du système d'irrigation envisagé.

- Surface: 2.49 ha
- Longueur: 192 m
- Largeur:130 m
- Temps de travail : 20 heures par jour, et 26 jours par mois
- Besoins en de pointe : 155.2 mm/mois pour le mois de pointe(Juin).
- Perméabilité du sol : $K=7$ mm/h.

Dose pratique :

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

- **Y** : degré de tarissement : égal à 2/3
- **Da** : densité apparente : égale à 1.4
- **Surface de la parcelle** : $S = 2,43$ ha
- **Type de culture** : Blé
- **Z** : profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le Blé)
- **H_{cc}** : humidité à la capacité au champ (26%)
- **H_{pf}** : humidité au point de flétrissement (15%)

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

VI.2 Dimensionnement théorique :

a) Calcul du diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol limon argileux $K = 7 \text{ mm/h}$ 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

Avec :

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

Selon la documentation technique de l'arroseur PERROT (voir Annexe 4), le diamètre normalisé de buse correspondant le plus proche est de 4,8 mm

b) Calcul de la portée de jet (L) :

La portée de jet représente l'intervalle séparant l'émetteur du point d'impact de l'eau sur le sol. Ce critère définit la surface circulaire arrosée par l'équipement et peut être déterminé à partir de l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot D^{0.5} \cdot H^{0.25} \quad (VI.2)$$

Avec :

- **D** : le diamètre de la buse (mm)
- **H** : pression à la buse (m), dans notre étude $P = 4.06$ bars, hauteur d'eau = 40.6m.

$$L = 3 \cdot (4,8^{0.5}) \cdot (40.6)^{0.25} = 16,52 \text{ m}$$

Théoriquement, cette formule reste applicable, mais nécessite des ajustements supplémentaires selon le diamètre retenu et conseillé par le fabricant. Selon les données du catalogue, une buse de 4.8 mm de diamètre, sous une pression de 4.06 bars, permet d'obtenir une portée estimée à 16,6m.

c) Ecartements entre les rampes et arroseurs :

Selon la vitesse du vent, les standards américains fixent les espacements maximaux suivants :

- **E_l** (entre les lignes d'arrosage) : de 1,25 L pour un vent faible à 1,02 L en cas de vent fort ;
- **E_a** (entre les arroseurs sur la conduite) : de 0,8 L lorsque le vent est faible à 0,5 L lorsque le vent est fort.

Ces valeurs maximales sont établies pour des vitesses de vent inférieures à 10 km/h. Dans notre zone d'étude, les rafales atteignent environ 4 m/s (soit 14.4 km/h), ce qui conduit à retenir les valeurs suivantes :

- **E_l** = 1,3*16,6= 21,58 m
- **E_a** = 0,75*16,6= 12,45 m

Les espacements normalisés adoptés sont présentés comme suit :

- **E_l** = 18m
- **E_a** = 18m
- La surface mouillée = **324 m²**

d) Débit de l'asperseur :

Le débit émis par un asperseur est déterminé à partir de l'équation suivante :

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40}$$

$$q = 0,00042 \text{ m}^3/\text{s} = 1,512 \text{ m}^3/\text{h}$$

Avec :

q: Le débit de l'asperseur (m³/s)

e) Vérification de la pluviométrie de la buse :

En considérant que l'écart est proportionnel à la portée, il est possible d'évaluer la lame d'eau appliquée par heure, notée p (mm/h), au moyen de la relation suivante :

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

Q : est le débit de l'asperseur choisi, q = 1.512 m³/h

D'où :

$$P = \frac{1,512 \times 1000}{18.18} = 4,66 \text{ mm/h}$$

Ce qui résulte : 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 correspond à la période requise pour assurer l'irrigation de l'ensemble des parcelles.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose}_{\text{RFU}}}{B_{\text{mp}}} N_j \quad (\text{VI.3})$$

$$T_{\text{eau}} = \frac{56 \times 26}{135.2} = 10.76 \text{ Jours}$$

On prend : un tour d'eau de 11 jours.

On irrigue $30/10 = 3$ fois par mois.

g) La dose réelle:

$$Dr = T_{\text{eau}} \times \text{la dose journalière} \quad (\text{VI.4})$$

Tel que :

- La dose journalière = $135.2/30 = 4.50 \text{ mm/jour}$.
- $Dr = 12 \times 4.50 = 54 \text{ mm}$.
- $Dr = 54 \text{ mm}$.

h) La dose brute:

$$Db = \frac{\text{la dose}_{\text{réelle}}}{0.75} = \frac{54}{0.75} = 72,00 \text{ mm}$$

i) Temps d'arrosage :

La durée T nécessaire pour appliquer une lame d'eau à l'aide d'un asperseur, tout en respectant la capacité d'infiltration du sol, est déterminée par la relation suivante :

$$T_a = \frac{\text{dose}_{\text{réelle brute}}}{\text{pluviométrie}} = \frac{72}{7} = 10.28 \text{ h} \quad (\text{VI.5})$$

- $T_a = 10 \text{ h}$

Il devient alors possible de prévoir deux cycles quotidiens par asperseur, représentant un temps de fonctionnement total de 20 heures.

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

$$Q_{eq} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T \cdot n \cdot N_j} = \frac{2,49 \times 135,2 \times 10}{10 \times 3 \times 26 \times 0,75} = 5,754 \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{VI.6})$$

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

La surface unitaire arrosée :

$$SU = \frac{S}{T_{\text{eau}} \cdot n} = \frac{2,49}{10 \times 3} = 0,083 \text{ ha} \quad (\text{VI.7})$$

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

$$N_{asp} = \frac{SU \cdot 10000}{El \cdot Ea} = \frac{0,083 \cdot 10000}{18 \cdot 18} = 2 \text{ asp} \quad (VI.8)$$

Dans notre étude, la configuration retenue prévoit l'utilisation de :

- 2 asperseurs pour irriguer une superficie de 0,083 ha.

VI.2 Dimensionnement hydraulique des rampes :

VI.2.1 Longueur de la rampe :

Le dimensionnement du réseau d'aspersion est une étape qui varie selon les spécificités de chaque parcelle

Deux configurations techniques sont envisagées pour l'installation des dispositifs d'aspersion sur les rampes :

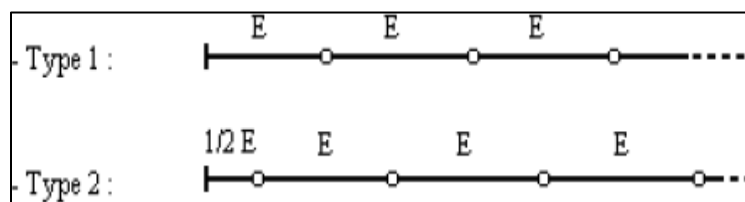


Figure VI.1: Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.

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 :

$$L_r = \frac{\text{largeur de terrain}}{2} - \frac{Ea}{2} = \frac{192}{2} - \frac{18}{2} = 87 \text{ m} \quad (VI.9)$$

La formule ci-dessous permet de calculer le nombre d'asperseurs installés sur chaque rampe

$$N_{asp} = \frac{\text{largeur}}{Ea} = \frac{L_r}{Ea} = \frac{87}{18} = 4 \text{ asperseurs} \quad (VI.10)$$

VI.2.2 Dimensionnement de la rampe (Q_r) :

$$Q_r = \text{le débit de l'asperseur} \times \text{le nombre d'asperseur par rampe} \quad (VI.11)$$

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 :

$$N_r = \frac{L_r}{El} = \frac{192}{18} = 11 \text{ rampe} \quad (VI.12)$$

VI.2.3 Calcul du diamètre de la rampe :

Diamètre de la rampe :

$$D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi \cdot V}} \quad (VI.13)$$

Avec :

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

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 diamètres couramment disponibles sur le marché sont : 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm, 110 mm, 125 mm, 160 mm et 200 mm

Le diamètre normalisé ($D_r = 50$ mm)

- $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$ (VI.14)
- $V = \frac{4 * 0,00084}{\pi * (50 \times 10^{-3})^2} = 0,427 \text{ m/s}$

VI.2.4 Calcule des pertes de charge :

La méthode généralement adoptée pour estimer les pertes de charge linéaires dans les conduites s'appuie sur le modèle empirique de Hazen-Williams.

$$J = \left(\frac{3.592}{CH}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad (\text{VI.15})$$

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 m^3/s .

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

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{87}{0.050^{4.87}} \times 0.00084^{1.852} = 0,27\text{m}.$$

VI.3 Dimensionnement de la porte rampe :

VI.3.1 Longueur de la porte rampe :

La longueur de la porte de la rampe est déterminée selon :

$$L_{pr} = 192 - \frac{18}{2} = 183 \text{ m} \quad (\text{VI.16})$$

VI.3.2 Débit de la porte rampe :

La détermination du débit de la porte rampe s'effectue à partir de la formule suivante :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad (\text{VI.17})$$

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

$$Q_{pr} = 3,024 \times 11 = 33,26 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00924 \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.3.3 Calcul du diamètre de la porte rampe :

La détermination du diamètre de la porte rampe s'effectue à partir de la formule suivante :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \quad (VI.18)$$

Avec :

- **Q_{pr}** : le débit exprimé m³ /s
- **D_r** : le diamètre exprimé en mm
- **V** : la vitesse économique de 2 m/s

Dans notre étude les paramètres suivants seront pris en compte :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00924}{\pi \times 2}} = 0,0766\text{m} = 77\text{ mm} = \mathbf{90\text{mm}} \quad (VI.19)$$

Pour la réduction des pertes de charge passe par le choix d'un diamètre normalise de 90 mm pour les tuyaux en PEHD.

D'où :

$$V = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times D_r^2} \quad (VI.20)$$

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

$$V = \frac{4 \times 0,0092}{\pi \times 0,090^2} = \mathbf{1,45\text{ m/s.}}$$

VI.3.4 Calcul de la perte de charge de la porte rampe :

Pour le calcul des pertes de charge linéaires dans les réseaux de tuyauterie, on utilise fréquemment la formule empirique de 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 :

$$J = \left(\frac{3.592}{140}\right)^{1.852} \times \frac{183}{0,090^{4.87}} \times 0,0092^{1.852} = \mathbf{4,35\text{m.}}$$

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

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	183	87
Diamètre (mm)	90	50
Débit (l ³ /h)	0,0092	0,00084
Vitesse (m/s)	1.45	0,427
Perte de charge totale (m)	4.35	0,26

$\Delta H = 4.35 + 0.26 = 4.61$ m de perte charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VI.2. Calcul de la pression en tête de réseau

Cette pression représente le seuil nécessaire pour que le dernier asperseur fonctionne correctement. $H = H1 + H2 + H3$ (VI.21)

- **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 + 4.61 + 0 = 34,61 m.**

P = 3.61 bars, Cela est adéquat compte tenu de la pression disponible à la borne, qui est de **4,06 bars**.

VI.4 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

Dans cette section, l'accent sera mis sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation localisée de type goutte à goutte. Pour y parvenir, il est indispensable de disposer d'informations clés, notamment la superficie de la parcelle, la demande journalière en eau et la durée maximale de fonctionnement prévue par jour.

Données générales :

Le dispositif d'irrigation sera mis en place sur la parcelle reliée à la borne **B9**, où la pression disponible est estimée à environ **2,87 bars**. L'exploitation couvre une superficie totale de **3,8 hectares** et présente une configuration globalement rectangulaire.

- Culture : Noyer
- Besoin de pointe : 177,80mm
- Organisation du réseau goutte à goutte : Avec un espacement de 4 mètres par 4 mètres (4*4).
- Surface : 3,9 ha
- Longueur : 160 m.
- Largeur : 120 m.

VI.4.1 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

VI.4.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :**a) Influence du taux de couverture du sol :**

Dans un dispositif d'irrigation goutte à goutte, l'eau est distribuée uniquement sur une zone restreinte du sol, limitant ainsi fortement les pertes par évaporation directe. Afin d'intégrer cet effet dans les calculs, on introduit un coefficient correctif appelé **Kr**, appliqué à l'ETM. La valeur de ce coefficient est fonction de la proportion de sol recouvert par la végétation à maturité, généralement estimée à 60 %. Son estimation peut se faire à partir de différentes expressions mathématiques, telles que présentées ci-après :

Keller et Karmeli (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0,85} \quad (\text{VI.22})$$

La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs) \quad (\text{VI.23})$$

Il est supposé qu'au stade de maturité, les arbres procurent une couverture du sol de 60 %. Cette hypothèse permet d'établir la relation suivante :

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

Nous utiliserons un facteur $Kr = 0,80$

Donc :

$$B_{net} = B_j \times Kr \quad (\text{VI.24})$$

$$B_{net} = (177,8/30) \times 0,8 = 4,47 \text{ mm/j}$$

VI.4.3 Dose nette pratique:

Une fois les besoins journaliers en eau déterminés, il convient de préciser la fraction de la zone racinaire à humidifier. La dose d'irrigation (RFU), est alors calculée en fonction de la lame d'eau P:

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P \cdot P\% = RFU \times P\% \quad (\text{VI.25})$$

Tels que :

- **Hcc** : la hauteur d'eau de capacité au champ (26%),
- **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 :

$$P\% = \frac{(N \times Spd \times Sh)}{(Sa \times Sr)} \quad (VI.26)$$

- **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:

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

$$RFU = (0,26 - 0,15) \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1,5 = 165 \text{ mm}$$

Et : $D_{nette} = 165 \times 0,25 = 41,5 \text{ mm.}$

VI.2.2. Fréquence et espacement des arrosages (Fr) :

L'intervalle entre deux irrigations successives est obtenu à l'aide de la formule ci-après :

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

Donc: $Fr = \frac{41,5}{4,47} = 9,28 \text{ jours}$

Nous adoptons un cycle d'irrigation de 10 jours. (Tour = 10 jours).

- 3 irrigations par mois.

VI.4.4 Calcul de la dose brute :

Nous recalculons la dose réelle :

$$Dr = B_{jp} \times Fr \quad (VI.27)$$

- $Dr = 4,74 \times 12 = 53,64 \text{ mm}$

VI.4.5 La dose brute réelle

$$D_{bute} = \frac{Dr}{(Eff \times Cu)} \quad (VI.28)$$

Tel que :

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

$$D_{brute} = \frac{53,64}{(0,9 \times 0,9)} = 66,22 \text{ mm}$$

VI.4.6 Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heures) :

$$h = \frac{(D_{brute} \times S_a \times S_r)}{(n \times Q_g)} \quad (VI.29)$$

- **D_{brute}** : le besoin brut calculé précédemment (66,22mm)
- **S_a et S_r** : l'espacement entre les arbres, les rangs,
- **N** : le nombre de goutteurs (2),
- **Q_g** : le débit du goutteur (4 l/h).

$$h = \frac{(66,22 \times 4 \times 4)}{(2 \times 4)} = 132,44 \text{ h/mois}$$

VI.4.7 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{Fr} \quad (VI.30)$$

$$D_j = \frac{132,44}{12} = 11,03 \text{ h/jour.}$$

VI.4.8 Nombre d'arbre par hectare:

Le nombre d'arbres par hectare se détermine par l'expression suivante :

$$N_{arbr} = \frac{1ha}{S_a \times S_r} \quad (VI.31)$$

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

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

VI.4.9 Nombre d'arbre par rampe :

La formule pour calculer Nombre d'arbre par rampe est la suivante :

$$N_{armp} = \frac{L_{rgp}}{S_a} \quad (VI.32)$$

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

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

VI.4.10 Nombre des goutteurs par rampe :

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

$$N_g = \frac{L_{rgp}}{S_a} \times 2 \quad (VI.33)$$

En appliquant ces données:

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

VI.4.11 Débit d'une rampe :

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

$$Q_{rmp} = N_g \times q_g \quad (VI.34)$$

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

VI.4.12 Nombre de rampes

Le Nombre de rampes se détermine par l'expression suivante :

$$Nrmp = \frac{Lngp}{Sr} \quad (VI.35)$$

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

$$Nrmp = \frac{160}{4} = 40 \text{ rampes}$$

VI.4.13 Débit de porte rampe :

La formule pour calculer le Débit de porte rampe est la suivante :

$$Qrmp = Ng \times qg \quad (VI.36)$$

On obtient : $Qrmp = 60 \times 4 = 240 \text{ l/h.}$

VI.5 Calculs hydrauliques du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, l'étude des paramètres hydrauliques (diamètres, pressions et pertes de charge) est indispensable pour garantir la bonne performance du réseau.

VI.5.1 Diamètre de la rampe :

La formule utilisée pour calculer diamètre de la rampe est :

$$Drmp = ((Jth \times 2.75) / (0.478 \times Qrmp^{1.75} \times Lrgp))^{(-1 / 4.75)} \quad (VI.37)$$

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

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

On prend **DN =16 mm**

Calcule de pertes de charge de la rampe

$$Jcal = (0.478 \times Lrgp \times Drmp^{-4.75} \times Qrmp^{1.75}) / 2.75 \quad (VI.38)$$

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

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

Jcal= 0.77 m < 1.4 la condition est vérifiée.

Tableau VI.2 : Caractéristiques des rampes.

Cultures	Noyer
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

VI.5.2 Diamètre de la porte rampes :

La formule utilisée pour calculer diamètre de la porte rampe est :

$$D_{rmp} = ((J_{th} \times 2.75) / (0.478 \times Q_{rmp}^{1.75} \times L_{rgp}))^{(-1 / 4.75)} \quad (VI.39)$$

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

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

On prend alors : **DN = 75 mm**

VI.5.3 Évaluation des pertes de charge de la porte rampe :

$$J_{cal} = (0.478 \times L_{rgp} \times D_{rmp}^{-4.75} \times Q_{rmp}^{1.75}) / 2.75 \quad (VI.40)$$

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

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

Jcal = 0.32 m < 0.8 la condition est vérifiée.

Tableau VI.3: Caractéristiques des portes rampes.

Cultures	Noyer
L _{ngp} (m)	160
N _r	40
Q _{prmp} (l/h)	9600
J _{th} (m)	0.8
D _{calcu} (mm)	61.88
DN (mm)	75
J calculé (m)	0.32

VI.6 Calcul de la pression en tête du réseau :

Pour déterminer la pression totale d'un système goutte à goutte, on additionne les pertes de charge du réseau et la pression demandée par les goutteurs.

$$H = H_1 + H_2 \quad (VI.41)$$

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.

- (H₁ = 1 bar, H₂ = 0.32+0.77 m)

Nous obtenons :

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

Ainsi, une pression de **2,87 bars** suffit largement pour alimenter les goutteurs et garantir leur bon fonctionnement.

Conclusion :

Par conséquent, une pression de 2,87 bars est suffisante pour assurer l'alimentation des goutteurs et garantir leur efficacité.

Dans ce chapitre, nous avons présenté la démarche de dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion destiné à la culture du blé, ainsi qu'un système d'irrigation localisée (goutte à goutte) adapté à le noyer.

L'adoption de ces techniques poursuit un double objectif : optimiser l'utilisation des ressources en eau d'irrigation et accroître la productivité agricole.

Chapitre VII : Calcul technico-économique

CHAPITRE VII : Calcul technico-économique

Introduction :

Dans ce chapitre, l'analyse du bilan quantitatif et de la liste estimative nous a permis d'apprécier les coûts liés à la mise en œuvre du projet d'irrigation. Cette étape consiste à déterminer les quantités de matériaux nécessaires et à préciser les différentes interventions prévues sur le terrain.

Plus particulièrement, l'étude porte sur :

- **Le réseau de distribution** : il regroupe tous les éléments indispensables pour assurer un transport efficace et ciblé de l'eau vers l'ensemble des zones de la parcelle.
- **Le système d'irrigation (par aspersion et goutte à goutte)** : il inclut la conception d'un dispositif combinant conduites, asperseurs, pompes, vannes et autres accessoires essentiels pour garantir une répartition homogène et maîtrisée de l'eau au niveau des cultures.

VII.1 Différents travaux à entreprendre:

Les opérations prévues pour la mise en place du réseau de distribution concernent notamment :

- **La profondeur des tranchées** : dimensionnée en fonction du type de conduite, des conditions du sol et des normes de protection contre les contraintes extérieures.

VII.1.1 Exécution des tranchées:

Il s'agit d'un travail de terrassement (déblais) qui consiste à ouvrir des tranchées. Ces fouilles seront effectuées à l'aide d'une pelle hydraulique. Les matériaux extraits seront déposés d'un côté de la tranchée, tandis que l'autre côté sera laissé libre afin de permettre la mise en place des conduites.

VII.1.2 Pose du lit de sable :

Le **lit de pose** a pour rôle principal d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone de support. Il revêt donc une importance particulière lors de l'installation des conduites, puisqu'il permet d'éviter tout appui localisé ou linéaire susceptible de fragiliser le réseau.

Avant la mise en place des tuyaux, plusieurs opérations préparatoires sont nécessaires :

- Retrait des blocs rocheux de grande taille présents sur les parois de la tranchée.
- Vérification de la conformité des dimensions avec celles définies dans le profil en long du projet.
- Nivellement précis du fond de fouille afin d'obtenir une assise régulière.
- Réalisation d'un lit de sable destiné à recevoir les conduites.

Dans notre cas, l'épaisseur de ce lit de pose est fixée à **10 cm**.

Ces différentes étapes garantissent une assise stable et homogène pour la pose du réseau, assurant ainsi une répartition correcte des charges sur l'ensemble des conduites. Le recours au

Sable contribue non seulement à stabiliser les tuyaux, mais aussi à limiter les risques de déformation ou d'endommagement au cours de leur exploitation.

VII.1.3 Pose des conduites:

Avant la mise en place dans la tranchée, les conduites font l'objet d'un tri rigoureux permettant d'écarter celles présentant des dommages dus à des chocs. Par la suite, elles sont descendues avec précaution au fond de la fouille à l'aide d'un engin de levage adapté. Lors de la pose, l'alignement des tuyaux est vérifié en continu afin de prévenir toute difficulté lors des opérations de raccordement.

VII.1.4 Epreuve de joint et de la canalisation :

Afin de garantir un niveau de sécurité optimal, des essais de pression sont réalisés sur les conduites et leurs joints avant toute opération de remblayage. Ces vérifications s'effectuent au moyen d'une pompe d'épreuve qui met la conduite sous eau, avec une pression équivalente à 1,8 fois la pression de service prévue en exploitation. La durée de l'essai est d'environ 30 minutes, et la perte de pression tolérée ne doit pas excéder 0,2 bar.

VII.1.5 Remblayage des tranchées:

Cette étape de terrassement consiste à recouvrir la conduite à l'aide du matériau de remblai issu directement de l'excavation.

VII.1.6 Nivellement et compactage:

Après avoir réalisé le remblai, un nivellement est réalisé par étalement des terres amassées en monticules. Cette opération est suivie d'un compactage destiné à accroître la densité du sol et à limiter les risques d'affaissement futur.

VII.1.7 Choix des engins du chantier :

La réalisation de ces travaux nécessite l'intervention de différents équipements, chacun étant adapté à une tâche précise. Ces engins peuvent être regroupés 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.

Dans le cadre de notre projet, les engins utilisés se répartissent comme suit :

- A. Pour les travaux de décapage
- B. Pour l'excavation des tranchées
- C. Pour le remblaiement des tranchées
- D. Pour les opérations de compactage

VII.2 Volume de terrassement:

VII.2.1 Dimensions des tranchées :

Largeur de fond de la tranchée :

La **largeur de la tranchée** est fixée en fonction du diamètre de la conduite, conformément à la relation suivante :

$$B = D + 0,60$$

Avec:

- B** : largeur de la tranchée (en mètres),
- D** : diamètre extérieur de la conduite (en mètres).

Profondeur de la tranchée:

La profondeur de pose des conduites doit être suffisamment importante pour faciliter la réalisation correcte des branchements individuels, tout en évitant toute interférence avec les autres réseaux enterrés.

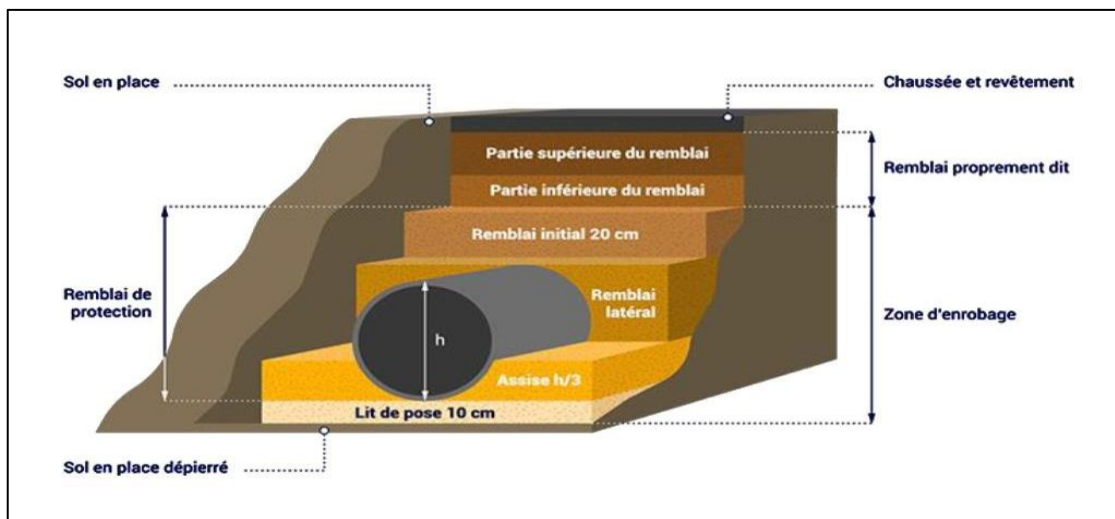


Figure VII.1. Disposition de la conduite dans une tranchée.

La formule utilisée pour calculer La profondeur de la tranchée est :

$$H_{tr} = e + D + h \quad \text{VII.1}$$

Avec :

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

Section de la tranchée :

Les sections des tranchées sont :

Avec :
$$Str = B \times Htr \quad \text{VII.2}$$

Htr : Profondeur total de la tranchée (m).

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

Volume de la tranchée :

Le volume d'une tranchée est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$Vtr = Str \times L \quad \text{VII.3}$$

Avec :

Str : est la section de la tranchée en mètres carrés.

L : correspond à la longueur de la tranchée en mètres.

VII.2.2 Calcul des volumes de terrassement :**Volume de déblai :**

Les déblais de tranchée correspondent aux volumes de matériaux extraits du sol pour permettre la pose des canalisations. Leur évaluation s'effectue selon la relation suivante :

$$V_{déblai} = Vtr = B \times Htr \times L \quad \text{VII.4}$$

Avec :

B : est la largeur de tronçon (m).

Htr : profondeur de tronçon(m).

L : longueur de tronçon (m).

Volume de lit de sable :

Le lit de sable correspond à une couche horizontale de sable destinée à constituer une assise stable pour la pose des conduites. Son volume est déterminé à partir de la relation suivante :

$$Vls = e \times B \times L \quad \text{VII.5}$$

Avec :

Vls : le volume du lit de sable en m³.

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.

Volume occupée par la conduite :

On le détermine Volume occupée par la conduite en utilisant la formule suivante :

$$V = S_{con} \times L = (\pi \times d^2 \times)/4 \quad \text{VII.6}$$

Où :

V_{con} : le volume occupé par la conduite (en mètres cubes).

S_{con} : la section de la conduite (en mètres carrés).

L : la longueur du tronçon (en mètres).

D : le diamètre extérieur de la conduite (en mètres).

Volume de remblai :

Le remblai correspond à la quantité de matériau nécessaire pour combler la tranchée et rétablir la surface du terrain à son niveau initial. Son volume se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$V_{rem} = V_{déblai} - (V_{ls} + V_{con}) \quad \text{VII.7}$$

Où :

V_{rem} : le volume de remblai en (m³).

$V_{déblai}$: le volume de déblai en (m³).

V_{ls} : le volume du lit de sable en (m³).

V_{con} : le volume occupé par la conduite en (m³).

Tableau VII.1 : calcul des différents volumes.

D(mm)	B(m)	H(m)	L(m)	V _{deb} (m ³)	V _{cond} (m ³)	V _{sable} (m ³)	V _{rem} (m ³)
400	1	1.25	652	896.5	81.93	93.75	720.82
315	0.915	1.165	1774	1891.03	138.31	243.48	1509.24
250	0.85	1.1	593	554.45	29.10	75.60	449.75
200	0.8	1.05	849	713.16	26.67	101.88	584.61
160	0.75	1.005	948	714.55	18.96	106.65	588.94
110	0.71	0.96	150	102.24	1.43	15.97	84.84
90	0.69	0.99	100	68.31	0.63	10.35	58.59
75	0.675	0.975	150	98.71	0.66	15.18	82.87
63	0.663	0.963	208	132.80	0,65	20.68	111.47
Somme			5424	5171.75	297.69	683.54	4191.13

VII.2.3 Evaluation de cout des travaux de terrassement :

Tableau VII.2 : cout de travaux de terrassement.

Type des travaux	Unité	Prix unitaire DA	Quantité	Prix des Trav DA
Déblai	M3	450	5171.75	2327288
l. sable	M3	2500	683.54	1708850
Remblais	M3	350	4191.13	1466896
Total HT				5503034
TVA 19%				1045577.6
TOTAL TTC1				6548611.6

VII.2.4 Evaluation de cout de pose des conduites :

Tableau VII.3 : cout de pose des conduites.

Conduite	Type	Unité de mesure	Prix unit en DA	Quantité ml	Prix DA
400	PEHD	ml	7400	652	4824800
315	PEHD	ml	4750	1774	8426500
250	PEHD	ml	3000	593	1779000
200	PEHD	ml	1870	849	1587630
160	PEHD	ml	1240	948	1175520
110	PEHD	ml	780	150	117000
90	PEHD	ml	410	100	41000
75	PEHD	ml	295	150	44250
63			210	208	43680
Total HT					18039380
TVA 19%					3427482.2
TOTAL TTC2					21466862.2

VII.2.5 Estimation des couts des bornes d'irrigation et pièce spéciale :

Tableau VII.4 : Estimation des couts des bornes et pièces d'irrigation.

Les Bornes	Prix unitaire	Quantité	Prix des Trav (DA)
A4	20000	3	160000
A2	15000	11	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

VII.2.6 Coût totale de projet:

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

Tableau VII.5 : Estimation de coût totale de projet.

Designation de travaux	Montant TTC (DA)
Terrassement	6548611.6
Pose des conduits	21466862.2
Bornes et pièces d'irrigation	615706
TOTAL	38631179.8

Conclusion:

L'analyse économique des extensions de périmètres irrigués met en évidence l'importance d'une estimation précise et d'un contrôle rigoureux des coûts, conditions indispensables à la réussite du projet. Cette démarche assure une gestion optimale des ressources et génère des retombées positives durables sur la production agricole et le niveau de vie des exploitants. Le coût total de l'extension du périmètre irrigué d'Ain el bey est estimé à Trente-huit millions six cent trente et un mille cent soixante-dix-neuf dinars algériens et huit dixièmes **38631179.8DA**.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Dans le cadre de cette étude, nous avons procédé au dimensionnement complet du périmètre irrigué d'Ain el bey, couvrant une surface de 120 hectares, en mobilisant les ressources hydriques fournies par la retenue collinaire d'El brika. L'analyse climatique a mis en évidence le caractère semi-aride de la région, marqué par une période sèche dépassant trois mois, ce qui confirme la nécessité de l'irrigation pour garantir des productions agricoles satisfaisantes.

L'étude pédologique a montré que les sols présentent une texture essentiellement limono-argileuse, orientant ainsi le choix vers des cultures adaptées à ces caractéristiques. Par ailleurs, l'évaluation de la qualité des eaux de la retenue collinaire, réalisée selon la classification américaine, a révélé une appartenance à la catégorie **C3-S1**.

Une analyse hydrologique a ensuite été conduite afin de sélectionner la série pluviométrique annuelle la plus pertinente, permettant de reconstituer les précipitations mensuelles correspondant à une probabilité de 80 %. Cette étape a servi de base au calcul des besoins en eau des cultures prévues dans le périmètre.

L'étude du système d'adduction et de distribution a conduit à l'option d'un réseau gravitaire, assurant l'acheminement de l'eau de la retenue vers un réservoir de stockage puis vers les parcelles à travers des conduites en PEHD, équipées de bornes d'irrigation. Ce dispositif permet de maintenir une pression moyenne de 4 bars, compatible avec l'utilisation de techniques d'irrigation modernes : goutte-à-goutte pour les cultures arboricoles et maraîchères, et aspersion pour les céréales.

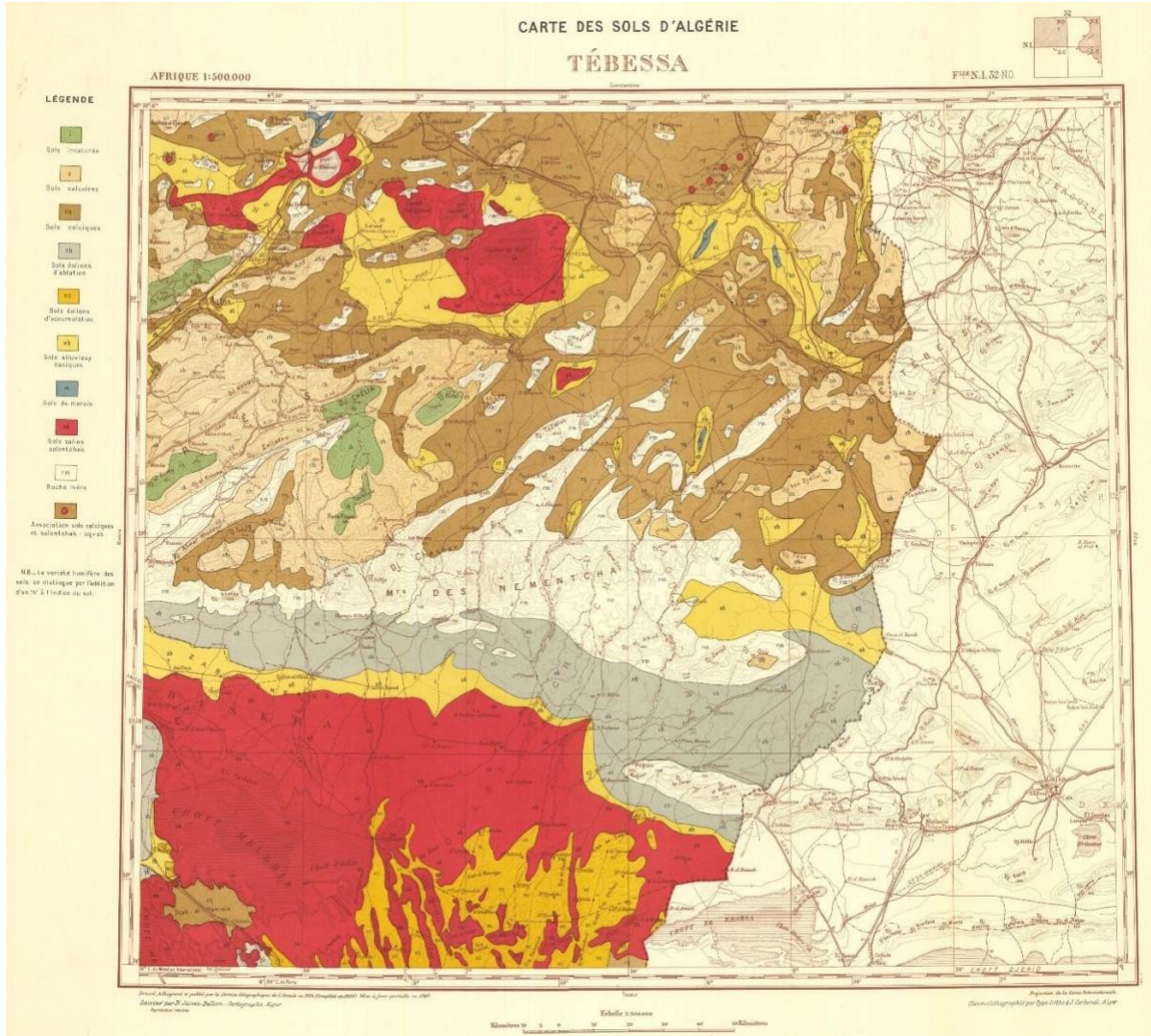
Enfin, une analyse technico-économique a été réalisée pour évaluer la faisabilité du projet, et le coût global a été estimé à Trente-huit millions six cent trente et un mille cent soixante-dix-neuf dinars algériens et huit dixièmes. **38631179.8DA**.

Bibliographie

1. **Blaney, H. F., & Criddle, W. D. (1950).** Détermination des besoins en eau dans les zones irriguées à partir des données climatologiques d'irrigation (Rapport technique n° 96). Département de l'Agriculture des États-Unis, Service de Conservation des Sols.
2. **BEY, A. (2014).** DIMENSIONNEMENT RÉSEAU D'IRRIGATION PAR LE SYSTÈME "GOUTTE A GOUTTE "DU PÉRIMÈTRE D'AIN EL BEY COMMUNE DE KOUIF (W. TEBESSA).
3. **Boulouh,i.(2024)** Dimensionnement du périmètre d'irrigation d'El Eulma Secteur 2 (200ha) à partir du barrage Draa Diss (W. Sétif)
4. **Doorenbos, J., Pruitt, W. O., Aboukhaled, A., et al. (1977).** Besoins en eau des cultures.
5. **Penman, H. L. (1948).** Évaporation naturelle à partir de l'eau libre, du sol nu et des surfaces herbacées. *Proceedings of the Royal Society of London, Série A*, 193, 120-145.
6. **Shirazi, M. A., & Boersma, L. (1984).** Analyse quantitative unifiée de la texture du sol. *Soil Science Society of America Journal*, 48(1), 142-147.
7. **Tazi, A. E. M. (2023).** Étude du périmètre d'irrigation du Moyen Cheliff, secteur C « 120 ha », irrigué à partir du barrage d'Oum Droua (Wilaya de Chlef).
8. **Thornthwaite, C. W., & Holzman, B. (1939).** Détermination de l'évaporation des surfaces terrestres et aquatiques. *Monthly Weather Review*, 67(1), 4-11.
9. **Thornthwaite, C. W. (1948).** Une approche vers une classification rationnelle du climat. *Geographical Review*, 38, 55-94.
10. **Touaibia, B. (2004).** Manuel pratique d'hydrologie.
11. **Turc, L. (1961).** Évaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle : formulation simplifiée et actualisation. *Annales Agronomiques*, 12, 13-49.

Annexes

Annexe 1 : carte de sol de la wilaya de Tébessa :

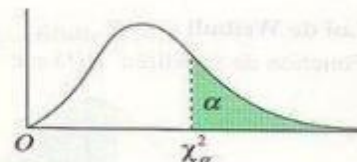


Annexe 2 : la table de Pearson khi deux

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^2_α

$$\alpha = P(\chi^2 \geq \chi^2_\alpha)$$



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 :

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

Annexe 3 : Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 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
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Canne à sucre	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Luzerne	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4 -0.6

Annexe 5 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD

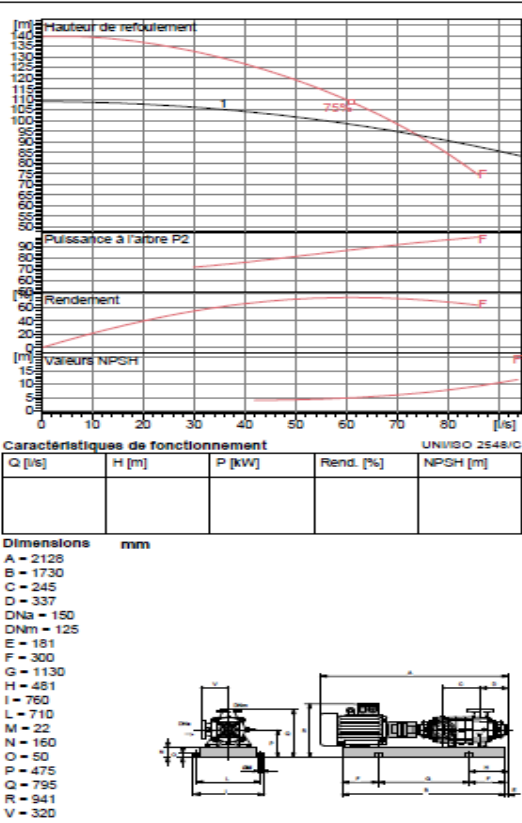
<u>GAMME DES PRODUITS</u>					
PRESSION DIAMETRES	PN6 SDR26	PN10 SDR17	PN16 SDR11	PN20 SDR9	PN25 SDR7.4
20	***	***	2.0	2.3	3.0
25	***	***	2.3	3.0	3.5
32	***	2.0	3.0	3.6	4.4
40	1.8	2.4	3.7	4.5	5.5
50	2.0	3.0	4.6	5.6	6.9
63	2.5	3.8	5.8	7.1	8.6
75	2.9	4.5	6.8	8.4	10.3
90	3.5	5.4	8.2	10.1	12.3
110	4.2	6.6	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 05 : Fiche technique de pompe



PM 125/ 2 F	
Caractéristiques requises	
Débit	70 l/s
Hauteur de refoulement	94.9 m
Fluide	Eau, claire
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2
Caractéristiques de la pompe	
Débit	74 l/s
Hauteur de refoulement	93.3 m
Puissance absorbée	93.5 kW
Rendement	71.8%
Hauteur manométrique H(Q=0)	140 m
Orif. de refoulement	125 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	2950 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	132 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m³
Densité max.	998 kg/m³
Viscosité maxi.	1 mm²/s
Caractéristiques générales	
Poids	1300 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée



Notes:			
Date 11.09.2025	Page 1	Offre n°	Pos.N°

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) 2,5 	P (bar) 3,0 	P (bar) 3,0 	P (bar) 3,5 	P (bar) 3,5 	P (bar) 4,0 	P (bar) 4,0 	P (bar) 	
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 22W	Consommation d'eau					Précipitations									
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
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	Consommation d'eau					Précipitations									
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
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



