



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Contribution à une étude de dimensionnement d'un périmètre d'AKBOU
secteur 'B' «264ha» à partir de barrage TICHY-HAF (W. BEJAIA).

Présenté par :

ATTOU ROFAIDA

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms

Grade

Qualité

RASSOUL Abdelaziz

Professeur

Président

AZIEZ Ouhiba

M.C.B

Examineur

SAIL Nadhira

M.C.B

Examineur

KERID Rachida

M.C.A

Examineur

Sadoune Samra

M.C.A

Promoteur

Session septembre 2024

Remerciements

Je m'adresse, tout d'abord, à Allah, tout puissant, avec ma gratitude infinie qui m'a donné la force, le courage et la volonté nécessaires pour réaliser ce modeste travail.

Ensuite, je tiens à exprimer mes sincères et chaleureux remerciements à mon Encadrante, SAMRA SAADON, pour son encadrement scientifique, sa patience, sa confiance et surtout ses précieux conseils et encouragements, ainsi que toutes les Suggestions et remarques qu'elle a formulées tout au long de ce travail. Mes remerciements ne seraient pas complets sans les adresser à tous mes proches, particulièrement ma mère, pour son soutien constant, sa confiance et ses encouragements. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

Dédicaces

Ce mémoire est dédié à tous ceux qui ont apporté leur contribution à mon parcours académique et personnel.

À ma mère, en raison de son amour inconditionnel, de son soutien inébranlable et de ses encouragements constants tout au long de mes études. Votre confiance en moi a été une source inépuisable de motivation.

À mes enseignants et guides, qui m'ont accompagné avec patience et sagesse, et m'ont enseigné des connaissances précieuses. Votre passion pour l'enseignement m'a donné l'envie d'acquérir de nouvelles connaissances et de me surpasser. Je suis reconnaissant envers mes amis pour leur amitié et leur soutien inébranlable, pour les instants de bonheur partagés et pour avoir été présents à mes côtés pendant les moments d'épreuve.

Et pour finir, à tous ceux qui sont convaincus de l'importance de l'éducation et de la recherche pour construire un avenir parfait.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire est de concevoir et d'optimiser un réseau d'irrigation pour le périmètre agricole AKBOU B, qui s'étend sur une superficie de 244 hectares dans la région d'AKBOU, wilaya de BEJAÏA. Ce projet utilise les ressources hydriques disponibles à partir du barrage de Tichy-Haf, en vue de renforcer l'efficacité de l'irrigation. L'étude prend en compte les caractéristiques pédologiques, les conditions climatiques locales ainsi que le niveau de salinité de l'eau. Afin de maximiser l'efficacité de l'utilisation de l'eau et de préserver les ressources disponibles, des techniques d'irrigation modernes telles que l'aspersion et le goutte-à-goutte sont préconisées. Ce système vise non seulement à améliorer la productivité agricole, mais aussi à garantir une gestion durable et optimale des ressources en eau.

mot clés : Réseau d'irrigation, Périmètre agricole AKBOU B, Barrage de Tichy-Haf , Ressources hydriques, Efficacité de l'eau, Techniques d'irrigation modernes, Aspersion ,Goutte-à-goutte, Salinité de l'eau, Caractéristiques pédologiques, Conditions climatiques locales, Gestion durable de l'eau, Productivité agricole, Optimisation des ressources.

Abstract :

The objective of this thesis is to design and optimize an irrigation network for the AKBOU B agricultural perimeter, which covers an area of 244 hectares in the AKBOU region, in the wilaya of BEJAÏA. This project utilizes the water resources available from the Tichy-Haf dam, aiming to enhance irrigation efficiency. The study takes into account the pedological characteristics, local climatic conditions, and the water salinity levels. In order to maximize water use efficiency and preserve available resources, modern irrigation techniques such as sprinkler and drip irrigation are recommended. This system aims not only to improve agricultural productivity but also to ensure sustainable and optimal water resource management.

key words : Irrigation network , AKBOU B agricultural perimeter, Tichy-Haf dam, Water resources, Irrigation efficiency, Pedological characteristics, Local climatic conditions, Water salinity, Water use efficiency Sprinkler irrigation, Drip irrigation, Agricultural productivity, Sustainable water management, Resource optimization.

ملخص :

يهدف هذا البحث إلى تصميم وتحسين شبكة ري لمنطقة أكبو ب الزراعية، التي تمتد على مساحة 244 هكتارًا في منطقة أكبو، بولاية بجاية. يعتمد هذا المشروع على الاستفادة من الموارد المائية المتوفرة من سد تيشي-حاف، بهدف تعزيز كفاءة الري. تأخذ الدراسة في الاعتبار الخصائص البيولوجية، والظروف المناخية المحلية، ومستويات ملوحة المياه. ولتحقيق أقصى قدر من كفاءة استخدام المياه والحفاظ على الموارد المتاحة، تُوصى باستخدام تقنيات الري الحديثة مثل فقط إلى تحسين الإنتاجية الزراعية، ولكن أيضًا لضمان إدارة مستدامة ومثلى الري بالرش والتنقيط.

كلمات مفتاحية

شبكة الري، منطقة أكبو ب الزراعية، سد تيشي-حاف، الموارد المائية، كفاءة الري، الخصائص البيولوجية، الظروف المناخية المحلية، ملوحة المياه، كفاءة استخدام المياه، الري بالرش، الري بالتنقيط، الإنتاجية الزراعية، الإدارة المستدامة للمياه.

Table des matières

Chapitre I : Presentation de la zone d'étude

I.1. INTRODUCTION :	1
I.2. LA SITUATION GEOGRAPHIQUE :	1
I.3. PRESENTATION DU PERIMETRE :	2
I.4. CARACTERISTIQUES TOPOGRAPHIQUE DE LA ZONE:	2
I.4.1. Le relief :	2
I.4.2. Hydrographie:	3
I.4.3. Géologie :	3
I.5. ETUDE CLIMATOLOGIE :	3
I.5.1. Choix de station de référence :	4
I.5.2. Les paramètres climatiques :	4
I.6. CLASSIFICATION DU CLIMAT:	8
I.6.1 Indice d'aridité annuel de «MARTONNE» (1926):	8
I.6.2. Quotient pluviométrique d'Emberger (1955):	9
I.6.3 Climagramme de BAGNOULS et GAUSSEN :	11
I.6.4 Comparaison des indices climatiques :	11
I.7. CONCLUSION :	12

CHAPITRE II : RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

II.1. Introduction :	13
II.3. La description et classification des sols du périmètre :	13
II.3.1. LES DIFFERENTES CLASSES DES SOLS :	13
II.3.2. LES DIFFERENTES CLASSES D'APTITUDE DES SOLS A L'IRRIGATION ET AU DRAINAGE : .	15
II.3.3. LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS:	16
II.4. Les ressources en eau d'irrigation :	18
II.4.1. LES CARACTERISTIQUES DU BARRAGE DE TICHAF:	18
II.4.2. QUALITE DE L'EAU D'IRRIGATION :	22
II.5. Conclusion :	25

CHAPITRE III : ETUDE HYDROLOGIQUE

III.1. Introduction :	28
III.2. Répartition de la pluie moyenne dans l'année:	28

III.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique	29
III.3.1 Test de Wilconxon	29
III.3.2. Ajustement des pluies annuelles	31
III.4. Choix de l'année de calcul	36
III.5. Conclusion	37

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.1. Introduction	38
IV.2. Calculs les besoins des cultures	38
IV.2.1. Besoin en eau du périmètre	38
IV.2.2. Calcul les besoins en eau d'irrigation	38
IV.2.3. Calcul l'evatranspiration référence (ET0)	41
IV.2.4. Calcul la pluie efficace	41
IV.2.5. Calcul de la réserve en eau du sol	41
IV.3. Choix de culture	43
IV.3.1. Culture proposés	43
IV.3.2. Assolement et rotation des cultures	44
IV.4. Estimation des besoins en eau des cultures choisies	45
IV.5. Calcul du débit spécifique	51
IV.5.1. Evaluation du débit caractéristique	52
IV.5.2. Estimation des volumes d'eau d'irrigation	52
IV.6. Conclusion	53

Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution

V.1. Introduction	54
V.2. Présentation du projet	54
V.3. Fonctionnement de projet	54
V.3.1. Le transfert	54
V.3.2. L'irrigation	55
V.4. Réseau de distribution	56
V.4.1. Organisation et aménagement du périmètre	57
V.4.2. Découpage des ilots	57
V.4.3. Bornes d'irrigation (rôle et fonction)	58
V.4.4. Trace du réseau d'irrigation	59
V.4.5. Calcule débit aux bornes	59

V.4.6. Choix du diamètre et de type de la borne :	60
V.6. Matériaux de construction des canalisations :	61
IV.7. Vitesse admissible :	62
V.8. Détermination du diamètre avantageux :	64
V.8.1. Calcul Perte des charges :	64
V.8.2. Calcul la pression du périmètre :	64
V.9. Conclusion :	66

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

V .1.Introduction :	67
V.2. Choix des techniques d'irrigation :	67
V.3. Catégorie des techniques d'irrigation :	67
V.3.1. L'irrigation gravitaire :	68
V.3.2. L'irrigation par aspersion :	69
V.3.3. Système d'irrigation localisée :	72
V.4. Conclusion :	74

Chapitre VII: Dimensionnement à la parcelle.

VII.1. Introduction :	75
VII.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	75
VII.2.1. Calcul du diamètre de l'ajutage :	76
VII.2.2. Calcul de la portée de jet (L) :	76
VII.2. 3. Ecartement entre les arroseurs et les rampes :	76
VII.2.4. Débit de l'asperseur :	77
VII.2.5. Calcul du débit d'équipement (Qeq) :	79
VII.2.6. Calcul l'unité d'arrosage (SU) :	79
VII.2.7. Nombre d'asperseur requis (Nasp) :	79
VII.3. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte :	83
VII.3.1. Influence du taux de couverture du sol :	83
VII.3.2. Dose nette pratique :	84
VII.3.3. Fréquence et espacement des arrosages (Fr) :	85
IV.3.4. Calcul la dose brute :	85
IV.3.5. Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heure) :	86
IV.3.6. Nombre d'arbre par hectare :	86
IV.3.7. Nombre d'arbre par rampe :	86
IV.3.8. Nombre des goutteurs par rampes :	86

IV.3.9. Débit d'une rampe :	87
VII.3.10. Débit de porte rampe :	87
IV.3.11. Diamètre de la rampe :	88
VII.3.12. Diamètre de la porte rampe :	88
VII.4. Conclusion :	89

Chapitre VIII: Calcul technico-économique

VIII.1. Introduction :	90
VIII.2. Exécution des travaux de pose de canalisation :	90
VIII.2.1. Exécution des tranchées :	90
VIII.2.2. Pose de lit de sable :	90
VIII.2.3. Remblayage des tranchées :	90
VIII.2.4. Nivellement et comptage :	91
VIII.3. Calcul des volumes des travaux de distribution :	91
VIII.3.1. Calcul du volume de terrassement :	91
VIII.3.2. Calcul du volume de déblai :	92
VIII.3.3. Calcul du volume de remblai :	92
VIII.3.4. Calcul du volume de sable :	92
VIII.4. Facture des différents types des conduites du réseau distribution :	93
VIII.5. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales :	94
VIII.6. Coût total de projet :	94
VIII.7. Conclusion :	95

Liste Tableaux :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I. 1: Coordonnees de la station pluviometrique de la station sisi yahia.....	4
Tableau I. 2: La repartition mensuelle moyenne de la temperature (°c), de la station de sisi yahia (1990-2023).....	4
Tableau I. 33: Humidite relative a la station de sisi yahia (1990-2023).....	5
Tableau I. 4: La repartition mensuelle de la vitesse du vent (m/s) de la station de sisi yahia (1990-2023).....	6
Tableau I. 5: insolation moyennes mensuelles de la station de sisi yahia (1990-2023)..	6
Tableau I. 6: Precipitation moyenne mensuelle a akbou	7
Tableau I. 7: La repartition mensuelle de l'evaporation en (mm).....	8
Tableau I. 8: Classification du climat selon la classification de martonne.....	9
Tableau I. 9:La variation moyenne mensuelle de precipitation et de la temperature	11

CHAPITRE II : RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

Tableau II. 1: Les differentes classes d'aptitude des sols	15
Tableau II.2: Les composants du sol	16
Tableau II. 3:Surface irriguee et equipee plateau d'asnam d'oued sahel.....	20
Tableau II. 4: Caracteristiques hydrologique de la retenue du barrage de tichy-haf (coyne et bellier, 1973).	20
Tableau II. 5: Composition chimiques de l'eau du barrage TICHY-HAF	21
Tableau II. 6: Classification des eaux en fonction de la conductivite electrique.....	22
Tableau II. 7 : Classification des eaux en fonction de S.A.R.....	23

CHAPITRE III : ETUDE HYDROLOGIQUE

TABLEAU III. 1. : PRECIPITATION MENSUELLE DE LA STATION AKBOU	26
TABLEAU III. 2: TEST DE WILCONXON	28
TABLEAU III. 3: LES CARACTERISTIQUES DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE	29
TABLEAU III. 4: PERIODE DE RETOUR ET INTERVALLE DE CONFIANCE PAR LA LOI NORMAL	30
TABLEAU III. 5: PERIODE DE RETOUR ET INTERVALLE DE CONFIANCE PAR LA LOI NORMAL	31
TABLEAU III. 6: RESULTAT DE L'AJUSTEMENT.	32

TABLEAU III. 7: L'ANNEE DE CALCUL	33
--	-----------

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV.1 : Evapotranspiration de reference (ET0) calcule par logiciel CROPWAT34	
Tableau IV.2 : Calcul les pluies efficaces	34
Tableau IV.3 : Tableau des réservoirs en eau selon les textures.....	35
Tableau IV.4 : Occupation du sol en fonction des cultures.....	35
Tableau IV.5 : Les assolements proposés.....	36
Tableau IV.6 : Le cycle végétal d'occupation du sol.....	37
Tableau IV.7 : Estimation des besoins en eau pour blé.....	38
Tableau IV.8 : Estimation besoin en eau pour la pomme de terre.....	38
Tableau IV.9 : Estimation besoin en eau pour agrume	39
Tableau IV.10 : Estimation besoin en eau pour oignon.....	39
Tableau IV.11 : Estimation besoin en eau pour tomate.....	43
Tableau IV.13 : Estimation besoin en eau pour Cantaloup.....	43
Tableau IV.14 : Estimation besoin en eau pour olivier.....	44
Tableau IV.15 : Estimation besoin en eau pour betterave.....	44
Tableau IV.16 : Estimation besoin en eau pour sorgho.....	45
Tableau IV.17 : Estimation besoin en eau pour haricot.....	45
Tableau IV.18 : récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.....	48
Tableau IV.19 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.....	48

Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution

Tableau V.1 : Les différents ilots du périmètre.....	50
Tableau V.2 : Type des bornes en fonction des superficies des ilots.....	53
Tableau V.3 : Calcul des débits des bornes et choix de diamètre.....	53
Tableau V.4 : Les diamètres avantageux en fonction des débits.....	56
Tableau V.5 : Les résultats des calculs.....	57

Chapitre VII: Dimensionnement à la parcelle.

Tableau VII.1: Résultat des calculs d'aspersion.....	76
Tableau VII.2: Caractéristique de la rampe.....	82
Tableau VII.3: Caractéristique des portes rampes.....	82

Chapitre VIII: Calcul technico-économique

Tableau VIII.1 : Quantité des travaux de terrassement.....	86
Tableau VIII.2 : Coût des travaux de terrassement.....	86
Tableau VIII.3 : Facteur des différents types des conduites du réseau de distribution. .	87
Tableau VIII.4 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation	87
Tableau VIII.5 : des devis de projet.	87

Liste figures :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I.1: la situation géographique de la wilaya de bejaïa.....	1
Figure I. 2: la situation géographique de la zone d'etude.....	2
Figure I. 3: evaluation des temperatures mensuelles moyennes.....	5
Figure I. 4: Evaluation d'humidite relative mensuelle %.....	5
Figure I. 5: La vitesse du vent moyenne mensuelle.....	6
Figure I. 6: La variation d'insolation moyenne mensuelle (heure).....	7
Figure I. 7: La precipitation moyenne pour chaque mois en mm.....	7
Figure I. 8: Diagramme bioclimatique d'emberger.....	10
Figure I. 9: Climagramme de gausсен.....	11
Figure I.10: Carte simplifiée des zones bioclimatique de l'algerie.....	12

CHAPITRE II : RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

Figure II. 1: La carte pedologique de la zone d'étude (researchgate.net).....	14
Figure II. 2 : Classification du sol dans le triangle de texture(usda).....	18
Figure II.3 : Barrage de tichy-haf.....	19
Figure II. 4: Diagramme de classification des eaux d'irrigation	24

CHAPITRE III : ETUDE HYDROLOGIQUE

Figure III. 1 : Ajustement de pluie annuelle a loi normal	30
Figure III. 2 : Ajustement de pluie annuelle a loi log normal	31
Figure III. 3: Test de khi deux obtenus par logicielle hyfran	32

Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution

Figure V.1 : Schéma explicatif du projet	49
Figure IV.2 : Schéma adduction vers le périmètre AK B.....	49

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Figure V.1 : Irrigation à la raie.....	62
Figure V.2 : Système d'irrigation par enrouleur	64
Figure V.3 : Système d'irrigation par pivot central.....	65

Figure V.4 : Système élémentaire pour irrigation goutte à goutte. 67

Chapitre VII: Dimensionnement à la parcelle.

Figure VI.1: dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.....73

Chapitre VIII: Calcul technico-économique

Figure VIII.1 : schéma d'une tranchée. 85

Liste des planches

Planche N°1 : Plan situation.

Planche N°2 : Plan de réseau d'irrigation.

Planche N°3 : Profil en long.

Planche N°4 : Réseau d'irrigation (par aspersion, goutte a goutte).

Liste des annexes

Annexe 01 : Le réserve utile de chaque type du sol.

Annexe 02 : Fonctionnement projet El Asnam.

Annexe 03 : Spécifications techniques des conduites en PEHD.

Annexe 04 : Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30.

Introduction générale

AKBOU, dans la wilaya de BEJAÏA, possède de nombreuses ressources naturelles, avec une grande diversité de terres agricoles et un potentiel de développement agricole important. Mais comme de nombreuses régions du pays, AKBOU rencontre des difficultés pour exploiter ses terres de manière optimale et gérer l'eau pour l'irrigation. Plus précisément, le secteur AKBOU B présente des possibilités intéressantes pour valoriser les terres agricoles grâce à des projets d'aménagement hydro-agricole.

L'influence des barrages environnants, comme TICHY HAF, bénéficie à la région, offrant des perspectives d'irrigation prometteuses. Toutefois, le défi consiste à améliorer l'infrastructure existante afin de maximiser les rendements agricoles tout en réduisant les dépenses. La gestion rigoureuse de l'eau, un élément clé pour assurer une agriculture prospère, est essentielle pour assurer la durabilité des cultures et préserver les ressources hydriques contre le gaspillage.

Dans cette situation, notre recherche s'intéresse à la création d'un système d'irrigation performant pour le secteur AKBOU B. Dans le but de proposer des solutions adaptées qui répondent aux besoins spécifiques de la région, nous examinerons les conditions naturelles de la région, ainsi que les ressources en sol et en eau. Nous visons à optimiser la taille des équipements d'irrigation, en prenant en considération la salinité de l'eau et en optant pour des cultures résistantes afin d'assurer la rentabilité du projet. Dans le cadre de cette étude, notre objectif est de favoriser la sécurité socio-économique à long terme de la région en augmentant les rendements agricoles et en générant de nouvelles possibilités d'emploi.

Chapitre I

**Présentation de
la zone d'étude**

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction

Avant de mettre en place un projet, il est nécessaire de procéder à une Analyse des conditions naturelles du site où l'étude sera menée. À savoir la situation, climatologique, géographique et géologique et démographique, Afin de caractériser la zone d'étude. C'est l'objectif de ce premier chapitre.

La zone d'étude concerne le périmètre de AKBOU B situé dans la wilaya de Bejaïa.

I.2. La situation géographique

La wilaya de Bejaïa se situe au Nord-Est de la région centre du pays à une distance de 220 Km du capital. Sa superficie est de 3.223,50 km² et elle est limitée par :

- Au nord, la mer Méditerranée,
- Au sud, la wilaya de Bordj Bou Arreridj,
- À l'ouest, les wilayas de Bouira et de Tizi Ouzou,
- À l'est, les wilayas de Sétif et de Jijel.

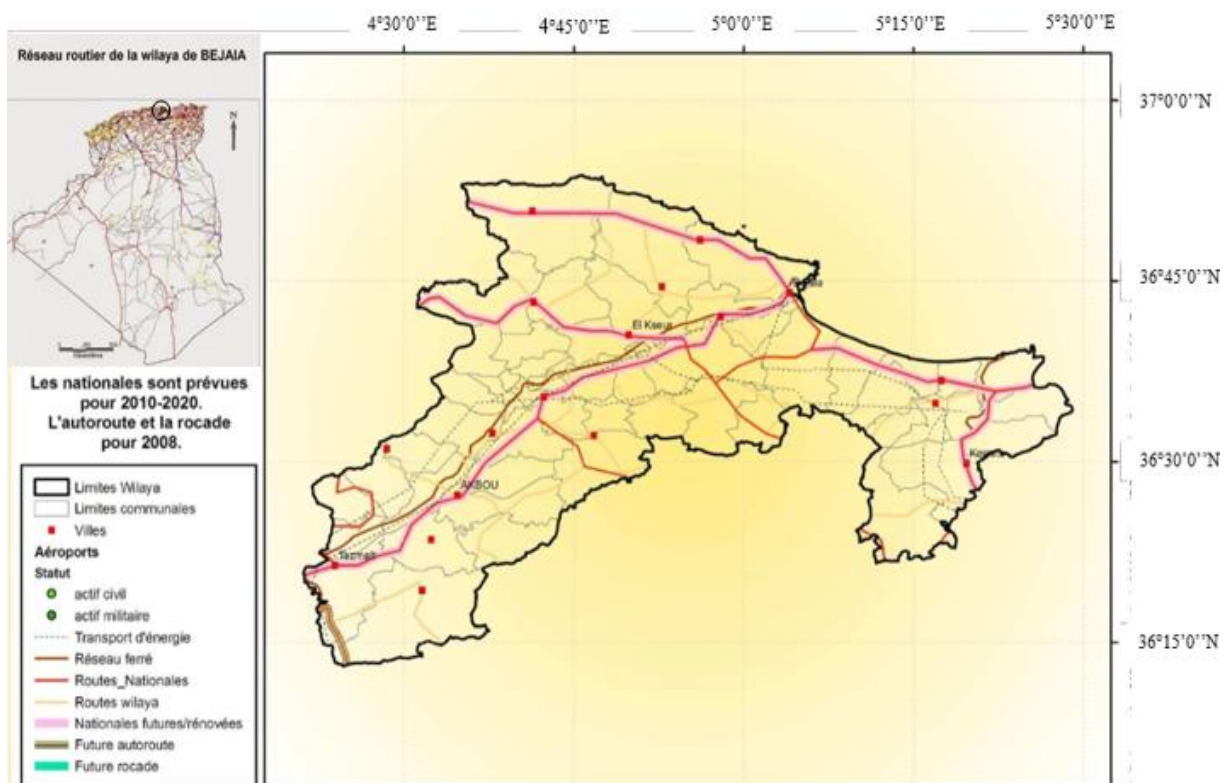


Figure I.1: La situation géographique de la wilaya de Bejaïa [1]

I.3. Présentation du périmètre

La zone d'étude est située sur le flanc Est du massif montagneux du Djurdjura en Kabylie, dans la haute vallée de la Soummam. Délimitée au Nord-Ouest par le massif montagneux, à l'Est par la vallée de la Soummam. Administrativement la zone d'étude se trouve sur le territoire de commune d'Akbou, située à une altitude moyenne de 280m, la commune d'Akbou s'étend sur une superficie de 52,18 Km². La commune est traversée par les routes (RN 26: Bejaia – Tazmalt et RN 26 A: Akbou – Chellata).

Et Sur les frontières d'Akbou on y retrouve les localités d'Azib Benali Chérif, Tifrit, Azaghar et Taharrachet qui est l'emplacement exact de notre périmètre AKBOU B. comme l'illustré sur la figure I.1 [2].

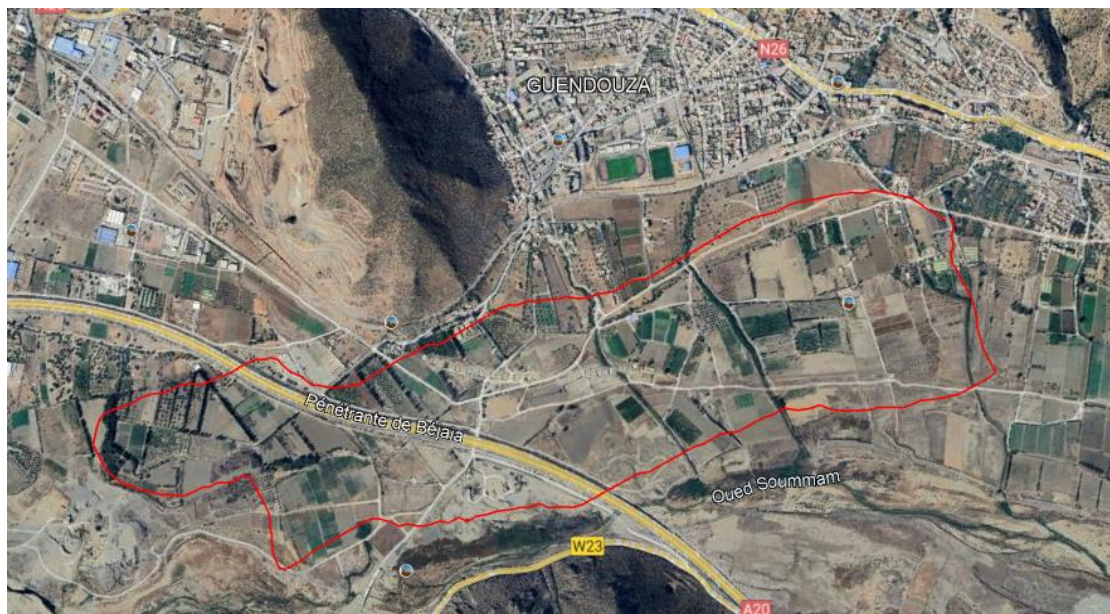


Figure I. 2: La situation géographique de la zone d'étude [3]

I.4. Caractéristiques topographique de la zone

I.4.1. Le relief

La ville d'AKBOU possède un relief très diversifié, composé des deux ensembles topographiques suivants :

- La partie inférieure de la colline se distingue par des pentes inférieures à 5%.
- Les versants de cette colline sont les suivants : le versant nord présente des pentes croissantes vers le nord et des hauts talus, tandis que les versants sud et est se distinguent par des pentes de 10 à 15% en amont et des pentes supérieures à 20% en aval, avec des hauts talus à l'Est.

I.4.2. Hydrographie [4]

Akbou est située au confluent de deux cours d'eau majeurs qui forment la Soummam : l'oued Sahel et l'oued Bou Sellam. Le bassin versant de la Soummam couvre une superficie totale de 9 200 km² répartie comme suit:

- Bassin de l'oued Sahel de Sour El-Ghozlane (wilaya de Bouira) à Akbou : 3 750 km²
- Bassin de l'oued Bou Sellam d'Aïn-Oulmane (wilaya de Sétif) à Akbou : 4 500 km²
- Bassin de la Soummam, au sens strict, d'Akbou jusqu'à la mer : 950 km²

I.4.3. Géologie

La zone d'étude se répartie sur trois types de formations et d'âge géologique distincts ; nous allons de bas en haut :

- La formation du crétacé inférieur (roche sédimentaire de couleur blanche composée de carbonate et calcium) sont largement développées sur la partie montagneuse de la zone d'étude des quatre oueds. Elles sont représentées par des sédiments argileux et calcaire, des schistes noirs et des conglomérats. Les dépôts du crétacé supérieur affleurent dans la partie Nord- est et sont représenté par des schistes marneux noirs.

- Les dépôts cénozoïques les plus réponsus sont ceux de l'Oligocène représenté par des grés quartzeux, par des argilites et des argiles ; Les dépôts néogènes sont moins réponsus et constituent des surfaces restreintes dans la vallée de l'oued Soummam.

- Le Quaternaire est présenté par les dépôts récents des terrasses de la vallée alluviale de l'oued Sahel. Ces cents très diversifiés peuvent se rencontrer en discordance sur de tous les terrains cités précédemment. On y rencontre des brèches de pente, des alluvions récents et des alluvions anciennes. Sur le plan morphologique, la vallée de l'oued Sahel correspond à une dépression alluvionnaire Orientée Sud-est de Tazmalt à Akbou. De ce fait elle constitue une zone de transition entre le domaine externe et le domaine interne, et présente du point de vue structural une grande complexité du à la superposition d'ensembles géologiques de chacun de ces deux domaines.

- La vallée alluviale sépare les deux ensembles montagneux : Bibans-Babors à l'Est et Gouraya à l'Ouest[1].

I.5. Etude climatologie

L'étude climatologique est nécessaire pour déterminer le type de climat et identifier certains paramètres tels que les précipitations, l'évaporation, la température et l'insolation, permet de choisir les cultures à pratiquer, les techniques culturales et le calcul des besoins en eau de chaque culture.

I.5.1. Choix de station de référence

Le périmètre Situé dans une zone assez bien équipée de stations pluviométriques qui ont été en service pendant de longues périodes, l'étude hydrologique ne concerne que la station la plus proche d'AKBOU. Située dans la willaya de BEJAIA par une distance vers AKBOU d'environ 30 Km et sont données par le tableau suivant :

Tableau I. 1: Coordonnées de la station pluviométrique de la station SIDI YAHIA

Nom de la station	Code de la station	X(m)	Y(m)	Z(m)
SIDI YAHIA	150904	672.1	348.5	255

[5]

I.5.2. Les paramètres climatiques

I.5.2.1. La température

La température joue un rôle essentiel dans une étude climatologique, elle influe sur la croissance des plantes et elle conditionne l'évaporation et le cycle végétatif des cultures (photosynthèse et de la respiration), Les relevés mensuels moyens des températures sur une période de 33 ans de (1999 à 2022) sont donnés par le tableau I.2

Tableau I. 2: La répartition mensuelle moyenne de la température (°C), de la station de SIDI YAHIA (1990-2023)

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	Mai	jun	jul	aout	moy
temp max°C	26,2	20,67	13,08	10,38	8,36	9,83	12,67	12,87	21,4	26,87	30,66	32,31	18,2
temp moy°C	23,1	17,53	10,99	7,17	5,96	6,95	9,89	12,15	17,53	23,11	27,93	28,44	17,5

temp min °c	20,2	14,9	9,25	5,42	3,18	3,09	8,58	10,4	13,7	19,33	24,76	25,98	14,8
----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	------

[6]

D'après les données de température, il est évident que le mois d'août est le plus chaud, affichant une température moyenne de 28.44 °C. En revanche, les mois de janvier et février sont les plus froids de l'année, avec des températures moyennes de 5.96 °C et 6.95 °C respectivement.

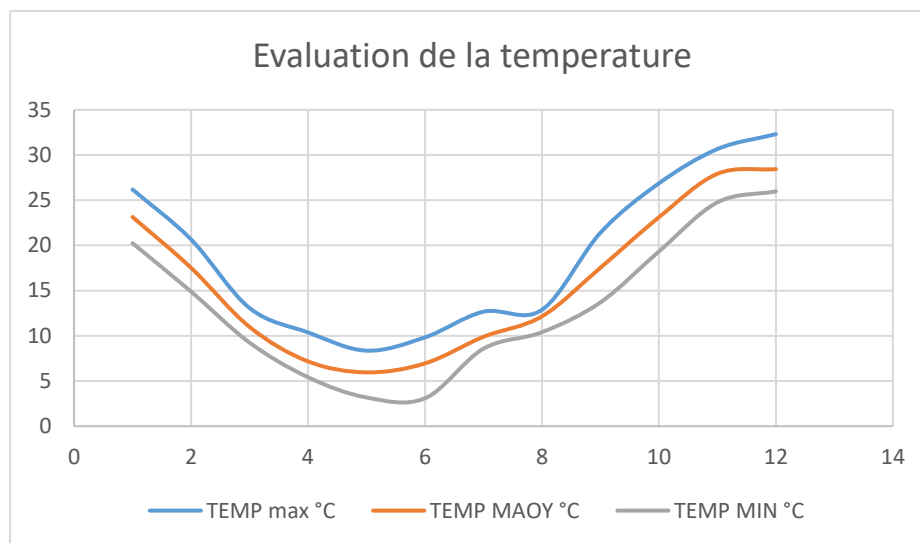


Figure I. 3: Evaluation des températures mensuelles moyennes

I.5.2.2. L'humidité

C'est la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à celle que pourrait contenir s'il était saturé à la même température. Le tableau suivant présente l'humidité relative à la station de SIDI YAHIA.

Tableau I. 33: Humidité relative à la station de SIDI YAHIA (1990-2023)

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	jun	jul	aout
humidité %	61,68	67,29	76,58	81,99	82,16	79,31	75,67	72,37	67,61	58,07	47,90	48,38

[6]

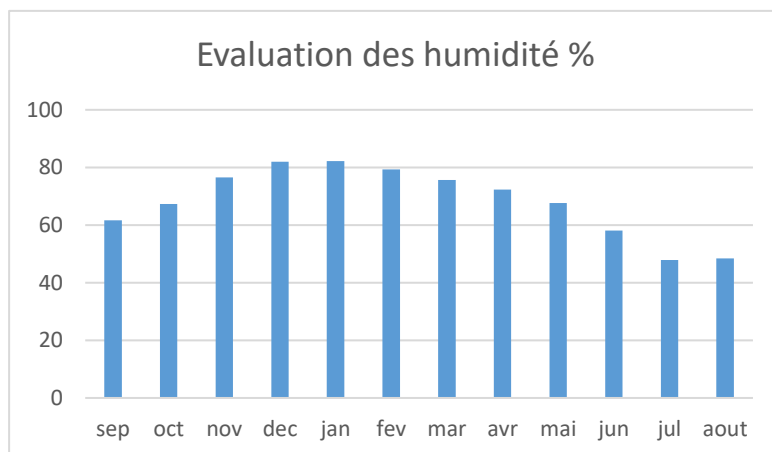


Figure I. 4: Evaluation d'humidité relative mensuelle %

I.5.2.3. Le vent:

C'est un facteur pour sélectionner le choix de système d'irrigation car il engendre un stress hydrique des cultures qui s'accroît de plus en plus qu'il est fort. La moyenne mensuelle de la vitesse du vent enregistré par la station dans le tableau ci-dessous (Tableau I.4) :

Tableau I. 4: La répartition mensuelle de la vitesse du vent (m/s) de la station de SIDI YAHIA (1990-2023)

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	moy annuelle
V (m/s)	8,60	8,70	9,40	9,90	8,90	8,80	8,80	8,80	8,00	8,00	7,80	7,90	8,60

[6]

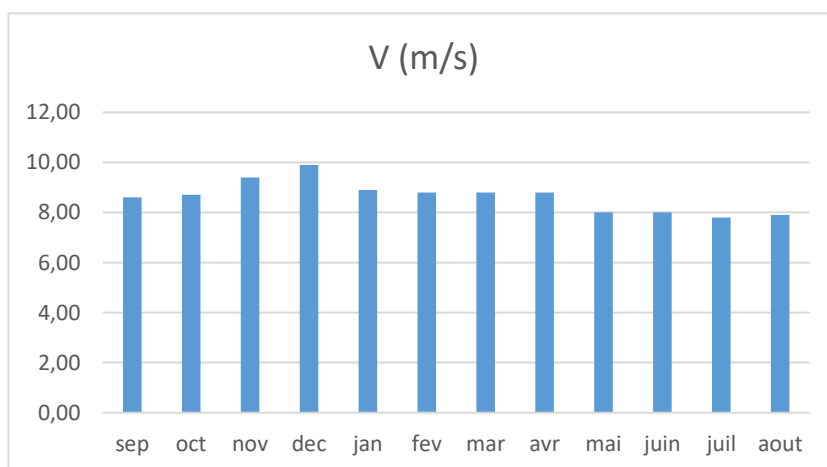


Figure I. 5: La vitesse du vent moyenne mensuelle.

- La vitesse maximale est 9,90 m/s, Elle observée le mois décembre.
- La vitesse minimale est 7,80 m/s, elle observée les deux mois juillet.

I.5.2.4. Insolation:

L'insolation correspond à la période où le soleil illumine le sol.

Le tableau suivant présente l'insolation moyenne mensuelle (Tableau I.5):

Tableau I. 5: insolation moyennes mensuelles de la station de SIDI YAHIA (1990-2023)

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
l'insolation (heure/j)	6,62	5,08	2,63	2,20	2,47	3,33	4,41	5,47	6,43	7,31	7,31	7,39

[6]

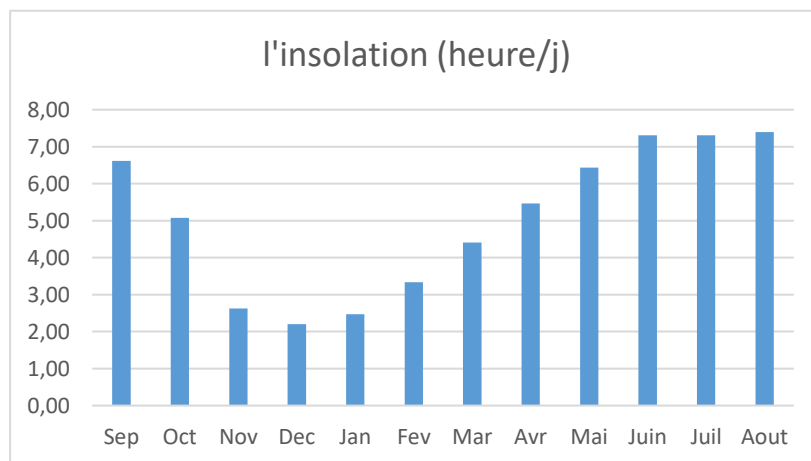


Figure I. 6: La variation d'insolation moyenne mensuelle (heure/j)

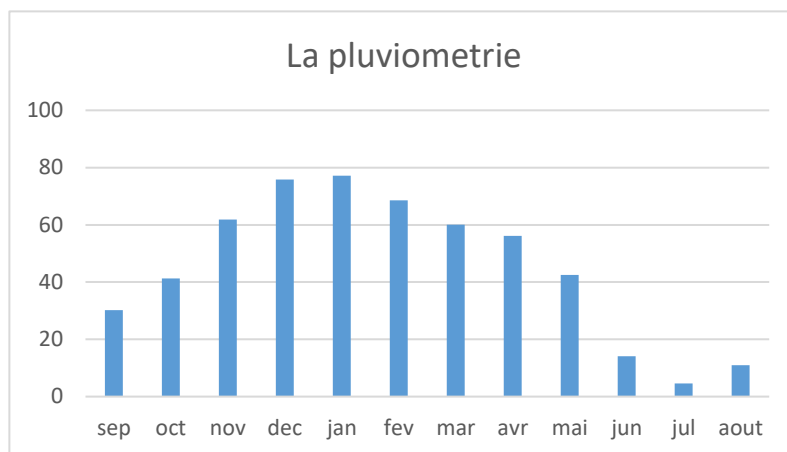
I.5.2.5 La pluviométrie:

Il s'agit de toutes les particules d'eau liquide ou solide qui se déplacent librement dans l'atmosphère. On distingue différents types de précipitations en fonction de l'état physique de l'eau et de la taille des particules (pluie, neige, grêle). La station choisie est celle d'AKBOU, qui semble être représentative de la région d'étude en raison de sa position. Présente selon le tableau suivant :

Tableau I. 6: Précipitation moyenne mensuelle à AKBOU

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	jun	jul	aout	annuelle
P (mm)	30,2	41,3	61,9	75,8	77,2	68,6	60,1	56,2	42,5	14,1	4,6	11	544,4

[6]

**Figure I. 7: La précipitation moyenne pour chaque mois en mm**

→ La moyenne annuelle de précipitations est de 544,4 mm.

→ Le mois le plus sec est le mois du juillet avec une moyenne de 4,6 mm, tandis que le mois le plus arrosé est le mois du janvier avec une moyenne de 77,2 mm.

I.5.2.6. Evaporation:

Evaporation représente la perte d'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, A partir de logicielle on va extraire les données de la évapotranspiration dans le tableau suivant :

Tableau I. 7: La répartition mensuelle de l'évaporation en (mm)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
ET0 (mm/mois)	30,33	38,23	65,13	87,92	124,51	163,43	213,1	203,47	133,6	91,3	48,84	31,9	1231,78

[6]

I.5.2.7. Le sirocco

Il s'agit d'un vent saharien intense, extrêmement sec et extrêmement chaud qui envahit l'Afrique du Nord (régions méditerranéennes). Il a des conséquences négatives sur les cultures car il a un impact sur l'évaporation des plantes [7].

I.5.2.8. La gelée [7]

- L'apparition de la gelée se produit habituellement entre décembre et mars.
- Les journées de gelée sont en moyenne annuelles de 25 jours (période 1990/2000).
- Souvent, elle provoque des dommages importants.

I.6. Classification du climat

Le type de climat et la période de sécheresse peuvent être déterminés par de nombreuses méthodes, dont l'indice de Martonne, l'indice de Moral, l'indice d'Euverte et l'indice d'Emberger, Climagramme de BAGNOULS et GAUSSEN.

I.6.1 Indice d'aridité annuel de «MARTONNE» (1926)

C'est le degré de la sécheresse du climat de la région, il est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

- **I_A**: Indice climatique de Martonne.
- **P** : précipitation moyenne annuelle (mm).
- **T** : température moyenne annuelle (°C).

Tableau I. 8: Classification du climat selon la classification de Martonne

Valeur de l'indice d'aridité de Marton	Type de climat	Type de végétation potentielle
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu
5 à 10	Aride	Désert
10 à 20	Semi-aride	Steppe
20 à 30	Semi-humide	Prairies naturelles, forêts
30 à 40	Humide	Forêts
40 à 55	Sub- Humide	Forêts

[8]

Pour notre cas :

- P= 544,4 mm
- T= 17,50 °C

On aura :

$$I_A = \frac{544,4}{17,50 + 10} = 19,79$$

Sur la base du calcul de l'indice de «MARTONNE» et en se référant au tableau de classification correspondant, il ressort clairement que le climat de la région est semi-aride, ce qui met en évidence le type de végétation potentielle prairies naturelles, forêt.

I.6.2. Quotient pluviométrique d'Emberger (1955)

La méthode est basée sur la représentation graphique du quotient de pluviométrie, en utilisant Graphique dessiné par EMBERGER, relatif à la température moyenne minimale les mois les plus froids. Ce quotient défini par une formule :

$$Q = \frac{2000 * P}{M^2 - m^2}$$

Avec ;

- **Q** : Le quotient pluviométrique d'EMBERGER.
- **P** : La moyenne annuelle des précipitations en millimètres (mm).
- **M** : La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degrés absolus (°K).
- **m** : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degré absolu (°K).

Ensuite, nous représentons Q en fonction de la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degrés Celsius (°C).

Pour notre région :

- M=32,31 °C
- m=3,09 °C
- P=544,4 mm

On aura :

- $Q = \frac{2000 \times 544,4}{(32,31 + 273)^2 - (3,09 + 273)^2} \approx 70,037$

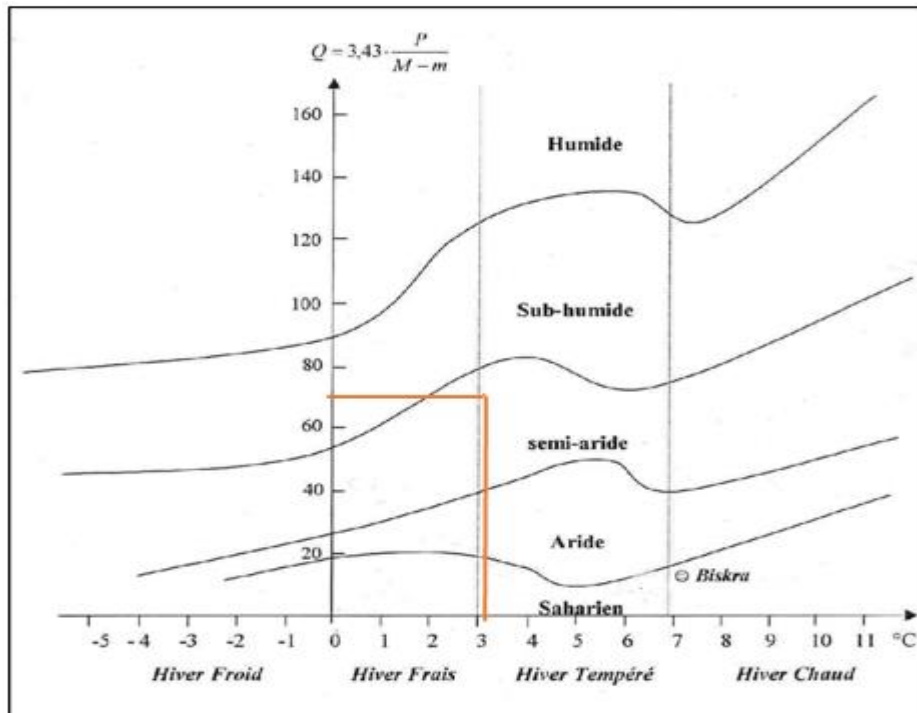


Figure I. 8: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER [9]

En ajustant la valeur de (Q) sur le diagramme bioclimatique d'EMBERGER en fonction de la température minimale du mois le plus froid, il est possible de confirmer que notre région est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride, avec le sous-étage qui fait référence à un hiver tempéré.

I.6.3 Climagramme de BAGNOULS et GAUSSEN

Les données climatiques sont exploitables aussi par le climagramme de Gaussen où on peut distinguer les périodes où on a besoin d'irriguer, la méthode consiste à représenter dans le même graphique les mois en abscisses et les précipitations et les températures moyennes tout en respectant l'échelle $P=2T$.

Tableau I. 9: La variation moyenne mensuelle de précipitation et de la température

Mois	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août
pluie (mm)	30,3	41,1	61,9	75,8	78,2	68,6	60,1	56,2	42,5	14,1	4,6	11
T°(C)	23,15	17,53	10,99	7,17	5,96	6,95	9,89	12,87	17,53	23,11	27,93	28,44

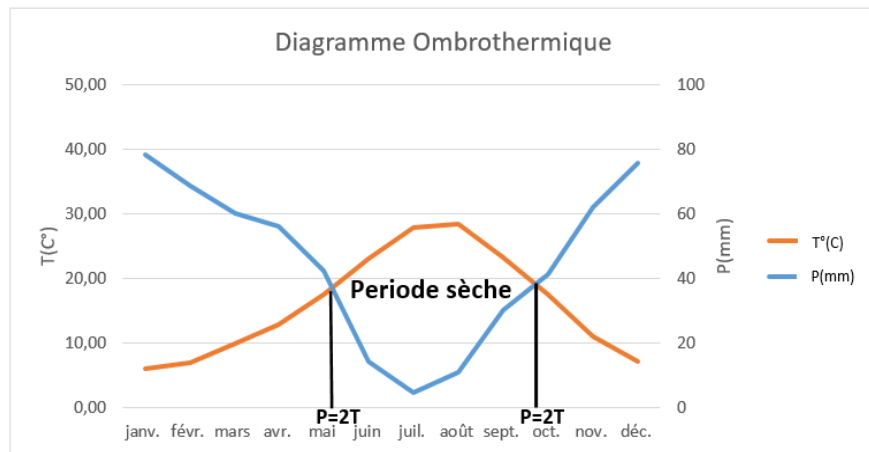


Figure I. 9: Climagramme de GAUSSEN

- Description du graphe

Selon Climagramme de Gausсен, il est possible de conclure que la période sèche dure mois fin mai allant du mois août jusqu'au début de mois octobre.

Et la période humide qui dure mois octobre allant du mois de janvier jusqu'au mois mai.

I.6.4 Comparaison des indices climatiques

Étant donné que les principaux éléments climatiques qui caractérisent un climat sont les précipitations, les températures et l'évaporation, les méthodes qui combinent ces éléments sont plus captivantes que celles qui se concentrent sur un seul élément. Le climat de la région d'études a été déclaré semi-aride par toutes ces méthodes, ce qui est en accord avec la carte des étages bioclimatique, établie par l'Agence nationale de l'aménagement du territoire[10].

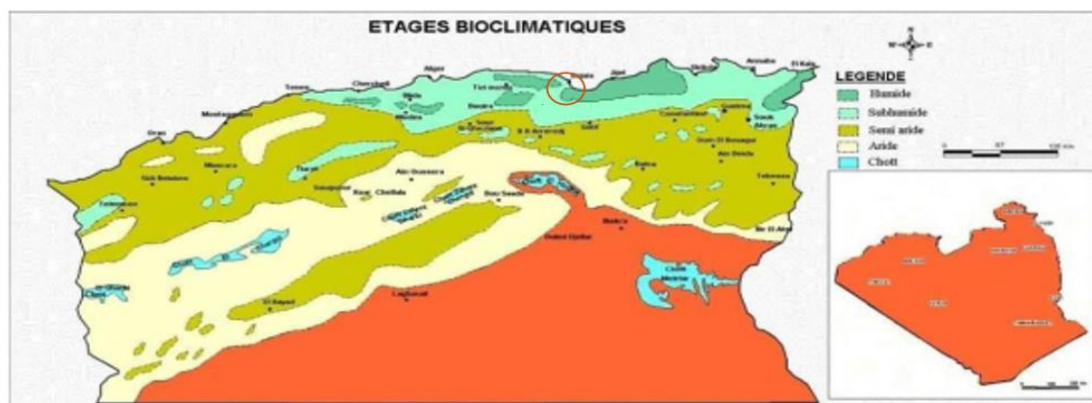


Figure I.10: Carte simplifiée des zones bioclimatique de l'Algérie[10]

I.7. Conclusion

A travers ce premier chapitre, nous pouvons conclure que :

- climatique Climat de notre région d'étude, AKBOU, est de type semi-aride.
- L'humidité de l'air est extrêmement élevée tout au long de l'année, elle peut dépasser légèrement les 70% (1990-2023).
- Les températures varient entre 10°C et 30°C.
- Les précipitations moyennes annuelles 544,4 mm .La période sèche s'étend de mai à octobre.

L'irrigation représente donc un facteur décisif pour l'obtention de rendements acceptables des différentes cultures.

Chapitre II

**Ressources en
eau et en sol**

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

II.1. Introduction

L'objectif de l'étude agro-pédologique est de déterminer les sols appropriés pour l'irrigation, ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols, qui sont essentielles pour calculer les doses et les quantités d'arrosage et Localisation des systèmes d'irrigation et de drainage

La texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité et le calcaire actif sont les principaux critères et contraintes à prendre en compte pour la classification des sols.

II.2. But de l'étude pédologique

Par l'étude de pédologique, on vise à :

1. Étudier la capacité d'approvisionnement en eau du sol en se basant sur la texture, la quantité d'éléments grossiers et la profondeur, en fonction de l'alimentation en eau des plantes.
2. Sélectionner les cultures à mettre en place.
3. Sélectionner les techniques d'irrigation qui conviennent le mieux au type de sol.

II.3. La description et classification des sols du périmètre

La vallée du SAHEL-SOUMMAM est principalement composée du lit de l'oued SAHEL-SOUMMAM, qui a une largeur assez importante. Elle est composée de terrasses alluviales et colluviales, ce qui en fait une zone agricole.

II.3.1. Les différentes classes des sols

En 1985, l'ANRH a effectué une prospection pédologique qui a révélé deux catégories de sols pour le périmètre étudié.

- minéraux bruts;
- des sols peu évolués.

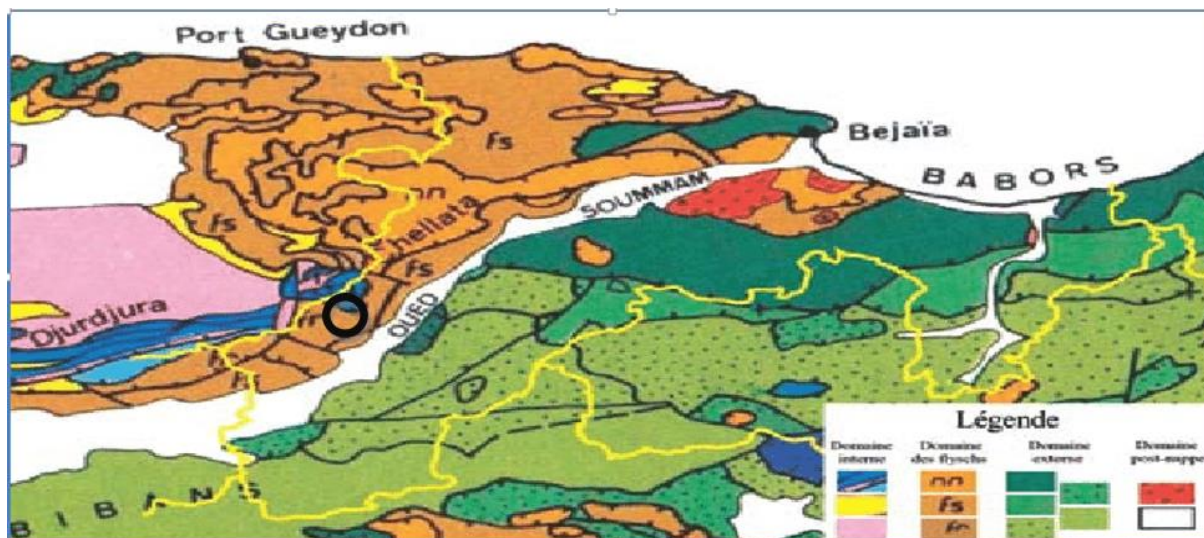


Figure II.1 : La carte pédologique de la zone d'étude [11]

1) . Classe des sols minéraux bruts

Les sols de cette classe se situent tous sur les reliefs, en particulier au niveau des versants là où la pente est assez prononcée. Il s'agit en fait d'affleurement de roche dure (lithosols) en association avec des sols de type A/R très peu développés. On peut les rencontrer aussi sur les formations marneuses affleurantes (régosols). Ces sols sont généralement très caillouteux, peu organiques, pas ou peu épais et fortement érodés. La végétation naturelle est constituée principalement d'armoïse. Ils sont utilisés comme parcours au cheptel ovin et caprin. A la base des versants, ces sols peuvent être en association avec les sols calcimagnésiques et des sols peu évolués d'apport colluvial [12].

2) . Classe des sols peu évoluées

Cette classe constitue la majeure partie des sols du périmètre étudié. Elle est constituée principalement de sols peu évolués d'apport colluvial et de sols peu évolués d'apport alluvial.

- **Les sols peu évolués d'apport colluvial** : Ces sols se situent en bas des piedmonts.

La roche mère est constituée de colluvions récentes peu ou pas consolidées. Ces sols sont de type A/C, mais la partie meuble peut être assez profonde. Ils sont très riches en éléments grossiers aussi bien en surface que dans leur matrice. Ces sols sont parfois travaillés (céréaliculture et arboriculture), sinon, ils sont utilisés comme parcours au cheptel.

- **Les sols peu évolués d'apport alluvial représentant** : Ces sols se caractérisent

surtout par une très faible pente (2 à 3 % en moyenne). Ils sont généralement très profonds, argileux, poreux. La quasi-totalité de ces sols est travaillée avec une prédominance de céréaliculture suivie de l'arboriculture et peu de maraîchage. La végétation naturelle (reliques) est constituée d'armoise.

II.3.2. Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage

Cette classification basée sur les paramètres suivants :

- La texture ;
- La profondeur du sol ;
- Salinité ;
- Topographie ;
- Perméabilité ;
- Drainage ;
- Calcaire actif.

II.3.3. Les caractéristiques physiques des sols

Les constitutions du sol sont regroupées dans ce tableau suivant :

Tableau II.2 : Les composants du sol

HORIZONS		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-20	20-57	57-90
GRANULOMETRIE	A %	31,15	30,15	30,35
	LF/%	17,23	18,15	18,9
	LG %	9,22	14,89	12,93
	SF %	28,25	20,13	29,74
	SG %	14,15	16,68	8,08
MATIERES	MO %	1,45	0,56	0,39
ORGANIQUES	C %	8,55	3,3	2,3

	N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
RESERVE MINERALES	CaCO ₃ TOTAL %	12,04	22,8	21,5
	CaCO ₃ ACTIF %	2 393	2 184	2 315
	P ₂ O ₅ ASSIMIL (PPM)	28,95	30,44	31,45
	P ₂ O ₅ TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	28,95	30,44	31,45
	K ₂ O TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	GYPSE TOTAL %			
COMPLEXE ABSORBANT	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52	2,04	1,39
	S			
	T en méq /100 g	25,1		18,1
SOLUTION DU SOL	% SATURATION			
	pH Eau	8,35	8,5	8,49
	pH - KCL			
	C.E. mmhos/cm (ext. au 1/5)	0,1	0,05	0,11

[12]

La texture est limono-argileuse selon la projection du triangle de texture (USDA) selon les Analyses physico-chimiques de profil.

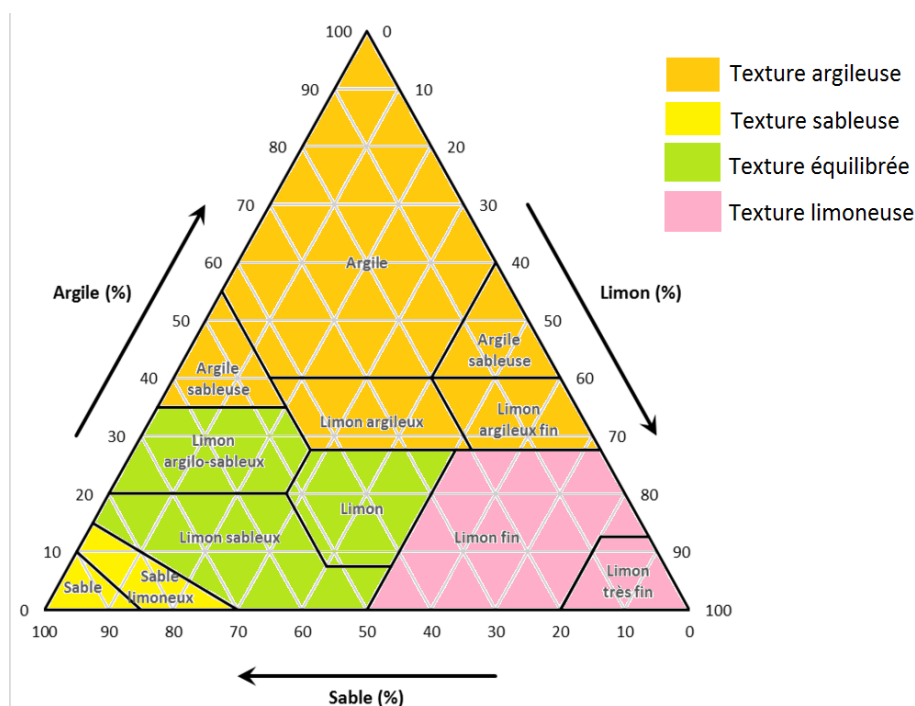


Figure II.1 : Classification du sol dans le triangle de texture(USDA) [13]

L'étude de ces sols montre que la texture est :

- Texture : limon-argileux
- Humidité à la capacité au champ (%) : 27
- Humidité au point de flétrissement (%) : 13
- Densité apparente (sans dimension) : 1,45
- Réservoir utilisable (mm d'eau par cm de sol) : 1,75

II.4. Les ressources en eau d'irrigation

L'eau joue un rôle crucial dans la production agricole. Une des conditions essentielles pour améliorer la production est sa disponibilité pour l'irrigation, car les zones irriguées sont plus productives que les zones non irriguées.

- **Oued Soummam**

L'Oued Soummam joue un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau de la région d'Akbou. Il est alimenté par plusieurs affluents et contribue à la recharge des nappes phréatiques locales. En amont, les eaux de l'oued sont bien oxygénées, mais elles peuvent être salées et présentent une conductivité élevée.

- **Eaux Souterraines**

En 2012, environ 69 % des superficies équipées pour l'irrigation utilisaient des eaux souterraines, provenant principalement de forages et de puits¹. Cela souligne l'importance des ressources souterraines dans la gestion de l'eau pour l'agriculture. et pour les nappes Phréatiques s'étend le long de l'oued Soummam, offrant une ressource significative pour l'irrigation. Le volume statique de cette nappe est estimé à environ 1600 milliards de m³, ce qui représente une source potentielle importante pour les agriculteurs de la région.

- **Barrages**

La région est desservie par des barrages interconnectés qui permettent le transfert d'eau pour l'irrigation. Le système Tichy-Haf-Bejaia, par exemple, dessert Akbou et les périmètres d'irrigation environnants avec un transfert d'environ 150 millions de m³ par an. Le barrage d'Ighil Emda, avec une hauteur impressionnante de 75 m et un volume de 156 millions de m³, joue également un rôle crucial en matière d'hydroélectricité, contribuant à la production d'énergie renouvelable. En outre, le barrage de Beni Haroun, le plus grand d'Algérie, avec une capacité totale de 960 millions de mètres cubes a récemment atteint sa capacité maximale, renforçant ainsi la gestion des ressources hydriques dans le pays. Ces infrastructures sont vitales non seulement pour l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation agricole, mais aussi pour faire face aux défis croissants liés au changement climatique et à la sécheresse dans la région.

II.4.1. Les caractéristiques du Barrage de Tichy-Haf [14]

Le Barrage de Tichy-Haf est situé près du village Mahfouda, commune Bouhamza, Wilaya de Bejaïa (36° 23' 26" Nord, 4° 23' 25" Est).

- Il est implanté sur le lit de l'Oued Boussellam, un des affluents de l'Oued Soummam, à environ 20 Km de la vallée de la Soummam.
- Il se situe à 7 kilomètres à l'amont de la station hydrométrique de Sidi Yahia.
- La surface du bassin versant au site du barrage est de 3980 km² (dont 2020 km² contrôlée par le barrage d'Ain Zada à Sétif).

- Le réseau hydrographique du bassin versant de Boussellam, montre une densité du réseau bien plus marquée dans la région inférieure, signe évident d'une participation plus active de cette région à l'écoulement.

Le projet de construction du barrage de Tichy-Haf s'inscrit dans le programme de construction des grands ouvrages lancés par l'état au début des années 80. Son aboutissement permettra de combler le déficit en eau des Sept Daïras se trouvant sur la vallée de la Soummam, qui connaît une grande expansion démographique et une importante croissance industrielle).

L'aménagement du barrage de Tichy-Haf entre dans le cadre du plan général de maîtrise des ressources en eau de l'Algérie (AHMANE et BOUZARARI, 2005). Le barrage de Tichy-Haf , dont la capacité annuelle est de 147 Hm³, ce qui représente un volume d'environ 47,5 millions de m³ d'eau disponible , constitue une véritable solution au problème du manque d'eau potable et industrielle dans le couloir Akbou-Bejaïa Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable et industrielle des agglomérations situées sur le couloir Akbou-Bejaïa.
- L'irrigation de périmètre du Sahel et de la Basse Soummam avec un volume de 43 Hm³/an.
- L'écêtement des crues de l'Oued Boussellam et par la même occasion leur réduction dans la vallée de la Soummam .

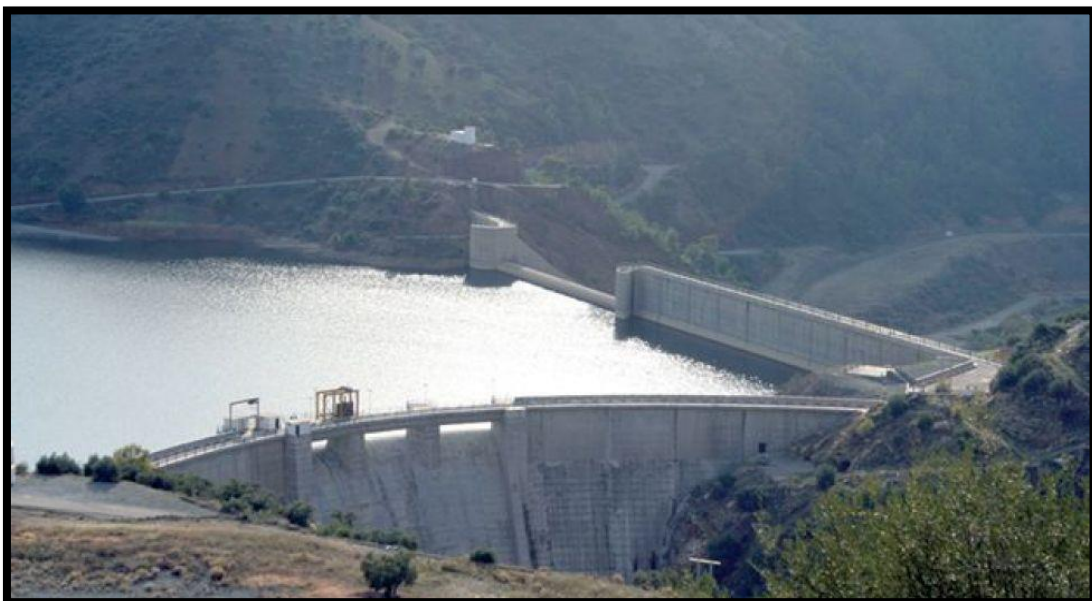


Figure II.1 : Barrage de Tichy-Haf[14]

Les secteurs d'irrigation et leur surface

La région du plateau d'Asnam, notamment autour de l'Oued Sahel, dispose de ressources significatives pour l'irrigation. Voici un aperçu des superficies irriguées et équipées dans cette zone mentionné dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : surface irriguée et équipée plateau d'ASNAM d'OUED SAHEL.

Secteur	Surface géographique (ha)	Surface a équipée (ha)	Surface a irriguée (ha)
ADJIBA	1300	1280	1157
M'CHEDALLAH	1800	1600	1440
CHORFA	450	420	381
TAZEMALT	2750	2365	2142
AKBOU	850	755	685
TOTAL	7150	6420	5805

[14]

1) Caractéristiques hydrologiques

Tableau II.4 : Caractéristiques hydrologique de la retenue du barrage de Tichy-Haf.

Mis en eau	Août 2006
Capacité totale	150 millions m ³
Capacité totale la retenue	81.844 hm ³
Débit journalier	128 000 m ³
Capacité utile	75 Hm ³
Volume de la garde d'envasement	5 Hm ³
Hauteur du barrage	84 m

Longueur	2 km
Surface du bassin versant	5 km ²
Précipitations moyennes	750 mm/ an
Apport solide	4,7 Hm ³ / an
Volume régularisé garanti	150 hm ³ / an
Crue du projet	7400 m ³ / s
Aire (Surface) de la Retenue Normal	475 ha

[14]

L'analyse de l'eau du barrage Tichy-Haf a été basée sur des prélèvements faits à la station de Tichy-Haf ayant le code 150902. Les résultats de l'analyse sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau II.5 : Composition chimiques de l'eau du barrage Tichy-Haf.

Paramètres	valeurs
CE(mmhos/cm)	0,720
Ca ²⁺ (mg/l)	126.7
Cl ⁻ (mg/l)	126.4
Na ⁺ (mg/l)	101.1
Mg ²⁺ (mg/l)	51.6
K ⁺ (mg/l)	4
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	354.2
Rs105 (mg/l)	1024.67
T(°C)	18.96
PH	7.96

HCO ₃ ⁻ (mg/l)	262.2
--------------------------------------	-------

[14]

II.4.2. Qualité de l'eau d'irrigation

Lorsqu'on veut réaliser un aménagement hydro-agricole il faut que l'eau exploitée pour l'irrigation accomplisse certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, et permet d'éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement Et le système d'irrigation. La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :

1. La concentration totale en sels dissous ;
2. Le rapport de Sodium par rapport aux autres conditions ;
3. La présence de Bore et d'autres éléments toxiques.

a) La conductivité électrique :

Elle varie en fonction de la composition des ions dans la solution et de leur concentration, et elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre.

Tableau II.6 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.

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

[14]

On a constaté que l'eau du barrage possède une conductivité électrique **CE =0,720 mmhos/cm..**

- **Interprétation :**

La qualité de notre eau est risque moyen de salinité et pour les plantes moyennement tolérantes.

b) Le SAR (Sodium Absorption Ration) :

Il représente l'activité relative des ions de sodium dans les échanges de sodium dans les sols. Il s'agit d'un indicateur qui évalue la proportion de sodium par rapport au calcium et au magnésium.

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \dots\dots\dots || .1$$

Avec : Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} : Concentration en meq/l

On a obtenu :

S.A.R=1,91

Tableau II.7 : Classification des eaux en fonction de S.A.R.

Classe	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S ₁	$SAR \leq 10$	Risque faible
S ₂	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S ₃	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S ₄	$SAR > 26$	Risque très élevé

[14]

D'après la valeur obtenue on remarque que le risque moyen donc Utilisable pour les textures organique et grossières, utilisable aussi dans les textures fines par ajout de gypse.

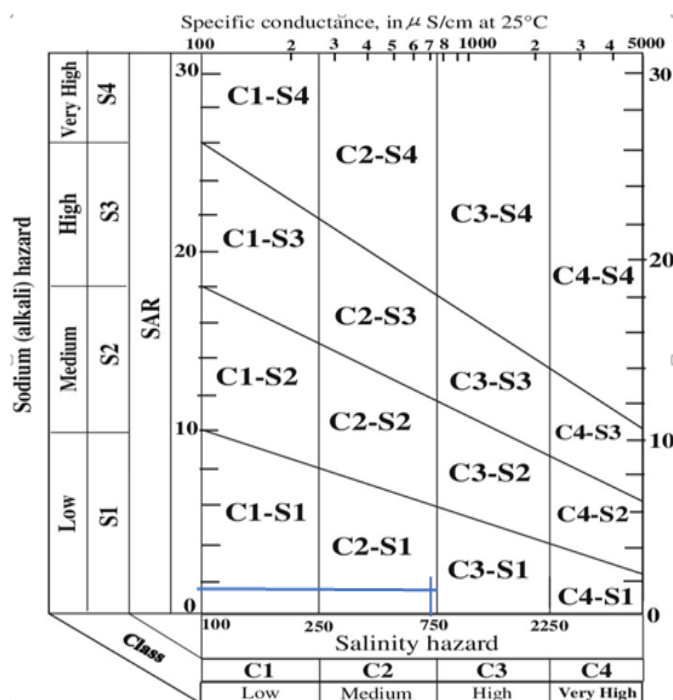


Figure II.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation [15]

- **Interprétation :**

La classification S.A.R. (Sodium Absorption Ratio) et l'alcalinisation permet d'évaluer les risques liés à la qualité des sols. Pour une salinité moyenne, le sol contient une quantité modérée de sels dissous, ce qui peut affecter certaines cultures sensibles, mais reste généralement gérable. Le faible risque d'alcalinisation indique que l'accumulation de sodium est minime, réduisant ainsi les chances de dégradation structurelle du sol. Dans l'ensemble, ces conditions suggèrent que le sol est adéquat pour l'agriculture, bien qu'une surveillance régulière soit nécessaire pour prévenir toute détérioration future.

L'eau est classée en : (C2, S1) d'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation (Figure II.2).

II.5. Conclusion :

L'étude pédagogique réalisée dans la zone a permis d'analyser le sol et l'eau d'irrigation. Les analyses physico-chimiques des sols ont mis en évidence des propriétés adéquates pour toute mise en valeur de ce périmètre.

De façon générale les sols présentent de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique

Les sols présentent généralement une texture limon-argileux , avec une perméabilité bonne et selon les analyses de la qualité des eaux du barrage on conclue que notre zone d'étude est propice à l'irrigation avec un bon rendement

Chapitre III

Etude

Hydrologique

Chapitre III : Etude Hydrologique

III.1. Introduction :

Ce chapitre présente les besoins en eau des cultures en se basant sur les données précédemment établies, qui influencent la conception de notre projet. Ces données incluent les conditions climatiques, les cultures envisageables, les systèmes agronomiques, les potentialités des sols, ainsi que l'eau disponible et la fertilité des sols.

III.2. Répartition de la pluie moyenne dans l'année :

La série pluviométrique de la station d'AKBOU a été utilisée pour l'étude des précipitations, car elle offre une série longue et représentative pour la zone d'étude.

Tableau III.1 : précipitation mensuelle de la station AKBOU.

année	sep	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	annuelle
1990 1991	21,09	21,09	47,46	105,4	110,7	0	52,73	84,38	110,7	10,5	21,1	5,27	590,6
1991 1992	52,73	110,7	21,09	21,09	79,1	73,83	147,6	21,09	42,19	0	0	5,27	574,8
1992 1993	10,55	21,09	100,2	142,3	94,92	31,64	116	89,65	84,38	15,8	31,6	0	738,2
1993 1994	47,46	21,09	36,91	100,2	42,19	36,91	58,01	58,01	84,38	0	0	15,8	500,9
1994 1995	121,2	68,55	26,37	73,83	89,65	79,1	5,27	31,64	5,27	0	0	0	500,9
1995 1996	42,19	21,09	26,37	52,73	221,4	15,82	121,2	10,55	0	31,64	0	15,82	558,9
1996 1997	5,27	26,37	21,09	36,91	126,5	200,4	68,55	110,7	58,01	36,9	0	26,4	717,1
1997	58,01	68,55	116	94,92	47,46	21,09	5,27	84,38	26,37	15,8	0	26,3	564,2

1998													
1998	52,73	31,64	110,7	84,38	10,55	52,73	21,09	58,01	126,5	0	0	15,8	564,2
1999													
1999	21,09	52,73	94,92	168,7	126,5	58,01	68,55	31,64	10,55	5,27	0	36,9	675
2000													
2000	42,19	26,37	42,19	63,28	15,82	5,27	15,82	10,55	47,46	0	0	10,5	279,4
2001													
2001	89,65	21,09	47,46	42,19	184,5	31,64	0	26,37	15,82	0	0	0	458,7
2002													
2002	15,82	15,82	168,7	158,2	47,46	36,91	31,64	31,64	21,09	0	15,8	42,2	585,3
2003													
2003	63,28	84,38	58,01	142,4	284,7	100,2	10,55	158,2	52,73	5,27	5,27	0	965,0
2004													
2004	21,09	36,91	126,5	195,1	84,38	21,09	84,38	94,92	174	5,27	5,27	31,6	880,6
2005													
2005	47,46	79,1	84,38	126,5	105,4	116,0	47,46	52,73	5,27	10,55	10,55	42,19	727,7
2006													
2006	42,19	5,27	15,82	131,8	126,5	137,1	26,37	42,19	89,65	5,27	0	10,55	632,8
2007													
2007	94,92	142,3	200,3	84,38	15,82	68,55	274,2	152,9	31,64	31,64	26,37	0	1123
2008													
2008	52,73	73,83	142,3	89,65	15,82	15,82	100,2	26,37	63,28	10,55	15,82	0	606,4
2009													
2009	147,6	47,46	73,83	126,5	247,8	31,64	94,92	152,9	52,73	0	5,27	5,27	986,1
2010													
2010	36,91	116,0	116,0	79,1	84,38	63,28	68,55	68,55	52,73	21,09	0	42,19	748,8
2011													
2011	10,55	94,92	126,5	131,8	47,46	152,9	52,73	216,2	100,2	52,73	5,27	21,09	1012,
2012													

2012	21,09	63,28	79,1	26,37	63,28	232,0	121,2	152,9	21,09	15,82	0	26,37	822,6
2013													
2013	36,91	47,46	168,7	110,7	158,2	137,1	73,83	58,01	100,2	0	0	21,09	912,3
2014													
2014	21,09	31,64	26,37	226,7	68,55	68,55	152,9	5,27	21,09	42,19	15,82	0	680,2
2015													
2015	26,37	89,65	79,1	0	174,0	242,5	47,46	0	21,09	10,55	0	10,55	701,3
2016													
2016	26,37	15,82	58,01	79,1	73,83	73,83	205,6	73,83	47,46	0	5,27	0	659,1
2017													
2017	26,37	26,37	126,5	110,7	305,8	36,91	10,55	21,09	15,82	26,37	0	0	706,6
2018													
2018	31,64	147,6	116,0	52,73	36,91	89,65	158,2	105,4	47,46	26,37	0	0	812,1
2019													
2019	58,01	26,37	152,9	21,09	216,2	42,19	58,01	21,09	31,64	5,27	0	0	632,8
2020													
2020	26,37	42,19	110,7	142,3	52,73	0	47,46	73,83	5,27	0	0	5,27	506,2
2021													
2021	30,23	49,96	333,9	71,33	42,19	10,55	52,73	31,84	62,79	16,6	2,25	38,77	743,1
2022													
2022	29,73	78,72	78,83	25,99	39,69	25,24	95	122,7	37,82	2,53	3,01	3,84	543,2
2023													

(Source: ANRH, Alger, 2020)

III.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

III.3.1 Test de Wilcoxon

Le Test de Wilcoxon ou Test des rangs c'est considéré comme le test Non-paramétrique le plus performant. Prenons deux variables aléatoires Y et X, qui représentent respectivement deux séries de précipitations annuelles de taille N_1 avec N_2 .

Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec $N_1 > N_2$.

Si l'échantillon Y provient de la population similaire à celle de l'échantillon X, l'échantillon nouveau YUX provient également de la même population. Les éléments de cette nouvelle série YUX sont classés par ordre croissant et chaque valeur est associée à son rang dans cette nouvelle série. Elle doit lui attribuer le rang moyen qu'elle établit.

La quantité W_x que représente la somme des rangs de sous serie X

$$W_x = \sum \text{rang} = 1+2+5+ \dots + n ;$$

L'hypothèse nulle est vérifiée si : $W_{\min} < W_x < W_{\max}$

Tableau III.2 : test de Wilconxon

X(serie en mm)	Y(serie en mm)	XUY	serie d'origine	Rang
590,62	606,45	279,49	X	1
574,8	986,13	458,79	X	2
738,28	748,83	500,98	X	3
500,6	1012,5	500,98	X	4
500,98	822,66	506,25	Y	5
558,98	912,3	543,2	Y	6
717,19	680,27	558,98	X	7
562,26	701,37	562,26	X	8
564,26	659,18	564,26	X	9
675	706,64	574,8	X	10
279,49	812,11	585,35	X	11
458,79	640,8	590,62	X	12
585,35	506,25	606,45	Y	13
965,04	743,14	632,81	X	14
880,66	543,2	640,8	Y	15
727,73		659,18	Y	16
632,81		675	Y	17
1123,24		680,27	Y	18
		701,37	Y	19
		706,64	Y	20
		717,19	X	21
		727,73	X	22
		738,28	X	23
		743,14	Y	24
		748,83	Y	25
		812,11	Y	26
		822,66	Y	27
		880,66	X	28
		912,3	Y	29
		965,04	X	30

		986,13	Y	31
		1012,5	Y	32
		1123,24	X	33

$$W_{\max} = \left[\frac{(N_x + N_y + 1) * N_{x-1}}{2} \right] - U_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_x * N_y * (N_x + N_y + 1)}{12}} \quad \text{et ;}$$

$$W_{\min} = [(N_x + N_y + 1) * N_x - W_{\min}]$$

$U_{1-\alpha/2}$ représente la valeur de la variable centrée réduite de GAUSS correspondant à une $1-\alpha/2$

On a alors selon le tableau :

$$W_x = 287 \quad ; \quad N_x = 18 \quad ; \quad N_y = 15.$$

$$W_{\min} = \left[\frac{(N_x + N_y + 1) * N_{x-1}}{2} \right] - 1,96 \sqrt{\frac{N_x * N_y * (N_x + N_y + 1)}{12}} = 234,79$$

Et :

$$W_{\max} = [(N_x + N_y + 1) * N_x - W_{\min}] = 377,21$$

Donc l'hypothèse est vérifiée :

$$W_{\min} = 234,79 < W_x < W_{\max} = 377,21$$

La condition Mr. Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station d'AKBOU est homogène.

III.3.2. Ajustement des pluies annuelles

Les lois les plus couramment utilisées pour ajuster sont les suivantes :

- * Loi de Gauss ou loi Normale.
- * Loi de Gibart-Galton ou loi log-Normale.

Deux paramètres définissent ces deux lois de probabilité continues : l'espérance μ et l'écart type σ . Si la loi log-normale est utilisée, ces paramètres sont remplacés par $\log(\mu, \sigma)$.

Les caractéristiques statistiques de cette série des pluies annuelles sont les suivantes :

Tableau III.3 : Les caractéristiques de la série pluviométrique

Moyenne	688
Ecart type	179
Coefficient de variation	0.261
P _{min}	279
P _{max}	1120

III.3.2.1. Ajustement à loi Normal :

Une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est la forme :

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

u est la variable réduite de GAUSS. et elle est donnée par :

$$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad \dots\dots\dots III.2$$

La transformation $x = \bar{x} + \sigma u$ est l'équation de la droite de Henry sur papier à probabilité gaussienne.

Les résultats d'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station d'AKBOU sont regroupés regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Période de retour et intervalle de confiance par la loi Normal

période de retour T (ans)	probabilité	Xt	Ecart type	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	1110	60.8	987 - 1230
50.0	0.9800	1060	55.7	948 - 1170
20.0	0.9500	984	48.4	889 - 1080
10.0	0.9000	918	42.5	835 - 1000
5.0	0.8000	839	36.5	768 - 911
3.0	0.6667	765	32.7	701 - 830
2.0	0.5000	688	31.2	627 - 750

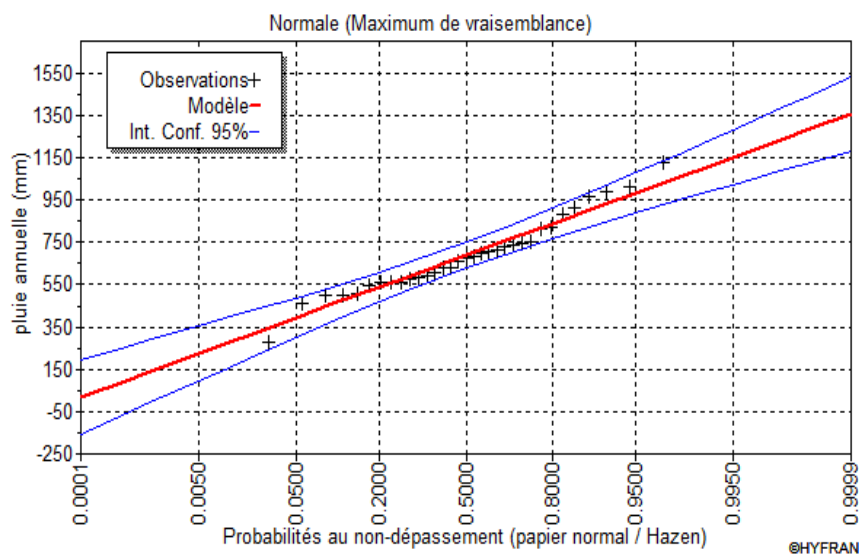


Figure III.1 : Ajustement de pluie annuelle à loi Normal

III.3.2.2. Ajustement à loi Log Normal :

La variable réduite se trouve sous forme

$$u = \frac{\log(x-x_0)-a}{b} \dots\dots\dots \text{III.3} \quad ; \text{ avec un intervalle de définition : } x \in]x_0, +\infty[.$$

L'introduction du paramètre de position x_0 Permet un ajustement de la loi log-normale lorsque la droite des fréquences expérimentales tracée sur papier Galton présente une concavité prononcée vers le haut ou vers le bas à l'une des 2 extrémités. Si la concavité est vers le haut on la corrige avec un x , négatif, si elle est vers le bas, elle est corrigée par un x positif.

Tableau III.5 : Période de retour et intervalle de confiance par la loi Normal

période de retour T (ans)	probabilité	Xt	Ecart type	Intervalle de confiance
100.0	0.9900	1250	116	1030 - 1480
50.0	0.9800	1160	98.6	971 - 1360
20.0	0.9500	1040	76.6	892 - 1190
10.0	0.9000	943	60.9	824 - 1060
5.0	0.8000	837	46.4	746 - 928

3.0	0.6667	748	37.2	675 - 821
2.0	0.5000	665	31.6	603 - 727

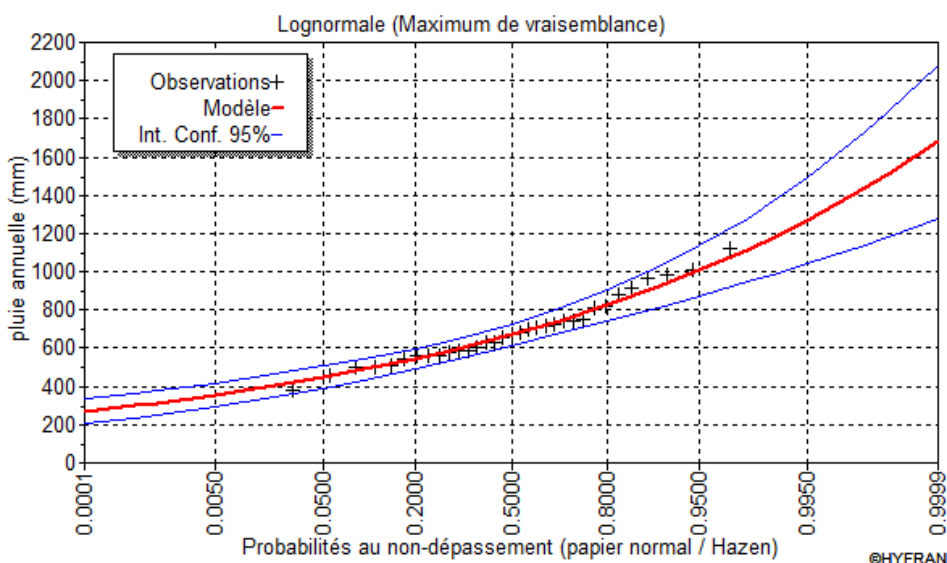


Figure III.2 : Ajustement de pluie annuelle à loi Log Normal

III.3.2.3. Test de validité d'un ajustement

D'après l'observation des courbes et les résultats obtenus entre les deux lois en remarque que la loi adéquate à l'échantillon c'est la loi log normal, vu que le $X^2_{calculé}$ obtenu par cette loi était plus inférieure que la loi normale $X^2 = 1,18$ (loi normale) et $X^2 = 8,94$ (loi lognormal).

Résultats | Graphiques | Adequation | Discordance | Caractéristiques

Nom du test : Test du Khi carré

Projet : C:\Users\Lenovo\Desktop\hyfran\HYFRAN\haricana.hyf

Titre : pluie maximal annuelle

Hypothèses

H0 : L'échantillon provient d'une loi Lognormale

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Lognormale

Résultats

Résultat de la statistique :	$X^2 = 1.18$
p-value	$p = 0.9466$
Degrés de liberté :	5
Nombre de classes :	8

Conclusion

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

Figure III.3 : Test de Khi deux loi lognormal

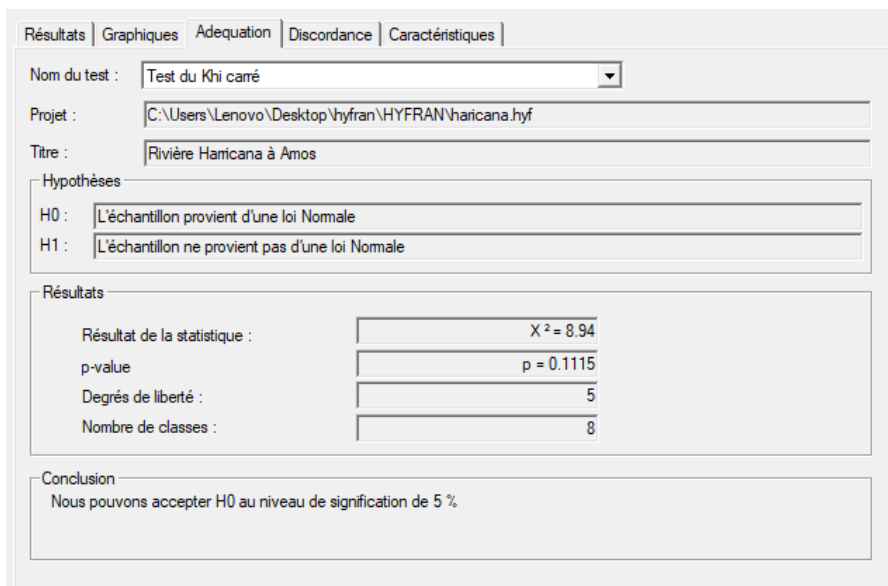


Figure III.4 : Test de Khi deux loi normale

La variable X^2 utilise un risque $\alpha = 5\%$ et un nombre de degré de liberté donne par logicielle **Hyfran**.

On pose l’hypothèse nulle H_0 : est que la loi de distribution de fréquence théorique P ajuste la courbe ou droite expérimentale F

$$H_0 : P = F \text{ contre } H_1 = P \neq F$$

et pour que $P = F$ soit vérifiée, il faut que :

$$X^2_{\text{calculée}} < X^2_{\text{théorique}} \dots\dots\dots \text{III.4}$$

$$\text{soit } \sum \frac{(n_1 - \mu_1)^2}{\mu_1} < X^2_{(1-\alpha)} \dots\dots\dots \text{III.5}$$

D’après le tableau des valeurs (**voir annexe 1**), on a $X_{\text{théorique}} = 11,07$

pour les calculs nous avons utilisé le logicielle **Hyfran**

En observant les graphiques, il est évident que la droite d'Henry pour la loi lognormale coupe l'axe des ordonnées dans des valeurs négatives, ce qui signifie que cette loi doit être écartée.

On aura ainsi :

1,18 < 11,07 Donc la loi est adéquate et l'ajustement est correct. pour la loi lognormale

Tableau III.6 : Résultat de l'ajustement.

période de retour T (ans)	Fréquence	Xt (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance
2.0	0.5000	670	29.3	612 - 727
1.25	0.2000	542	27.7	488 - 596

III.4. Choix de l'année de calcul :

L'objectif de la détermination de l'année de calcul est de déterminer la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante. Cette quantité est calculée en fonction de la probabilité de pluie efficace (pluie de probabilité 80%) de l'année de calcul.

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * \frac{P_{\text{théorique}(80\%) \text{ annuelle}}}{P_{\text{théorique}(50\%) \text{ annuelle}}} \dots\dots\dots \text{III.6}$$

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	jun	jul	aout
P moy (mm)	30,2	41,3	61,9	75,8	77,2	68,6	60,1	56,2	42,5	14,1	4,6	11
P moy (80 %)	24,462	33,453	50,139	61,398	62,532	55,566	48,681	45,522	34,425	11,421	3,726	8,91

P_{théorique} de 50% = 670 mm ;

P_{théorique} de 80% = 542 mm .

P_{moy 80% de chaque mois} = 0,81 * P_{moy mensuelle}

Les pluies mensuelles de projet sont calculées comme suit :

Tableau III.7 : l'année de calcul.

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre, les bases de l'analyse statistique des séries de précipitations annuelles ont été exposées, en mettant l'accent sur l'adaptation aux lois de probabilité. L'homogénéité des séries a été évaluée par le test de Wilcoxon, un test non paramétrique, qui est une condition préalable à toute analyse statistique.

Les distributions les plus fréquemment utilisées pour représenter les précipitations annuelles sont les lois de Gauss (normale) et de Gibrat-Galton (log-normale). La sélection de la meilleure loi est influencée par la nature des données et les objectifs de l'étude. Grâce à l'adaptation à une loi de probabilité, il est possible d'évaluer des quantités liées à différentes périodes de retour, ce qui est essentiel pour évaluer les risques associés aux événements extrêmes (sécheresse ou inondation).

Chapitre IV

Calcul des besoins en eau des cultures

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.1. Introduction

La région d'Akbou possède un immense potentiel agricole. Néanmoins, l'amélioration de la production agricole dans ce secteur est étroitement liée à la sélection éclairée des cultures et à la mise en œuvre d'un régime d'irrigation approprié. Effectivement, la région présente des contraintes climatiques, pédologiques et socio-économiques qui nécessitent une approche méthodique afin d'assurer la pérennité des systèmes de production et la rentabilité des exploitations.

L'objectif de cette étude est d'identifier les cultures les plus appropriées aux conditions locales d'Akbou et de définir un régime d'irrigation optimal, en prenant en considération les défis actuels liés à la diminution de la disponibilité d'eau et au changement climatique.

IV.2. Calculs les besoins des cultures

IV.2.1. Besoin en eau du périmètre

La quantité d'eau nécessaire pour compenser les précipitations naturelles est appelée besoin d'eau, et pour évaluer les besoins en eau des cultures, il est nécessaire de prendre en considération différents paramètres liés aux plantes, ainsi que les données climatiques et pédologiques du secteur.

IV.2.2. Calcul les besoins en eau d'irrigation

Le bilan hydrique suivant permet de calculer les besoins en irrigation pour la culture pour chaque mois la formule suivante :

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

Où :

ETM : évapotranspiration maximal ou besoins en eau des cultures en mm ($ETM=ET_0 \cdot K_C$).

K_C : coefficient culturel pour chaque stade végétatif de la culture.

P_{eff} : la pluie efficace .

RU : représente la réserve utile de la culture.

IV.2.3. Calcul l'évapotranspiration référence (ET0)

La référence à l'évapotranspiration est l'évapotranspiration maximale d'une pelouse bien entretenue, qui recouvre le sol de manière homogène, reçoit une quantité suffisante d'eau, est en phase active de croissance et se trouve dans une zone suffisamment étendue.

On peut distinguer deux catégories de méthodes pour calculer l'évapotranspiration de référence :

- **Méthode direct :**
 - La cuve lysimétrique ;
 - Le bac évaporant .

- **Méthode indirect :**
 - Prinsley-TAYLOR ;
 - Makkink-Turk ;
 - Hargreaves ;
 - Blaney-Criddle ;
 - Thornthwaite ;
 - Penman-Monteith .

Pour notre évaluation de l'ET0, nous avons choisi la méthode la plus répandue, à savoir la méthode de Penman-Monteith .

➤ **Formule FAO 56 Penman-Monteith**

Allen et al. (1988) ont apporté une simplification à l'équation de Penman-Monteith en faisant un certain nombre de suppositions sur des paramètres qu'ils ont considérés comme constants.

Ainsi, ils ont supposé constant, λ le flux de chaleur latente de vaporisation. Ils ont fixé la résistance du couvert végétal r_c à une valeur de 70 s/m et simplifié l'expression de la résistance aérodynamique en l'approximant par une fonction inverse de la vitesse du vent ($r_a = 208/u$) (Howell & Evett, 2004).

$$ET0 = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e^0 - e)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \dots\dots\dots \text{IV.2}$$

Avec :

E_{To} : évapotranspiration de référence (mm/j) ;

T : température de l'air ($^{\circ}C$) ;

u_2 : vitesse du vent à 2 m au-dessus du sol (m/s) ;

Δ : rapport entre la différence de pression de vapeur et la différence de température
Correspondant ($kPa/^{\circ}C$) ;

γ : constante psychrométrique ($\gamma \sim 66 Pa/^{\circ}K$) ;

R_n : le rayonnement net à la surface du sol ($MJ/m^2/j$) ;

G : le flux de chaleur du sol ($MJ/m^2/j$) ;

e : pression de vapeur (kPa) ;

e^0 : pression de vapeur saturante à la température T_0 de référence (kPa) ;

La formule FAO 56 Penman-Monteith donne l'évapotranspiration d'une surface herbeuse, bien alimentée en eau, d'une hauteur de 0.12 m, d'une résistance de surface de 70 s/m et d'un albédo de 0.23 (Allen, 2000) [16].

Pour évaluer l'évapotranspiration de référence, nous avons employé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008) en se basant sur la méthode de M. Penman-Monteith. Nous avons pris en compte les données mensuelles suivantes dans cette estimation :

- Les températures mensuelles minimales et maximales.
- L'humidité relative de l'air est exprimée en pourcentage (%).
- Les heures d'insolation par jour.
- La vitesse du vent Il est possible de mesurer en mètres par seconde (m/s).

Le tableau ci-dessous présente les données de l'évapotranspiration de référence E_{To} , obtenues à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 en utilisant une modification de la formule de Penman-Monteith.

Tableau IV.1 : Evapotranspiration de reference (E_{To}) calcule par logiciel CROPWAT.

Mois	Temp moy C°	Humidité %	Vent (m/s)	Insolation (heures)	Radiation $MJ/m^2/jour$	E_{To} (mm/mois)
Jan	6	82	3,1	4,9	8,7	30,33
Fev	6,9	79	3,1	6,4	12,3	38,23
Mars	9,9	75	3,1	7	15,9	65,13
Avr	12,9	72	3,1	7,7	19,5	87,92

Mai	17,5	67	2,8	8,8	22,6	124,51
Juin	23,1	58	2,7	10	24,8	163,43
Juill	27,9	47	2,8	10,7	25,5	213,09
Aout	28,4	48	2,8	9,6	22,6	203,47
Sept	23,1	61	2,7	7,8	17,7	133,62
Oct	17,5	67	2,8	7	13,7	91,3
Nov	11	76	3,2	5,3	9,5	48,84
Déc	7,2	81	3,1	4,8	8	31,89
Moy	15,9	68	2,9	7,5	16,7	1231,78

IV.2.4. Calcul la pluie efficace

C'est le pourcentage des précipitations totales absorbées par la culture, et cela dépend de la localisation géographique, de la nature des précipitations et de la nature du sol.

Afin d'évaluer cette quantité, différentes méthodes sont offertes. La méthode du pourcentage constant a été choisie dans notre analyse, et nous la décrirons plus en détail ci-dessous.

Pluies efficaces (mm/mois) = A*Pluie totales (mm/mois)IV.3

A : Coefficient des pertes généralement égales 0,8.

Tableau IV.2 : Calcul les pluies efficaces.

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	jun	jul	aout
Pmoy(mm)	30,2	41,3	61,9	75,8	77,2	68,6	60,1	56,2	42,5	14,1	4,6	11
Pmoy(80%)	24,46	33,45	50,14	61,40	62,53	55,57	48,68	45,52	34,43	11,42	3,73	8,91
Peff	19,57	26,76	40,11	49,12	50,03	44,45	38,94	36,42	27,54	9,14	2,98	7,13

IV.2.5. Calcul de la réserve en eau du sol

La réserve en eau du sol se définit comme le volume d'eau contenu dans le sol à un instant donné. Ce volume, ou stock d'eau, est généralement exprimé en épaisseur de lame d'eau (en mm), pour être facilement comparé aux pluies et à l'évapotranspiration. C'est une grandeur dynamique qui évolue au cours du temps, sous l'action conjointe des précipitations et de l'évapotranspiration. Cependant toute l'eau contenue dans le sol n'est pas utilisable par la

végétation, soit parce que les racines ne colonisent pas tout le volume de sol, soit parce que l'eau est trop fortement retenue par le sol pour être extraite par les racines.

L'eau utile peut être estimée à l'aide de tables (exemple ci-dessous) :

Tableau IV.3 : Tableau des réservoirs en eau selon les textures [17],

Classe de texture (selon le triangle de Jamagne)	Humidité % à la capacité au champ (pF=2.5)	Humidité % au point de flétrissement permanent (pF=4.2)	Eau utile (g d'eau pour 100 g de sol)	Densité apparente (sans dimension)	Réservoir utilisable (mm d'eau par cm de sol)
S	8	3	5	1.35	0.7
SL	12	5	7	1.40	1.0
SA	19	10	9	1.50	1.35
LIS	15	7	8	1.50	1.20
LS	19	9	10	1.45	1.45
LmS	20	9	11	1.45	1.60
LSA	22	11	11	1.50	1.65
LAS	24	12	12	1.45	1.75
LI	17	8	9	1.45	1.30
Lm	23	10	13	1.35	1.75
LA	27	13	14	1.40	1.95
AS	33	22	11	1.55	1.70
A	37	25	12	1.45	1.75
AL	32	19	13	1.40	1.80
A lourde	29	18	11	1.50	1.65

$$RFU = (H_{CC} - H_{PF}) * Y * DA * Z \dots \dots \dots \text{IV.4}$$

Où :

- H_{CC} : désigne la quantité d'humidité dans le champ (27%).
- H_{PF} : désigne l'humidité à un niveau constant de flétrissement (13%).
- Da : La densité apparente du sol (pour notre cas 1,4).
- Z : est égale à la profondeur d'enracinement en mm.
- Y : Coefficient qui varie en fonction de la nature du sol ($Y=2/3$ majorité des cultures).

Dans notre cas, la réserve en eau du sol du mois $i-1$ est égal à :

$$R_s = K * R_{FU}$$

K est coefficient = 1, 1/2 , 1/3 ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle .

IV.3. Choix de culture

Nos cultures sont sélectionnées en tenant compte de divers critères, tels que :

- Le climat de la zone d'étude.
- L'état de l'eau utilisée pour l'irrigation.
- Les particularités du sol.
- Les ressources disponibles pour la production.
- La demande de marché reflète les caractéristiques des agriculteurs.

IV.3.1. Culture proposés :

Presque la moitié de notre terrain cultivé est occupée par l'arboriculture. Le scénario d'occupation du sol par les cultures retenu pour le projet est résumé dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.4 : Occupation du sol en fonction des cultures.

Les cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
La céréaliculture : Blé	40%	158
Le maraîchage : betterave tomate Oignon sorgho pomme de terre (AS) cantaloup Haricot courgette	25%	55
L'arboriculture : Olivier agrumes	35%	141
Total	100%	244

IV.3.2. Assolement et rotation des cultures

L'assolement est la rotation de différentes cultures sur un même terrain au fil du temps, visant à préserver et à améliorer la fertilité du sol au cours des saisons, ou encore la diversité des cultures cultivées sur un champ à un moment donné.

Tableau IV.5 : Les assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Haricot	Tomate
Olivier	Olivier
Agrume	Agrume
Courgette	Pomme de terre (as)
Blé	L'oignon
Betterave	Sorgho
Cantaloup	Blé

Le cycle des cultures envisagées est exposé en détail dans le tableau IV.6 :

Tableau IV.6 : Le cycle végétal d'occupation du sol.

mois	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	
tomate							←						
oignon		←											
haricot	→									←			
pomme de terre	←												
cantaloup							←						
agrumes	←												
olivier	←												
blé		←											
sorgho							←						
betterave			←										
courgette									←				

IV.4. Estimation des besoins en eau des cultures choisies

Pour chaque culture on calcule les besoins en eau suivant :

Tableau IV.7 : Estimation des besoins en eau pour blé.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33	0					
oct	33,45	26,76	38,23	0,3	11,47	0,3	39,20	0	
Nov	50,14	40,11	65,13	0,4	26,05	0,5	65,33	13	
Déc	61,4	49,12	87,92	0,6	52,75	0,5	65,33	22	
Janv	62,53	50,03	124,51	0,6	74,71	0,6	78,40	22	2,90
Fév	55,57	44,45	163,43	0,6	98,06	0,6	78,40	26	27,47
Mars	48,68	38,94	213,09	1	213,09	0,6	78,40	39,20	134,95
Avr	45,52	36,42	203,47	1,2	244,16	0,6	78,40	26,13	181,61
Mai	34,43	27,54	133,62	0,87	116,25	0,6	78,40	26,13	62,58
Juin	11,42	9,14	91,3	0,23	21,00	0,6	78,40	26,13	
Juill	3,73	2,98	48,84					0,00	
Août	8,91	7,13	31,89					0,00	

Tableau IV.8 : Estimation besoin en eau pour la pomme de terre.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33	0,5	15,17	0,2	26,13	0	
Oct	33,45	26,76	38,23	0,7	26,76	0,4	52,27	0	0,00
Nov	50,14	40,11	65,13	0,95	61,87	0,5	65,33	0	21,76
Déc	61,4	49,12	87,92	0,75	65,94	0,5	65,33	22	
Janv	62,53	50,03	124,51					22	
Févr	55,57	44,45	163,43						
Mars	48,68	38,94	213,09						
Avr	45,52	36,42	203,47						
Mai	34,43	27,54	133,62						
Juin	11,42	9,14	91,3						
Juill	3,73	2,98	48,84						
Août	8,91	7,13	31,89						

Tableau IV.9 : Estimation besoin en eau pour agrume.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33	0,75	22,75	1,5	196,00		3,18
Oct	33,45	26,76	38,23	0,75	28,67	1,5	196,00		1,91
Nov	50,14	40,11	65,13	0,75	48,85	1,5	196,00		8,74
Déc	61,4	49,12	87,92	0,65	57,15	1,5	196,00	65	0
Janv	62,53	50,03	124,51	0,65	80,93	1,5	196,00	65	0
Fév	55,57	44,45	163,43	0,65	106,23	1,5	196,00	98	0
Mars	48,68	38,94	213,09	0,65	138,51	1,5	196,00	98	1,57
Avr	45,52	36,42	203,47	0,65	132,26	1,5	196,00	98	0
Mai	34,43	27,54	133,62	0,65	86,85	1,5	196,00		59,31
Juin	11,42	9,14	91,3	0,65	59,35	1,5	196,00		50,21
Juill	3,73	2,98	48,84	0,75	36,63	1,5	196,00		33,65
Août	8,91	7,13	31,89	0,75	23,92	1,5	196,00		16,79

Tableau IV.10 : Estimation besoin en eau pour oignon.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33		0,00		0,00		
Oct	33,45	26,76	38,23	0,4	15,29	0,2	26,13		
Nov	50,14	40,11	65,13	0,75	48,85	0,4	52,27	9	0,03
Déc	61,4	49,12	87,92	0,95	83,52	0,4	52,27	17	16,98
Janv	62,53	50,03	124,51	0,9	112,06	0,4	52,27	17	44,61
Fév	55,57	44,45	163,43	0,7	114,40	0,4	52,27	17	52,53
Mars	48,68	38,94	213,09		0,00		0,00		
Avr	45,52	36,42	203,47		0,00		0,00		
Mai	34,43	27,54	133,62		0,00		0,00		
Juin	11,42	9,14	91,3		0,00		0,00		
Juill	3,73	2,98	48,84		0,00		0,00		
Août	8,91	7,13	31,89		0,00		0,00		

Tableau IV.11 : Estimation besoin en eau pour tomate.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33						
Oct	33,45	26,76	38,23						
Nov	50,14	40,11	65,13						
Déc	61,4	49,12	87,92						
Janv	62,53	50,03	124,51						
Fév	55,57	44,45	163,43						
Mars	48,68	38,94	213,09	0,5	106,55	0,6	78,40	0	67,61
Avr	45,52	36,42	203,47	0,85	172,95	0,9	117,60	26	110,40
Mai	34,43	27,54	133,62	1,15	153,66	1,2	156,80	0,00	126,12
Juin	11,42	9,14	91,3	0,85	77,61	1,2	156,80	0,00	68,47
Juill	3,73	2,98	48,84						
Août	8,91	7,13	31,89						

Tableau IV.12 : Estimation besoin en eau pour courgette.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33	0,4	12,13	0,5	65,33	0	
Oct	33,45	26,76	38,23	0,5	19,12	0,5	65,33	0	
Nov	50,14	40,11	65,13	0,8	52,10	0,5	65,33	0	11,99
Déc	61,4	49,12	87,92	0,95	83,52	0,5	65,33	22	12,63
Janv	62,53	50,03	124,51	0,6	74,71	0,5	65,33	22	2,90
Fév	55,57	44,45	163,43						
Mars	48,68	38,94	213,09						
Avr	45,52	36,42	203,47						
Mai	34,43	27,54	133,62						
Juin	11,42	9,14	91,3						
Juill	3,73	2,98	48,84						
Août	8,91	7,13	31,89						

Tableau IV.13 : Estimation besoin en eau pour Cantaloup.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33				0,00		
Oct	33,45	26,76	38,23				0,00		
Nov	50,14	40,11	65,13				0,00		
Déc	61,4	49,12	87,92				0,00		
Janv	62,53	50,03	124,51				0,00		
Fév	55,57	44,45	163,43				0,00		
Mars	48,68	38,94	213,09	0,6	127,85	0,4	52,27	0	88,91
Avr	45,52	36,42	203,47	0,7	142,43	0,5	65,33	17	88,59
Mai	34,43	27,54	133,62	0,75	100,22	0,5	65,33	22	50,90
Juin	11,42	9,14	91,3	0,75	68,48	0,7	91,47	0	59,34
Juill	3,73	2,98	48,84				0,00		
Août	8,91	7,13	31,89				0,00		

Tableau IV.14 : Estimation besoin en eau pour olivier.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33	0,85	25,78	1,5	196,00		105,21
Oct	33,45	26,76	38,23	0,85	32,50	1,5	196,00		65,74
Nov	50,14	40,11	65,13	0,75	48,85	1,5	196,00		28,74
Déc	61,4	49,12	87,92	0,65	57,15	1,5	196,00	65	0
Janv	62,53	50,03	124,51	0,65	80,93	1,5	196,00	65	0
Fév	55,57	44,45	163,43	0,65	106,23	1,5	196,00	98	0
Mars	48,68	38,94	213,09	0,65	138,51	1,5	196,00	65	34,24
Avr	45,52	36,42	203,47	0,65	132,26	1,5	196,00	65	45,50
Mai	34,43	27,54	133,62	0,65	86,85	1,5	196,00		98,31
Juin	11,42	9,14	91,3	0,85	77,61	1,5	196,00		150,47
Juill	3,73	2,98	48,84	0,85	41,51	1,5	196,00		128,53
Août	8,91	7,13	31,89	0,85	27,11	1,5	196,00		119,98

Tableau IV.15 : Estimation besoin en eau pour betterave.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33		0,00		0,00		
Oct	33,45	26,76	38,23		0,00		0,00		
Nov	50,14	40,11	65,13	0,4	26,05	0,5	65,33		
Déc	61,4	49,12	87,92	0,5	43,96	0,9	117,60	22	
Janv	62,53	50,03	124,51	0,7	87,16	0,9	117,60	39	
Fév	55,57	44,45	163,43	0,8	130,74	0,95	124,13	59	
Mars	48,68	38,94	213,09	0,95	202,44	0,9	117,60	41	122,12
Avr	45,52	36,42	203,47	0,6	122,08	0,7	91,47	39	46,46
Mai	34,43	27,54	133,62		0,00		0,00		
Juin	11,42	9,14	91,3		0,00		0,00		
Juill	3,73	2,98	48,84		0,00		0,00		
Août	8,91	7,13	31,89		0,00		0,00		

Tableau IV.16 : Estimation besoin en eau pour sorgho.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	24,46	19,57	30,33						
Oct	33,45	26,76	38,23						
Nov	50,14	40,11	65,13						
Déc	61,4	49,12	87,92						
Janv	62,53	50,03	124,51						
Fév	55,57	44,45	163,43						
Mars	48,68	38,94	213,09	0,45	95,89	0,6	78,40		56,95
Avr	45,52	36,42	203,47	0,55	111,91	0,8	104,53	26	49,36
Mai	34,43	27,54	133,62	1,15	153,66	1	130,67	35	91,28
Juin	11,42	9,14	91,3	0,75	68,48	1	130,67	44	15,78
Juill	3,73	2,98	48,84						
Août	8,91	7,13	31,89						

Tableau IV.17 : Estimation besoin en eau pour haricot.

Mois	Pluie80% (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z(m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sept	24,46	19,57	30,33	0,8	24,26	0,5	65,33	0	4,69
Oct	33,45	26,76	38,23						
Nov	50,14	40,11	65,13						
Déc	61,4	49,12	87,92						
Janv	62,53	50,03	124,51						
Fév	55,57	44,45	163,43						
Mars	48,68	38,94	213,09						
Avr	45,52	36,42	203,47						
Mai	34,43	27,54	133,62						
Juin	11,42	9,14	91,3	0,5	45,65	0,5	65,33	0	36,51
Juill	3,73	2,98	48,84	0,65	31,75	0,5	65,33	0	28,77
Août	8,91	7,13	31,89	1,1	35,08	0,7	91,47	0	27,95

IV.5. Calcul les besoin en eau pour les assolements 1 et 2 :**Tableau IV.18 : récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1.**

Mois	haricot	olivier	agrum e	courgett e	blé	betterav e	cantalou p	total
Sep	4,69	105,21	3,18					14
Oct		65,74	1,91					8
Nov		28,74	8,74	11,99				29
Déc		0	0	12,63				13
Jan		0	0	2,9	2,9			6
Fév		0	0		27,47			27
Mars		34,24	1,57		134,95	122,12	88,91	382
Avr		45,50	0		181,61	46,46	88,59	347
Mai		98,31	59,31		62,58		50,9	232
Juin	36,51	150,47	50,21				59,34	215
Juill	28,77	128,53	33,65					101
Août	27,95	119,98	16,79					65

Tableau IV.19 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.

Mois	tomate	olivier	agrume	pomme de terre	blé	l'oignon	sorgho	total
Sep		105,21	3,18					9
Oct		65,74	1,91	0				8
Nov		28,74	8,74	21,76		0,03		39
Déc		0	0			16,98		17
Jan		0	0		2,9	44,61		48
Fév		0	0		27,47	52,53		80
Mars	67,61	34,24	1,57		134,95		56,95	295
Avr	110,4	45,50	0		181,61		49,36	372
Mai	126,12	98,31	59,31		62,58		91,28	399
Juin	68,47	150,47	50,21				15,78	203
Juill		128,53	33,65					72
Août		119,98	16,79					37

- Le besoin en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 2) ;
- Les besoins en eau correspond moins de mai ;
- Besoin maximal mensuel= 399 mm/mois.

IV.5. Calcul du débit spécifique

L'évaluation préalable des besoins en eau de chaque culture permet d'établir les débits spécifiques en fonction des besoins en eau de chaque culture. La disponibilité d'eau pour répondre à la demande mensuelle est assurée par un débit continu 24 heures sur 24. ainsi, la satisfaction des besoins en eau tout au long du mois.

La formule suivante permet de calculer le débit spécifique :

$$q_s = \frac{B_{net} * 10 * 100}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ (l/s/ha) IV.5}$$

Tel que :

- Bnet : Besoin net du mois de pointe en mm par mois.
- Ni Le nombre d'heures d'irrigation est de 22 heures.
- Nj : la durée du mois de pointe est de 30 jours.
- Ei : L'efficacité de l'irrigation est de 75%.

Dans notre cas $q_s=2,167 \text{ l/s/ha} > 1,5 \text{ l/s/ha}$, il y a un risque de surdimensionnement des conduites.

Afin de résoudre cette situation, il existe trois approches pour évaluer le débit spécifique :

1. En étudiant les débits spécifiques moyens de toutes les cultures.
2. En considérant les débits spécifiques moyens des cultures les plus exigeantes en eau.
3. En se basant sur le débit particulier de la culture la plus exigeante pendant la période de forte demande.

Nous avons choisi le débit spécifique de la culture la plus exigeante qui est le blé en mois d'avril, et ce débit spécifique est égal à :

$$q_s = 1,02 \text{ l/s/ha}$$

IV.5.1. Evaluation du débit caractéristique

La formule du débit caractéristique définie comme suivant :

$$Q_{\text{car}} = q_s * S \dots\dots\dots (IV.6)$$

- q_s : Débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)
- S : La superficie nette à irriguer = 244

$$Q_{\text{car}} = 248,88 \text{ l/s} = 0,2397 \text{ m}^3/\text{s}$$

IV.5.2. Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Les besoins en eau de notre zone sont résumés dans le tableau suivant par la formule ci-dessous :

$$\text{Volume d'eau d'irrigation} = \text{besoin bruts des cultures (mm)} * \text{surface (ha)} \dots\dots\dots (IV.7)$$

type de culture	surface	Besoins nets (mm)	Besoins brutes(m3/ha)	Besoins totaux (m ³)
Tomate	30,01	126,12	3784,8612	113583,6846
Olivier	150,47	150,47	4294,4384	269347,1764
Agrume	45	59,31	2668,95	120102,75
Pomme de terre	38,68	21,76	841,6768	32556,05862
L'oignon	16,15	52,53	848,3595	13701,00593

Sorgho	20,94	91,28	1911,4032	40024,78301
Blé	30,57	181,61	5551,8177	169719,0671
			total	759034,5257

Donc volume nécessaire est 759034,5257 m³.

IV.6. Conclusion

L'analyse des exigences en eau joue un rôle essentiel dans la planification d'un projet d'irrigation, car elle permet de définir correctement la taille du système d'alimentation en eau.

Nous avons tout d'abord établi l'évapotranspiration de référence dans ce chapitre, qui est la base pour évaluer les besoins en eau. Par la suite, nous avons choisi les cultures appropriées. Ainsi, nous avons évalué les besoins en eau particuliers de chaque culture et estimé que le volume d'eau d'irrigation nécessaire pour notre zone s'élève à environ 759034,5257 m³.

Dans ce chapitre, nous avons abordé, la phase la plus importante d'un projet d'irrigation, il s'agit de la détermination des besoins en eau des cultures. Après les calculs théoriques, nous avons estimé les besoins de chaque culture, et déduit le débit spécifique nécessaire au dimensionnement du réseau de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois d'avril qui correspond à la culture de blé.

Chapitre V

**Dimensionnement
du réseau de
distribution**

Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution

V.1. Introduction

La mise en place d'un périmètre suppose avant tout une gestion rationnelle et efficace du système d'irrigation et une organisation adéquate de ce dernier. Un réseau d'irrigation comprend toutes les infrastructures, équipements et organes qui assurent la sécurité de l'irrigation.

Les eaux d'irrigation sont réparties et distribuées à chaque exploitation agricole ou parcelle.

V.2. Présentation du projet

- En hiver, le projet implique le transfert d'eau du barrage TICHHAFT (wilaya de BEJAIA) vers le barrage TELLESDIT (wilaya de BOUIRA).
- L'irrigation période d'été du plateau d'El Asnam et de la vallée d'OUED SAHEL. (**Annexe02**)

V.3. Fonctionnement de projet

Le fonctionnement du projet selon deux modes dépend de la disponibilité d'eau :

V.3.1. Le transfert

Cette opération se déroule en hiver depuis le barrage TICHHAFT jusqu'au barrage TELLESDIT en suivant les étapes suivantes :

- Le barrage TICHHAFT évacue l'eau de manière gravitaire vers la station de pompage BOUSSELAM, qui pompe cette eau vers le réservoir de BOUSSELAM à travers des conduites en acier et BPAT (D=1100).
- La gravité entraîne l'écoulement de l'eau du réservoir BOUSSELAM vers la station de pompage de CHORFA, en utilisant des conduites de BPAT (D=1200, 1100,1000) et d'acier (D=1250,1100).
- L'eau est pompée vers le réservoir de VHORFA (1800 m³) par la station de pompage de CHORFA, qui est équipée de conduites de BPAT (D=1000).
- La circulation de l'eau gravitaire depuis le réservoir de CHORFA jusqu'à la station de pompage de OUED BARED se fait par des conduites en acier et en BPAT (D=1100).

- L'eau est directement pompée vers le barrage TELLESDIT par la station de pompage de OUED BARED dans des conduites de BPAT (D=1100).

V.3.2. L'irrigation

S'effectue en été et elle se partage en deux parties :

- **L'irrigation à partir de barrage TICHY-HAFT :**

Se fait de barrage TICHY-HAFT jusque à la vanne de sectionnement à OUED OUAQOUR selon les étapes suivante :

- L'eau s'écoule gravitaire de barrage de TICHY-HAFT vers la station de pompage de BOUSSELAM avec l'ouverture de l'adduction d'irrigation d'AKBOU qui se partage en deux parties (AKBOU A ET AKBOU B).
- La station de pompage BOUSSELAM pompe l'eau vers le réservoir BOUSSELAM qui permet le transfert de cette eau par gravitation vers la station de pompage CHORFA avec l'ouverture des picages d'irrigation à TAZMALT (t 01jusque à t 16).
- La station de pompage de CHORFA pompe l'eau jusqu'au réservoir CHORFA et depuis vers les zones irrigables à l'Est de OUED OUAQOUR ou la vanne de sectionnement est fermé, avec l'ouverture des picages d'irrigation qui se trouve entre le réservoir de CHORFA et la vanne de sectionnement.
- **L'irrigation à partir de barrage TELLESDIT :**

se fait de réservoir TELLESDIT bas jusque à OUED OUAQOUR (AD7) ou la vanne de sectionnement est fermé selon les étapes suivantes :

- L'eau s'écoule gravitaire de réservoir TELLESDIT bas vers le réservoir d'OUED BARED (150 m³), avec l'ouverture des picages d'irrigation d'ADJIBA (AJ01 jusque à AJ 10) et l'arrête de la station de pompage d'OUED BARED dans toute la période d'irrigation.
- L'eau traverse le secteur M'CHEDALLAH par gravité depuis le réservoir OUED BARED jusqu'à la vanne de sectionnement à OUED OUAQOUR, où les picages d'irrigation sont ouverts.

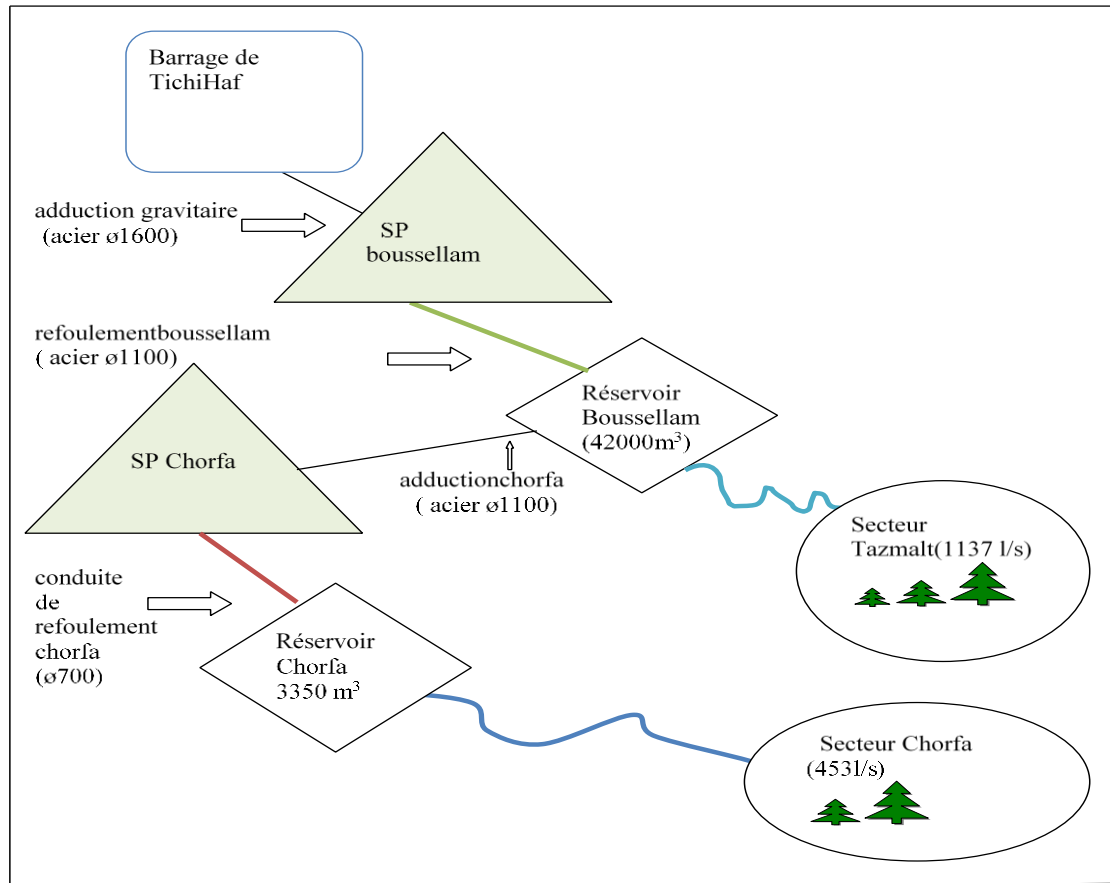


Figure V.1 : Schéma explicatif du projet [18]

V.4. Réseau de distribution :

Le système distribution de l'eau d'irrigation depuis le barrage TICHY-HAF jusque notre périmètre fait par le schéma suivant

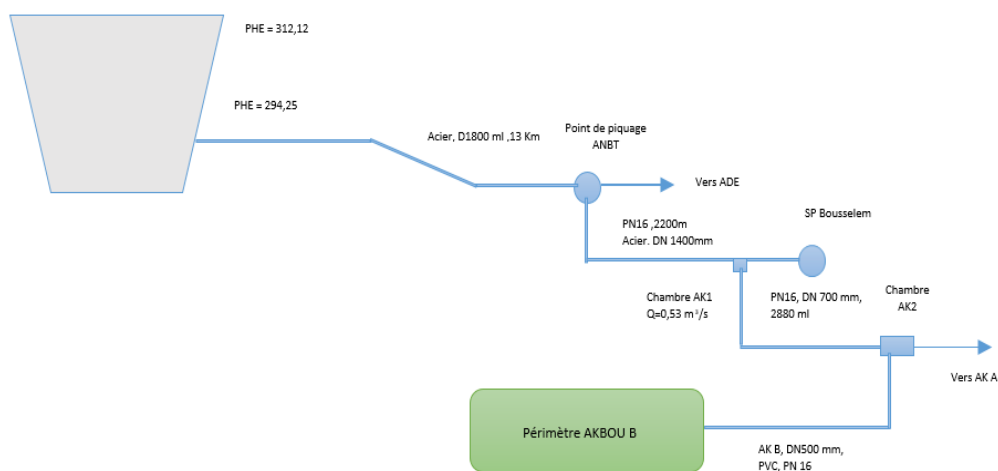


Figure IV.2 : Schéma adduction vers le périmètre AK B. (mon schéma)

V.4.1. Organisation et aménagement du périmètre :

Notre zone comprend 20 îlots, avec des superficies entre 6 et 16 hectares .chaque îlot subdivisé entre deux jusqu'aux quatre parcelles.

V.4.2. Découpage des îlots :

Cette pratique est justifiée par son rôle essentiel dans la gestion d'un espace d'irrigation. La division des îlots est la division de la surface des terres irriguées en zones ou sections plus petites, souvent dans le but de Pour rendre l'irrigation plus facile à gérer, mettre en place différentes méthodes agricoles ou répondre à des besoins spécifiques de la culture. Cette division peut influencer l'efficacité de l'irrigation, l'exploitation des ressources en eau et les méthodes agricoles.

Tableau V.1 : Les différents îlots du périmètre.

cultures	îlots	nombre de parcelle	surface (ha)
Tomate	îlot 1	4	14
	îlot 20	3	16,1
L'oignon	îlot 2	2	16,15
Olivier	îlot 7	4	14,11
	îlot 8	2	10,33
	îlot 9	2	6,28
	îlot 11	2	8,55
	îlot 13	4	11,74
	îlot 14	4	11,71
Agrume	îlot 5	4	11,83
	îlot 6	4	17,21
	îlot 10	2	7,72
	îlot 12	2	8,24
Pomme de	îlot 15	4	11,9

terre (as)	ilot 18	4	14,61
	ilot 19	3	12,17
Sorgho	ilot 16	4	10,94
	ilot 17	2	10
Blé	ilot 3	4	15,32
	ilot 4	4	15,25

V.4.3. Bornes d'irrigation (rôle et fonction) :

Un système d'irrigation est un appareil utilisé dans les systèmes d'irrigation agricole afin de contrôler et contrôler la distribution d'eau. En général, il est placé le long des canalisations d'irrigation pour orienter de façon précise l'eau vers les zones ou Parcelles particulières.

En règle générale, les consignes suivantes sont recommandées pour la mise en place de bornes pour les îlots appartenant à des exploitations de petite à moyenne taille :

- Mettre en place une borne pour chaque îlot d'activité.
 - Réduire le nombre de prises par borne à quatre.
 - Placer les bornes sur les frontières des îlots ou au centre pour les îlots de grande taille.
- La borne d'irrigation occupe une place essentielle dans le système d'irrigation en remplissant différentes fonctions fondamentales :
 - La distribution de l'eau garantit une répartition précise et régulière de l'eau vers les diverses zones ou parcelles.
 - -En utilisant des vannes, la borne permet de contrôler le débit d'eau. En adaptant la quantité d'eau fournie à chaque zone en fonction des besoins particuliers des cultures ou des espaces verts.
 - -En restreignant le nombre de prises par borne, l'équité dans la distribution permet de garantir une répartition équitable de l'eau entre les différentes utilisations, de prévenir les inégalités et de garantir à chaque zone sa part adéquate d'irrigation.

- Certaines bornes intègrent des régulateurs de pression pour maintenir une pression constante dans le système d'irrigation, garantissant ainsi une distribution homogène de l'eau et évitant les fluctuations de pression qui pourraient compromettre l'efficacité de l'irrigation.

Certaines bornes sont équipées de compteurs d'eau qui permettent d'évaluer la quantité d'eau consommée. Cette mesure simplifie le suivi de la consommation, l'évaluation de l'efficacité de l'irrigation et la facturation des services. Ainsi que l'eau utilisée dans certaines situations.

V.4.4. Trace du réseau d'irrigation :

Les canalisations de distribution sont tracées en tenant compte d'une multitude de paramètres techniques, topographiques, géologiques et géographiques afin de garantir un écoulement contrôlé. Parmi ces paramètres figurent :

- La structure géologique du terrain.
- Les propriétés du sol, telles que sa structure, sa texture, sa capacité de rétention et son taux d'humidité relative.
- Les informations climatiques concernant la zone d'étude, comme l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).
- Les différentes cultures à arroser.
- La sélection du type d'irrigation (gravitaire).

La conception d'un profil en long des conduites sans contrepenes est indispensable.

- - La diminution de la durée du projet afin de réduire les dépenses.
- - La nécessité de ne pas franchir des obstacles naturels ou artificiels.

V.4.5. Calcule débit aux bornes :

On va utiliser cette formule suivante :

$$Q_b = q_s * S \dots\dots\dots (V.1)$$

Avec :

- Q_b : Débit de chaque ilot (l/s).
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha).
- S : superficie des ilots (ha).

V.4.6. Choix du diamètre et de type de la borne :

Pour choisir le diamètre optimal des bornes selon les débits, il est nécessaire d'avoir une référence qui établit une corrélation entre les débits et les diamètres des bornes. On peut présenter cette référence sous la forme d'un tableau ou d'un lien. Expliquant en détail le diamètre de borne conseillé pour un débit particulier. En suivant cette procédure, vous pourrez sélectionner le diamètre adéquat en fonction des exigences de votre système d'approvisionnement en eau.

Le type de borne est sélectionné en fonction de la superficie, en fonction des critères suivants:

- Pour les îlots avec un nombre de parcelles compris entre 4 et 8, et dont la superficie est comprise entre 4 et 8. La superficie de la borne est inférieure à 15 hectares, et elle est de type A4, avec quatre prises.
- -La borne à deux prises de type A2 est choisie pour les îlots de deux parcelles dont la superficie est inférieure à 15 hectares.
- Pour les îlots de deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 hectares, il est recommandé d'utiliser une borne à deux prises de type B.
- Les îlots de grande superficie, de plus de 50 hectares, sont équipés de bornes de type C.

Tableau V.2 : Type des bornes en fonction des superficies des îlots.

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11,11) l/s	1 Entrée D80, 100	2 sorties D65
Type A4	$Q > 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11,11) l/s	2 Entrée D80, 100	4 sorties D65
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (22,22 l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33,33 l/s)	2 Entrée D80, 100,125	2 sorties D100
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100,125	1 sortie D150

Le calcul des débits des prises et des bornes présentées dans le tableau suivant :

Tableau V.3 : Calcul des débits des bornes et choix de diamètre.

cultures	ilot	nombre de parcelle	surface (ha)	Qsp l/s/ha	Q borne l/s	Type de la borne	Diamètre	materiaux
Tomate	ilot 1	4	11	1,02	11,22	A4	100	PEHD
L'oignon	ilot 2	2	11	1,02	11,22	A4	100	PEHD
Olivier	ilot 7	4	22	1,02	22,44	TYpe B	150	PEHD
	ilot 8	2	28	1,02	28,56	TYpe B	150	PEHD
	ilot 9	2	16	1,02	16,32	A4	100	PEHD
	ilot 14	4	25	1,02	25,50	TYpe B	150	PEHD
Agrume	ilot 5	4	23	1,02	23,46	TYpe B	150	PEHD
	ilot 6	4	27	1,02	27,54	TYpe B	150	PEHD
Pomme de terre	ilot 15	4	10	1,02	10,20	A2	100	PEHD
	ilot 18	4	12	1,02	12,24	A4	100	PEHD
Sorgho	ilot 16	4	11	1,02	11,22	A4	100	PEHD
Blé	ilot 3	4	18	1,02	18,36	Type B	150	PEHD
	ilot 4	4	25	1,02	25,50	Type B	150	PEHD
	ilot 11	2	24	1,02	24,48	Type B	150	PEHD
	ilot 13	4	26	1,02	26,52	Type B	150	PEHD
	ilot 12	2	25	1,02	25,50	Type B	150	PEHD
	ilot 10	2	30	1,02	30,60	Type B	150	PEHD

V.6. Matériaux de construction des canalisations :

La sélection du matériau de conduite est influencée par différents éléments tels que la capacité à supporter une pression, la réactivité du sol, des aspects économiques (coût et disponibilité sur le marché local, ainsi que leur fabrication en Algérie), ainsi que la compatibilité avec les éléments intégrés. Les éléments auxiliaires (joints, coudes, vannes, etc.). La fonte, le polyéthylène haut densité (PEHD), le polychlorure de vinyle (PVC) et l'acier sont des matériaux utilisés.

- **Conduite PEHD :**

Ces conduites présentent les bénéfices suivants :

- Ils se caractérisent par leur légèreté et leur facilité de découpe.
- Ils ont des caractéristiques hydrauliques exceptionnelles.
- On les trouve facilement sur le marché et ils s'installent facilement.
- Ils présentent une certaine économie.

Toutefois, il convient de souligner un désavantage potentiel : le risque de rupture en cas de soudure défectueuse. (**Annex02**)

- **Conduite en fonte :**

Ces matériaux présentent de nombreux atouts :

- Ils sont très résistants aux contraintes internes.
- Ils sont très résistants à la corrosion.
- Ils se distinguent par leur résistance et leur durabilité.

Cependant, il est important de prendre en compte leur prix relativement élevé comme un désavantage.

- **Conduite en acier :**

Ces conduites présentent plusieurs avantages :

- Une légèreté plus élevée que les conduites en fonte, ce qui permet d'économiser du poids lors du transport et de l'installation.
- Une excellente résistance aux contraintes comme les chocs et les écrasements.

Cependant, il est primordial de considérer le risque de corrosion comme un éventuel désavantage.

- **Conduite en PVC :**

La conduite en PVC offre de nombreux bénéfices :

- Ils montrent une résistance remarquable à la corrosion.
- On les trouve aisément sur le marché.
- On les installe facilement comme canalisations.

Cependant, il convient de souligner le risque de rupture en tant qu'éventuel inconvénient.

V.7. Vitesse admissible :

Il n'est pas nécessaire, sur le plan technique, d'établir une vitesse minimale dans les conduites. Il vise principalement à établir un diamètre maximum raisonnable pour faciliter le calcul d'optimisation pour un débit donné. D'autre part, établir une limite de vitesse maximale tolérée constitue un compromis entre différents éléments essentiels, tels que :

Lorsqu'on établit un seuil maximal de vitesse tolérée, il est essentiel de trouver un équilibre entre la recherche d'économies sur les coûts d'investissement et la gestion des risques potentiels liés aux coups de bélier. Cela englobe également la prise en compte des coûts potentiels associés à la mise en œuvre de mesures de prévention de ces phénomènes.

Nous avons choisi l'approche de M. Labye pour notre projet de réseau de distribution. Afin

de déterminer les diamètres adéquats des différentes sections de conduites. Cette approche s'appuie sur l'emploi d'une formule particulière.

$$D = \sqrt{\frac{4*Q*0,001}{\pi*V}} * 1000 \dots\dots\dots (V.2)$$

Tel que :

- **Q** : Le débit mesuré en mètre cube par seconde (m³/s).
- **D** : Le diamètre exprime en millimètres (mm).
- **V** : La vitesse idéale, généralement d'environ 1,5 m/s.

Tableau V.4 : Les diamètres avantageux en fonction des débits.

Dext(mm)	Dint(mm)	Epaisseur	Surface(m ²)	Débit			
				m ³ /h		l /s	
				v=0,5	v=1,5	v=0,5	v=1,5
20	16	2	0,0002	0,0001	0,0003	0,1	0,301
25	20,4	2,3	0,0003	0,0002	0,0005	0,163	0,49
32	26	3	0,0005	0,0003	0,0008	0,265	0,796
40	32,6	3,7	0,0008	0,0004	0,0013	0,417	1,251
50	40,8	4,6	0,0013	0,0007	0,002	0,653	1,96
63	51,4	5,8	0,0021	0,001	0,0031	1,037	3,111
75	61,4	6,8	0,003	0,0015	0,0044	1,48	4,439
90	73,6	8,2	0,0043	0,0021	0,0064	2,126	6,378
110	90	10	0,0064	0,0032	0,0095	3,179	9,538
125	102,2	11,4	0,0082	0,0041	0,0123	4,1	12,299
160	130,8	14,6	0,0134	0,0067	0,0201	6,715	20,145
200	163,6	18,2	0,021	0,0105	0,0315	10,505	31,516
250	204,6	22,7	0,0329	0,0164	0,0493	16,431	49,292
315	257,8	28,6	0,0522	0,0261	0,0783	26,086	78,258
400	327,4	36,3	0,0841	0,0421	0,1262	42,072	126,217
500	391,2	54,4	0,1201	0,0601	0,1802	60,067	180,202

V.8. Détermination du diamètre avantageux

Le choix du diamètre optimal varie en fonction du contexte particulier de l'application. Pour un objet, une canalisation, un tuyau ou un composant, il y a différents éléments à prendre en compte, tels que les contraintes techniques, les dépenses, les performances, la sécurité et d'autres aspects. La spécificité de l'application a un impact sur le choix du diamètre le plus bénéfique.

Concernant les conduites en PEHD (polyéthylène haute densité), les fabricants proposent un diamètre extérieur qui respecte une mesure standardisée. Toutefois, les réseaux sont conçus en fonction du diamètre intérieur, en accord avec les normes. Une pression nominale de 6 bars est requise pour les réseaux de distribution d'eau d'irrigation, conformément aux techniques interministérielles. Le diamètre intérieur et le diamètre extérieur sont considérablement différents, ce qui témoigne de l'épaisseur de la paroi de la conduite.

V.8.1. Calcul Perte des charges

Utilisez la formule de Darcy-Weisbach pour estimer le coefficient de perte de charge régulière :

$$\Delta H = \frac{\Lambda * L * v^2}{D_h * 2 * g} \dots\dots\dots (IV.3)$$

Où :

ΔH : perte de charge régulière en mètres (m) ;

Λ : coefficient de perte de charge régulière (sans unité) ;

L : longueur de la conduite en mètres (m) ;

D_h : diamètre hydraulique en mètres (m) ;

v : vitesse moyenne du fluide dans le tuyau en mètres par seconde (m/s) ;

g : accélération de la pesanteur en mètres par seconde carrée (m/s²).

V.8.2. Calcul la pression du périmètre

D'après le schéma précédent, en considérant la longueur et le diamètre de chaque tronçon, nous allons calculer la perte de charge et la pression dans le périmètre. Dans notre cas, la pression de tête au niveau du secteur est de 73,79 mètres, soit 7,379 bars. Cette pression

élevée peut engendrer des risques pour les ouvrages hydrauliques. C'est pourquoi nous allons utiliser un brise-charge afin de réguler et de réduire la pression de l'eau.

Tableau V.5 : Les résultats des calculs.

N° de tronçon	Longueur du tronçon	sup (ha)	débit Q (l/s)	débit Q (m3/s)	D théo (mm)	D nor (mm)	Matériaux	perte de charge	perte de charge totale	cote terrain(m)	cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
ts-N1	260,00	244,00	244	0,244	455,213	500	FONTE	0,63	0,73	182	225,27	43,27	4,33
N1-B1	45,44	11,00	14,28	0,014	110,124	110	PEHD	0,92	1,05	182,99	224,95	41,96	4,20
N2-B2	56,94	25,00	16,422	0,016	118,095	125	PEHD	0,80	0,92	182,6	225,08	42,48	4,25
N3-B3	79,36	11,00	16,473	0,016	118,279	125	PEHD	1,12	1,29	183,16	224,71	41,55	4,16
N4-B4	79,50	24,00	12,4134	0,012	102,675	110	PEHD	1,24	1,42	178,5	224,58	46,08	4,61
N5-B5	64,52	18,00	15,6264	0,016	115,199	125	PEHD	0,83	0,95	179,27	225,05	45,78	4,58
N6-B6	61,79	12,00	14,9022	0,015	112,498	125	PEHD	0,72	0,83	173,44	225,17	51,73	5,17
N7-B7	59,03	10,00	10,2	0,010	93,072	110	PEHD	0,64	0,73	166,31	225,27	58,96	5,90
N8-B8	62,04	15,01	15,555	0,016	114,936	125	PEHD	0,79	0,90	168	225,10	57,10	5,71
N9-B9	58,64	11,00	11,1588	0,011	97,348	110	PEHD	0,75	0,86	162	225,14	63,14	6,31
N10-B10	70,63	23,00	12,0666	0,012	101,231	110	PEHD	1,04	1,20	165	224,80	59,80	5,98
N11-B11	55,26	10,00	12,138	0,012	101,530	110	PEHD	0,83	0,95	161	225,05	64,05	6,41
N12-B12	78,76	27,00	17,5542	0,018	122,098	160	PEHD	0,38	0,43	162,47	225,56	63,10	6,31
N13-B13	48,17	28,00	14,3922	0,014	110,556	125	PEHD	0,53	0,61	158,92	225,39	66,47	6,65
N14-B14	64,91	25,00	11,9442	0,012	100,716	110	PEHD	0,94	1,08	158	224,92	66,92	6,69
N15-B15	90,19	26,00	10,5366	0,011	94,595	110	PEHD	1,04	1,19	157,5	224,81	67,31	6,73
N16-B16	65,40	16,00	11,9748	0,012	100,845	110	PEHD	0,95	1,10	157	224,90	67,90	6,79
N17-B17	98,26	6,28	6,4056	0,006	73,756	75	PEHD	2,90	3,34	160	222,66	62,66	6,27
N18-B18	97,24	25,00	8,4048	0,008	84,486	90	PEHD	1,95	2,25	157	223,75	66,75	6,68
N19-B19	74,94	30,00	7,8744	0,008	81,776	90	PEHD	1,33	1,53	176	224,47	63,92	6,39
N20-B20	97,24	22,00	8,721	0,009	86,060	90	PEHD	2,09	2,41	156,51	223,59	67,08	6,71
N21-N22	658,44	22,24	22,67	0,023	138,754	200	PEHD	1,70	1,96	170,98	220,20	65,84	6,58

- **Analyse des résultats**

L'analyse des calculs hydrauliques du réseau de distribution dans notre zone révèle des données de vitesse et de pression qui confirment une conception et des performances adaptées pour approvisionner efficacement notre système d'irrigation.

- **Pression (bar)**

Les bornes d'irrigation ont une pression variant de 4,16 à 6,79 bars. On considère que ces valeurs de pression sont suffisantes pour fournir de l'eau aux asperseurs et aux goutteurs.

- Aspersion d'irrigation : En général, on observe une pression d'eau comprise entre 2 et 4 bars.

Conseillée pour assurer une irrigation par aspersion performante.

- Installation de goutte à goutte : En ce qui concerne l'irrigation localisée, telle que l'irrigation au goutte-à-goutte, on utilise généralement une pression d'environ 1 bar.

Il est généralement adéquat d'avoir une pression de 4,16 à 6,79 bars pour assurer le bon fonctionnement du réseau. Cependant, les vannes de régulation de pression seront uniquement utilisées pour les réseaux d'irrigation goutte-à-goutte.

V.9. Conclusion

Le système d'adduction constitue l'élément essentiel d'un projet d'aménagement hydro-agricole, car il assure la gestion de l'eau du périmètre depuis la source jusqu'aux parcelles.

Une fois que nous avons opté pour la variante mixte refoulement et gravitaire, nous avons réalisé des calculs des paramètres hydrauliques pour les différentes canalisations dans toutes les parties du réseau de distribution. Nous avons opté pour des canalisations en PEHD avec un diamètre inférieur à 315 mm, tandis que les canalisations en fonte sont les plus adaptées (350 mm).

Effectivement, nous avons obtenu une pression adéquate pour l'ensemble du réseau d'adduction, ce qui permet d'incorporer des systèmes d'irrigation qui requièrent une pression, tels que l'irrigation par aspersion.

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

Chapitre VI : Choix de la technique d'irrigation.

VI .1.Introduction

L'irrigation est une pratique essentielle dans le domaine de l'agriculture, qui consiste à fournir artificiellement de l'eau aux cultures lorsque les ressources hydriques naturelles ne sont pas suffisantes pour permettre son développement optimal. Différents types d'irrigation ont été utilisés. Leur particularité réside dans leur adaptabilité aux caractéristiques particulières du terrain à irriguer et dans leur méthode d'acheminement de l'eau vers les végétaux.

Dans ce chapitre, nous examinerons ces diverses techniques afin d'atteindre une sélection optimale en fonction des spécificités du domaine étudié.

VI.2. Choix des techniques d'irrigation

Il est important de prendre en considération attentivement différents paramètres lors de la décision concernant la technique d'irrigation à adopter, tels que :

- La configuration géométrique du site.
- Le débit de l'eau
- La nature particulière des cultures
- La perméabilité du sol
- La viabilité économique du projet
- Les aspects financiers, qui doivent être étudiés attentivement lors de la sélection de la méthode d'irrigation adéquate.

VI.3. Catégorie des techniques d'irrigation

On peut classer les techniques d'irrigation en trois catégories principales :

- a) L'irrigation par gravité, aussi connue sous le nom d'irrigation de surface.
- b) L'irrigation par aspersion.
- c) L'irrigation par la micro-irrigation.

V.3.1. L'irrigation gravitaire

La méthode d'irrigation gravitaire, ou irrigation de surface, reste la plus utilisée dans les exploitations agricoles. Elle consiste à faire circuler l'eau sur le sol sous l'action de la gravité. Cette méthode se divise en trois approches différentes :

- a) **La technique de l'irrigation par ruissellement** : Implique de permettre à l'eau de circuler en surface, en respectant les contours naturels du terrain.
- b) **La technique de l'irrigation par rigoles d'infiltration** : consiste à orienter l'eau à travers des canaux spécialement conçus pour favoriser son infiltration dans le sol.
- c) **L'irrigation par submersion** : Cette méthode consiste à immerger temporairement le sol. Le terrain offre la possibilité à l'eau de se répandre sur la surface cultivée.

VI.3.1.1. L'irrigation par ruissellement

L'irrigation par ruissellement se caractérise par la répartition de l'eau par des rigoles qui l'acheminent par écoulement depuis les fossés du champ, sans avoir besoin de l'irrigation par ruissellement. Des digues afin de contrôler le débit d'eau.

VI.3.1.2. L'irrigation à la raie

L'irrigation à la raie est une méthode d'alimentation en eau des plantes qui implique de fournir l'eau aux végétaux par un réseau de canaux étroits, habituellement étroits.

Entre 0,75 et 1 mètre d'écart. On aménage ces canaux de manière à ce qu'ils deviennent de moins en moins denses, ce qui permet un écoulement d'eau limité sur une partie restreinte de la surface du sol.



FigureVI.1 : Irrigation à la raie [19]

VI.3.1.3. L'irrigation par submersion

Dans l'agriculture, l'irrigation par submersion implique l'application d'une couche d'eau de densité variable sur le sol, la maintenant en place pendant une période adéquate pour permettre une infiltration à la profondeur nécessaire. On qualifie souvent cette approche de forme d'inondation maîtrisée.

VI.3.1.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité

➤ **Avantage**

1. Méthode simple qui ne nécessite pas de consommation d'énergie externe.
2. Des dépenses d'investissement réduites.
3. Possibilité de renouveler les ressources des nappes phréatiques.
4. Aptitude à arroser de vastes surfaces.

➤ **Inconvénients**

1. On constate une importante diminution de l'eau.
2. Il est essentiel de réaliser des travaux de terrassement et de nivellement.
3. L'efficacité est assez limitée.
4. La période d'irrigation est longue.
5. Il est nécessaire d'avoir une main-d'œuvre importante et un investissement de temps important.

VI.3.2. L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une technique d'irrigation qui permet de fournir de l'eau aux plantes en simulant une pluie artificielle. Deux types d'appareils sont utilisés pour cela, les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. Le but principal de cette méthode est de garantir une sécurité. Une distribution homogène de l'eau dans la zone cultivée. Le système d'irrigation doit être conçu de manière à ce que le débit d'eau soit inférieur au taux d'infiltration maximum pour réduire les pertes liées à l'écoulement en surface.

VI.3.2.1. Avantages et inconvénients par aspersion

➤ **Avantage :**

1. Aucune nécessité d'aménagement préalable du sol.

2. Induit une oxygénation significative de l'eau pulvérisée en forme de pluie.
3. Offre des économies substantielles par rapport à d'autres systèmes d'irrigation.
4. Permet un dosage précis et une distribution uniforme de l'eau.
5. Convient à tous types de sols.
6. Présente une efficacité relative de l'utilisation de l'eau élevée, variant de 75% à 85%.
7. Réduit la demande en main-d'œuvre.

➤ Inconvénients :

1. L'évaporation et les effets du vent peuvent entraîner une perte d'eau
2. ce qui nécessite un entretien et une surveillance réguliers du système.
3. Les fortes variations de pression peuvent entraîner une répartition inégale de l'eau.

VI.3.2.2. Différents installations à la parcelle

1. Système d'installation fixe

La mise en place permanente de tous les équipements (pompe, canalisations, asperseurs) permet de réduire la main-d'œuvre, mais cela entraîne des coûts d'investissement très élevés, comme l'a souligné Clément en 2008.

- **Couverture totale**

Avec une couverture totale, la surface à arroser est équipée de rampes. Au cours de l'arrosage et en fin de campagne, seuls les asperseurs seront déplacés tout au long de la saison.

- **Couverture intégrale**

Afin de couvrir l'ensemble de la parcelle, il faut employer des rampes et des arroseurs à postes fixes. L'irrigation est assurée par l'ouverture et la fermeture d'une vanne, soit manuellement, soit automatiquement.

2. Système d'installation mobile

- **Système d'irrigation par enrouleur**

L'enrouleur d'irrigation est l'équipement d'aspersion d'eau le plus répandu dans certaines régions, comme la France, en raison de sa grande souplesse d'utilisation. Ce dispositif est composé d'un système d'arrosage statique, alimenté par un tuyau.

Un matériau souple enroulé autour d'une bobine. La bobine est mise en rotation par un moteur hydraulique, ce qui permet d'enrouler le tuyau et de déplacer le canon d'arrosage, ce qui permet une distribution plus efficace de l'eau.



FigureVI .2 : Système d'irrigation par enrouleur [20]

- **Système d'irrigation par pivot**

Les systèmes d'irrigation automatisés tels que l'irrigation par pivot et l'irrigation par rampe frontale sont fréquemment employés pour l'arrosage des prairies et d'autres cultures sous la canopée. Les pivots tournent autour d'un point central en rotation circulaire, tandis que les rampes frontales ont leurs axes.

Deux parties indépendantes. L'énergie nécessaire à leur déplacement dans la parcelle et au transport de l'eau de la source à la plante est nécessaire.



Figure V.3 : Système d'irrigation par pivot central [21].

VI.3.3. Système d'irrigation localisée

Cette méthode, appelée irrigation localisée ou méthode de goutte-à-goutte, est nommée ainsi en raison de son application ciblée, où l'eau est distribuée aux endroits où elle est souhaitée s'infiltrer. C'est une approche localisée qui il concerne le déplacement de l'eau par des canalisations, qui est ensuite répartie sous forme de gouttes à travers des goutteurs disposés le long des rangées de semences.

VI.3.3.1. Avantages et inconvénient de l'irrigation localisée

➤ **Avantage**

- Haute efficacité de l'irrigation.
- Adaptabilité à divers types de sols et à la majorité des cultures.
- La possibilité d'automatiser l'irrigation localisée.
- Il requiert moins de travailleurs.
- Réduit la perte causée par l'évaporation.

➤ **Inconvénient**

- Cette méthode est coûteuse, ce qui la réserve plutôt aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Elle demande une maintenance stricte en raison du risque d'interruption de l'irrigation.
- Elle demande également la filtration de l'eau d'irrigation.

VI.3.3.2. Composition d'une installation du système goutte à goutte

Un système goutte à goutte élémentaire est composé d'éléments qui assurent et surtout contrôlent le transport de l'eau depuis la source d'eau : forage, puits, réservoir, rivière jusqu'aux racines des plantes ; même l'eau de récupération peut être utilisée (avec des filtres ad hoc). Ces différents éléments sont :

1. Une pompe dont le débit conditionne la surface à irriguer. La pression à assurer au niveau des "goutteurs" est peu élevée (0,5 à 1 kg/cm², ou encore 5 à 10 m de colonne d'eau) de sorte qu'il est possible de se passer de pompe en surélevant simplement le réservoir de stockage d'eau à 7 ou 8 mètres du sol, tenant compte d'une perte de charge de 200 à 300 gr dans le filtre ; il faudra dans ce cas lutter contre les algues et les micro-organismes qui se développent dans un tel réservoir, notamment en couvrant celui-ci ou en assurant la désinfection à l'eau de javel.

2. Un filtre à sable : élément nécessaire seulement si l'eau est chargée en matière organique (cas de l'eau de récupération ou de réservoir)

3. Un filtre à tamis, ou plus souvent, à lamelles : filtre indispensable pour éliminer les particules inertes risquant d'obturer les "goutteurs", la qualité de filtrage plus ou moins grande dépend du type de goutteur.

4. Un ou plusieurs régulateurs de pression : appareil assurant, grâce à un clapet à ressort ou tout autre système mécanique, une pression d'entrée. On ajoute un manomètre pour vérifier le bon fonctionnement du système.

5. Un ou plusieurs tuyaux secondaires : ces tuyaux amènent l'eau à l'entrée des parcelles à irriguer et alimentent les tubes goutte à goutte ; le diamètre doit être suffisamment grand pour éviter de fortes variations de pression entre les différents tubes tertiaires (tubes goutte à goutte), il est calculé en fonction du débit et de la longueur.

6. Un réseau de tubes goutte à goutte (tubes tertiaires) : Ces tubes sont accouplés sur un tube secondaire par un raccord et ils amènent l'eau au pied de chaque plant ; l'arrosage est assuré par les goutteurs insérés à distance régulière dans le tuyau. Les caractéristiques essentielles en sont l'écartement des goutteurs, le débit nominal de ceux-ci à une pression donnée et l'homogénéité exigée pour ce débit entre le début et la fin du tube : à ces paramètres définis par la culture, on ajoute la longueur et la pente du terrain pour calculer le diamètre du tube.

7. Les goutteurs : initialement, il s'agissait de fins capillaires ou d'ajutages courts se greffant sur le tuyau tertiaire. Ces systèmes sophistiqués sont coûteux (l'équivalent de 300 F CFA (1994)/m linéaire aux Canaries) et ne peuvent être amortis que sur 8 ou 9 ans ; en conséquence ils réclament soins et entretiens scrupuleux ainsi que des manipulations soigneuses afin de garantir une durée de vie aussi longue. Depuis quelques années, les fabricants proposent des systèmes moins coûteux où les goutteurs sont montés en série sur des tuyaux plus légers et moins durables, mais surtout moins chers. Le goutteur comprend toujours trois éléments : un micro-filtre suivi d'un système de chicanes de réduction de pression puis d'une chambre de sortie. La qualité d'un goutteur repose sur sa faible sensibilité à l'obstruction et sur l'homogénéité de son débit même en cas de faible variation de pression.

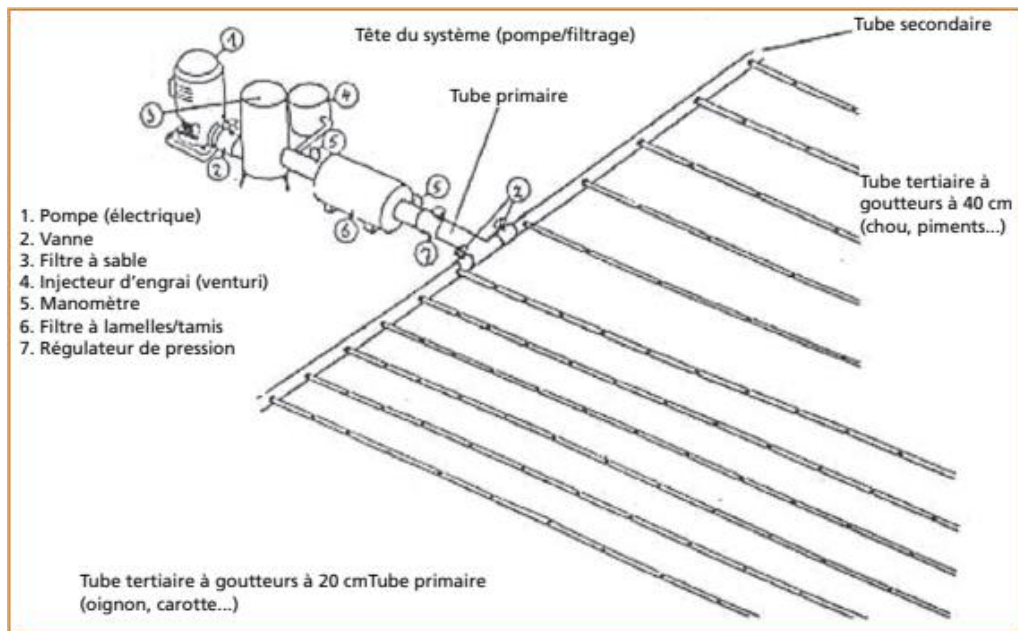


Figure V.4 : Système élémentaire pour irrigation goutte à goutte [22].

VI.4. Conclusion

Le choix d'un système efficace et économique est essentiel pour maximiser les rendements agricoles tout en préservant les ressources en eau. Dans notre cas nous considérerons les deux systèmes les plus efficaces : les systèmes d'irrigation goutte à goutte pour les cultures maraîchères et céréalières et les systèmes d'aspiration pour les cultures céréalières.

Chapitre VII

Dimensionnement

à la parcelle

Chapitre VII: Dimensionnement à la parcelle

VII.1. Introduction

L'étape de détermination de la taille des parcelles revêt une importance capitale lors de l'élaboration d'un plan d'aménagement, et cette dimension est largement conditionnée par le choix de la méthode d'irrigation sélectionnée. Dans cette section, nous mettrons l'accent sur la procédure de détermination de la taille optimale des parcelles, en prenant en compte la technique d'irrigation choisie, ainsi que les critères et les limitations spécifiques à la région géographique examinée dans le périmètre d'étude.

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

- **Culture choisie :** Nous avons opté pour la pratique de l'irrigation afin de cultiver du blé, une céréale qui présente des avantages significatifs tant du point de vue agronomique que sur le plan économique.
- **Choix des parcelles de l'ilot :** La parcelle P14 (îlot 04) est équipée d'un système d'irrigation par aspersion d'une superficie de 2,95 hectares. La borne B08 alimente cette parcelle, et les pressions calculées pour cette borne sont d'environ 5,71.bars. Ces niveaux de pression sont largement adéquats pour assurer l'alimentation en eau de la parcelle.

Ces valeurs de pression sont en grande partie suffisantes pour garantir l'alimentation en eau de la parcelle.

- **Longueur :** 250 m.
- **Largeur :** 118 m.
- **Texture :** Argilo-limono.
- **Efficienc e d'irrigation :** 75%.
- **Temps de travail :** 20h par jour, et 26 jours par mois.
- **Besoins de pointe :** 181,61 mm en avril.
- **Perméabilité du sol :** La texture du sol étant moyenne la perméabilité du sol est donc de $K=0,00028$ cm/s, la perméabilité du sol $K= 10,08$ mm/h.

a) Dimensionnement théorique

VII.2.1. Calcul du diamètre de l'ajutage

La relation donne par l'équation suivante:

$$P = (1,5*d) / (1,4) \dots\dots\dots VII.1$$

Avec :

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

Ainsi, après en résolvant cette équation on trouve que :

$$d = \frac{10,08*1,04}{1,5} = 6,98 \text{ mm.}$$

D'après la fiche technique d'arroseur (Annexe 04) on va choisir le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 7 mm.

VII.2.2. Calcul de la portée de jet (L)

La portée de projection, qui correspond à la distance entre l'appareil émetteur et le point d'impact du jet, est un critère indispensable pour définir la zone circulaire irriguée par l'appareil. On calcule cette grandeur en utilisant l'équation suivante :

$$L = 3*d^{0,5}*h^{0,25} \dots\dots\dots VII.2$$

Avec :

- **d** : Le diamètre de la buse (mm).
- **h** : Pression à la buse (m), à partir de (annexe 04) on prend $P = 30 \text{ m}$.

$$L = 3*7^{0,5}*30^{0,25} = 18,58 \text{ m.}$$

Étant donné que cette formule requiert une plus grande précision, nous allons utiliser les valeurs du catalogue figure (annexe 04). Pour une buse de 7 mm de diamètre et une pression de 3 bars, la portée est de 18 mètres.

VII.2.3. Ecartement entre les arroseurs et les rampes

Selon les recommandations émises par les normes américaines, les écarts recommandés diffèrent selon la vitesse du vent :

-Dans le cas de l'écart entre les lignes d'arrosage (El), il est recommandé de conserver une

valeur constante. Allant de 1,30L (vent faible) à 1,02L (vent intense).

-Quant à la distance entre les arroseurs sur la rampe (Ea), les conseils vont de 0,8L (vent faible) à 0,5L (vent chaud).

➔ Les valeurs maximales correspondent à des vents légers (<10 km/h).

➔ Les valeurs minimales correspondantes sont adaptées à des conditions de vent assez exigeantes (> 15 km/h).

Les vitesses maximales des vents dans notre zone d'étude sont d'environ 9,9m/s = 35,64 Km/h, donc nous prenons les valeurs minimales :

$$El = 1,02 * L = 18,95.$$

$$Ea = 0,5 * L = 9,29.$$

On prend les valeurs normalisées par (Annexe 03) qui sont donc :

- El = 20.
- Ea = 16.
- Cela correspond à une surface mouillée de **320 m²**.

VII.2.4. Débit de l'asperseur

Le calcul du débit d'un asperseur se calcul par la formule suivante :

$$q = 0,95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots \text{VII.3}$$

Avec :

q : le débit de l'asperseur (m³/s).

$$q = 0,95 * \frac{\pi \times (7 * 10^{-3})^2}{4} * \sqrt{2 \times 9,81 \times 30} = 8,86 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 3,19 \text{ m}^3/\text{h}.$$

A partir du tableau (Annexe 04) on trouve le débit est 3,22 m³/h.

1. Vérification de la pluviométrie de la buse :

L'hypothèse de l'écartement proportionnel à la portée permet d'estimer la pluviométrie horaire (P, en mm/h) en utilisant la relation suivante :

$$P = \frac{q}{El * Ea} \dots\dots\dots \text{VII.4}$$

Donc : P= 3,22/320 = 10,06 mm/h < K= 10,08 mm/h.

2. Calcul du tour d'eau

On peut définir le cycle d'irrigation comme le temps requis pour arroser entièrement toutes les terres.

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{dose RFU}}{B_{\text{mm}}} * Nj \dots\dots\dots \text{VII.5}$$

Dose pratique : $\text{RFU} = (\text{Hcc-Hpf}) * Y * \text{Da} * Z \dots\dots\dots \text{VII.6}$

- **Y** : Degré de tarissement égal à 2/3.
- **Da** : Densité apparente égal à 1,4.
- **Surface de la parcelle** : 2,95 ha.
- **Type de culture** : Blé.
- **Z** : Profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le blé).
- **Hcc** : Humidité a la capacité au champ (27%).
- **Hpf** : Humidité au point de flétrissement (13%).
- $\text{RFU} = ((27-13)/100) * 2/3 * 1,4 * 0,6 * 1000 = 78,4 \text{ mm.}$

En appliquant cette formule :

$$T_{\text{eau}} = \frac{78,4}{181,61} \times 26 = 11,22 \text{ j}$$

On prend $T_{\text{eau}} = 12 \text{ j}$, alors on irrigue 3 fois par mois.

3. La dose réelle

$$D_r = T_{\text{eau}} * \text{dose journalière.}$$

$$D_r = 12 * 181,61/30 = 72,64 \text{ mm.}$$

La dose brute

$$D_b = \text{dose réelle} / 0,75 = 96,85 \text{ mm.}$$

Temps d'arrosage

On calcule le temps T requis pour appliquer une quantité d'eau par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration en se basant sur la relation suivante :

$$T_a = \text{dose brute} / \text{Pluviométrique} = 96,85 / 10,08 = 9 \text{ h.}$$

Ainsi, deux cycles par jour pour un asperseur pourront être ajustés, ce qui représente une durée de fonctionnement totale de 20 heures.

VII.2.5. Calcul du débit d'équipement (Qeq)

$$\bullet \quad Q_{eq} = \frac{S(ha) \cdot B(mm) \cdot 10}{T_{a \cdot N_j \cdot eff \cdot n}} = \frac{2,95 \cdot 181,61 \cdot 10}{9 \cdot 26 \cdot 0,75 \cdot 2} = 15,26 \text{ m}^3/\text{h}.$$

VII.2.6. Calcul l'unité d'arrosage (SU)

Par unité de mesure, la zone ou la surface arrosée est :

$$\bullet \quad SU = \frac{S}{T_{eau \cdot n}} = \frac{2,95}{9 \cdot 2} = 0,16 \text{ ha}.$$

VII.2.7. Nombre d'asperseur requis (Nasp)

$$N_{asp} = \frac{Su \cdot 10000}{El \cdot Ea} = 4 \text{ asp}.$$

Dans notre cas nous allons prendre 4 asperseurs pour 0,16 ha.

b) Dimensionnement hydraulique des rampes

a. longueur de la rampe

D'une parcelle à l'autre, la phase de dimensionnement varie en fonction des dimensions de la parcelle et de la méthode de projection du réseau d'aspersion.

Deux approches sont envisagées pour installer les dispositifs d'aspersion sur la rampe.

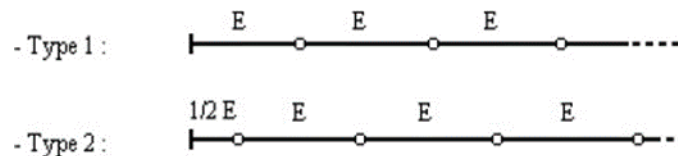


Figure VI. 1: Dispositifs de mise en place des asperseurs sur la rampe.

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 :

$$L_r = \frac{\text{largeur de terrain}}{2} - \frac{Ea}{2} = \frac{118}{2} - \frac{16}{2} = 51 \text{ m}$$

Le nombre d'asperseurs par rampe peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$N_{asp} = \frac{Lr}{Ea} = 3 \text{ asp}$$

b. Dimensionnement de la rampe (Qr)

Qr = le débit de l'asperseur * le nombre d'asperseur / rampeVI.7

Le débit sur la rampe :

- $Qr = 3,22 * 3 = 9,66 \text{ m}^3/\text{h}$.

Le nombre asperseur par rampe :

- $N_{asp}/\text{rampe} = \frac{\text{longueur}}{El} = \frac{250}{20} = 11 \text{ rampes}$.

c. Calcul le diamètre de la rampe :

- Diamètre de la rampe : $Dr = \sqrt{\frac{4*Qr}{\pi*V}}$

Avec :

V : vitesse d'écoulement à travers la rampe.

Ou : $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0,5 ; 2,5]$

On va supposer la vitesse $V = 1,5 \text{ m/s}$ et on trouve : $Dr = 0,048 \text{ m}$

Nous avons choisi le diamètre normalisé a partie (Annexe 03), Alors est $Dr = 50 \text{ mm}$.

- $V = \frac{4*Qr}{\pi*Dr^2}$
- $V = \frac{4*0,0027}{3,14*(0,05)^2} = 1,36 \text{ m/s}$.

d. Calcul des pertes de charge

$$J = \left(\frac{3,592}{CH}\right)^{1,872} * \left(\frac{Lr}{D^{4,87}}\right) * Qr^{1,872} \dots\dots\dots \text{VII.8}$$

Avec :

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

On appliquant ces paramètres à l'équation on obtient : $J = 1,78$ m.

c) Dimensionnement de la porte rampe

a. Longueur de la porte rampe

La longueur de la porte de la rampe est calculée en utilisant :

- $L_{pr} = 250 - 20/2 = 240$ m.

b. Débit de la porte rampe

Le calcul du débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r \dots\dots\dots \text{VII.9}$$

- $Q_{pr} = 9,66 * 11 = 106,26 \text{ m}^3/\text{h} = 0,029 \text{ m}^3/\text{s}$.

c. Calcul du diamètre de la porte rampe

Détermination du diamètre de la porte rampe par la formule suivante :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 * Q_{pr}}{\pi * V}} \dots\dots\dots \text{VII.10}$$

Ou :

- **Q_{pr}** : représente le débit en m^3/s ,
- **D_r** : est le diamètre en mm,
- **V** : correspond la vitesse économique de 2 m/s.
- $D_r = \sqrt{\frac{4 * 0,029}{3,14 * 1,5}} = 115,09$ mm par normalisation le diamètre sur (Annexe 03)

est de 125 mm.

Nous choisissons le diamètre standard des tuyaux en PEHD de 180 mm afin que Minimiser la perte de pression.

A partir de là, les relations suivantes sont établies :

$$V = \frac{4 * Q_{pr}}{\pi * D_{pr}^2} \dots\dots\dots \text{VII.11}$$

- $V = 1,45$ m/s.

e. Calcul de la perte de charge de la porte rampe

L'expression générale des pertes de charge linéaires dans les conduites est calculée à l'aide de la formule conventionnelle dérivée du modèle Hazen Williams :

$$J = (3.592/Chw)^{1.852} * (Lpr/Dpr^{4.87}) * Q^{1.852} \dots\dots\dots VII.12$$

Avec :

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

En appliquant ces données à l'équation, on obtient : $J = 2,25 \text{ m}$.

Tableau VII.1: Résultat des calculs d'aspersion.

Paramètre	Porte rampe	Rampe
Longueur (m)	240	51
Diamètre (mm)	125	50
Débit (m^3/h)	106,26	9,66
Vitesse (m/s)	1,45	1,36
Perte charge total (m)	2,25	1,78

$\Delta Tt = 2,25 + 1,78 = 4,03 < 5 \text{ m}$ la règle de Christiansen est vérifiée.

d) Calcul de la pression en tête réseau

La pression requise pour garantir le bon fonctionnement du dernier asperseur est calculée en fonction de la somme des composants suivants :

$$H = H1 + H2 + H3 \dots\dots\dots VII.13$$

Ou :

- **H** : représente la pression à la tête de la parcelle,
- **H1** : la pression efficace pour le fonctionnement optimal d'asperseur (fixée à 3 bars),
- **H2** : la perte de charge totale de la rampe,
- **H3** : la dénivelée (0 m sur un terrain relativement plat).

On trouve :

$$H = 30 + 4,03 + 0 = 34,03 \text{ m}.$$

La valeur mesurée de la pression (P) est de 3,4 bars, ce qui est parfaitement approprié en tenant compte de la pression disponible à la borne, qui est évaluée à 5,71 bars.

VII.3. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte

Dans cette section, nous examinerons la mise en place d'un système d'irrigation localisée, en mettant l'accent sur la dimension du système goutte à goutte en application. Il est essentiel de disposer de données essentielles comme la superficie de la parcelle, les exigences.

La quantité d'eau consommée quotidiennement et la durée maximale de fonctionnement.

▪ Données générales

Sur la parcelle P 31 de l'îlot 09, alimentée par la borne B17, le dispositif d'irrigation sera mis en place, avec une pression estimée à environ 6,27 bars. La superficie totale de l'exploitation s'élève à 2,98 hectares et est principalement rectangulaire.

- **Culture** : Olivier ;
- **Besoin de pointe** : 150,47 ;
- **Configuration du réseau de goutte à goutte** : Espacement de 4 mètres sur 4 mètres ;
 - Surface : 2,98 ha.
 - Longueur : 200 m.
 - Largeur : 149.
- **Caractéristiques du goutteur**
 - Débit nominal : 4 l/h ; Pression nominal : 10 m.c.e ;
 - Nombre de goutteur par arbre : 2
 - Espacement entre les goutteurs \approx [1 - 2] mètres.

a) Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisé

VII.3.1. Influence du taux de couverture du sol

Dans un système goutte à goutte, l'eau est appliquée de façon précise sur une petite surface, ce qui réduit considérablement la quantité d'eau qui s'évapore directement du sol. Afin de prendre en considération cet effet, un coefficient d'est appliqué.

La diminution, connue sous le nom de K_r , de l'Évapotranspiration Maximale (ETM). La valeur de K_r dépend du pourcentage de la surface du sol occupée par les plantes adultes, qui

est habituellement de 60 %. Il est possible de le calculer en utilisant diverses formules disponibles, comme celles mentionnées ci-dessous :

-Keller et Karmeli (1974):

$$\mathbf{K_r = C_s / 0,85 \dots\dots\dots VII.14}$$

-La formule de Freeman et Garzoli :

$$\mathbf{K_r = C_s + 0,5 (1 - C_s) \dots\dots\dots VII.15}$$

Nous supposons que les arbres adultes atteignent un taux de couverture de 60 %, ce qui implique que :

- $K_r = 0,70$ selon Keller et Karmeli ;
- $K_r = 0,80$ selon Freeman et Garzoli.

On prendra le coefficient $K_r = 0,80$:

$$\mathbf{B_{net} = B_j * K_r \dots\dots\dots VII.16}$$

- $\mathbf{B_{net} = (150,47/30) * 0,80 = 4,012 \text{ mm/j.}}$

VII.3.2. Dose nette pratique

Après avoir calculé les besoins quotidiens, il est crucial de déterminer une fraction ou un pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. On calcule la dose (RFU) en fonction de la hauteur d'eau P en utilisant l'équation suivante :

$$\mathbf{D_p = (H_{cc} - H_{pf}) * Y * D_a * P\% \dots\dots\dots VII.17}$$

Les termes employés dans cette équation sont décrits de la manière suivante :

- H_{cc} : la quantité d'eau disponible dans le champ (27 %),
- H_{pf} : correspond à la hauteur d'eau du point de flétrissement constant (13%),
- D_a : indice de densité apparente mesurant 1.4,
- Y : avec un coefficient de $2/3$,
- Z : La profondeur des racines de la plante à 1500 mm,
- P : indiquant le niveau d'humidité du sol.

On obtient la valeur de P% en se basant sur l'équation suivante :

$$\mathbf{P \% = (N * S_{pd} * S_h) / (S_a * S_r) \dots\dots\dots VII.18}$$

Ou :

- P : la quantité de sol humide,
- N : correspond au nombre de points de distribution par arbre,
- Spd : La distance entre deux points de distribution proches du même arbre (m),
- Sh : correspond à la largeur de la bande humidifiée,
- Sr : la distance entre les rangs d'arbres,
- Sa : la dispersion des arbres sur les rangs.

Cela aboutit à une valeur précise :

- $P\% = (2*2*1) / (4*4) = 25 \%$;
- $RFU = (0,27 - 0,13) * 1,4 * 1500 * 2/3 = 196 \text{ mm}$.

Et :

- $D_{nette} = 196 * 0,25 = 49 \text{ mm}$.

VII.3.3. Fréquence et espacement des arrosages (Fr)

On peut calculer la fréquence des arrosages (tour d'eau) en utilisant la formule suivante :

$$\mathbf{Fr = D_{nette} / B_{nett} \dots\dots\dots VII.19}$$

- $\mathbf{Fr} = 49 / 4,012 = 9,21 \text{ jours}$.

Ainsi, nous décidons d'utiliser une durée de 8 jours pour un cycle d'irrigation (Tour = 8 jours).

Calcul de la dose réelle

$$\mathbf{Dr = Fr * B_{nette} \dots\dots\dots VII.20}$$

- $\mathbf{Dr} = 4,012 * 8 = 32,096 \text{ mm}$.

IV.3.4. Calcul la dose brute :

On utilise la formule suivante :

$$\mathbf{D_{brute} = Dr / (Eff * Cu) \dots\dots\dots VII.21}$$

Dans le cas où :

- le réseau d'irrigation présente une efficacité de 90%.
- le coefficient d'uniformité (Cu) est de 90%.
- **Dbrute** = $32,096 / (0,9 * 0,9) = 39,62$ mm.

IV.3.5. Durée d'opération par cycle d'arrosage (en heure) :

$$\mathbf{Ta = (Dbr * Sa * Sr) / (n * Qg)VII.22}$$

Dans ce cas,

- **Dbrute** : correspond au besoin brut calculé précédemment (39,62mm).
- **Sa et Sr** : correspondent aux distances entre les arbres et les rangs.
- **N** : correspond au nombre de goutteurs (2).
- **Qg** : correspond à la vitesse du goutteur (4 l/h).
- **Ta** = $(39,62 * 4 * 4) / (2 * 4) = 79,24$ h/mois.

IV.3.6. Nombre d'arbre par hectare

La formule qui permet de calculer le nombre d'arbres par hectare est la suivante :

$$\mathbf{Narbr = 1ha / Sa * SrVII.23}$$

- **Narbr** = $10000 / (4 * 4) = 625$ arbres.

IV.3.7. Nombre d'arbre par rampe

La formule qui permet de calculer le nombre d'arbres par rampe est la suivante :

$$\mathbf{Narmp = Lrgp / SaVII.24}$$

- **Narmp** = $149 / 4 = 37$ arbres.

IV.3.8. Nombre des goutteurs par rampes

Le nombre de goutteurs par rampe est calculé selon la formule suivante :

$$\mathbf{Ng = (Lrgp / Sa) * 2VII.25}$$

- **Ng** = $37 * 2 = 74$ goutteurs.

IV.3.9. Débit d'une rampe

Le calcul du débit d'une rampe se fait de la manière suivante :

$$Q_{rmp} = N_g * q_g \dots\dots\dots VII.26$$

- $Q_{rmp} = 74 * 4 = 296 \text{ l/h.}$

Nombre des rampes

La détermination du nombre de rampes se fait de la manière suivante :

$$N_{rmp} = L_{ngp} / S_r \dots\dots\dots VII.27$$

Avec ces valeurs dans l'équation, on trouve :

- $N_{rmp} = 200 / 4 = 50 \text{ rampe.}$

VII.3.10. Débit de porte rampe

Le calcul du débit de porte-rampe se fait de la manière suivante :

En intégrant ces informations dans l'équation, on trouve :

$$Q_{prmp} = Q_{rmp} * N_{rmp} \dots\dots\dots VII.28$$

- $Q_{prmp} = 296 * 50 = 14800 \text{ l/h.}$

b) Calculs hydraulique du réseau d'irrigation goutte à goutte

Lors du calcul hydraulique d'un système d'irrigation goutte à goutte, il est essentiel d'examiner les paramètres hydrauliques, tels que les dimensions, les niveaux de pression et les pertes de charge, afin d'assurer une efficacité optimale de l'ensemble du réseau.

IV.3.11. Diamètre de la rampe

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

$$D_{rmp} = ((J_{th} * 2,75) / (0,478 * Q_{rmp}^{1,77} * L_{rgp}))^{-1/4,75} \dots\dots VII.29$$

- $D_{rmp} = ((1,4 * 2,75) / (0,478 * 296^{1,77} * 149))^{-1/4,75} = 15,49$, Donc DN = 16 mm.

Calcul des pertes de charge de la rampe :

$$J_{cal} = (0,478 * L_{rgp} * D_{rmp}^{-4,77} * Q_{rmp}^{1,77}) / 2,75 \dots\dots VII.30$$

- $Jcal = (0,478 * 149 * 16^{-4,77} * 296^{1,77}) / 2,75 = 1,11 < 1,4$; Donc la condition est vérifiée.

Tableau VII.2: Caractéristique de la rampe.

Culture	L'olivier
Lrgp (m)	149
Ng	74
Qrmp (l/h)	296
Jth (m)	1,4
Dclaculé (mm)	15,40
DN (mm)	16
Jcalculé (m)	1,11

VII.3.12. Diamètre de la porte rampe

Le calcul du diamètre de la porte rampe se fait selon la formule suivante :

$$Dprmp = ((Jth * 2,75) / (0,478 * Qprmp^{1,77} * Lngp))^{-1/4,77} \dots\dots\dots VII.31$$

- $Dprmp = ((0,8 * 2,75) / (0,478 * 14800^{1,77} * 200))^{-1/4,77} = 77,78 \text{ mm}$

On choisit : DN = 90 mm.

Calcul des pertes de charge de la porte rampe :

$$Jcal = (0,478 * Lngp * Dprmp^{-4,77} * Qprmp^{1,77}) / 2,75 \dots\dots\dots VII.32$$

- $Jcal = (0,478 * 200 * 90^{4,77} * 14800^{1,77}) / 2,75 = 0,4 < 0,8$ la condition vérifiée.

Tableau VII.3: Caractéristique des portes rampes.

Culture	L'olivier
Lngp (m)	200
Nr	50
Qprmp (l/h)	14800
Jth (m)	0,8
Dcalculé (m)	77,78
DN (mm)	90
Jcalculé (m)	0,4

c) Calcul de la pression en tête du réseau

Afin de déterminer la pression totale nécessaire pour assurer le bon fonctionnement du système d'irrigation goutte à goutte, il est essentiel d'ajouter les pertes de charge à travers tout le réseau et d'y intégrer la pression spécifique requise pour chaque goutteur. La formule correspondante est la suivante :

$$H = H1 + H2 \dots\dots\dots \text{VII.33}$$

Avec :

- H : indique la pression exercée sur la tête de la parcelle.
- H1 : La pression requise pour le bon fonctionnement d'un goutteur (1 bar).
- H2 : correspond à la perte totale de charge.

On trouve :

$$H = 10 + (0,4 + 1,11) = 11,51\text{m.} = 1,2 \text{ bars.}$$

De cette manière, une pression de 6.27 bars est largement adéquate pour alimenter les goutteurs et assurer leur bon fonctionnement.

VII.4. Conclusion

Pendant ce chapitre, nous avons élaboré des dimensions pour deux types d'irrigation, à savoir la goutte à goutte pour l'olivier et l'aspersion pour le blé. Ces deux systèmes économiques contribuent à la préservation de la ressource en eau et à la résistance à la forte évaporation dans la région. Ces techniques d'irrigation favorisent donc la mise en œuvre de plus de cultures dans les zones du périmètre d'Oued Sahel, situées dans la wilaya de BEJAÏA.

Chapitre VIII

**Calcul technico-
économique**

Chapitre VIII: Calcul technico-économique.**VIII.1. Introduction**

Après avoir terminé les différentes étapes de l'étude, il est important de mener une étude pour estimer le coût du projet dans toutes ses parties, y compris les travaux, la préparation et le coût des différentes commodités nécessaires à la réalisation du projet.

VIII.2. Exécution des travaux de pose de canalisation**VIII.2.1. Exécution des tranchées**

- Ce processus implique l'excavation de tranchées dans le sol afin de recevoir les conduites. Généralement, une pelle mécanique est employée pour réaliser cette opération.
- Les dimensions des tranchées varient en fonction du diamètre de la conduite destinée à être installée dans chaque segment. Il est crucial de creuser la tranchée avec des dimensions adéquates, garantissant ainsi la capacité d'accueil de la conduite sans compromettre sa stabilité.

VIII.2.2. Pose de lit de sable

- Il s'agit d'un lit de sable qui est placé au fond de la tranchée avant l'installation de la conduite.
- Son rôle principal consiste à répartir de manière homogène les charges sur la zone de support de la conduite, ce qui permet de prévenir d'éventuels dégâts.
- Avant de procéder à la pose de la conduite, il est primordial de préparer la tranchée en retirant les pierres de grande taille, en respectant les dimensions du profil en long (niveaux du sol) et en nivelant minutieusement le fond de la tranchée afin de garantir une base solide pour la transmission.

VIII.2.3. Remblayage des tranchées

- Une fois que la conduite a été correctement positionnée dans la tranchée sur le lit de sable, il est possible d'utiliser le matériau excavé du sol comme remblai.
- La tâche consiste à remplir la tranchée avec le remblai déposé pour enterrer la conduite et l'évacuer de la maintenir stable.

VIII.2.4. Nivellement et comptage

-Une fois le remblayage terminé, il est nécessaire de procéder au nivellement, qui consiste à répartir de manière homogène les terres utilisées comme remblai, en particulier en cas de monticules.

-Par la suite, il est indispensable de compacter le sol, c'est-à-dire de le comprimer de manière mécanique afin de l'alourdir.

-Il est essentiel de compacter le sol pour éviter le tassement au fil du temps, ce qui pourrait causer des dommages à la canalisation ou des affaissements du sol. Il est essentiel de suivre ces étapes afin d'assurer la stabilité et la pérennité de l'installation de la canalisation dans le sol.

VIII.3. Calcul des volumes des travaux de distribution

VIII.3.1. Calcul du volume de terrassement

a) La profondeur des tranchées

La profondeur de la tranchée doit être suffisante pour permettre la bonne réalisation des branchements spécifiques tout en évitant tout contact avec les autres conduites.

La profondeur de la tranchée (Htr) et ses éléments constitutifs sont définis par l'équation :

$$\mathbf{Htr = e + d + h (m) \dots\dots\dots VIII.1}$$

Où :

- Htr : La profondeur de la tranchée.
- e : représente la taille du lit de repos.
- d : Le diamètre de la conduite.
- h : représente la distance entre le remblai et la conduite.

b) Largeur du fond de la tranchée

La tranchée est conçue pour laisser un espace de 30 cm de part et d'autre du système de conduite.

La largeur est donc calculée en utilisant l'équation suivante :

$$\mathbf{B = d + 0,6 (m) \dots\dots\dots VIII.2}$$

Avec :

B : La largeur de la tranchée en mètres.

d : Le diamètre de la conduite en mètres.

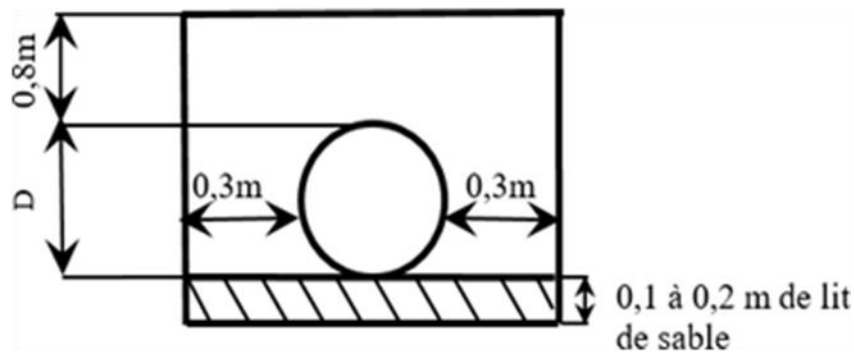


Figure VIII.1 : schéma d'une tranchée.

VIII.3.2. Calcul du volume de déblai

Volume d'évacuation est défini de la manière suivante :

$$\mathbf{V_{deb} = L * H * b \text{ (m}^3\text{)VIII.3}$$

Où :

L : Longueur en mètres de la tranchée.

H : la profondeur de la tranchée (m).

b : Dimensions de la tranchée en m.

VIII.3.3. Calcul du volume de remblai

L'équation suivante représente la relation entre le volume net d'excavation (V_{remb}), le volume d'excavation brut (V_{deb}) et le volume occupé par la conduite (V_{cond}) :

$$\mathbf{V_{remb} = V_{deb} - V_{cond} \text{VIII.4}$$

Où :

$$\mathbf{V_{cond} = \left(\frac{\pi * D^2}{4}\right) * L \text{VIII.5}$$

Donc :

$$\mathbf{V_{remb} = V_{deb} - \left(\frac{\pi * D^2}{4}\right) * L \text{VIII.6}$$

VII.3.4. Calcul du volume de sable :

Il est calculé par la formule suivante :

$$V_{\text{sable}} = b_{\text{sabl}} * L * b \dots\dots\dots \text{VIII.7}$$

a) Calcul des différents volumes

Tableau VIII.1 : Quantité des travaux de terrassement.

Diamètre	Largueur (m)	Profondeur (m)	Longueur (m)	V deb	S cond	V cond	V remb	V sable
75	0,675	0,375	98	24,872	0,0589	5,785	19,087	6,633
90	0,690	0,390	269	72,502	0,0707	19,035	53,468	18,590
110	0,710	0,410	589	171,454	0,0864	50,859	120,595	41,818
125	0,725	0,425	373	114,877	0,0981	36,584	78,293	27,030
140	0,740	0,440	79	25,644	0,1099	8,656	16,988	5,828
200	0,800	0,500	658	263,375	0,1570	103,375	160,000	52,675
500	1,100	0,800	260	228,800	0,3925	102,050	126,750	28,600
Somme				901,524		326,343	575,182	181,174

b) Coût des travaux de terrassement

Tableau VIII.2 : Coût des travaux de terrassement.

Désignation de travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant (DA)
Déblai	m3	901,524	450	405685,9895
Lit de sable	m3	575,182	1200	690217,9416
Remblai	m3	181,174	300	54352,20588
Total				1150256,137
TVA (19%)				218548,666
Montant TTC				1368804,803

VIII.4. Facture des différents types des conduites du réseau distribution

Les tarifs pour les conduites sont comme suivants :

Tableau VIII.3 : Facteur des différents types des conduites du réseau de distribution.

Diamètre	Type	Unité mesure	de	Prix unitaire (DA)	Quantité ml	Prix (DA)
75	PEHD	ml		238,68	98	23452,7684
90	PEHD	ml		314,15	269	84640,0837
110	PEHD	ml		626	589	368705,799
125	PEHD	ml		771	373	287448,461
160	PEHD	ml		1229	79	96794,9339
200	PEHD	ml		1952	658	1285269,61

500	Fonte	ml	19513,76	260	5073577,6
Total					7219889,26
TVA (19%)					1371778,96
Montant TTC					8591668,21

VIII.5. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales :

Tableau VIII.4 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.

Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total (DA)
Les bornes d'irrigation	20	100000	2000000
Vanne	14	12000	108000
Ventouse	1	13000	13000
Prix HT			2121000
Prix TTC			2709670

VIII.6. Coût total de projet :

C'est la somme de différents prix calculés précédemment.

Tableau VIII.5 : des devis de projet.

Travaux	Prix (DA)
Déblai	405685,9895
remblai	54352,20588
Conduite	8591668,214
Bornes et pièces	2523990
Prix TTC	32670143,02

Le coût total du projet, en prenant en compte toutes les opérations financières, s'élève à environ 32484463,02 DA.

VIII.7. Conclusion

Effectivement, l'organisation du chantier est cruciale pour la mise en place d'un réseau d'irrigation, car elle permet de maximiser l'efficacité tout en réduisant les dépenses, l'énergie et le temps requis pour mener à bien le projet. Elle participe aussi à l'amélioration de la productivité du travail, ce qui revêt une importance capitale dans tout projet de construction ou d'infrastructure.

Dans ce chapitre, nous avons examiné la création d'un devis quantitatif et estimatif. Ce devis donnera une estimation précise des dépenses liées à chaque aspect de ce projet de réseau d'irrigation.

Conclusion générale

En résumé, l'analyse réalisée sur le secteur AKBOU B a révélé les possibilités associées à la création d'un réseau d'irrigation efficace dans la région. Le dimensionnement du réseau de distribution nécessite une approche méticuleuse en raison de la variété des contraintes techniques et administratives, notamment en respectant le foncier et les ressources locales. Notre plan, même s'il est encore à perfectionner, a été élaboré dans le but de garantir une pression adéquate par gravité au niveau des bornes d'irrigation, tout en maximisant les économies.

Pour une gestion optimale de l'eau, il est essentiel d'introduire des systèmes d'irrigation modernes, comme l'aspersion et le goutte-à-goutte, dans un climat semi-aride où les températures sont de 10 °C à 30 °C et où les précipitations annuelles moyennes sont de 544,4 mm, avec une période sèche de mai à octobre. On estime qu'il faut environ 759 034,53 m³ d'eau pour l'irrigation dans notre zone, un besoin que le débit disponible du barrage Tichy-Haf peut combler.

De manière économique, le coût global du projet, évalué à 32670143,02 DA, est justifié par les avantages attendus, tels que l'accroissement de la variété des cultures et l'amélioration des rendements agricoles. Grâce à l'arboriculture, il sera possible de favoriser la stabilité des sols tout en favorisant le développement économique local en créant des microclimats et en développant de petites industries de transformation.

Notre travail fournit une base solide pour l'avenir de l'irrigation à AKBOU. Nous espérons que cette étude inspirera de nouvelles initiatives visant à étendre et à développer des projets similaires, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et au développement durable de la région.

Références bibliographiques

- [1] : Yumpu.com. (s. d.). WILAYA DE BEJAIA - Agence Nationale de Développement de l'Investissement à Béjaïa.
- [2] SALHI Houa et REKKAL Baya. Valorisation des ressources en eau souterraine d'AKBOU taharrachth (W.BEJAIA). Faculté de Technologie Département d'Hydraulique (BEJAIA),2016, page 3-4-5.
- [3] Google earth, 2024, 5/10/2023, 9a.m, date de téléchargement 14/7/2024.
- [4] Professeur Aïssa MOALI. Départ. De Biologie des Organismes et des Populations .Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université A.Mira de Béjaia, ALGERIE, 2009.
- [5] Ould Slimane Abdelaziz .Etude du transport solide dans l'oued Boussellam (Bejaia).ENP, département hydraulique, 2011.
- [6] Stackhouse, P. (s. d.). POWER | DAV.
- [7] Houari ZEGGANE.Étude de comportement hydrologique des cours d'eau en Algérie cas du bassin versant Isser, Algérie. Université Kasdi-Merbah OUARGLA, Département Génie civil et Hydraulique ,2017.
- [8]Memoire Online - Etude piézométrique et hydro-chimique de la nappe des calcaires du Murdjadjo à l'échelle du bassin de Ras el Aàn - Nadia HADJAL et Fatima-Zohra AMOUZIANE.
- [9] Utilisation des engrais par culture en Algerie .(s. d.-a)
- [11] ICEA - Pédologie et carte des sols
- [12] Zanouda Chams eddine. Etude d'aménagement de vallée de l'OUED SAHEL (M'CHDLLAH) à partir du barrage de tichy-haf (W.BEJAIA).ENSH (BLIDA), option irrigation et drainage, 2014, page14-15-17-19-22-23.
- [13] 2.3 Texture. (s. d.-b). FD Civam 30;Figure: triangle textures du sol, Source : Wikipedia et Duchaufour, 1997.
- [14]BENAOUDIA lydia. Irrigation du périmètre de l'oued Sahel (secteur Chorfa) à partir du barrage de Tichi-Haf , wilaya de Bouira.ENSH,departement irrigation et drainage.2020).

[15]Lnr, R. (2021b, novembre 5). possibilité d'alimentation à partir du barrage Tichy Haf. La Nouvelle République Algérie.

[16]Bordes, J., & Tardieu, B. (2015b). André Coyne, de la Dordogne au Zambèze, la passion de construire. Bulletin de la Sabix, 56, 8-53.

[17]Coursgeologie. (2022,13 novembre). La conductibilité électrique des roches.
Coursgeologie

[18] Houria Ait Sidhhoum, Approche monographique de la commune d'AKBOU, Université Bejaia, Cahier du CREAD n°73, 2005, page3-4.

[19] Géographie / Geography - Climatogramme d'Emberger
des cultures dans les régions arides. agron

[20]Enrouleur d'irrigation by Zimmatic by Lindsay | AgriExpo. (s. d.)

[21]À la découverte des systèmes d'arrosage par pivot central : quelques notions clés
Senninger Irrigation. (2024, 11 janvier).

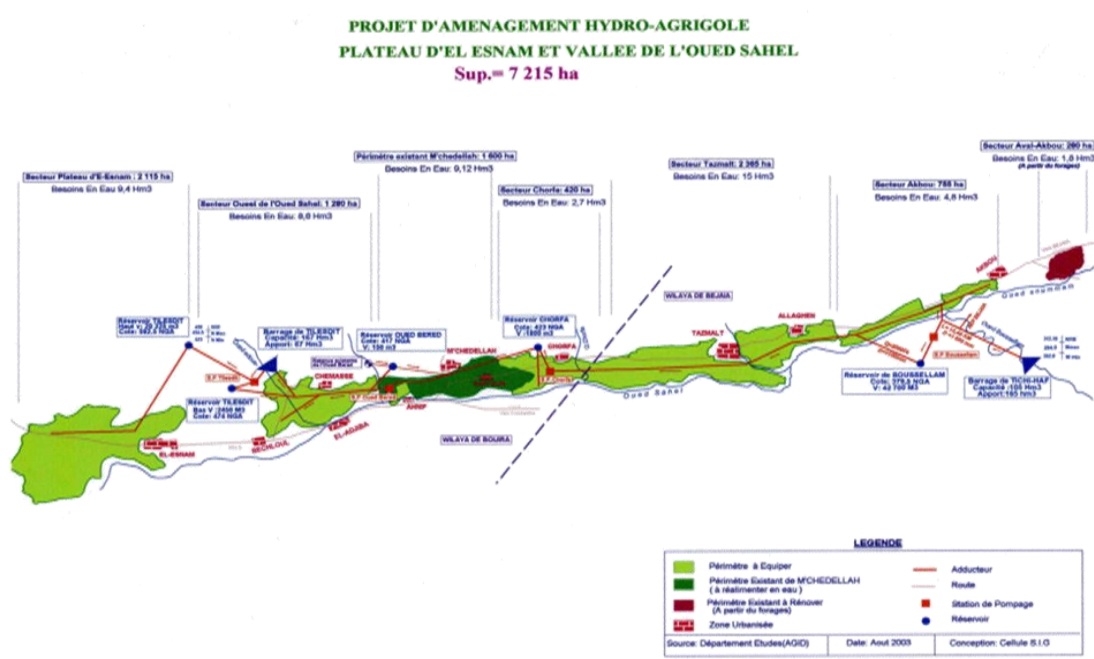
[22] Farid TRAORE. Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration réelle à l'échelle du bassin versant du Kou au Burkina Faso. Université de Liège, Faculté des Sciences, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, 2007, page 13.

Annexes

Annexe 01 : Le tableau khi deux.

k	γ										
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.500	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	3.36	7.78	9.94	11.14	13.28	14.86
5	0.41	0.55	0.83	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	0.68	0.87	1.24	1.64	2.20	5.35	10.65	12.59	14.45	16.81	18.55
7	0.99	1.24	1.69	2.17	2.83	6.35	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	7.34	13.36	15.51	17.53	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	8.34	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	9.34	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	10.34	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	11.34	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	12.34	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	13.34	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.27	7.26	8.55	14.34	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	15.34	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	16.34	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.87	17.34	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.84	7.63	8.81	10.12	11.65	18.34	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	19.34	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	20.34	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	21.34	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	22.34	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	23.34	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	24.34	34.28	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	25.34	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	26.34	36.74	40.11	43.19	46.96	49.65
28	12.46	13.57	15.31	16.93	18.94	27.34	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	28.34	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	29.34	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	39.34	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	49.33	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	59.33	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	69.33	85.53	90.53	95.02	100.42	104.22
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	79.33	96.58	101.88	106.63	112.33	116.32
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	89.33	107.57	113.14	118.14	124.12	128.30
100	67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	99.33	118.50	124.34	129.56	135.81	140.17

Annexe 02 : Fonctionnement projet El Asnam.



Annexe 03 : Spécifications techniques des conduites en PEHD.

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{m1} (mm)	d_{m2} (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

Annexe 04 : Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30.

Ø de la buse mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,28
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	8,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	8,5	6,2

Abréviation

ANRH : Agence National des ressources ne eau.

O.N.I.D : Office national de l'irrigation et drainage.

ENHYD : Etudes générales plan de développement hydraulique

P.D.A.U : les instruments de la planification urbaine.