



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'extension du périmètre de Ain Zaouia Draa el Mizan
(117 ha) à partir du barrage de Ain Zaouia (W. Tizi Ouzou)**

Présenté par :

SEDDIKI AMINE

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
KAHLERRAS Djillali	M.C.A	Président
BENKACI ALI Tarek	M.C.A	Examineur
BOUZIANE Omar	M.A.A	Examineur
DJOUDAR Hallal Dahbia	M.C.A	Promotrice

Session Juillet 2024

Au nom de Dieu le tout miséricordieux le très miséricordieux

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail,

À mon cher père,

C'est avec une grande émotion que je mets un point final à ce chapitre académique, chaque succès étant imprégné de tes rêves. Tu as toujours eu foi en moi, éclairant mon chemin. Aujourd'hui, je concrétise tes espoirs à travers chaque livre étudié, chaque examen passé, chaque défi relevé. Ton soutien m'a guidé, Que Dieu le Tout-Puissant vous protège et vous comble de santé et de bonheur. Puisse-t-il m'accorder la force de vous rendre toujours fier et d'accomplir tout ce que vous avez toujours désiré pour moi.

À ma chère mère,

C'est avec une profonde affection et gratitude que je dédie ce mémoire. Votre dévouement infatigable a été le moteur qui m'a conduit à cet instant précieux de ma vie.

Maman, tu es mon modèle de vie et ma source d'inspiration inébranlable. J'espère que vous êtes fière des accomplissements que j'ai réalisés aujourd'hui. Votre amour incommensurable et votre soutien sans faille ont été les piliers de tous mes succès.

À mes frères ABDERRAHIM, IDRIS, et ma chère sœur LOUIZA.

À tous mes amis et en particulier HAKIM, ZAKI, CHEMSOU, MADJID et CHOUKRI, pour les grands moments que nous avons passés ensemble.

À l'ensemble de mes amis et camarades de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique, qu'ont partagé avec moi cette période de ma formation académique.

À la famille SEDDIKI.

SEDDIKI AMINE

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers Dieu le Tout-Puissant en disant "Al hamdou li Allah", pour sa grâce et ses innombrables bénédictions, sans lesquelles nous ne pourrions jamais atteindre notre position actuelle dans la vie.

*Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à ma promotrice, **MME DJOUDAR HALLAL DAHBIA**, pour son aide, ses conseils et tout ce qu'elle m'a appris au cours de ce travail et tout au long de mon parcours.*

*Je remercie chaleureusement **MME AZIEZ OUAHIBA** pour ses orientations et sa patience face à mes questions et demandes de renseignements.*

*Un remerciement spécial à **C. KHEDACHE**, ingénieur diplômé de l'ENSH, pour son aide précieuse dans la réalisation de ce travail.*

Je resterai à jamais redevable à tous mes professeurs et enseignants, et rien ne pourra jamais compenser ce que vous m'avez apporté.

À tous ceux qui ont croisé mon chemin, votre aide et votre soutien resteront à jamais gravés dans ma mémoire.

MERCI.

SEDDIKI AMINE

ملخص :

هذه المذكرة جزء من مشروع توسيع أنظمة الري لتحقيق التخطيط الأمثل للموارد المائية في منطقة عين الزاوية بولاية تيزي وزو. يستند نهجنا إلى نظام ري يهدف إلى تغطية 117 هكتارًا من الأراضي الصالحة للزراعة المتنوعة. تبدأ هذه الشبكة المتكاملة من سد عين الزاوية الذي يقع على ارتفاع 260 مترًا فوق مستوى سطح البحر وصولاً إلى المحيط المراد ريه. يتم التوزيع عبر أنابيب PEHD, FONTE من خلال شبكة الجاذبية. قمنا بتحليل متطلبات المياه لكل محصول بعناية، وتبعناها محاكاة هيدروليكية شاملة. سمحت لنا هذه المنهجية بتحديد الأقطار المثلى للأنابيب، مما يضمن ظروفًا تقنية مثالية من حيث الضغط والتدفق.

الكلمات الرئيسية: التوسيع، شبكة الري، المحاصيل.

Résumé :

Ce mémoire s'inscrit dans le projet d'extension des systèmes d'irrigation afin de faire une planification optimale des ressources en eau dans la région de Ain Zaouia wilaya de Tizi Ouzou. Notre approche repose sur un système d'irrigation visant à couvrir 117 hectares de terres cultivables variées. Ce réseau intégré part du barrage d'Ain Zaouia, situé à 260 mètres d'altitude, jusqu'à la zone à irriguer. La distribution s'effectue via des canalisations PEHD et FONTE à travers le réseau gravitaire. Nous avons soigneusement analysé les besoins en eau de chaque culture, suivis de simulations hydrauliques complètes. Cette méthodologie nous a permis de déterminer les diamètres de canalisations optimaux, garantissant des conditions techniques optimales en termes de pression et de débit.

Mots clés : Extension, réseau d'irrigation, cultures.

Abstract :

This dissertation is part of the project to extend irrigation systems in order to achieve optimal planning of water resources in the region of Ain Zaouia Wilaya of Tizi Ouzou. Our approach is based on an irrigation system aimed at covering 117 hectares of varied cultivable land. This integrated network runs from the Ain Zaouia dam, located at an altitude of 260 meters, to the area to be irrigated. Distribution is carried out via PEHD and FONTE pipes through the gravity network. We carefully analyzed the water requirements of each crop, followed by comprehensive hydraulic simulations. This methodology allowed us to determine the optimal pipe diameters, guaranteeing optimal technical conditions in terms of pressure and flow.

Key words: Extension, irrigation network, crops.

Table des Matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	1
1.1. Introduction :	2
1.2. Situation géographique :	2
1.2.1. Situation géographique de la wilaya de Tizi Ouzou :	2
1.2.2. Situation géographique de la commune de Ain Zaouia (zone d'étude) :	2
1.3. Superficie du périmètre :	3
1.4. Géologie, Lithologie et sismicité :	3
1.4.1. Aperçu Géologique :	3
1.4.2. Aperçu Lithologique :	4
1.4.3. Sismicité :	4
1.5. Hydrographie :	5
1.6. Climat :	5
1.6.1. Température :	5
1.6.2. Pluviométrie :	6
1.6.3. Humidité :	6
1.6.4. Le vent :	6
1.6.5. L'insolation :	7
1.7. Calcul des indices Agro-météorologiques :	7
1.7.1. Indice d'aridité de Martonne :	7
1.7.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger :	7
1.7.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :	8
1.8. Situation hydraulique :	8
1.9. Population :	9
1.10. Agriculture :	9
1.11. Conclusion :	10
Chapitre 02 : Ressources en sol et en eau	11
2.1. Introduction :	12
2.2. Ressources en eau :	12
2.2.1. Bassin versant :	12
2.2.2. Barrage d'Ain Zaouia:	12
2.3. Qualité des eaux d'irrigation :	13
2.3.1. La salinité :	13
2.3.2. La conductivité électrique CE :	13
2.3.3. Le SAR (Sodium Absorption Ratio) :	14
2.4. Calcul de la pluie de projet :	14

2.4.1.	Présentation de la station pluviométrique :	14
2.4.2.	Série pluviométrique :	15
2.4.3.	<i>Caractéristiques empiriques de la série pluviométrique</i>	15
2.5.	Tests d'homogénéités :	16
2.6.	L'ajustement des pluies moyennes annuelles :	17
2.6.1.	Loi log normale :	17
2.6.2.	Loi normale :	18
2.7.	Test de Khi carré :	19
2.8.	Ressources en sol :	20
2.8.1.	Classification des sols :	20
2.8.2.	les paramètres hydrodynamiques des sols :	20
2.9.	Conclusion :	21
Chapitre 03 : Besoins en eau des cultures.....		21
3.1.	Introduction :	22
3.2.	L'occupation des sols :	22
3.2.1.	Choix des cultures :	22
3.3.	Cultures proposées :	22
3.3.1.	Cycle végétatif des cultures :	23
3.4.	Calcul des besoins en eau :	23
3.4.1.	L'évapotranspiration :	24
3.4.2.	Formule Modifiée de Penman-Monteith :	25
3.5.	La Pluie efficace :	27
3.6.	Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :	28
3.7.	Calcul du débit spécifique :	33
3.8.	Calcul du débit caractéristique :	33
3.9.	Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	34
3.10.	Conclusion :	34
Chapitre 04 : Etude du système d'adduction et de distribution.		35
4.1.	Introduction :	36
4.2.	Alimentation en eau du périmètre :	36
4.3.	Choix de la variante d'adduction :	36
4.4.	Le réseau d'adduction :	36
4.4.1.	Le diamètre optimal économique de la conduite d'adduction :	36
4.5.	Le réseau de Distribution :	37
4.5.1.	Organisation et l'aménagement du périmètre :	37
4.5.2.	Découpage des Ilots :	37
4.6.	Bornes d'irrigation (rôle et fonction) :	37

4.7.	Tracé du réseau d'irrigation :	38
4.8.	Calcul hydraulique des bornes :	38
4.9.	Matériaux de construction des canalisations :	39
4.9.1.	Conduite en PEHD :	39
4.9.2.	Conduite en Fonte :	39
4.9.3.	Conduite en PVC :	40
4.9.4.	Conduite en Acier :	40
4.10.	Dimensionnement du réseau de distribution :	40
4.10.1.	Vitesses admissibles :	40
4.10.2.	Calcul des diamètres :	40
4.11.	Calcul des pressions :	40
4.12.	Estimation des pertes de charge :	41
Chapitre 05 : Choix de la technique d'irrigation.		45
5.1.	Introduction :	46
5.1.1.	Choix des techniques d'irrigation :	46
5.2.	Classification des techniques d'irrigation :	46
5.2.1.	L'irrigation de surface (gravitaire) :	46
5.2.2.	L'irrigation par ruissellement :	46
5.2.3.	L'irrigation à la raie :	46
5.2.4.	L'irrigation par submersion :	47
5.2.5.	Différentes installations à la parcelle :	48
5.3.	Système d'irrigation localisée:	49
5.3.1.	Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :	49
5.4.	Choix de la technique d'arrosage :	49
5.5.	Conclusion :	49
Chapitre 6 : Dimensionnement à la parcelle		50
6.1.	Introduction :	51
6.2.	Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte :	51
6.2.1.	Données générales :	51
6.2.2.	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :	51
6.2.3.	Dose nette pratique :	51
6.2.4.	Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :	52
6.2.5.	Calcul de la dose réelle :	52
6.2.6.	La dose brute réelle :	52
6.2.7.	Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :	52
6.2.8.	Nombre d'arbre par hectare :	53
6.2.9.	Nombre d'arbre par rampe :	53

6.2.10.	Nombre des goutteurs par rampe :	53
6.2.11.	Débit d'une rampe :	53
6.2.12.	Nombre de rampes :	53
6.2.13.	Débit de la porte rampe :	53
6.3.	Calcul hydraulique :	53
6.3.1.	Calcul des diamètres des portes rampes et rampes :	53
6.4.	Calcul de la pression en tête du réseau :	54
6.5.	Dimensionnement d'un réseau par asperseur :	55
6.5.1.	Données agronomiques :	55
6.5.2.	Dimensionnement de l'asperseur :	56
6.5.3.	Calcul de la portée du jet (L) :	56
6.5.4.	Écartement entre les rampes et arroseurs :	56
6.6.	Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :	56
6.6.1.	Débit de l'asperseur :	56
6.6.2.	Paramètres d'arrosage :	57
6.6.3.	Calcul de la dose réelle :	57
6.6.4.	Calcul de la dose brute :	57
6.6.5.	Temps d'arrosage :	57
6.6.6.	Calcul du débit d'équipement :	57
6.7.	Calcul hydraulique :	57
6.7.1.	Dimensionnement hydraulique des rampes :	57
6.7.2.	Nombre de rampe :	58
6.7.3.	Débit de la rampe :	58
6.7.4.	Dimensionnement de la porte rampe :	58
6.7.5.	Calcul du Diamètre de la porte rampe :	58
6.8.	Calcul des pertes de charge :	59
6.9.	Conclusion :	59
Chapitre 07 : Analyse technico économique.....		60
7.1.	Introduction :	61
7.2.	Différents types de travaux à entreprendre :	61
7.2.1.	Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution :	61
7.3.	Calcul du volume du terrassement :	61
7.4.	Calcul du volume du déblai :	62
7.5.	Calcul du volume de lit de sable :	62
7.6.	Calcul du volume de remblai :	63
7.7.	Estimation de cout total du projet :	64
7.7.1.	Devis des travaux :	64

7.8. Conclusion :	64
Conclusion Générale.....	67
Bibliographie	68
HATTAK Nesrine : Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Achaacha à partir du barrage Kramis(W.Mostagenem).....	68

Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition moyenne mensuelle de la pluie (1989 à 2018).....	6
Tableau 2: Humidité moyenne mensuelle.....	6
Tableau 3: Vent moyen mensuel en (m/s) durant la période (1997 -2018).....	6
Tableau 4: Ensoleillement mensuel moyen en (heures) durant la période (1998-2018).....	7
Tableau 5: Classification du climat selon la classification de DE MARTONNE.	7
Tableau 6 : caractéristiques du bassin versant de la zone d'étude.	12
Tableau 7::Donnés sur le barrage qui alimente le réseau.	12
Tableau 8: Bulletin d'analyse de l'eau de Barrage.....	12
Tableau 9: Classification des eaux en fonction de CE.	13
Tableau 10: Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	14
Tableau 11: caractéristiques principales de la station pluviométrique (ANRH Tizi-Ouzou).....	14
Tableau 12: Précipitations moyennes mensuelles (Station d'Tizi ouzou).....	15
Tableau 13: Résumé des caractéristiques empiriques de la série pluviométrique.....	15
Tableau 14 : Test de la médiane.	16
Tableau 15: Vérification des conditions.....	17
Tableau 16: L'ajustement à la loi logNormal.....	18
Tableau 17 : L'ajustement à la loi Normal.....	18
Tableau 18 : valeur de Khi carré (Hyfran).....	19
Tableau 19: les caractéristiques hydrodynamiques des sols limono-argileux.....	21
Tableau 20: Classification du sol.	21
Tableau 21 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.....	22
Tableau 22: Occupation du sol en fonction des cultures.	23
Tableau 23: Cycle végétatif des cultures.....	23
Tableau 24: : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT.....	26
Tableau 25: coefficients culturaux des cultures (KC).....	27
Tableau 26: Pluies efficaces calculées.....	28
Tableau 27: Calcul des besoins en eau du Blé dur.....	28
Tableau 28: Calcul des besoins en eau de l'Orge vert.	29
Tableau 29: Calcul des besoins en eau du Pomme de terre.....	29
Tableau 30: Calcul des besoins en eau du Tomate.....	29
Tableau 31: Calcul des besoins en eau du poivron.	30
Tableau 32: Calcul des besoins en eau du melon.....	30
Tableau 33: Calcul des besoins en eau du pommier.....	31
Tableau 34: Calcul des besoins en eau du Poirier.	31
Tableau 35: Calcul des besoins en eau pour l'olivier.....	32
Tableau 36: Récapitulatif des besoins en eau des différentes cultures.....	32

Tableau 37: Calcul du débit spécifique.....	33
Tableau 38: Volume d'eau d'irrigation.....	34
Tableau 39: Calcul du diamètre économique de la conduite d'adduction.....	36
Tableau 40: Les différents ilots du périmètre.....	37
Tableau 41: Choix du diamètre de la borne.....	39
Tableau 42: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes :	39
Tableau 43: Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	41
Tableau 44: Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre périmètre.....	42
Tableau 45 : caractéristiques des deux ilots d'Olivier	51
Tableau 46 Caractéristiques des rampes	54
Tableau 47: Caractéristiques des portes rampes.....	54
Tableau 48: Résultat de calcul pratique d'aspersion.....	59
Tableau 49: Calcul du volume de déblai pour les canalisations du réseau.....	62
Tableau 50: Tableau de calcul de volume de sable pour les canalisations du réseau.....	63
Tableau 51: Calcul du volume de remblai pour les canalisations de distribution.....	63
Tableau 52: Devis estimatif des travaux.....	64

Liste des figures

Figure 1: Localisation de la commune de Ain Zaouia dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	2
Figure 2: localisation de la zone d'étude 'Ain Zaouia'	3
Figure 3: Carte de zonage sismique de l'Algérie.....	4
Figure 4: Carte hydrographique de la wilaya de Tizi Ouzou.....	5
Figure 5 Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	8
Figure 6: Répartition de la consommation en eau potable.....	9
Figure 7: Ajustement des pluies annuelles à la loi Lognormale.....	17
Figure 8: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normal.....	18
Figure 9: table de distribution de χ^2 (Pearson).....	19
Figure 10: Diagramme des textures.....	20
Figure 11: Présentation du réseau sur logiciel EPANET.....	41
Figure 12: Irrigation à la raie.....	47
Figure 13: Système d'irrigation par enrouleur.....	48
Figure 14: Système d'irrigation utilisant un pivot central.....	49
Figure 15: Schéma d'un tranché.....	62

Liste des annexes

- Annexe 1** :Le diagramme bioclimatique d'Emberger est illustré dans la figure ci-dessous :..... 69
- Annexe 2**: Variation du rendement en fonction de la salinité pour différentes classes de cultures. . 69
- Annexe 3**: diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon USSL)..... 70

Liste des planches

- **Planche 01** : plan de situation.
- **Planche 02** : plan d'occupation du sol.
- **Planche 03** : Plan de distribution de réseaux goutte à goutte et aspersion.
- **Planche 04** : Plan d'adduction.
- **Planche 05** : Profil en long.

Liste des abréviations

TO : Tizi Ouzou.

ADE : Algérienne des eaux.

DRE : Direction des ressources en eau.

ENSH : Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique.

ANRH : Agence nationale des ressources hydrauliques.

ONID : Office Nationale d'Irrigation et Drainage.

ONM : Office National de Météorologique.

T : Température.

Q : débit.

V : vitesse.

Ha : hectares

N : nord

E : est

S : seconde

M : mètre

L : litres

Introduction générale

Les ressources en eau constituent un élément essentiel pour le développement économique d'un pays. Les interactions entre le secteur de l'hydraulique et les autres secteurs économiques en font un préalable indispensable à la réalisation des objectifs prioritaires pour le développement de l'agriculture.

En Algérie, le développement durable de l'agriculture passe par la maîtrise des aspects économiques, sociaux et écologiques de la gestion de l'eau agricole. La sécurisation des agriculteurs est rendue complexe par la disponibilité imprévisible de la ressource en eau, due à la baisse des précipitations, entraînant une diminution considérable et aléatoire du potentiel d'eau mobilisable.

L'irrigation est incontournable en Algérie, comme l'ont maintes fois souligné les statistiques récentes en raison de l'irrégularité des précipitations annuelles et interannuelles. La préservation et l'extension des surfaces irriguées posent le problème de l'offre en eau d'irrigation. En effet, face au risque climatique récurrent en Algérie, il est crucial de se concentrer sur des solutions techniques et socio-économiques adaptées à une gestion rationnelle de la demande en eau.

Le périmètre de Ain Zaouia, d'une superficie totale de 117 hectares, situé à Draa El Mizan dans la wilaya de Tizi-Ouzou, n'est pas épargné par ce problème, nécessitant la mobilisation et une bonne gestion de la ressource en eau.

La question qui se pose est la suivante :

Quel procédé devrait-on mettre en place pour irriguer le périmètre de Ain Zaouia situé à Draa El Mizan, wilaya de Tizi-Ouzou, de manière à satisfaire les besoins en production agricole et économique de la région ?

Dans ce contexte, nous allons dimensionner le réseau d'irrigation capable de répondre aux besoins en eau des cultures de la zone d'étude.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

1.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous introduisons la région qui fait l'objet de notre étude, en détaillant sa localisation géographique et en fournissant des informations sur ses particularités morphologiques, géologiques, et hydrogéologiques. Cela vise à caractériser l'espace étudié et à souligner les atouts du périmètre examiné.

1.2. Situation géographique :

1.2.1. Situation géographique de la wilaya de Tizi Ouzou :

La wilaya de Tizi Ouzou fait partie des 10 wilayas formant la région Nord Centre du pays, elle est située dans la région de la Kabylie en plein cœur du massif du Djurdjura. Elle s'étend sur une superficie de 2958 km², divisée administrativement en 67 communes et 21 daïras dont le Chef-lieu est la ville centre de Tizi Ouzou.

Ses coordonnées angulaires sont :

- 36° 28' Latitude Nord.
- 36° 55' Latitude Nord
- 03° 55' Longitude Est.
- 04° 31' Longitude ouest

Elle est limitée par :

- La mer Méditerranée au Nord.
- La wilaya de Bejaia à l'Est.
- La wilaya de Boumerdes à l'Ouest.
- La wilaya de Bouira au sud.

1.2.2. Situation géographique de la commune de Ain Zaouia (zone d'étude) :

Aïn Zaouia est une commune située dans la wilaya de Tizi Ouzou, au nord de l'Algérie. Elle fait partie de la daïra de Draa El Mizan. Elle est localisée à 45 km au sud-ouest de Tizi Ouzou et à environ 115 km au sud-est d'Alger.

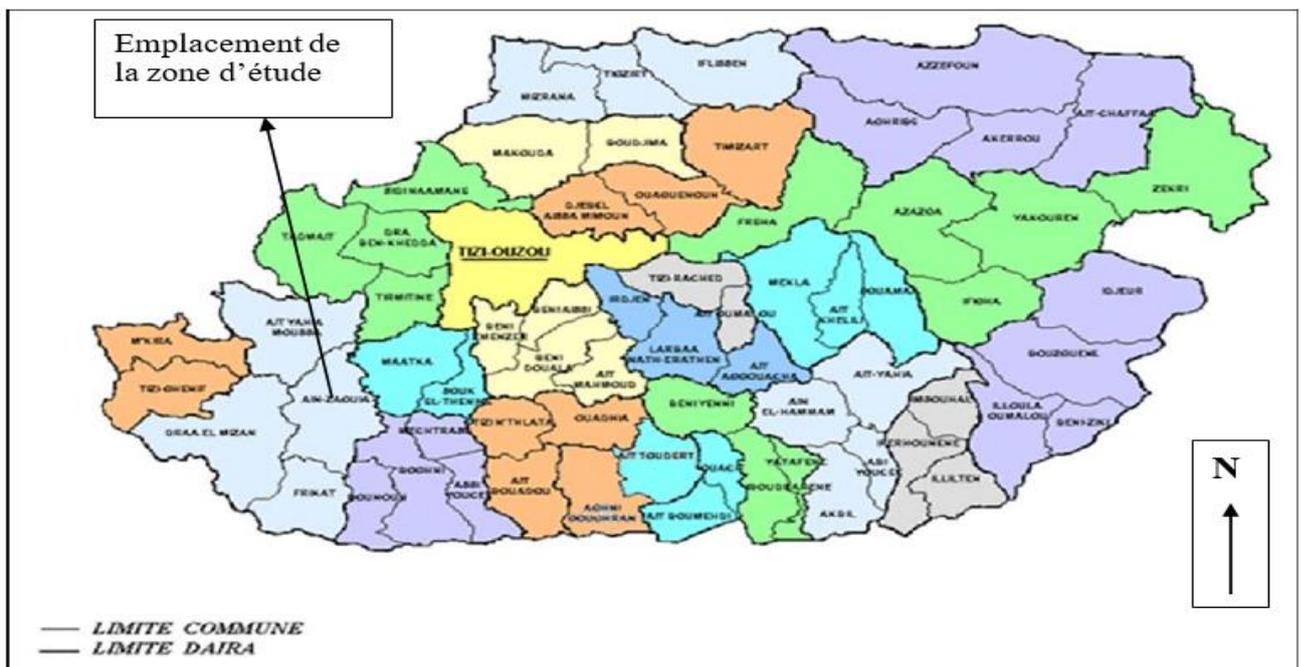


Figure 1: Localisation de la commune de Ain Zaouia dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

(DRE, Tizi ousou)

Chapitre 01 : Présentation de la zone d'étude

Les coordonnées géographiques d'Aïn Zaouia sont 36°32'54" Nord et 3°53'39" Est. Cette localité est réputée pour son appartenance à la Grande Kabylie et se distingue par une population de 25 000 habitants, répartis sur une superficie de 56,887 km², ce qui lui confère une densité de population de 439 habitants par km². Elle est délimitée par :

- La commune de Aït Yahia Moussa , au nord ;
- La commune de Boughni, à l'est ;
- La commune de Maatkas , au sud-ouest ;
- La commune de Draâ El Mizan, à l'ouest.



Figure 2: localisation de la zone d'étude 'Aïn Zaouia'

(GoogleEarth)

1.3. Superficie du périmètre :

Le périmètre à irriguer est situé dans la commune de AIN ZAOUIA, à 1 km du chef-lieu Aïn Zaouia et environs 5 km de Draa El Mizan. Sa situation est entre les oueds Zaouia, Rarfa et son affluent Moussa.

La superficie nette à irriguer est de 117 hectares.

1.4. Géologie, Lithologie et sismicité :

1.4.1. Aperçu Géologique :

Du point de vue géologique, la région de Aïn Zaouia se caractérise par sa diversité, avec la présence de trois principales catégories de formations géologiques :

- Des formations alluviales comprenant du sable et du gravier, situées principalement le long des terrasses adjacentes à l'Oued de Sébaou.
- Le socle Kabyle, qui est constitué de roches ignées et métamorphiques.
- Les formations sédimentaires, dominées par les marnes imperméables et les grès.

1.4.2. Aperçu Lithologique :

La lithologie, une branche simplifiée de la géologie, fournit des informations sur les types de roches présentes en surface et leur capacité à résister à l'érosion. Concernant le massif de Tizi Ouzou, l'étude lithologique révèle une diversité de formations rocheuses, parmi lesquelles les principales sont décrites ci-dessous :

- Les alluvions, sables, et conglomérats :
Ces formations, typiquement robustes face à l'érosion de par leur composition rocheuse, se trouvent sur le flanc sud-est du massif, à proximité de l'oued Soummam.
- Les argiles :
Peu perméables et vulnérables à l'érosion, similaires aux marnes, les argiles se situent principalement dans les zones basses, voisines des dépôts alluviaux.
- Les marnes :
Particulièrement exposées à l'érosion et fréquemment affectées par des glissements de terrain sur les pentes raides, les marnes sont essentiellement localisées le long des versants encadrant la vallée du Sébaou. Excepté dans la région de Ain Zaouia – Boughni, où elles apparaissent de manière sporadique et isolée.
- Les calcaires et dolomies dures :
Ces formations, caractérisées par leur forte résistance à l'érosion, se rencontrent surtout au sud du massif, dans la zone des monts du Djurdjura.

1.4.3. Sismicité :

Selon le document technique officiel des Règles Parasismiques Algériennes (RPA) de 1999, révisé en 2003, le territoire algérien est segmenté en cinq zones de sismicité ascendante, comme le montre la carte des zones de sismicité qui détaille cette classification par wilaya (Figure 3). La région de Tizi Ouzou, traditionnellement considérée comme ayant une activité sismique modérée et classée dans la zone sismique II-a, n'a pas expérimenté de tremblements de terre majeurs dans la période instrumentale jusqu'au 21 mars 2003. À cette date, le séisme de Boumerdes a été fortement ressenti dans toute la région, en particulier dans les zones à l'ouest du chef-lieu de Tizi Ouzou.

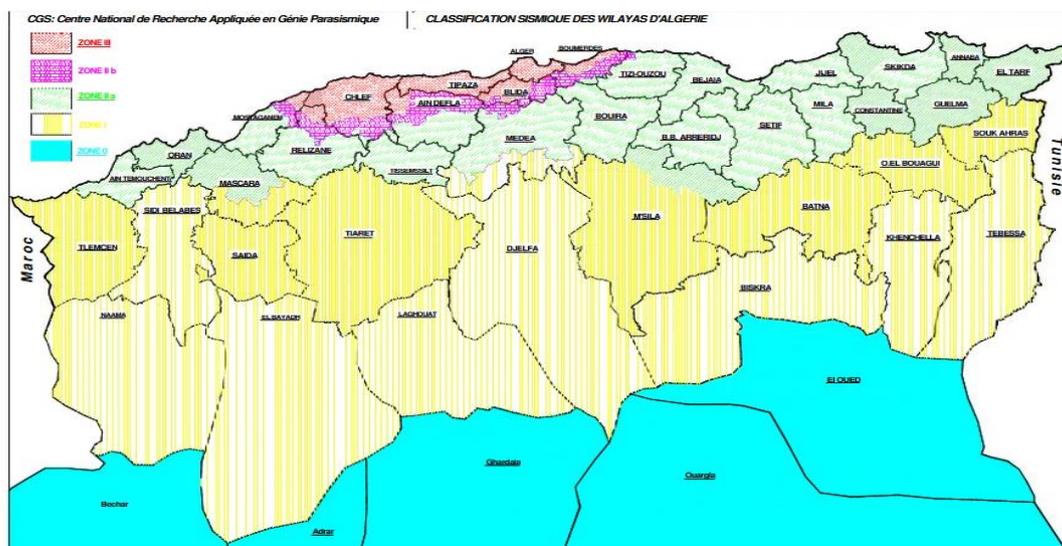


Figure 3: Carte de zonage sismique de l'Algérie

(DRE, Tizi ousou)

1.5. Hydrographie :

La wilaya de Tizi Ouzou est une région montagnarde ses reliefs sont parcourue par de nombreux Oueds et Chabat, ce nombre important de cours d'eau est la résultante de la topographie naturelle de la commune de Aïn Zaouia.

Sur le versant sud-est, le plus important est l'oued M'Deyah (voir la planche 1)

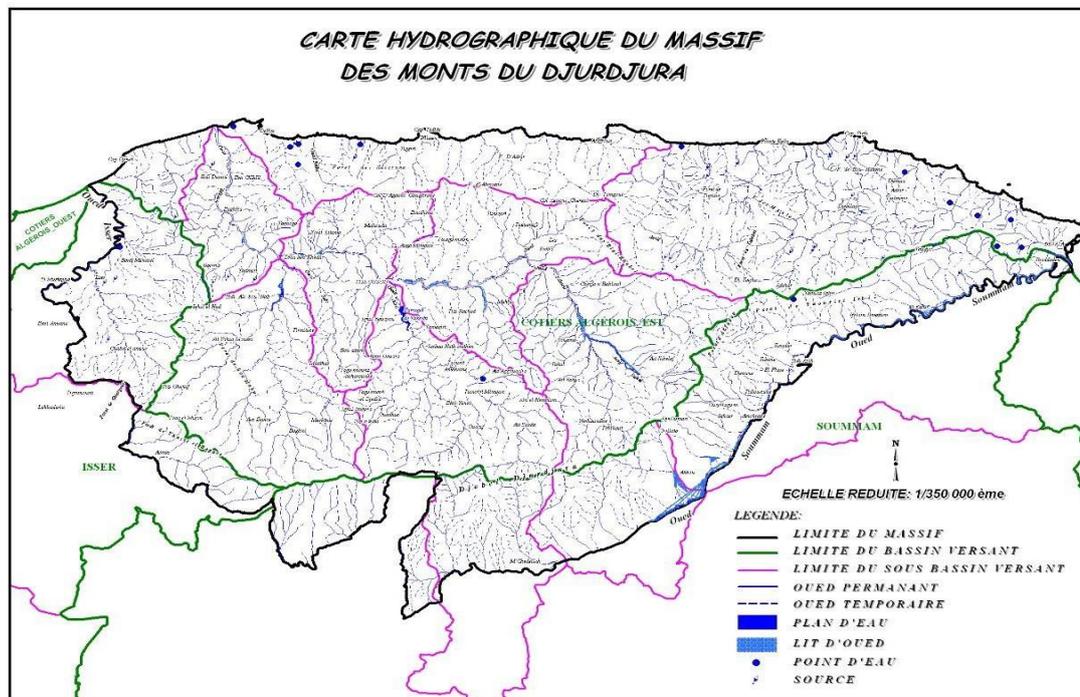


Figure 4: Carte hydrographique de la wilaya de Tizi Ouzou.

(DRE, Tizi ouzou)

1.6. Climat :

Les facteurs climatiques jouent un rôle crucial dans un projet d'irrigation, car ils influencent l'estimation des besoins en eau des cultures ainsi que leur croissance. Les éléments les plus déterminants sont les températures, l'humidité relative, l'intensité des gelées et du sirocco; ces facteurs forment un ensemble de paramètres décisifs.

Choix de la station météorologique :

Les données climatiques illustrées ci-après sont collectées, auprès de la station Tizi Ouzou

Gérée par l'ANRH. Le tableau I-1 donne les coordonnées

Géographiques de la station météorologique se Tizi Ouzou :

Tableau 1 : Coordonnées de la station météorologique de Tizi Ouzou

Nom de station	Latitude	longitude	altitude
Tizi ouzou	36.7°N	4.05°E	195m

1.6.1. Température :

La topographie d'une région, y compris l'altitude, le relief, la pente et l'exposition, joue un rôle crucial dans la modulation de la température et engendre des variations significatives au sein d'un même microclimat.

Les amplitudes mensuelles des températures moyennes sont représentées dans le tableau suivant :

Chapitre 01 : Présentation de la zone d'étude

Tableau 2: Variation des températures moyennes minimales et maximales pour la région de Tizi. Ouzou entre 1997 et 2018.

T °C	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
Max	15,18	16,73	19,61	21,68	26,39	31,69	35,51	36,20	31,39	26,71	19,87	15,84	24.73
Min	06,12	06,70	08,47	10,19	14,14	18,18	21,07	21,86	18,90	15,35	10,46	07,30	13.23
T⁰ moy	10.65	11.71	14.04	15.93	20.26	24.93	28.29	29.03	25.14	21.03	15.16	11.57	18.98

(Station ONM de Boukhalfa)

1.6.2. Pluviométrie :

Les données pluviométriques qui suivent ont été enregistrées au niveau de la station pluviométrique de Tizi Ouzou

Tableau 1: Répartition moyenne mensuelle de la pluie (1989 à 2018).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Pluies (mm)	34.97	68.17	101.94	128.57	118.34	74.97	66.07	81.65	59.86	7.84	3.62	6.05	752
%	5.44	8.41	12.62	15.74	15.38	10.74	9.11	10.98	8.82	0.92	0.54	1.30	100

ANRH de Tizi Ouzou.

La pluie moyenne calculée sur la base de la série de données observée à DEM est de 752 mm. La période de pluie s'étale dans 8 à 9 mois (à partir de septembre jusqu'au mois de mai) avec de fortes intensités en Décembre, Janvier et février, la précipitation maximale est observée au mois de Décembre ; elle atteint 128.57mm.

Concernant l'enneigement, celui si ne touche que rarement la région

1.6.3. Humidité :

La ville de Aïn Zaouia se distingue par un niveau d'humidité relativement élevé durant toute l'année, avec une humidité moyenne totale relevée sur une période de dix ans.

Tableau 2: Humidité moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité (%)	73,7	72,4	71,2	69,5	66,7	62,1	57,9	60,9	66	69,9	72,5	74,5

(Station ONM de Boukhalfa)

1.6.4. Le vent :

Les vents prédominants dans la région soufflent majoritairement depuis le Nord et le Nord-Ouest. Le SIROCCO, un vent provenant du sud, peut persister entre 15 et 30 jours chaque année. Durant l'été, les vents du Sud sont courants. Le climat de cette zone fluctue entre l'influence européenne et celle du Sahara Algérien. Aïn Zaouia est exposée aux dépressions maritimes et connaît des étés secs en raison de l'ascension et de la stagnation des hautes pressions tropicales.

Tableau 3: Vent moyen mensuel en (m/s) durant la période (1997 -2018)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1.3	1.9	2.8	2.1	2.0	2.2	1.9	1,8	1,6	1.9	1,7	0,6	1,8

1.6.5. L'insolation :

Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées au tableau suivant :

Tableau 4: Ensoleillement mensuel moyen en (heures) durant la période (1998-2018)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
5.23	6.06	7.33	8.17	9.37	10.3	11.47	10.37	8.23	7.33	5.57	4.83	2848

Source : ONM.

L'analyse de ce tableau souligne l'importance du taux d'ensoleillement dans la région, qui atteint 2848 heures par an, soit une moyenne de 7.8 heures par jour.

1.7. Calcul des indices Agro-météorologiques :

Les indices agro-météorologiques permettent de déterminer l'impact des précipitations et des températures sur le type de climat, ainsi que l'interaction des diverses variables climatiques sur les plantes. Dans notre étude, nous avons identifié les trois (03) indices suivants :

1.7.1. Indice d'aridité de Martonne :

L'indice d'aridité de Martonne se calcule à l'aide de la formule suivante :

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

Avec :

- I_A : Représente l'indice d'aridité de De Martonne.
- P : Précipitation annuelle moyenne en millimètres (mm).
- T : Température annuelle moyenne en degrés Celsius (c°).

$$I_A = 861.2 / 18.98 + 10 = 29.7$$

Tableau 5: Classification du climat selon la classification de DE MARTONNE.

Valeurs de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Donc : La région de Tizi Ouzou se caractérise par un climat Relativement humide.

1.7.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger :

Cet indice vise à déterminer l'étage bioclimatique et se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$Q = \frac{1000 P}{(M + m)(M - m)/2} = \frac{2000 P}{M^2 + m^2}$$

Avec :

- Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.
- P : précipitation moyenne annuelle (mm).

Chapitre 01 : Présentation de la zone d'étude

- M : moyenne des températures maximales (Kelvin).
- m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Avec : $K = T (^{\circ}C) + 273$.

A.N : Q2 = 101.35

D'après l'annexe 01 : le point représentatif sur le climatogramme d'EMBERGER correspond à un climat sub humide à hiver Tempéré.

1.7.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен :

Bagnouls et Gausсен ont créé des diagrammes ombrothermiques pour évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche au cours de l'année. Les mois secs sont identifiés lorsque la courbe des précipitations se trouve en dessous de celle des températures moyennes.

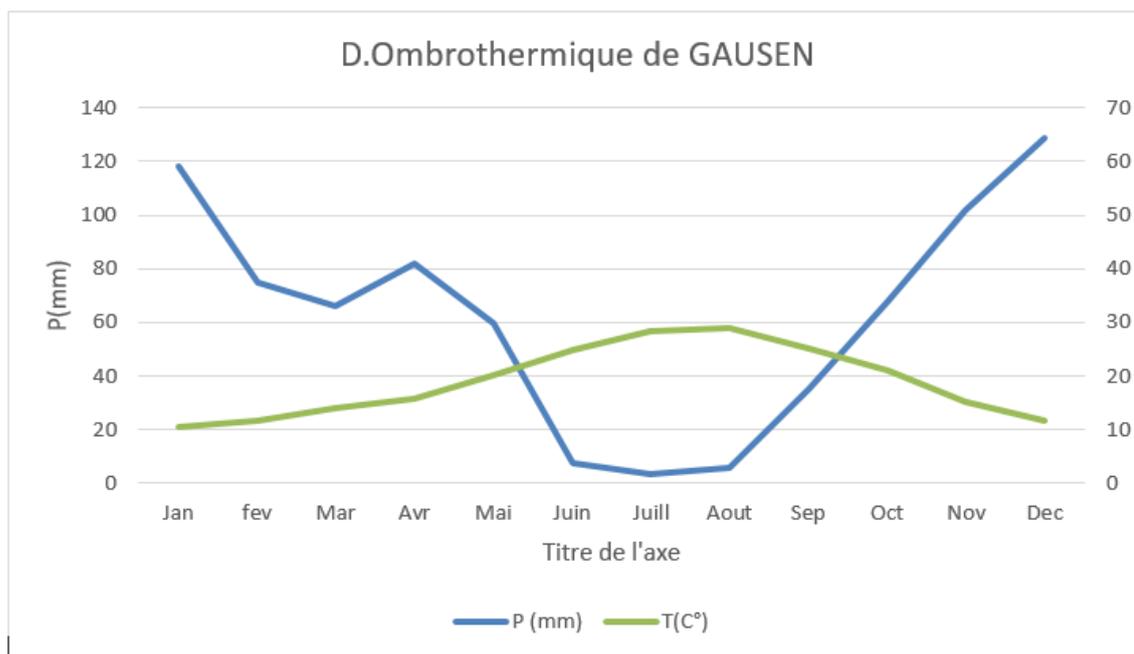


Figure 5 Diagramme ombrothermique de Gausсен.

- Description du graphe :

Selon le graphe, la saison sèche s'étend de Mai à Septembre.

Relief du périmètre :

Le relief du périmètre est doux, et ses pentes varient de 0.03 à 0.07. En ce qui concerne les côtés du terrain naturel, elles oscillent entre 215m et 260m.

Étant donné que la côte des eaux mortes est égale à 296.30m, l'arrosage du périmètre se fait par adduction gravitaire de l'eau à partir de la retenue.

Les terres à irriguer se situent principalement le long de la conduite principale d'une longueur de 600m et les diamètres du réseau varient de ϕ 600mm au 100mm en PEHD ET ACIER.

Le mode d'arrosage adopté est l'aspersion. Toutes les bornes fonctionnent avec la pression de service requise (supérieure ou égale à 3 bars).

1.8. Situation hydraulique :

1.8.1 Réseau d'alimentation en eau potable :

La principale source d'approvisionnement en eau potable de la wilaya provient de différentes origines :

Chapitre 01 : Présentation de la zone d'étude

- 28% de l'eau est extraite de l'Oued Sébaou.
- 67% provient des ressources superficielles, notamment du Barrage Taksebt.
- 4.6% sont obtenus grâce à des prises d'eau directes.
- 0.4% de l'eau est issue du dessalement.

Ces informations sont corroborées par les données annuelles de consommation d'eau collectées par l'ADE, mettant en lumière l'importance économique pour la ville de Tizi Ouzou. L'industrie, notamment à travers les chantiers de construction classifiés comme consommateurs industriels par l'ADE, représente 6% de la consommation totale d'eau, dont 80% est spécifiquement attribuée à ces chantiers.

(DRE, Tizi ousou)

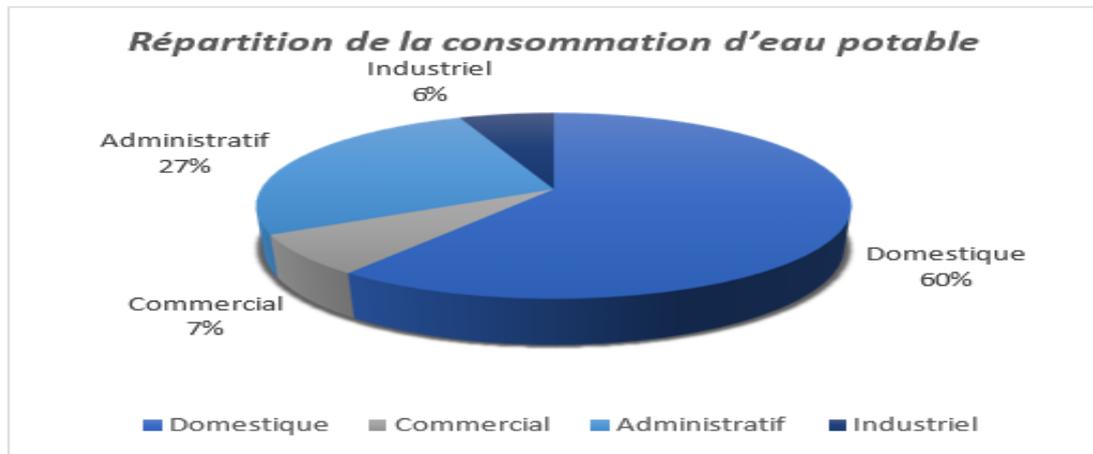


Figure 6: Répartition de la consommation en eau potable.

(DRE, Tizi ousou)

1.8.2. Réseau d'irrigation :

Le système d'irrigation de la commune de Tizi Ouzou couvre un réseau étendu, s'appuyant principalement sur des techniques modernes et efficaces pour optimiser l'utilisation de l'eau dans les zones agricoles. S'étalant sur plusieurs kilomètres, ce réseau est conçu pour répondre aux besoins spécifiques de l'agriculture locale, en utilisant à la fois des méthodes d'irrigation traditionnelles et innovantes. Majoritairement composé de canaux en béton armé, il intègre des technologies avancées telles que l'irrigation goutte à goutte et asperseur, permettant une distribution précise et économique de l'eau. Cette infrastructure est essentielle pour soutenir l'agriculture dans la région, en assurant une gestion optimale des ressources en eau et en contribuant à la productivité des terres agricoles de Tizi Ouzou.

1.9. Population :

La population de la wilaya de Tizi Ouzou était de 936 948 habitants lors du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) en 1987. Elle a augmenté à 1 108 709 habitants en 1998, puis a légèrement progressé pour atteindre 1 127 165 habitants lors du RGPH de 2008. Il est important de noter les taux de croissance démographique pour les périodes 1987-1998 et 1998-2008, qui étaient respectivement de 1,54 % et de 0,2 %. Ces chiffres indiquent une diminution générale du taux de croissance de la population de la wilaya.

Pour notre zone d'étude, elle compte 25 000 habitants au RGPH (2014).

1.10. Agriculture :

L'agriculture occupe une place centrale dans l'économie locale à Ain Zaouia, reflétant l'importance de cette activité dans toute la région de Kabylie. Grâce à un climat méditerranéen favorable, caractérisé par des hivers humides et des étés chauds, ainsi qu'à une terre fertile, elle bénéficie de conditions optimales pour la culture de diverses espèces végétales. Les agriculteurs de la région se concentrent notamment sur la culture de l'olivier, arbre emblématique de la Méditerranée, dont l'huile est réputée pour sa qualité supérieure. Les figuiers, les cerisiers, et les pommiers sont également

courants, contribuant à la diversité agricole de la zone. En outre, la viticulture et l'élevage de petit bétail font partie intégrante des activités agricoles.

1.11. Conclusion :

Ce chapitre nous inclus un aperçu de la région d'Aïn Zaouia, située dans la wilaya de Tizi Ouzou. Nichée au cœur de la Kabylie qui sera l'objet de notre étude, cette zone bénéficie d'un potentiel agricole considérable, grâce à son climat méditerranéen et à la fertilité de ses sols, néanmoins fait face à des défis liés à la distribution irrégulière des précipitations et à la présence de périodes sèches. Ces conditions climatiques soulignent l'importance cruciale de l'irrigation pour le maintien et le développement de l'agriculture dans la région.

Chapitre 02 : Ressources en sol et en eau.

2.1. Introduction :

L'étude des ressources en sol et en eau a comme but la recherche de terrains irrigables et les eaux valables pour cette irrigation, tout en évaluant leurs propriétés physico-chimiques et leur potentiel agricole. Les propriétés physiques du sol ont une influence majeure sur l'établissement du bilan hydrique effectif, qui est influencé par divers facteurs climatiques et sert à estimer le volume d'eau nécessaire aux différentes cultures durant leurs phases de croissance.

2.2. Ressources en eau :

Ain zaouia est une région connue pour sa diversité de cultures, la principale ressource en eau de ses terrains d'irrigation est le barrage situé au sud de la commune.

Ce dernier se remplit par les apports des précipitations et des ruissellements de surface grâce à ses limites naturellement tracées par les reliefs.

2.2.1. Bassin versant :

2.2.1.1. Caractéristiques du bassin versant :

Tableau 6 : caractéristiques du bassin versant de la zone d'étude.

Données de base	Valeur
Coordonnées	X= 580.20 Km Y= 4043.50 Km Z= 280.00
Superficie du bassin versant	0.54 km ²
Altitude maximale	260.00 m.NGA
Altitude minimale	215.00 m.NGA
Longueur du thalweg le plus long	0.70 km
Altitude moyenne du B.V calculée : $H= 0.45x(M+N)$	260.70 m

(DRE, Tizi Ouzou)

2.2.2. Barrage d'Ain Zaouia:

Le site de la retenue de Ain Zaouia est situé au lieu-dit "Boudaoud" dans la commune de Ain Zaouia, à environ 1.5 km du Chef-lieu.

Les caractéristiques principales du barrage sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 7::Donnés sur le barrage qui alimente le réseau.

Désignation	Valeurs
Capacité de la retenue	1.400.000 m3
Volume du corps du barrage	142.463 m3
Surface de la retenue	189 ha
Chute	21.2 m
Capacité eaux mortes	297.000 m3
Niveau retenue normale NRN	260.70 m
Largeur de la crête	3.5 m

(DRE, Tizi ouzou)

Tableau 8:Bulletin d'analyse de l'eau de Barrage

Paramètre	Symbole	Unité	Résultats
Potentiel d'hydrogène	pH	u ph	7.4
Conductivité	CE	dS/m	0.604
Turbidité	Tur	NTU	9.0
Résidu sec	R-S	mg/l	487
Oxygène dissous	O2 diss	mg/l	/

Ammonium	NH ₄ ⁺	mg/l	0.340
Nitrite	NO ₂ ⁻	mg/l	0.069
Calcium	Ca ⁺⁺	mg/l	80
Magnésium	Mg ⁺⁺	mg/l	19
Sodium	Na ⁺	mg/l	12
Potassium	K ⁺	mg/l	2
Chlorure	Cl ⁻	mg/l	48
Sulfate	SO ₄ ⁻	mg/l	64
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻	mg/l	189
Carbonate	CO ₃ ⁻⁻	mg/l	0
Silice	SiO ₂	mg/l	1.9
Titre Hydrométrique	TH	°F	28
Titre Alcalin	TA	°F	0
Titre Alcalin Complet	TAC	°F	16

Source : ANRH BLIDA

2.3. Qualité des eaux d'irrigation :

Pour garantir une croissance optimale des cultures tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement et le système d'irrigation lors d'un aménagement hydro-agricole, il est indispensable de vérifier que la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation respecte les normes.

Les facteurs les plus cruciaux pour déterminer la qualité de l'eau nécessaire en agriculture sont les suivants :

- Le risque de Sodium (Degré d'Absorption du Sodium SAR)
- Le Potentiel d'Hydrogène (pH).
- Salinité
- Conductivité électrique

2.3.1. La salinité :

La salinité fait référence à la quantité de sel contenue dans l'eau utilisée pour l'irrigation, et un excès de sel dans cette eau est une préoccupation majeure pour son utilisation agricole. Des niveaux élevés de salinité dans l'eau ou dans le sol peuvent nuire au rendement des cultures, conduisant à la détérioration du sol et à la pollution des nappes phréatiques.

La décision d'irriguer avec de l'eau salée est influencée par plusieurs facteurs, tels que :

- La résistance des plantes à la salinité.
- Les propriétés du sol irrigué et les conditions météorologiques.
- Les techniques de gestion de l'eau et du sol.

Il est généralement conseillé d'opter pour une eau d'irrigation à faible ou moyenne salinité afin de réduire les risques de dommages aux cultures et de dégradation du sol.

2.3.2. La conductivité électrique CE :

La conductivité électrique, est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et peut être exprimée en unités telles que mmhos/cm, dS/m, ou µS/cm. Cette propriété sert à déterminer le niveau de salinité de l'eau destinée à l'irrigation. On distingue quatre classes de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.

Tableau 9: Classification des eaux en fonction de CE.

Classe	CE en dS/m	Qualité des eaux	Valabilité pour l'irrigation
C1	$CE \leq 0.25$	Eau de risque faible	Convient pour toute les cultures
C2	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Eau de risque moyen	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0.25 \leq CE \leq 2.25$	Eau de risque élevé	Ne convient qu'à des sols drainés et plantes tolérantes
C4	$CE \geq 2.25$	Eau de risque très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

L'eau de barrage de notre périmètre est de classe C2 avec une conductivité électrique moyenne de $CE = 0.604$ dS/m.

2.3.3. Le SAR (Sodium Absorption Ratio) :

Le sodium joue un rôle de défloculant dans le sol, et d'où vient la nécessité de l'avoir en quantités normalisées. Pour évaluer le risque d'alcalinité, on mesure la concentration des ions sodium (Na^+) par rapport à celle des ions calcium (Ca^{++}) et magnésium (Mg^{++}).

Quatre catégories de risque alcalin ont été établies, en relation avec le risque salin :

Tableau 10: Classification des eaux en fonction du S.A.R.

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 \leq SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 \leq SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR \geq 26$	Risque très élevé

Le SAR est calculé comme suit :

$$S.A.R = \frac{N^a}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{e}}}$$

D'où :

$$Na^+ = 12 \text{ mg/l}$$

$$Mg^{++} = 19 \text{ mg/l}$$

$$Ca^{++} = 80 \text{ mg/l}$$

$$S.A.R = 1.71$$

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation (**voir annexe 3**), notre eau est classée en C2-S1: une eau à risque moyen de salinité et à un degré faible d'alcalinité.

2.4. Calcul de la pluie de projet :

2.4.1. Présentation de la station pluviométrique :

Dans un projet d'irrigation il est indispensable de quantifier les pluies mensuelles et 'estimer les mois secs et humides pour une meilleure planification de l'irrigation.

Tableau 11: caractéristiques principales de la station pluviométrique (ANRH Tizi-Ouzou).

Nom de la station	Indicatif	Les coordonnées		Altitude(m)
Tizi Ouzou	60395	36.70 °N	4.05°E	Z=195

Source : ANRH de Tizi Ouzou

2.4.2. Série pluviométrique :

Tableau 12: Précipitations moyennes mensuelles (Station d'Tizi ouzou)

Année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	Aout	Annuel (mm)
1989	14.6	21.4	22.1	22.7	16.5	0.1	10.4	33.4	23.7	10.1	13.5	0	33.4
1990	6.6	29	15.6	57.3	33.8	27.5	19	12.3	17.8	1.4	0.4	2.8	57.3
1991	3.5	58	12.1	6.6	49.3	25	18	60.3	36.6	22.6	6.1	0.2	60.3
1992	4.3	41.8	37.1	67.6	17	25.6	8.7	27.4	27.1	0.2	0	6.4	67.6
1993	24	17.8	28.3	26.5	46.5	38	5	16.1	1.2	0.3	0	9.5	46.5
1994	60.8	18.3	9.2	45.6	72.7	18.1	31.9	19.3	1	6.4	0.3	10.8	72.7
1995	3	7.5	10.1	24.2	40.4	46.6	17.3	73.1	16.8	7.4	5.1	3	73.1
1996	26.2	46	17.9	22.3	12.7	14.4	8.3	23	8.7	4.1	0.3	4.4	46
1997	24.8	34.2	59.5	40.8	27.9	79.2	26.7	40	62.4	0.6	0	1.8	79.2
1998	11.5	27	21.5	26.4	28.8	28.2	19	6.2	20.5	0.2	0	2.1	28.8
1999	10.8	6	41.7	80.1	5.7	3.7	3.5	12	29.1	2.4	0	0.3	80.1
2000	5.9	9.4	27.8	30.8	58	11.9	2.3	20.4	16.5	0	0	0.7	58
2001	22.1	4	20.1	23	28.6	18.5	25.4	12.8	19.3	1.1	1	12	28.6
2002	16.3	22.1	66.9	92.3	47.7	18.7	24.4	49.5	17.3	2.5	3	0.9	92.3
2003	12.1	14.9	35.6	25.7	34.1	19.3	17.8	27	65.6	1	2.2	10.1	65.6
2004	5.4	20.4	52.6	48.6	32.8	33.5	5.3	6.2	1.5	0	1.4	0.5	52.6
2005	10.6	17.8	15.7	30.4	19.8	53.9	18.3	6.2	61.7	2.3	1	6.1	61.7
2006	16	6.2	4.5	38.6	3.9	21	77.1	68.5	6.1	7.5	9.4	1.4	77.1
2007	36.5	88.6	129	27	3	4.2	32.2	21.2	25.1	9.8	7.1	0	129
2008	15	33.6	63.3	30.6	50.6	10.2	22.3	31.2	34.1	0	2.5	6.9	63.3
2009	39.5	20.9	31.8	37.7	28.2	10.2	63.5	76.2	30	14.1	0.6	11.3	76.2
2010	15.1	35.6	42.5	43	27.3	31.5	37.1	44.4	55.3	23.3	3	0.4	55.3
2011	2	11.4	63.7	33.8	31.8	45.6	26.3	36.5	21.5	0.6	0.9	8	63.7
2012	3	18.8	25	8.5	37.3	28.7	16.3	19.3	60.1	0	0	4.4	60.1
2013	25	42.6	18.3	19.3	28.3	33.9	55.1	3.6	6.4	35.3	0.1	3.1	55.1
2014	15.3	18	11.9	64	59.4	27.9	21.7	0.6	12.4	12	0.2	1.1	64
2015	23.2	21.7	35.5	0	40.6	60	50.4	27.3	44.5	0	0	0	60
2016	1.8	7	23	41.2	46.7	18.4	17.1	25.9	0.5	16.2	0	0	46.7
2017	27	34	36.2	37.1	15.1	34.8	60.3	43.5	11.1	19.7	0	0	60.3
2018	25.6	73.4	93.8	23	38	22.7	35.2	21.6	26.2	0	5.4	0	93.8

(ANRH, Blida)

2.4.3. Caractéristiques empiriques de la série pluviométrique

Tableau 13: Résumé des caractéristiques empiriques de la série pluviométrique.

Nombre d'années d'observation	30
Somme	1,908.40
Moyenne	63.61
Médiane	61.00
Ecart type	19.58
Cv	0.31
Max	129.00
Min	28.60

2.5. Tests d'homogénéités :

La prochaine étape est de vérifier l'homogénéité de la série avant de passer à l'ajustement, pour se faire nous allons utiliser le test de la médiane :

- Principe du test de la médiane :
 - ✓ Classer l'échantillon par ordre croissant.
 - ✓ Déterminer la médiane Me .
 - ✓ On remplace les valeurs de la série non classée par :
 - Un signe (-) si $P_{maxj} < Me$
 - Un signe (+) si $P_{maxj} > Me$
 - ✓ Vérifier les deux conditions :

$$\left\{ \begin{array}{l} N_s > \frac{1}{2}(n + 1 - u_{\alpha/2} \sqrt{n + 1}) \\ T_s < 3.3(\log n + 1) \end{array} \right\}$$

Avec :

- N_s : Nombre totale de séries de + ou de -
- T_s : Taille de la plus grande série de + ou de -

Application du test de la médiane sur notre série pluviométrique :

Nous avons : $Me = 61$

Tableau 14 : Test de la médiane.

Rang	Pannuelle trié	Pannuelle	Signe	Rang	Pannuelle trié	Pannuelle	Signe
1	28.60	33.40	-	16	61.70	52.60	-
2	28.80	57.30	-	17	63.30	61.70	+
3	33.40	60.30	-	18	63.70	77.10	+
4	46.00	67.60	+	19	64.00	129.00	+
5	46.50	46.50	-	20	65.60	63.30	+
6	46.70	72.70	+	21	67.60	76.20	+
7	52.60	73.10	+	22	72.70	55.30	-
8	55.10	46.00	-	23	73.10	63.70	+
9	55.30	79.20	+	24	76.20	60.10	-
10	57.30	28.80	-	25	77.10	55.10	-
11	58.00	80.10	+	26	79.20	64.00	+
12	60.00	58.00	-	27	80.10	60.00	-
13	60.10	28.60	-	28	92.30	46.70	-
14	60.30	92.30	+	29	93.80	60.30	-
15	60.30	65.60	+	30	129.00	93.80	+

Après la classification de l'échantillon par ordre croissant et comparé les résultats à la médiane on obtient les résultats suivants :

Tableau 15: Vérification des conditions.

Paramètre	Valeur	Vérifier la condition
Ns	16	Condition vérifiée
$\left\{ Ns > \frac{1}{2}(n + 1) - u_{\alpha/2} \sqrt{n + 1} \right\}$	10.04	
Ts	5	Condition vérifiée
$\{Ts < 3.3(\log n + 1)\}$	8.17	

- Résultat du test :

Les conditions du test de la médiane sont vérifiées, donc l'homogénéité est vérifiée.

2.6. L'ajustement des pluies moyennes annuelles :

Pour l'ajustement on a choisi deux lois :

2.6.1. Loi log normale :

Cette loi de probabilité continue dépendent de deux paramètres :

μ : espérance

σ : écart type

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

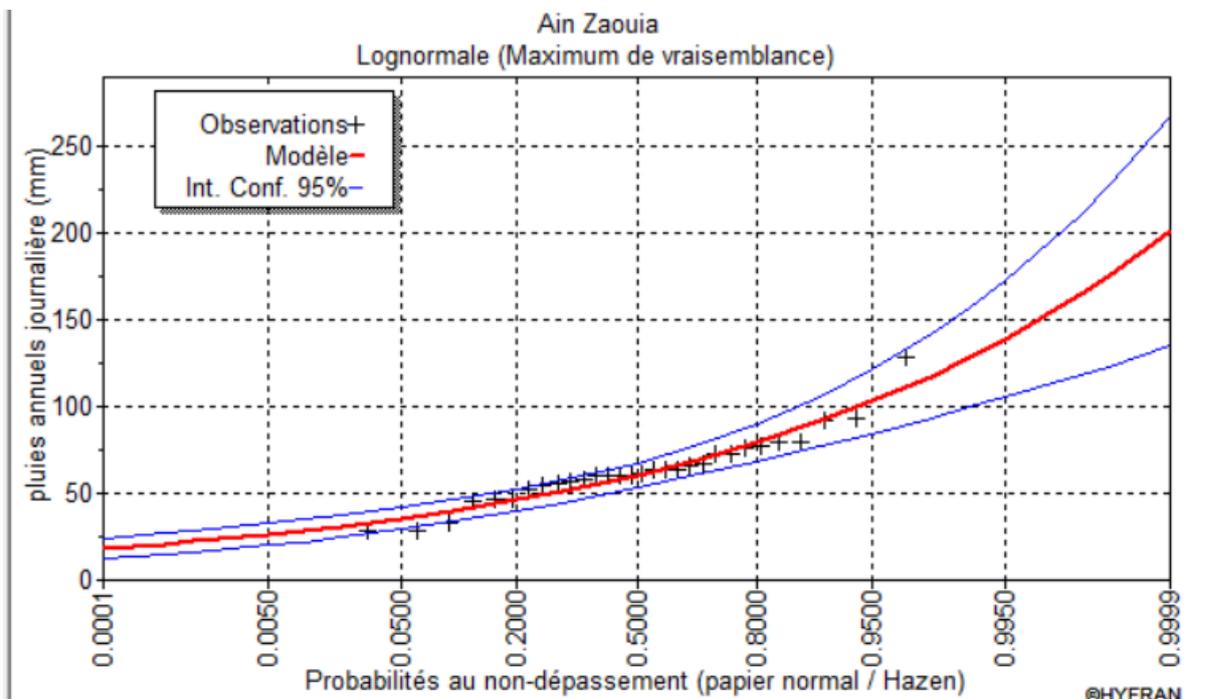


Figure 7: Ajustement des pluies annuelles à la loi Lognormale

(Hyfran)

On obtient ensuite les résultats suivants :

- T : période de retour (T=10ans).
- Q : probabilité au non dépassement.
- X_t : précipitation maximale journalière

Tableau 16:L'ajustement à la loi logNormal

μ	4.1045			
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
5.0	0.8000	79.5	5.48	68.8 - 90.3
2.0	0.5000	60.6	3.57	53.6 - 67.6
1.2500	0.2000	46.2	3.18	40.0 - 52.4

2.6.2. Loi normale :

Cette loi dépend de :

μ : espérance

σ : écart type

\bar{x} : paramètre de tendance centrale ou de position

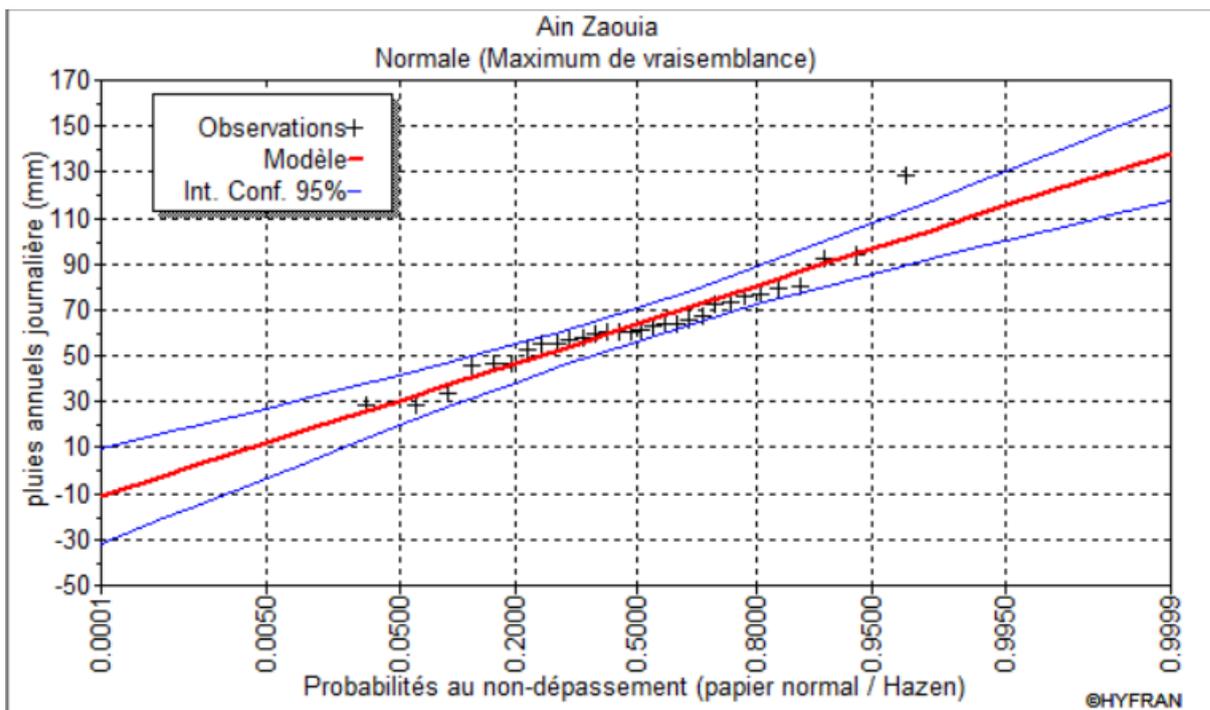


Figure 8: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normal

On obtient ensuite les résultats suivants :

Tableau 17 : L'ajustement à la loi Normal

μ	63.6133			
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)

5.0	0.8000	80.5	4.28	72.1 - 88.9
2.0	0.5000	63.6	3.66	56.4 - 70.8
1.2500	0.2000	46.7	4.28	38.3 - 55.1

Remarque :

La loi Normal donne un mauvais ajustement par rapport à la Lognormal.

2.7. Test de Khi carré :

Tableau 18 : valeur de Khi carré (Hyfran)

Valeur calculé	P-valeur	Degré de liberté	Nombre de classe
$X^2 = 9.67$	$p = 0.0464$	4	7

Puis on détermine le χ^2 théorique de la table de Pearson (Figure 2)

α	0,990	0,975	0,950	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,001
1	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,7055	3,8415	5,0239	6,6349	10,8276
2	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	4,6052	5,9915	7,3778	9,2103	13,8155
3	0,1148	0,2158	0,3518	0,5844	6,2514	7,8797	9,3484	11,3449	16,2662
4	0,2643	0,3745	0,4838	0,7107	7,7794	9,4877	11,1433	13,2767	18,4668
5	0,5543	0,8312	1,1455	1,6103	9,2364	11,0705	12,8325	15,0863	20,5150
6	0,8721	1,2373	1,6354	2,2041	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	22,4577
7	1,2390	1,6899	2,1673	2,8331	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	24,3219
8	1,6465	2,1797	2,7326	3,4895	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	26,1245
9	2,0879	2,7004	3,3251	4,1682	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	27,8772
10	2,5582	3,2470	3,9403	4,8652	15,9872	18,3070	20,4832	23,2093	29,5883
11	3,0535	3,8157	4,5748	5,5778	17,2750	19,6751	21,9200	24,7250	31,2641
12	3,5706	4,4038	5,2260	6,3038	18,5493	21,0261	23,3367	26,2170	32,9095
13	4,1069	5,0088	5,8919	7,0415	19,8119	22,3620	24,7356	27,6883	34,5282
14	4,6604	5,6287	6,5706	7,7895	21,0641	23,6848	26,1189	29,1412	36,1233
15	5,2293	6,2621	7,2609	8,5468	22,3071	24,9958	27,4884	30,5779	37,6973
16	5,8122	6,9077	7,9616	9,3122	23,5418	26,2962	28,8454	31,9999	39,2524
17	6,4078	7,5642	8,6718	10,0852	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	40,7902
18	7,0149	8,2307	9,3905	10,8649	25,9894	28,8693	31,5264	34,8053	42,3124
19	7,6327	8,9065	10,1170	11,6509	27,2036	30,1435	32,8523	36,1909	43,8202
20	8,2604	9,5908	10,8508	12,4426	28,4120	31,4104	34,1696	37,5662	45,3147
21	8,8972	10,2829	11,5913	13,2396	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	46,7970
22	9,5425	10,9823	12,3380	14,0415	30,8133	33,9244	36,7807	40,2894	48,2679
23	10,1957	11,6886	13,0905	14,8480	32,0069	35,1725	38,0756	41,6384	49,7282
24	10,8564	12,4012	13,8484	15,6587	33,1962	36,4150	39,3641	42,9798	51,1786
25	11,5240	13,1197	14,6114	16,4734	34,3816	37,6525	40,6465	44,3141	52,6197
26	12,1981	13,8439	15,3792	17,2919	35,5632	38,8851	41,9232	45,6417	54,0520
27	12,8785	14,5734	16,1514	18,1139	36,7412	40,1133	43,1945	46,9629	55,4760
28	13,5647	15,3079	16,9279	18,9392	37,9159	41,3371	44,4608	48,2782	56,8923
29	14,2565	16,0471	17,7084	19,7677	39,0875	42,5570	45,7223	49,5879	58,3012
30	14,9535	16,7908	18,4927	20,5992	40,2560	43,7730	46,9792	50,8922	59,7031

Figure 9: table de distribution de χ^2 (Pearson)

Donc : $\chi^2_{théorique} = 9.67$

On sait que

$\chi^2_{Calculé} = 4.53$

$\chi^2_{Calculé} < \chi^2_{théorique}$

Donc : l'ajustement est adéquat.

- Commentaire :

Nous avons mis en évidence les principales caractéristiques statistiques de la série pluviométrique, retenue comme représentative, de la zone d'étude.

L'application du test d'homogénéité de Mood sur les séries pluviométriques moyennes annuelles des stations retenues, confirme l'homogénéité et la fiabilité de ces dernières.

Concernant l'ajustement de la série de pluies moyennes annuelles, on a suggéré l'utilisation de l'ajustement des séries de pluies moyennes annuelles par la loi lognormale, présentant une meilleure adéquation par le test de Khi carré.

2.8. Ressources en sol :

L'étude des ressources en sol est essentielle pour la gestion durable de notre environnement. Les sols sont une ressource clé pour l'agriculture et jouent un rôle crucial dans le cycle de l'eau, la régulation du climat, et la préservation de la biodiversité. Comprendre la nature, la qualité et la répartition des sols est indispensable pour prendre des décisions éclairées en matière de gestion des terres, de protection de l'environnement et d'utilisation durable des ressources naturelles. L'objectif de l'analyse des ressources en sol est d'identifier et de mettre en évidence les zones ayant le plus grand potentiel pour l'irrigation dans la région.

2.8.1. Classification des sols :

La classification des sols dans la zone d'étude, telle que révélée par l'étude agro-pédologique, montre que ces sols sont homogènes en termes de texture, équilibrés en matière organique, et présentent une couleur allant du brun clair au brun foncé, ce qui favorise la diversification des cultures.

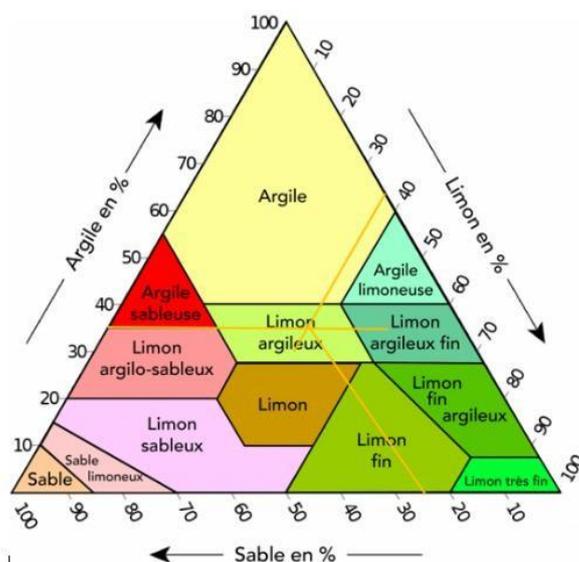


Figure 10: Diagramme des textures.

Les analyses physico-chimiques des sols du périmètre ont démontré la faisabilité des activités agricoles grâce aux facteurs suivants :

- La texture du sol, identifiée comme limono-argileuse d'après le triangle des textures.
- La présence de matière organique suffisante pour les plantes.
- La disponibilité de nutriments essentiels tels que le phosphore, l'azote et le carbone.
- Une conductivité du sol indiquant l'absence de problèmes de salinité.

2.8.2. les paramètres hydrodynamiques des sols :

Les caractéristiques hydrodynamiques des sols se réfèrent aux propriétés influençant le mouvement et le stockage de l'eau dans le sol, telles que la densité apparente, la porosité, la perméabilité, la capacité de champ (H_{cc}) et le point de flétrissement permanent (H_{pf}).

Les propriétés hydrodynamiques des sols de l'extension du périmètre d'Ain Zaouia sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 19:les caractéristiques hydrodynamiques des sols limono-argileux

Paramètre	Valeur moyenne
Texture	Limono- argileux
Densité apparente D_a en g/cm^3	1.40
Perméabilité K en m/s	$(2.8) \times 10^{-5}$
Humidité à la capacité au champ H_{cc} en %	26-28
Humidité au point de flétrissement H_{pf} en %	14- 16
La porosité en %	40

Tableau 20:Classification du sol.

Classe	Sols peu évolué
Sous classe	Non climatique
Famille	Sur alluvions récentes.
Type	Limono-argileux.

2.9. Conclusion :

Une étude pédologique réalisée dans la région de Ain zaouia a permis d'identifier le type de sol présent dans le périmètre. De plus, une analyse de la qualité de l'eau du barrage, effectuée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), a conclu que la zone d'étude était favorable à l'irrigation et présentait un potentiel de rendement élevé.

Chapitre 03 : Besoins en eau des cultures.

3.1. Introduction :

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

Dans ce présent chapitre, notre objectif est d'évaluer précisément les besoins en eau des cultures, en se basant sur une série de paramètres définis au préalable qui influencent la planification de notre projet. Ces paramètres incluent les conditions climatiques, les types de cultures possibles, les propriétés du sol, la disponibilité en eau, la fertilité du sol, les pratiques agricoles et les techniques d'irrigation.

3.2. L'occupation des sols :

L'estimation des exigences en eau pour l'agriculture est principalement déterminée par le type et la distribution des cultures dans la zone concernée.

Le choix des cultures à mettre en place doit être basé sur les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée ;
- La qualité et l'accessibilité de l'eau pour l'irrigation ;
- L'aptitude culturale des sols, basée sur l'étude pédologique.

3.2.1. Choix des cultures :

Le choix des cultures repose en grande partie sur leur tolérance à la salinité du sol et à celle de l'eau d'irrigation. Les réactions des plantes à la salinité varient : tandis que certaines peuvent maintenir des niveaux de production satisfaisants même avec une salinité élevée dans le sol, d'autres sont capables de réaliser des ajustements osmotiques nécessaires pour absorber plus d'eau des sols salins. Cette aptitude d'adaptation à la salinité est cruciale. Dans les régions confrontées à une salinité du sol difficile à réduire à des niveaux acceptables pour certaines cultures, il peut s'avérer judicieux de choisir des alternatives plus résilientes à la salinité anticipée, susceptibles de fournir de meilleurs rendements.

Dans notre étude, nous nous appuyerons sur la classification des cultures en fonction de leur tolérance à la salinité proposé par le Bulletin FAO-29 afin de déterminer les cultures les mieux adaptées à notre périmètre, voir **annexe 2**.

3.3. Cultures proposées :

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

Tableau 21 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

Scénario	Cultures arboricoles %	Céréales %	Maraîchères %
1	70	15	15
2	40	20	40
3	40	30	30
4	30	15	55

Pour notre cas, en tenant compte des restrictions liées au climat, aux aspects sociaux et aux conditions agro-pédologiques, nous suggérons le scénario 2. Celui-ci se révèle être une option équilibrée, répondant particulièrement aux exigences spécifiques de la région.

Tableau 22: Occupation du sol en fonction des cultures.

Les cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
Cultures arboricoles : - Pommier - poirier - Les oliviers	40	46.8
Les céréalicultures : - Blé dur - Orge en vert	20	23.4
Les cultures Maraichères : - Pomme de terre - Tomate - Poivron - Melon	40	46.8
Total	100	117

3.3.1. Cycle végétatif des cultures :

Les phases de croissance des diverses cultures sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 23: Cycle végétatif des cultures.

Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août
Blé			←									→
Orge			←									→
Pomme de terre	←				→							
Tomate											←	→
Poivron											←	→
Melon											←	→
Olivier	←											→
pommier	←											→
poirier	←											→

3.4. Calcul des besoins en eau :

Le besoin en eau pour l'irrigation, noté B, représente le volume d'eau nécessaire à apporter aux cultures pour garantir qu'elles reçoivent soit l'intégralité, ou une fraction déterminée de celui-ci si l'irrigation est la seule ressource en eau, Les besoins en eau des cultures peuvent être définis comme la dose apportée à la plante dans des moments propices, visant à maintenir les conditions d'humidité optimales pour maximiser le rendement de la culture. Pour cela on définit :

3.4.1. L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration se réfère à la quantité d'eau qui s'évapore sous forme de vapeur d'eau depuis une zone avec couverture végétale. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, de m³/ha/jour, en m³/ha/mois, ou en m³/ha/an. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours ou par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET₀) et l'évapotranspiration maximale (ETM).

3.4.1.1. L'évapotranspiration de référence (ET₀) :

Elle représente la quantité totale d'eau perdue par évaporation d'une surface végétale dense et correctement irriguée, dans des conditions où l'énergie disponible pour l'évaporation atmosphérique constitue le seul facteur limitant. En d'autres termes, c'est l'évapotranspiration maximale atteignable pour une culture (souvent du gazon) qui dispose de suffisamment d'eau ou lorsque le sol atteint sa capacité maximale de rétention d'eau.

3.4.1.2. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Elle correspond à la quantité totale d'eau évaporée d'une zone densément végétalisée, sous l'unique contrainte de l'énergie disponible pour l'évaporation atmosphérique. L'évapotranspiration potentielle (ETP) se définit comme l'évapotranspiration d'une culture couvrant intégralement le sol, où le développement foliaire est maximum (sur la phase de croissance), ce dernier étant à la capacité au champ.

L'ETP correspond à « la demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

3.4.1.3. L'évapotranspiration réelle (ETR) :

Pour une période de temps spécifique (jour, mois, ou durée complète du cycle des nutriments), chaque zone de terrain subira une perte d'eau attribuable à la transpiration des plantes ainsi qu'à l'évaporation directe depuis le sol, ce qu'on appelle l'évapotranspiration réelle ETR.

3.4.1.4. Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET₀) :

Pour calculer l'évapotranspiration de référence (ET₀), Il existe deux méthodes :

- Les méthodes directes, qui reposent sur l'usage d'instruments et d'appareils de mesure ;
- Les méthodes indirectes, basées sur l'application de formules empiriques.

La complexité de l'installation d'un équipement de mesure pour l'évapotranspiration potentielle et l'absence de mesures directes rendent nécessaire l'utilisation de diverses formules de calcul. Parmi celles-ci, les principales sont :

- La formule de Turc (1960) ;
- La formule de Thornthwaite (1955) ;
- La formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- La formule de Penman ou l'approche du Bilan d'énergie (1948) ;
- La méthode de Doorenbos et Pruitt (1977), recommandée par la FAO.

La méthode de Penman-Monteith est la plus répandue pour l'estimation de l'ET₀ sous divers climats. Cependant, son principal désavantage réside dans le besoin significatif d'informations climatiques détaillées, qui ne sont pas toujours disponibles en un même lieu. Les experts de la FAO

conseillent l'utilisation de la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme l'option privilégiée pour estimer l'ET0.

3.4.2. Formule Modifiée de Penman-Monteith :

Le calcul de l'évapotranspiration de référence (ET0) est calculée en se basant sur la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET0 = \frac{0.408(R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Avec :

- ✓ **ET0** : évapotranspiration de référence [mm jour-1] ;
- ✓ **Rn** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m-2 jour-1] ;
- ✓ **G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m-2 jour-1] ;
- ✓ **T** : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2m[°C]
- ✓ **u2** : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s-1] ;
- ✓ **es** : pression de vapeur saturante [kPa] ;
- ✓ **ea** : pression de vapeur réelle [kPa] ;
- ✓ **es-ea** : déficit de pression de vapeur saturante [kPa] ;
- ✓ **D** : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1] ;
- ✓ **g** : constante psychrométrique [kPa °C-1].

Pour les calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT version 8.0 de la FAO, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Tizi ousou.

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

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

Tableau 24: : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT

Mois	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation (heurs)	Radiation (MJ/m ² /jour)	ET0 (mm/mois)
Janvier	06.12	15.18	73.7	1.3	5.23	8.8	38.03
Février	06.70	16.73	72.4	1.9	6.06	11.8	54.19
Mars	08.47	19.61	71.2	2.8	7.33	16.1	94.44
Avril	10.19	21.68	69.5	2.1	8.17	20.1	112.07
Mai	14.14	26.39	66.7	2.0	9.37	23.4	150.99
Juin	18.18	31.69	62.1	2.2	10.3	25.2	183.41
Juillet	21.07	35.51	57.9	1.9	11.47	26.5	208.76
Août	21.86	36.20	60.9	1.8	10.37	23.6	189.20
Septembre	18.90	31.39	66	1.6	8.23	18.2	127.37
Octobre	15.35	26.71	69.9	1.9	7.33	14.1	95.03
Novembre	10.46	19.87	72.5	1.7	5.57	9.7	52.04
Décembre	07.30	15.84	74.5	0.6	4.83	7.8	26.26
Moyenne	13.23	24.73	68.11	1.8	7.8	17.1	1331.78

Commentaire :

Il est observé que l'évapotranspiration de référence (ET0) demeure significative tout au long de l'année, et atteint des sommets particulièrement importants en été. Face à des précipitations réduites pendant cette saison, cela implique un accroissement considérable du besoin en irrigation.

3.4.2.1. Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'évapotranspiration maximale représente le taux le plus élevé d'évaporation pour une culture donnée. Ce taux varie en fonction du stade de développement de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et est également influencé par les conditions du sol et le climat.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée comme suit :

$$ETM = K_c \times ET0$$

Avec :

K_c : le coefficient cultural.

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été déterminés, prenant en compte le stade de croissance de la plante, l'intensité du vent, et le taux moyen de l'humidité minimale de l'air présente dans la zone de notre étude.

Tableau 25:coefficients culturaux des cultures (KC).

Culture	sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar s	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Blé dur			0.4	0.7	0.9	1	1.05	1.05	1.03	0.5		
l'Orge vert			0.3	0.3	0.5	0.5	1	1.15	1	1		
Pomme de terre	0.75	1.1	1.2	0.75								
Tomate							0.5	0.85	1.15	0.85		
poivron					0.6	0.8	1.05	1.05	0.9			
melon							0.5	0.8	1.05	1.05	0.75	
pommier	0.95	0.95	0.95	0.9	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7
Poirier	0.95	0.95	0.95	0.9	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.75	0.7
Les oliviers	0.7	0.7	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.7	0.85	0.85	0.85

1. La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile correspond au volume d'eau disponible dans la portion de sol explorée par les racines, située entre le seuil de ressuyage et le point de flétrissement permanent. Toutefois, à mesure que le niveau d'humidité se rapproche du point de flétrissement, l'extraction de l'eau par les plantes devient plus difficile. C'est pourquoi on parle de Réserve Facilement Utilisable (RFU) pour décrire cette eau plus aisément accessible aux plantes, la quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la réserve utile :

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

Avec :

Y : degré de tarissement,

Y= 2/3 pour les cultures en général.

Y= 1/3 pour les cultures sensibles.

Y= 1/2 pour les cultures céréalières.

Da : densité apparente.

On prend 1.4 car la texture du sol est argilo-limoneuse;

- Z : profondeur d'enracinement mm ;

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend (27%) ;

- H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas, on prend (16%),

3.5. La Pluie efficace :

Il s'agit de la part des précipitations totales qui est effectivement absorbée et utilisée par les cultures. Cette fraction est influencée par les propriétés du sol et par l'intensité des précipitations. Diverses techniques existent pour déterminer les précipitations efficaces. Pour notre étude, nous avons opté pour la méthode du pourcentage, détaillée comme suit :

$$P_{eff} = A \times P_{tot}$$

A : coefficient estimé à 0,8

Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant ;

Tableau 26: Pluies efficaces calculées.

Mois	P _{tot}	P _{80%}	P _{eff}
Janvier	132.5	106	84.8
Février	92.5	74	59.2
Mars	78.5	62.8	50.24
Avril	94.3	75.44	60.35
Mai	76	60.8	48.64
Juin	7.9	6.32	5.05
Juillet	4.7	3.76	3.01
Août	11.2	8.96	7.168
Septembre	46.9	37.52	30.02
Octobre	72.4	57.92	46.34
Novembre	108.7	86.96	69.57
Décembre	135.6	108.48	86.78
Total	861.2	688.96	551.17

3.6. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :

Les besoins en eau des cultures sont calculés par le bilan hydrique :

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

Avec :

- B : Besoins en eau d'irrigation (mm) ;
- ETM : Evapotranspiration (mm/mois) ;
- RFU : La réserve facilement utilisable ;
- P_{eff} : pluie efficace.

Les besoins en eau des cultures sont calculés comme suit :

- **Estimation des besoins en eau des céréales :**

Tableau 27: Calcul des besoins en eau du Blé dur

Mois	ET0 (mm/mois)	KC	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_ Théo	RFU_ Réelle	P _{eff} (mm)	B (mm)
Sep	127.37						30.02	0
Oct	95.03						46.34	0
Nov	52.04	0.4	20.82	0.3	29.7	14.85	69.57	0
Déc	26.26	0.7	18.38	0.5	49.5	19.8	86.78	0
Jan	38.03	0.9	34.23	0.5	49.5	33	84.8	0
Fév	54.19	1	54.19	0.6	59.4	33	59.2	0
Mar	94.44	1.05	99.16	0.6	59.4	39.6	50.24	9.32
Avr	112.07	1.05	117.67	0.6	59.4	39.6	60.35	17.72
Mai	150.99	1.03	155.52	0.6	59.4	19.8	48.64	87.08
Jun	183.41	0.5	91.71	0.6	59.4	19.8	5.05	66.86
Jul	208.76						3.01	0
Août	189.20						7.168	0

Tableau 28: Calcul des besoins en eau de l'Orge vert.

Mois	ET0 (mm/mois)	KC	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	127.37						30.02	0
Oct	95.03						46.34	0
Nov	52.04	0.3	15.61	0.3	29.7	14.85	69.57	0
Déc	26.26	0.3	7.88	0.5	49.5	19.8	86.78	0
Jan	38.03	0.5	19.01	0.5	49.5	33	84.8	0
Fév	54.19	0.5	27.09	0.6	59.4	33	59.2	0
Mar	94.44	1	94.44	0.6	59.4	39.6	50.24	4.6
Avr	112.07	1.15	128.88	0.6	59.4	39.6	60.35	28.93
Mai	150.99	1	150.99	0.7	69.3	19.8	48.64	82.55
Jun	183.41	1	183.41	0.7	69.3	23.1	5.05	155.26
Jul	208.76						3.01	
Août	189.20						7.168	

- Estimation des besoins en eau des maraichères :

Tableau 29: Calcul des besoins en eau du Pomme de terre.

Mois	ET0 (mm/mois)	KC	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	127.37	0.75	95.53	0.4	39.6	13.2	30.02	52.31
Oct	95.03	1.1	104.53	0.6	59.4	13.2	46.34	44.99
Nov	52.04	1.2	62.45	0.6	59.4	29.7	69.57	0
Déc	26.26	0.75	19.69	0.6	59.4	39.6	86.78	0
Jan	38.03						84.8	
Fév	54.19						59.2	
Mar	94.44						50.24	
Avr	112.07						60.35	
Mai	150.99						48.64	
Jun	183.41						5.05	
Jul	208.76						3.01	
Août	189.20						7.168	

Tableau 30: Calcul des besoins en eau du Tomate.

Mois	ET0 (mm/mois)	KC	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	127.37						30.02	
Oct	95.03						46.34	
Nov	52.04						69.57	
Déc	26.26						86.78	
Jan	38.03						84.8	
Fév	54.19						59.2	
Mar	94.44	0.5	47.22	0.6	59.4	39.6	50.24	0
Avr	112.07	0.85	95.26	0.9	89.1	39.6	60.35	0
Mai	150.99	1.15	173.64	1.2	118.8	29.7	48.64	95.3
Jun	183.41	0.85	155.89	1.2	118.8	39.6	5.05	111.24
Jul	208.76						3.01	
Août	189.20						7.168	

Chapitre 03 : Besoins en eau des cultures

Tableau 31: Calcul des besoins en eau du poivron.

Mois	ET0 (mm/mois)	KC	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff(mm)	B(mm)
Sep	127.37						30.02	
Oct	95.03						46.34	
Nov	52.04						69.57	
Déc	26.26						86.78	
Jan	38.03	0.6	22.82	0.25	24.75	16.5	84.8	0
Fév	54.19	0.8	43.35	0.4	39.6	16.5	59.2	0
Mar	94.44	1.05	99.16	0.8	79.2	26.4	50.24	22.52
Avr	112.07	1.05	117.67	0.8	79.2	52.8	60.35	4.52
Mai	150.99	0.9	135.89	0.8	79.2	52.8	48.64	34.45
Jun	183.41						5.05	
Jul	208.76						3.01	
Aoû	189.20						7.168	

Tableau 32: Calcul des besoins en eau du melon.

Mois	ET0 (mm/mois)	KC	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	127.37						30.02	
Oct	95.03						46.34	
Nov	52.04						69.57	
Déc	26.26						86.78	
Jan	38.03	0.6	22.82	0.25	24.75	16.5	84.8	0
Fév	54.19	0.8	43.35	0.4	39.6	16.5	59.2	0
Mar	94.44	1.05	99.16	0.8	79.2	26.4	50.24	22.52
Avr	112.07	1.05	117.67	0.8	79.2	52.8	60.35	4.52
Mai	150.99	0.9	135.89	0.8	79.2	52.8	48.64	34.45
Jun	183.41						5.05	
Jul	208.76						3.01	
Aoû	189.20						7.168	

- **Estimation des besoins en eau des arboricoles :**

Tableau 33: Calcul des besoins en eau du pommier.

Mois	ET0 (mm/mois)	K _C	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	127.37	0.95	121	1.5	148.5	49.5	30.02	41.48
Oct	95.03	0.95	90.28	1.5	148.5	49.5	46.34	0
Nov	52.04	0.95	49.44	1.5	148.5	74.25	69.57	0
Déc	26.26	0.9	23.63	1.5	148.5	99	86.78	0
Jan	38.03	0.8	30.42	1.5	148.5	99	84.8	0
Fév	54.19	0.7	37.93	1.5	148.5	99	59.2	0
Mar	94.44	0.5	47.22	1.5	148.5	99	50.24	0
Avr	112.07	0.5	56.03	1.5	148.5	99	60.35	0
Mai	150.99	0.5	75.49	1.5	148.5	49.5	48.64	0
Jun	183.41	0.6	110.05	1.5	148.5	49.5	5.05	55.5
Jul	208.76	0.6	125.26	1.5	148.5	0	3.01	122.25
Août	189.20	0.7	132.44	1.5	148.5	0	7.168	125.27

Tableau 34: Calcul des besoins en eau du Poirier.

Mois	ET0 (mm/mois)	K _C	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_T héo	RFU_ Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	127.37	0.95	121	1.5	148.5	49.5	30.02	41.48
Oct	95.03	0.95	90.28	1.5	148.5	49.5	46.34	0
Nov	52.04	0.95	49.44	1.5	148.5	74.25	69.57	0
Déc	26.26	0.9	23.63	1.5	148.5	99	86.78	0
Jan	38.03	0.8	30.42	1.5	148.5	99	84.8	0
Fév	54.19	0.7	37.93	1.5	148.5	99	59.2	0
Mar	94.44	0.5	47.22	1.5	148.5	99	50.24	0
Avr	112.07	0.5	56.03	1.5	148.5	99	60.35	0
Mai	150.99	0.5	75.49	1.5	148.5	49.5	48.64	0
Jun	183.41	0.7	128.39	1.5	148.5	49.5	5.05	73.84
Jul	208.76	0.75	156.57	1.5	148.5	49.5	3.01	104.06
Août	189.20	0.7	132.44	1.5	148.5	49.5	7.168	75.77

Chapitre 03 : Besoins en eau des cultures

Tableau 35: Calcul des besoins en eau pour l'olivier.

Mois	ET0 (mm/mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z (m)	RFU_Théo	RFU_Réelle	Peff (mm)	B (mm)
Sep	127.37	0.7	89.16	1.5	148.5	49.5	30.02	9.64
Oct	95.03	0.7	66.52	1.5	148.5	49.5	46.34	0
Nov	52.04	0.7	36.43	1.5	148.5	74.25	69.57	0
Déc	26.26	0.65	17.07	1.5	148.5	99	86.78	0
Jan	38.03	0.65	24.72	1.5	148.5	99	84.8	0
Fév	54.19	0.65	35.22	1.5	148.5	99	59.2	0
Mar	94.44	0.65	61.39	1.5	148.5	99	50.24	0
Avr	112.07	0.65	72.84	1.5	148.5	99	60.35	0
Mai	150.99	0.7	105.69	1.5	148.5	49.5	48.64	7.55
Jun	183.41	0.85	155.90	1.5	148.5	0	5.05	150.85
Jul	208.76	0.85	177.45	1.5	148.5	0	3.01	174.44
Août	189.20	0.85	160.82	1.5	148.5	0	7.168	153.65

Tableau 36: Récapitulatif des besoins en eau des différentes cultures.

Mois	Blé	Orge en vert	Pomme de terre	Poivron	Tomate	Melon	pommier	Poirier	l'olivier	Total (mm)
Sep	0	0	52.31	0	0	0	41.48	41.48	9.64	144.91
Oct	0	0	44.99	0	0	0	0	0	0	44.99
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Déc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fév	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar	9.32	4.6	0	22.52	0	0	0	0	0	36.44
Avr	17.72	28.93	0	4.52	0	9.51	0	0	0	60.68
Mai	87.08	82.55	0	34.45	95.3	90.1	0	0	7.55	397.03
Jun	66.86	155.26	0	0	111.24	154.53	55.5	73.84	150.85	768.08
Jul	0	0	0	0	0	120.56	122.25	104.06	174.44	521.31
Août	0	0	0	0	0	0	125.27	75.77	153.65	354.69

3.7. Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture évaluée précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$Q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_j \times N \times 3600 \times E_i}$$

Avec :

- ✓ Q_s : le débit spécifique en l/s/ha ;
- ✓ B_{net} : Besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- ✓ N_i : Nombre des heures d'irrigation = 22 h ;
- ✓ N_j : Nombre de jours du mois de pointe = 30 jours ;
- ✓ E_i : Efficience d'irrigation = 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant.

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de juin :

$$B_{net} = 768.08 \text{ mm/mois} , Q_s = 4.31 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. Il y'a un risque de surdimensionnement Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
- Prendre le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe (Culture d'oliviers) ;

Tableau 37: Calcul du débit spécifique.

Culture	Blé	Orge en vert	pomme de terre	Tomate	Poivron	Melon	pommier	poirier	Olivier	Moyenne Q_s (l/s/ha)
Q_{pointe} (mm)	87.08	155.26	52.31	111.24	34.45	154.53	125.27	104.06	174.44	0.72
Q_s (l/s.ha)	0.4897	0.8713	0.2935	0.6243	0.1933	0.8672	0.7039	0.5849	0.9789	

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

$$Q_s = 0.9789 \text{ l/s/ha}$$

Ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha et donc c'est un choix valable.

3.8. Calcul du débit caractéristique :

La détermination du débit caractéristique est cruciale pour établir le volume d'eau maximal que le réseau d'irrigation doit distribuer pour chaque parcelle cultivée. Ce débit est calculé en multipliant le débit de pointe par la superficie exploitable de l'agriculture, comme l'illustre la formule ci-après :

$$Q_{Car} = Q_s \times S$$

Q_s : le débit spécifique en l/s/ha ;

S : la superficie à irriguer en ha.

$$Q_{car} = Q_s \times S = 0.9789 \times 117 = 114.53 \text{ l/s} = 0.11 \text{ m}^3/\text{s.}$$

3.9. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les volumes d'eau à stockés dans le bassin ou réservoir et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau suivant :

Tableau 38: Volume d'eau d'irrigation.

Type de culture	Surface (ha)	Besoin en eau net (mm)	Besoin en eau net (m ³ /ha)	Efficienc e (%)	Besoin en eau brut (m ³ /ha)	Besoins brut totaux (m ³)
Les céréaliculture	23.4 ha					
Blé	11.7	180.98	1809.8	75	2413.07	28232.92
Orge en vert	11.7	271.34	2713.4	75	3617.87	42329.08
Culture arboricole	46.8 ha					
pommier	12	303.02	3030.2	75	4040.27	48483.24
poirier	15	295.15	2951.5	75	3935.33	59029.95
Les oliviers	19.8	496.13	4961.3	75	6615.07	130978.39
Les maraichères	46.8 ha					
Pomme de terre	11	97.3	973	75	1297.33	14270.63
Poivron	10	61.49	614.9	75	819.87	8198.7
Tomate	13.8	206.54	2065.4	75	2753.87	38003.41
Melon	12	374.7	3747	75	4996	59952
					Besoin total	429478.32 m³

On remarque que le volume nécessaire pour assurer les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre 0.429 Hm³.

3.10. Conclusion :

En conclusion, ce chapitre met en évidence l'importance cruciale de la détermination des besoins en eau pour une planification réussie des projets d'aménagement hydro-agricole. Il détaille la méthodologie utilisée pour estimer avec exactitude la demande en eau des plantations, en prenant en compte une variété de facteurs tels que les conditions météorologiques, les propriétés du sol, et la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation. Cette analyse comprend également le calcul de l'évapotranspiration, la détermination de la pluie efficace, et l'estimation des réserves en eau du sol.

Chapitre 04 : Etude du système d'adduction et de distribution.

4.1. Introduction :

L'étude du réseau d'adduction et de distribution au sein d'un périmètre d'irrigation nécessite l'étude de plusieurs facteurs, y compris la source d'approvisionnement en eau, le réseau de canalisations, les dispositifs de pompage, le bassin, ainsi que les mécanismes de régulation. L'objectif de cette analyse est de déceler des opportunités d'amélioration pour renforcer l'efficacité et la viabilité économique du système, tout en minimisant les pertes hydriques. Nous aborderons les différents éléments qui constituent notre réseau d'approvisionnement et de distribution d'eau pour l'irrigation, et discuterons des méthodes pour en améliorer l'efficacité.

4.2. Alimentation en eau du périmètre :

Afin de stimuler le développement et d'optimiser la gestion des zones d'irrigation à Tizi Ouzou, une attention particulière a été portée au périmètre de Ain zaouia. Ce périmètre destiné à l'extension d'un réseau d'irrigation, couvrant une surface globale d'environ 117 ha. L'irrigation de notre périmètre sera assurée gravitairement depuis le barrage de Ain Zaouia, qui se trouve à une distance de 7 km, avec une conduite d'une longueur de 7000 ML.

4.3. Choix de la variante d'adduction :

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate est basée sur la minimisation des pertes de charge et l'optimisation du tracé économique. Ainsi, la décision finale est prise en faveur de la variante qui s'adapte mieux à ces critères.

Il y a trois variantes disponibles pour irrigation du périmètre :

Variante 1, L'irrigation du périmètre directement à partir de barrage, gravitairement.

Variante 2, installation du bassin géomembrane à partir d'un piquage.

Variante 3, implique l'utilisation un réservoir en tête du périmètre pour permettre une alimentation gravitaire.

Dans notre cas, il faut prendre en considération la variante 1, L'acheminement de l'eau s'effectue par gravité depuis le barrage jusqu'au périmètre à irriguer. Les altitudes du terrain naturel au sein de notre périmètre sont les suivantes : 215 mètres pour le périmètre à irriguer et 260 mètres pour le barrage.

4.4. Le réseau d'adduction :

4.4.1. Le diamètre optimal économique de la conduite d'adduction :

Dans le contexte de notre projet de réseau de distribution, nous avons appliqué la méthode de M. Labye afin de choisir les diamètres adaptés pour les diverses sections de notre réseau de canalisations, Cette méthode est basée sur une formule spécifique.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V_{ad}}} \times 1000$$

Q : le débit mesuré en mètres cube par seconde (m³/s),

D : le diamètre exprimé en millimètres (mm),

V : la vitesse idéale, généralement d'environ 1 m/s.

Voici le tableau affichant les résultats des calculs du diamètre optimal pour le tronçon :

Tableau 39: Calcul du diamètre économique de la conduite d'adduction

Tronçon	L (m)	Q (l/s)	Diamètre Cal.(mm)	DiamètreN. (mm)	Matériau	V (m/s)
Conduite	7000	282	599.2	600	FONTE	1,0

4.5. Le réseau de Distribution :

Le réseau de distribution englobe la dissémination de l'eau d'irrigation depuis le barrage, jusqu'aux points d'irrigation des parcelles à l'îlot du périmètre.

4.5.1. Organisation et l'aménagement du périmètre :

Notre périmètre englobe 11 îlots dont la superficie varie de 7 à 13.8 ha, et chaque îlot est à son tour discrétisé en deux à trois parcelles.

4.5.2. Découpage des Ilots :

Ce découpage se justifie par son rôle crucial dans la gestion d'une zone d'irrigation. Il consiste à diviser une étendue de terres irriguées en plusieurs sections ou zones plus petites, souvent dans le but d'améliorer la gestion de l'irrigation, de mettre en œuvre différentes techniques agricoles, ou de satisfaire des exigences particulières des cultures. Cette division peut avoir un impact sur l'efficacité de l'irrigation, la gestion des ressources en eau et les méthodes agricoles employées.

Tableau 40: Les différents îlots du périmètre.

Culture	Ilots	Nombre de parcelle	Surface (ha)
Orge en vert	Ilot 1	2	11.7
Blé dur	Ilot 2	3	11.7
Pomme de terre	Ilot 3	2	11
Olivier	Ilot 4	2	9
	Ilot 5	2	10.8
Poirier	Ilot 6	2	7
	Ilot 7	2	8
Melon	Ilot 8	3	12
Pommier	Ilot 9	2	12
Tomate	Ilot 10	3	13.8
Poivron	Ilot 11	2	10

4.6. Bornes d'irrigation (rôle et fonction) :

Une borne d'irrigation est un dispositif utilisé dans les systèmes d'irrigation agricoles pour surveiller et réguler la distribution de l'eau. Elle est généralement installée le long des conduites d'irrigation pour diriger avec précision l'approvisionnement en eau vers les îlots situés dans différentes zones ou parcelles.

Il est généralement conseillé de suivre les instructions ci-dessous lors de la mise en place de bornes pour les îlots appartenant à des exploitations de petite à moyenne taille :

- Une borne par îlot d'exploitation.

Chapitre 04 : Etude du système d'adduction et distribution

- Un maximum de quatre (04) prises par borne.
- Les bornes doivent être positionnées le long des limites des îlots ou au centre pour les îlots de grande taille.

La borne d'irrigation assume un rôle clé dans le système d'irrigation en remplissant plusieurs fonctions cruciales :

- Distribution de l'eau : Elle a pour mission de distribuer l'eau de façon précise et contrôlée aux différentes zones ou parcelles.
- Régulation du débit : La borne est équipée de vannes qui permettent de réguler le débit d'eau. Cette caractéristique facilite l'ajustement de la quantité d'eau distribuée à chaque zone, en fonction des besoins particuliers des cultures ou des espaces verts.
- Équité dans la répartition : En limitant le nombre de prises par borne, celle-ci aide à assurer une distribution équitable de l'eau parmi les différentes utilisations. Ceci prévient les inégalités et assure que chaque zone reçoive sa part appropriée d'irrigation.
- Maîtrise de la pression : Certaines bornes sont équipées de régulateurs de pression qui préservent une pression stable dans le système d'irrigation. Ceci assure une distribution uniforme de l'eau, évitant ainsi les variations de pression susceptibles de compromettre l'efficacité de l'irrigation.
- Mesurage de l'eau : Certaines bornes comprennent également des compteurs d'eau qui permettent de mesurer la quantité d'eau consommée. Cette fonction aide à surveiller l'utilisation de l'eau, à évaluer l'efficacité de l'irrigation et, dans certains cas, à facturer l'eau utilisée.

4.7. Tracé du réseau d'irrigation :

Le tracé des canalisations de distribution est élaboré en prenant compte de nombreux facteurs techniques, topographiques, géologiques et géographiques pour garantir un écoulement contrôlé.

Ces paramètres englobent les éléments suivants :

- La disposition topographique du terrain.
- Les caractéristiques pédologiques, comprenant la structure, la texture, la capacité de rétention et l'humidité relative du sol.
- Les informations climatiques de la région étudiée, incluant l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).
- Le type de cultures à irriguer.
- Le choix du système d'irrigation
- La nécessité de concevoir un profil en long des conduites sans contrepenches.
- La réduction de la longueur du projet afin de réduire les coûts.
- L'obligation d'éviter les passages au-dessus d'obstacles naturels ou artificiels.

4.8. Calcul hydraulique des bornes :

Les propriétés hydrauliques des bornes sont déterminées par le débit à délivrer en tête des parcelles. Le débit de chaque borne pouvant desservir un îlot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S$$

Avec :

- Q_b : Débit de chaque îlot (l/s)
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha)
- S : Superficie de l'îlot (ha)

Selon les calculs des débits pour chaque borne d'irrigation, les diamètres des bornes correspondant à ces débits sont spécifiés de la manière suivante :

Tableau 41: Choix du diamètre de la borne.

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

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

- Pour les ilots qu'ont un nombre de parcelle entre [4 -8], et dont la superficie inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prise (Borne de type A4).

- Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).

- Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).

- Pour les grands ilots on prévoit des bornes de type C.

Tableau 42: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes :

N° Ilot	superficie (ha)	Qs (l/s)	Débit (l/s)	type de la borne	D bornes (mm)
1	11.7	0.72	8.424	A2	65
2	11.7	0.72	8.424	A2	65
3	11	0.72	7.92	A2	65
4	9	0.72	6.48	A2	65
5	10.8	0.72	7.776	A2	65
6	7	0.72	5.04	A2	65
7	8	0.72	5.76	A2	65
8	12	0.72	8.64	A2	65
9	12	0.72	8.64	A2	65
10	13.8	0.72	9.936	A2	65
11	10	0.72	7.2	A2	65

4.9. Matériaux de construction des canalisations :

Le choix du matériau de conduite est dicté par plusieurs facteurs, tels que la pression à supporter, la réactivité du sol, des critères économiques (le coût et la disponibilité sur le marché local, ainsi que la production en Algérie), et la compatibilité avec les éléments annexes comme les joints, les coudes, les vannes, etc.

Parmi les matériaux utilisés, on peut recenser la fonte, le polyéthylène haute densité (PEHD), le polychlorure de vinyle (PVC) et l'acier.

4.9.1. Conduite en PEHD :

Les bénéfices associés à ces conduites comprennent les éléments suivants :

- Légèreté et simplicité de découpe.
- Excellentes caractéristiques hydrauliques.
- Facilement accessibles sur le marché et s'installent sans difficulté.
- Relativement économiques.

4.9.2. Conduite en Fonte :

Ces matériaux présentent plusieurs avantages :

- Affichent une excellente résistance aux contraintes internes.
- Remarquablement résistants à la corrosion.
- Reconnus pour leur rigidité et leur robustesse.
- Coût élevé représente un désavantage.

4.9.3. Conduite en PVC :

Les avantages liés à ces conduites incluent :

- Ils démontrent une résistance notable à la corrosion.
- Disponibilité sur le marché.
- Ils se posent facilement en tant que canalisations.
- Risque potentiel de rupture comme un inconvénient.

4.9.4. Conduite en Acier :

Ces matériaux offrent de nombreux avantages :

- Plus légers que les conduites en fonte, ce qui permet de réaliser des économies sur le transport et l'installation.
- Bonne résistance aux contraintes, comme les chocs et l'écrasement.
- Risque de corrosion comme un désavantage potentiel.

4.10. Dimensionnement du réseau de distribution :

4.10.1. Vitesses admissibles :

La vitesse admissible dans le réseau d'irrigation est déterminée pour éviter les problèmes causés par des vitesses trop élevées, comme l'érosion, ou trop basses, qui pourraient provoquer l'accumulation de dépôts solides.

Généralement, la vitesse autorisée se situe entre 0,5 m/s (minimum) et 2,5 m/s (maximum). Dans notre réseau, la vitesse admissible a été fixée à 1 m/s.

4.10.2. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres se fait selon les débits transportés par le segment de conduite et les vitesses. La méthode développée par M. Labye offre une estimation du diamètre théorique, qui est ensuite normalisé pour déterminer le diamètre nominal des conduites.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V_{adm}}} \times 1000$$

Avec ;

Q : débit exprimé en m³/s,

D : diamètre exprimé en mm ;

V_{adm} : vitesse admissible = 1 m/s.

4.11. Calcul des pressions :

Le calcul des pressions repose sur le principe de Bernoulli, qui explique le comportement d'un fluide réel entre deux points, identifiés ici comme point 1 et point 2.

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

Avec ;

- Z_1 et Z_2 : Côte terrain naturel aux points 1 et 2
- $\frac{P_1}{\rho g}$ et $\frac{P_2}{\rho g}$: La hauteur de la pression aux points 1 et 2
- $\frac{V_1^2}{2g}$ et $\frac{V_2^2}{2g}$: La hauteur représentative de la vitesse d'écoulement aux points 1 et 2
- ΔH : Les pertes de charges totales entre les 2 point 1 et 2

4.12. Estimation des pertes de charge :

Nous avons appliqué la formule de perte de charge de Lechapt-Calmon, qui est expliquée de la manière suivante :

$$J = L \times \frac{Q^M}{D^N} \text{ Avec :}$$

- J : Perte de charge linéaire exprimée en mètres de colonne d'eau (mCE),
- L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations.
- Q : Débit en mètres cubes par seconde (m³/s),
- D : Diamètre intérieur en mètres (m),

Pour calculer les pertes de charge totales, nous incluons les pertes de charge singulières, qui représentent environ 10% des pertes totales.

Tableau 43: Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.

K (mm)	L	M	N
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

La rugosité équivalent : K = 0.1 mm, donc : M= 1,89 ; N= 5,01 ; L= 1,15

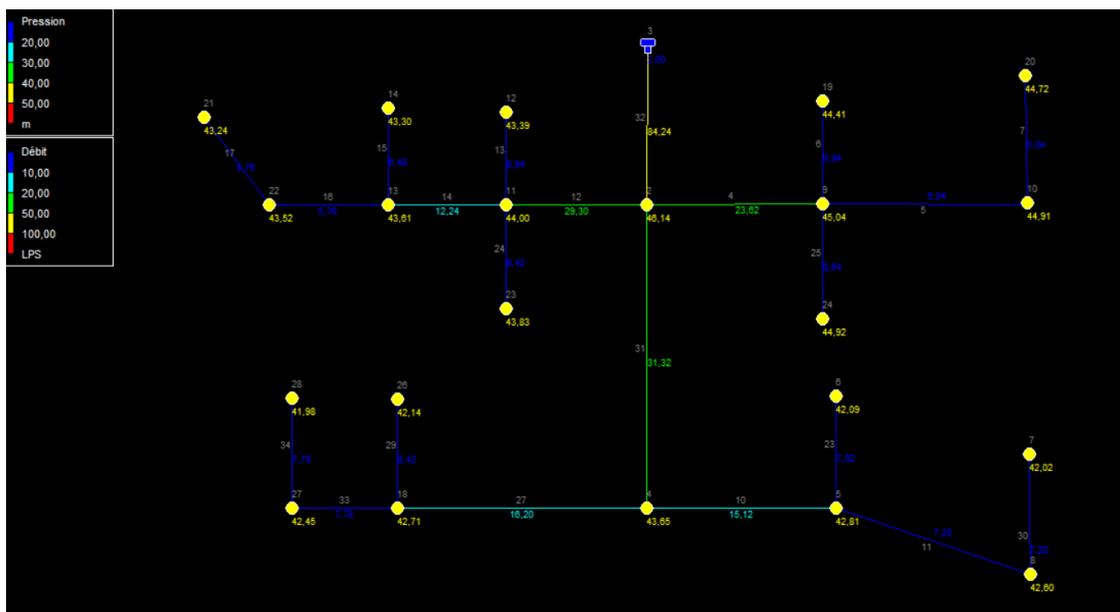


Figure 11: Présentation du réseau sur logiciel EPANET.

Chapitre 04 : Etude du système d'adduction et distribution

Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre périmètre sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau 44: Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre périmètre

N°Tronçon	Long L (m)	Débit (l/s)	Diameter N. (mm)	Epais seu(m m)	$D_{interieur}$ (mm)	Matériau de canalisation	V(m/s)	P.Charg e(m/km)	C.terrain(m)	$C_{ptézo}$ (m)	Pression (bar)
RV-T1	7000	84,24	600			FONTE	0,3	0,12	260	306,14	4,614
T1-T2	150	23,62	160	9,5	141	PEHD	1,17	7,38	215	260,04	4,504
T2-T3	275	5,04	160	9,5	141	PEHD	0,25	0,45	215	259,91	4,491
T2-B10	125	9,94	125	7,4	110,2	PEHD	0,81	5,03	215	259,41	4,441
N10-B6	130	5,04	125	7,4	110,2	PEHD	0,41	1,47	215	259,72	4,472
T7-T8	260	15,12	160	9,5	141	PEHD	0,75	3,25	215	257,81	4,281
T8-T9	240	7,2	160	9,5	141	PEHD	0,36	0,85	215	257,6	4,26
T1-T4	195	29,3	160	9,5	141	PEHD	1,46	11	215	259	4,4
T4-B9	155	8,64	125	7,4	110,2	PEHD	0,7	3,9	215	258,39	4,339
T4-T5	175	12,24	160	9,5	141	PEHD	0,61	2,21	215	258,61	4,361
T5-B4	135	6,48	125	7,4	110,2	PEHD	0,53	2,31	215	258,3	4,33
T5-T6	165	5,76	160	9,5	141	PEHD	0,29	0,57	215	258,52	4,352
T6-B7	150	5,76	125	7,4	110,2	PEHD	0,47	1,87	215	258,24	4,324
T8-B3	215	7,92	125	7,4	110,2	PEHD	0,65	3,33	215	257,09	4,209
T4-B1	150	8,42	160	9,5	141	PEHD	0,42	1,13	215	258,83	4,383
T2-B8	100	8,64	160	9,5	141	PEHD	0,43	1,18	215	259,92	4,492
T10-T7	255	16,2	160	9,5	141	PEHD	0,81	3,69	215	257,71	4,271
T10-B2	155	8,42	125	7,4	110,2	PEHD	0,69	3,72	215	257,14	4,214
T9-B11	210	7,2	125	7,4	110,2	PEHD	0,59	2,8	215	257,02	4,202
T7-T1	200	31,32	160	9,5	141	PEHD	1,56	12,45	215	258,65	4,365
T10-T11	270	7,78	160	9,5	141	PEHD	0,39	0,97	215	257,45	4,245
T11-B5	145	7,78	125	7,4	110,2	PEHD	0,63	3,22	215	256,98	4,198

Analyse des Résultats :

L'analyse des données hydrauliques du tableau relatif à notre réseau de distribution montre que les vitesses et les pressions sont bien conçues et performantes, adaptées pour approvisionner notre système d'irrigation.

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné le système d'alimentation en eau de la région d'Ain Zaouia, divisée en 11 ilots, chacun disposant de bornes pour la distribution de l'eau. Le projet envisage l'installation d'une conduite principale en fonte/PEHD, allant du barrage aux différents points de distribution dans les parcelles. Les calculs effectués pour cette phase ont permis de :

Chapitre 04 : Etude du système d'adduction et distribution

- Concevoir le réseau de distribution qui achemine l'eau du barrage aux points de distribution via des canalisations en PEHD.
- Contrôler les pressions, les vitesses et les pertes de charge aux points de distribution, un critère crucial pour l'opérationnalisation du réseau d'irrigation.

Les pressions mesurées dans le réseau de distribution sont globalement satisfaisantes, oscillant généralement entre 4.198 et 4.492 bars. Cette gamme de pression favorise l'adoption de systèmes d'irrigation exigeant une pression élevée, comme l'irrigation par aspersion.

Chapitre 05 : Choix de la technique d'irrigation.

5.1. Introduction :

Le choix du système d'irrigation est crucial pour distribuer efficacement l'eau et répondre aux besoins hydriques des cultures de manière judicieuse. Une connaissance théorique des différentes méthodes d'irrigation est essentielle pour déterminer la technique la plus adaptée.

Notre objectif sera de choisir la méthode d'irrigation qui correspond le mieux aux caractéristiques spécifiques de notre périmètre d'étude.

5.1.1. Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs doivent être considérés lors du choix de la technique d'irrigation à adopter, incluant, à titre d'exemple, les suivants :

- La configuration géométrique du site
- Le débit hydraulique
- La nature spécifique des cultures
- La perméabilité du sol
- La viabilité économique du projet
- De même, les aspects financiers doivent être soigneusement analysés pour sélectionner la méthode d'irrigation la plus appropriée.

5.2. Classification des techniques d'irrigation :

En fonction du système d'arrosage utilisé, les méthodes d'irrigation sont classées en trois catégories :

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

5.2.1. L'irrigation de surface (gravitaire) :

L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface, est la technique la plus couramment utilisée dans les exploitations agricoles. Elle consiste à faire couler l'eau sur le sol en utilisant la force de gravité. Cette méthode se présente sous différentes formes ;

- a) **Irrigation par ruissellement** : Cette technique implique de permettre à l'eau de s'écouler en surface, en suivant les contours naturels du terrain.
- b) **Irrigation par rigoles d'infiltration** : Dans cette méthode, l'eau est dirigée à travers des canaux spécifiquement conçus pour favoriser son infiltration dans le sol.
- c) **Irrigation par submersion** : Cette technique consiste à immerger temporairement le terrain, permettant ainsi à l'eau de se répandre sur la surface cultivée.

5.2.2. L'irrigation par ruissellement :

Cette méthode repose sur l'écoulement naturel de l'eau à la surface du sol, ce qui favorise une infiltration profonde. Il est crucial que l'eau continue de couler assez longtemps pour que le sol soit saturé jusqu'à la profondeur où se situent les racines des cultures.

5.2.3. L'irrigation à la raie :

L'irrigation par cette méthode utilise des rigoles ou de raies pour distribuer l'eau, avec un débit relativement bas comparé à d'autres techniques. Avec cette approche, seule une partie du sol est directement arrosée, tandis que le reste est humidifié par infiltration, ce qui contribue à une humidification générale du sol.



Figure 12: Irrigation à la raie.

Source : (vecteezy.com)

5.2.4. L'irrigation par submersion :

L'irrigation par submersion est une technique agricole consistant à appliquer une couche d'eau de densité variable sur le sol, qui est ensuite maintenue pendant une période suffisante pour permettre une infiltration adéquate en profondeur. Cette méthode est fréquemment décrite comme une forme de contrôle des inondations.

5.2.4.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité :

Avantage :

1. Méthode technique basique qui ne nécessite pas l'utilisation d'énergie externe.
2. Coûts d'investissement réduits.
3. Potentiel de réapprovisionnement des nappes phréatiques.
4. Capacité à irriguer de vastes étendues.

Inconvénients :

Les inconvénients de cette technique sont :

1. Il y a une perte considérable d'eau.
2. Il est indispensable de réaliser des travaux de terrassement et de nivellement.
3. L'efficacité est relativement limitée.
4. Le cycle d'irrigation est de longue durée.
5. Un investissement significatif en main-d'œuvre et en temps est nécessaire.

1.1. L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est une technique qui distribue de l'eau aux plantes sous forme de pluie artificielle. Elle utilise deux types d'équipements : les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. Le but principal de cette méthode est de garantir une distribution uniforme de l'eau sur la surface cultivée. La conception de ce système d'irrigation doit assurer une application d'eau à un débit qui ne dépasse pas le taux d'infiltration maximal, afin de réduire les pertes par ruissellement superficiel.

1.1.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :

Avantages de l'irrigation par aspersion :

1. Pas besoin de préparation initiale du sol.
2. Induit une oxygénation significative de l'eau pulvérisée en forme de pluie.
3. Permet de réaliser des économies significatives comparé à d'autres systèmes d'irrigation.
4. Assure une application précise et une répartition uniforme de l'eau.
5. Adapté à divers types de sols.
6. Affiche une efficacité relative dans l'utilisation de l'eau, variant entre 75 % et 85 %.
7. Réduit la demande en main-d'œuvre.

5.2.4.2. Inconvénients de l'irrigation par aspersion :

1. Possibilité de perte d'eau due à l'évaporation et au vent.
2. Exige un entretien et un contrôle réguliers du système.

3. Des fluctuations importantes de la pression peuvent causer une répartition inhomogène de l'eau.

5.2.5. Différentes installations à la parcelle :

1) Système d'installation fixe :

Tous les équipements, incluant la pompe, les canalisations et les asperseurs, sont installés de façon permanente, ce qui diminue le besoin de main-d'œuvre. Cependant, cela entraîne des coûts d'investissement significativement élevés, comme l'a souligné Clément en 2008.

a) Couverture totale :

Avec un système de couverture intégrale, la zone à irriguer est équipée de rampes. Durant toute la saison, seuls les asperseurs seront repositionnés pendant l'irrigation et à la fin de la campagne.

b) Couverture intégrale :

Pour assurer une irrigation complète de la parcelle, l'utilisation de rampes et d'arroseurs fixes est requise. Le processus d'irrigation est régulé par l'activation ou la désactivation d'une vanne, soit manuellement, soit de manière automatique.

2) Système d'installation mobile :

a) Système d'irrigation par enrouleur :

Le dispositif d'irrigation par enrouleur représente l'équipement d'aspersion d'eau le plus couramment utilisé dans certaines régions, telles que la France, grâce à sa flexibilité d'utilisation. Ce système comprend un canon d'arrosage fixe, relié à un tuyau flexible enroulé autour d'une bobine. Un moteur hydraulique fait tourner la bobine, ce qui permet le réenroulement du tuyau et déplace le canon d'arrosage, favorisant ainsi une distribution efficace de l'eau.



Figure 13: Système d'irrigation par enrouleur.

Source : (Bouchard Côte d'Ivoire.com)

1.2. Système d'irrigation par pivot :

L'irrigation par pivot et l'irrigation par rampe frontale sont des méthodes d'irrigation automatisées fréquemment utilisées pour irriguer les prairies et autres cultures situées au-dessus de la canopée. Les systèmes de pivot tournent autour d'un point central de manière circulaire, alors que les rampes frontales se déplacent avec leurs deux extrémités libres. Ces équipements nécessitent de l'énergie pour se mouvoir à travers la parcelle et pour acheminer l'eau de la source jusqu'aux plantes.



Figure 14: Système d'irrigation utilisant un pivot central.

Source : (icsagri.com)

5.3. Système d'irrigation localisée:

L'irrigation localisée, également appelée irrigation goutte-à-goutte, est ainsi nommée pour son application précise où l'eau est distribuée directement aux endroits où son absorption est nécessaire. Cette technique consiste à acheminer l'eau via des conduits, puis à la libérer sous forme de gouttes à partir de goutteurs placés le long des rangées de cultures.

5.3.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :

Avantages :

1. Haute efficacité d'irrigation.
2. Adaptation possible à divers types de sols et à la plupart des cultures.
3. Possibilité d'automatisation de l'irrigation localisée.
4. Nécessite moins de main-d'œuvre.
5. Diminue les pertes dues à l'évaporation.

Inconvénients :

1. Cet équipement requiert un investissement initial relativement important.
2. Un entretien minutieux est nécessaire pour prévenir le risque de colmatage des goutteurs.
3. Il est indispensable de filtrer l'eau d'irrigation.

5.4. Choix de la technique d'arrosage :

Le choix des méthodes d'irrigation est conditionné par plusieurs facteurs scientifiques et environnementaux, tels que l'évaporation, le vent, la texture et la structure du sol, la topographie (la pente), ainsi que le type de culture pratiquée.

Pour les cultures arboricoles et maraîchères, l'irrigation goutte à goutte est préférée, car elle permet de contrôler le débit et le volume de l'eau distribuée.

En ce qui concerne les céréales, l'irrigation par aspersion est recommandée en raison de sa capacité à délivrer des quantités précises d'eau.

5.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les divers systèmes d'irrigation, analysant leurs propriétés, avantages et limites. La sélection d'un système d'irrigation qui soit rationnel, pratique et économique devrait considérer des critères à la fois socio-économiques et techniques. Nous avons opté pour :

- Le système d'irrigation goutte à goutte pour l'arboriculture et les cultures maraîchères.
- Le système d'aspersion pour les céréales.

Chapitre 6 : Dimensionnement à la parcelle

6.1. Introduction :

Ce chapitre est principalement dédié au processus de dimensionnement des réseaux d'irrigation de parcelles, en se concentrant spécifiquement sur les systèmes par goutte à goutte et par aspersion. L'objectif de ce dimensionnement est d'identifier les paramètres optimaux pour garantir une irrigation à la fois efficace et économique. Pour y parvenir, il est essentiel de disposer de certaines informations clés pour concevoir correctement le système. Ces informations comprennent la superficie de la parcelle à irriguer, les besoins en eau des cultures et la durée maximale de fonctionnement journalier du système d'irrigation.

6.2. Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte :

6.2.1. Données générales :

L'installation du système d'irrigation est prévue au niveau des deux îlots 4 et 5, alimenté par la borne B°04, B°05. Les pressions mesurées devraient atteindre environ 4 bars, ce qui est parfaitement suffisant. L'exploitation agricole couvre une surface de 1 hectare dédié à la culture d'Olivier, avec un besoin de pointe de 496.13 mm. L'Organisation du réseau Avec un espacement de 4 mètres par 4 mètres (4*4). Voici les dimensions de la parcelle cultivée :

Tableau 45 : caractéristiques des deux îlots d'Olivier

Ilot	Longueur (m)	Largeur (m)
04	71.74	144.55
05	87	180.53

On prend l'îlot 5 comme exemple de dimensionnement à la parcelle.

6.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

6.2.2.1. Influence du taux de couverture du sol :

Dans le cadre du système d'irrigation goutte-à-goutte, l'eau est distribuée directement sur une zone très restreinte du sol, minimisant ainsi les pertes par évaporation directe à partir de la surface. Afin de quantifier cette économie d'eau, un coefficient de réduction K_r est appliqué à l'évapotranspiration mesurée (ETM). Ce coefficient dépend de la proportion de sol couvert par les plantes adultes ($C_s = 60\%$). Le calcul de ce coefficient s'effectue selon la formule suivante :

La formule de Freeman et Garzoli :

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

On prendra un coefficient $K_r = 0.8$

$$\text{Donc : } B_{jc} = B_j \times K_r$$

$$B_{jc} = ETMc = B_{pointe}/30 = 16.54 \text{ mm/j et } B_{jc} = 13.23 \text{ mm/j}$$

6.2.3. Dose nette pratique :

Après avoir estimé les besoins journaliers en eau, il est essentiel de fixer une fraction ou un pourcentage d'humidité cible dans la zone racinaire. La dose d'humidification, exprimée par la hauteur d'eau P , correspond à la quantité d'eau nécessaire pour maintenir le sol à une humidité optimale pour la croissance des cultures.

$$Dp = (H_{cc} - H_{pf}). Y. Z. da. P\% = RFU * P\%$$

Avec :

Chapitre 06 : Dimensionnement à la parcelle

Hcc : humidité à la capacité au champ (27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (16%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

Da : la densité apparente : égalé à 1.4

P : Pourcentage du sol humidifié $P = \frac{n \times S_{pd} \times S_h}{S_a \times S_r}$

N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1.5m)

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

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

Sa : espacement des arbres sur les rangs= 4m

P = 0.19 , on prend 19%

$$Dp = (27 - 16)/100 \times 2/3 \times 1500 * 1.4 \times 0.19 = 29.26 \text{ mm}$$

6.2.4. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :

$$T_r = \frac{Dose_{nette}}{B_j}$$

$$T_r = 29.26 / 13.23 = 2.21$$

On prend $T_r = 2 \text{ jour}$.

6.2.5. Calcul de la dose réelle :

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = B_{jm} \times T_r$$

$$D_r = 13.23 \times 2 = 26.46 \text{ mm}$$

6.2.6. La dose brute réelle :

$$D_{brutte} = \frac{D_r}{E_{eff} \times C_u}$$

Avec :

Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%,

Cu : coefficient d'uniformité Cu = 90%

$$D_{brutte} = 32.67 \text{ mm}$$

6.2.7. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\vartheta = \frac{D_{brutte} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g}$$

Avec :

Sr, Sd : espacement entre rang et distributeur.

n, Qg : nombre et débit du goutteur.

$\theta = 24$ Heures.

6.2.8. Nombre d'arbre par hectare :

$$N_{ararbre} = \frac{1 \text{ ha}}{s} = \frac{1 \text{ ha}}{E_a \times E_r}$$

$$N \text{ d'arbre} = 1ha/s = 1ha/E_a \times E_r = 10000 / 4 \times 4 = \mathbf{625 Arbres}$$

6.2.9. Nombre d'arbre par rampe :

$$N_{arampe} = L_r / E_a = 87 / 4 = 22 \text{ arbres.}$$

6.2.10. Nombre des goutteurs par rampe :

$$(L_r / E_a) \times 2 = (180.53 / 4) \times 2 = 90 \text{ goutteures}$$

6.2.11. Débit d'une rampe :

$$Q_r = N_g \times q_g$$
$$Q_r = 90 \times 4 = 360 \text{ L/h}$$

6.2.12. Nombre de rampes :

$$N_{rampe} = L_r / E_r$$
$$N_{rampe} = 180.53 / 4 = 45 \text{ rampes}$$

6.2.13. Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{rampe} \times N_{rampe}$$
$$Q_{pr} = 360 \times 45 = 16200 \text{ L/h}$$

6.3. Calcul hydraulique :

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen : $Dq / q = 10\%$

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

6.3.1. Calcul des diamètres des portes rampes et rampes :

6.3.1.1. Diamètre de la rampe :

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

$$D_{rampe} = ((J_{th} \cdot 2.75) / (0.478 \cdot Q_{rmp}^{1.75} \cdot L_{rgp}))^{-1 / 4.75}$$

$$D_{rampe} = ((1.4 \times 2.75) / (0.478 \times 360^{1.75} \times 180.53))^{-1 / 4.75} = 15.83 \text{ mm}$$

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

- Calcule des pertes de charge de la rampe :

$$J_{cal} = 0.478 \cdot L_{rgp} \cdot D_{rampe}^{-4.75} \cdot Q_{rampe}^{1.75} / 2.75$$

$$J_{cal} = (0.478 \cdot 87 \cdot 16^{-4.75} \cdot 360^{1.75}) / 2.75 = 0.86 \text{ m.}$$

$P_{dc} = 0.86 \text{ m} < 1.4$ la condition est vérifiée.

Tableau 46:Caractéristiques des rampes

Cultures	L'olivier
Lrgp(m)	180.53
Ng	90
Qrmp(l/h)	360
J th (m)	1.4
Dcalcu (mm)	15.83
Dn (mm)	16
J calculé (m)	0.86

a) Diamètre de la porte rampes :

La formule pour calculer le diamètre de la porte rampe est exprimée de la manière suivante:

$$D_{prmp} = ((J_{th} * 2.75) / (0.478 * Q_{prampe}^{1.75} * L_{ngp}))^{(-1 / 4.75)}$$

$$D_{prmp} = ((0.8 * 2.75) / (0.478 * 16200^{1.75} * 87))^{(-1 / 4.75)}$$

$$D_{prmp} = 70.63 \text{ mm}$$

On prend DN = 75 mm.

Calcul des pertes de charge de la porte-rampe :

$$J_{cal} = 0.478 * L_{ngp} * D_{prmp}^{-4.75} * Q_{prmp}^{1.75} / 2.75$$

En utilisant nos données dans la formule, le résultat obtenu est le suivant :

$$J_{cal} = 0.478 * 87 * 75^{-4.75} * 16200^{1.75} / 2.75$$

$$J_{cal} = 0.44 \text{ m}$$

$J_{cal} = 0.44 \text{ m} < 0.8$ la condition est vérifiée.

Tableau 47:Caractéristiques des portes rampes.

Cultures	L'olivier
L _{ngp} (m)	87
Nr	45
Q _{prmp} (l/h)	16200
J th (m)	0.8
Dcalcu (mm)	70.63
Dn (mm)	75
Jcalculé (m)	0.44

6.4. Calcul de la pression en tête du réseau :

Pour calculer la pression totale requise pour le système d'irrigation goutte à goutte, on doit sommer les pertes de charge dans tout le réseau auxquelles on ajoute la pression nécessaire à chaque goutteur.

$$H = H1 + H2$$

Avec :

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

En tenant compte des valeurs fournies :

- (H1 = 1 bars, H2 = 0.44+0.86 m)

Nous parvenons à :

$$H = 10 + 1.3 = 11.3 \text{ m} = 1.1 \text{ bars}$$

Donc, une pression de 4 bars est amplement suffisante pour alimenter correctement les goutteurs et garantir leur fonctionnement optimal.

6.5. Dimensionnement d'un réseau par asperseur :

Le système d'irrigation par aspersion fonctionne en alimentant des rampes munies de dispositifs d'aspersion à travers un réseau de canalisations connecté à une source d'eau. Avant de mettre en place ce système, il est essentiel de prendre en compte plusieurs éléments tels que le type de culture à irriguer et les caractéristiques particulières du terrain. Ces détails déterminent la configuration des asperseurs pour assurer une distribution uniforme de l'eau sur la zone cultivée.

6.5.1. Données agronomiques :

Avant de procéder à la conception des installations mentionnées, il est utile de déterminer certains paramètres qui sont, le choix de la culture et de la parcelle, les besoins de pointe et le temps du travail. La parcelle choisie pour l'irrigation par aspersion a une superficie d'1 hectare, avec des dimensions de 176,74 mètres par 105,74 mètres. Elle est desservie par la borne numéro 01, qui fournit une pression de 4,383 bars. La culture sélectionnée est l'Orge en vert, les besoins de pointe sont de 271,34 mm. Le système fonctionnera 20 heures par jour et 26 jours par mois. La perméabilité du sol, qui est de 7 mm/h, est également prise en compte pour déterminer le diamètre approprié des tuyaux.

1.1. Calcul de la Dose pratique RFU :

$$RFU = Y * (Hcc - Hpf) * Da * Z$$

- Y: degré de tarissement : égal à 2/3
- Da: densité apparente : égale à 1.35
- Z: profondeur d'enracinement mm (60 cm)
- Hcc: humidité à la capacité au champ (27%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (16%).

$$RFU = 2/3(0.27 - 0.16) * 1.35 * 600 = 59.4 \text{ mm}$$

6.5.2. Dimensionnement de l'asperseur :

6.5.2.1. Diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol est de 7 mm/h, notée K. On définit p comme la pluviométrie de la buse, et on établit que p doit être inférieure ou égale à K.

$$P = (1,5 \times d / 1,04)$$

Avec :

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

$$d = 4.85 \text{ mm}$$

D'après les informations techniques fournies pour l'arroseur PERROT, il convient de noter que le diamètre de buse normalisé le plus approprié est de 4,8 mm.

6.5.3. Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet calculée en utilisant l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25}$$

Ou :

$$d : \text{diamètre de la buse (mm)}$$

$$h : \text{pression à la buse (m), dans notre cas } P = 4 \text{ bars, hauteur d'eau} = 40\text{m.}$$

$$L = 3 \times 4.85^{0.5} \times 40^{0.25}$$

$$L = 16.62 \text{ m}$$

6.5.4. Écartement entre les rampes et arroseurs :

Conformément aux normes américaines, l'écartement maximal recommandé entre les lignes d'arrosage, qui varie selon la vitesse du vent, est défini de la manière suivante :

$$El : \text{ de } 1 \text{ à } 1,3 \text{ fois la distance } L.$$

$$Ea : \text{ de } 0,6 \text{ à } 1,02 \text{ fois la distance } L.$$

Dans notre zone d'étude, compte tenu des conditions de vent, nous avons opté pour les écartements suivants :

- Entre les lignes d'arrosage (El) : $1.2 \times 16.62 = 19.94 \text{ m}$.
- Entre les arroseurs sur la rampe (Ea) : $0.8 \times 16.62 = 13.30 \text{ m}$.

Ainsi, les valeurs normalisées pour les écartements sont les suivantes : El = 19,94 m et

$$Ea = 13,30 \text{ m.}$$

6.6. Vérification de la pluviométrie (P<K) :

6.6.1. Débit de l'asperseur :

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

$$Q = 0.0004917 \text{ m}^3/\text{s} = 1.77 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

En partant du principe que l'écartement est proportionnel à L, il est possible d'estimer la pluviométrie horaire p, exprimée en mm/h, à l'aide de la relation suivante :

$$P = \frac{Q}{E_r \times E_r}$$

$$P = (1.770 \times 1000) / (19.94 \times 13.30) = 6.67 \text{ mm}$$

Donc le diamètre de la buse choisi va assurer une pluviométrie $P \leq K = 7 \text{ mm/h}$.

6.6.2. Paramètres d'arrosage :

-Calcul du tour d'eau :

$$T_{eau} = \frac{dose_p \times N_j}{B_{bp}}$$

- Dose nette pratique = 59.4 mm
- $N_j = 26$ jours
- Besoin de pointe = 271.34 mm

$$T_{eau} = (59.4 * 26) / (271.34) = 6 \text{ jours}$$

6.6.3. Calcul de la dose réelle :

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

$$Dose \text{ réelle} = 6 \times (271.34/30) = 54.27 \text{ mm}$$

6.6.4. Calcul de la dose brute :

$$dose_{brute} = \frac{D_r}{\mu}$$

$$Dose \text{ brute} = 54.27 / 0.75 = 72.36 \text{ mm}$$

6.6.5. Temps d'arrosage :

$$T = \frac{Dose \text{ brute}}{P}$$

$$T = 72.36 / 6.67 = 10.85 \text{ h}, \text{ on prend } 11 \text{ Heures}$$

6.6.6. Calcul du débit d'équipement :

$$Q = \frac{S \times B \times 10}{N_j \times T_a \times e_f}$$

$$Q = (1 \times 271.34 \times 10) / (26 \times 11 \times 0.75) = 12.64 \text{ m}^3/\text{h}$$

6.7. Calcul hydraulique :

6.7.1. Dimensionnement hydraulique des rampes :

Pour le calcul hydraulique, les dimensions du terrain sont les suivantes : une longueur de 176,74 mètres et une largeur de 105,74 mètres.

La longueur de la rampe est :

$$L_r = \frac{largeur_{terrain}}{2} - \frac{E_a}{2}$$

$$Lr = (105.74 / 2) - (13.30 / 2) = 46.22 \text{ m}$$

Le calcul du nombre d'asperseurs par rampe se fait à l'aide de la formule suivante :

$$Nasp/r = Lr / Ea = 3 \text{ asperseurs.}$$

6.7.2. Nombre de rampe :

Le nombre de configurations possibles des rampes :

$$Nr = Lr / El = 176.74 / 19.94 = 9 \text{ rampes.}$$

Alors, pour notre cas le nombre total des asperseurs c'est 27 asperseurs.

6.7.3. Débit de la rampe :

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times N_{asp}$$

$$Q_{rampe} = 1.77 \times 3 = 5.31 \text{ m}^3/h = 1.47 \times 10^{-3} \text{ m}^3/S$$

Calcul du Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times v}}$$

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe, $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.5 : 2.5] \text{ m/s}$

On suppose que $v = 1.5 \text{ m/s}$

On trouve $D_r = 35 \text{ mm}$,

Les tuyauteries en PEHD disponibles sur le marché présentent les diamètres suivants : 50 ;

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

On prend $D_r = 50 \text{ mm}$

$$V = (4Q_r) / (\pi \times D_r^2) = 0.75 \text{ m/s}$$

6.7.4. Dimensionnement de la porte rampe :

6.7.4.1. Longueur de la porte Rampe :

$$L_{pr} = L - Er/2 = 176.74 - 19.94/2 = 166.77 \text{ m}$$

6.7.4.2. Débit de porte rampe :

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

$$Q_{pr} = (1.47 \times 10^{-3}) \times 9 = 0.0132 \text{ m}^3/S$$

6.7.5. Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{(4 \times Q_{pr}) / (\pi \times V)}$$

Q_{pr} : le débit exprimé m^3 / s ,

D_{pr} : le diamètre exprimé en mm,

V : la vitesse économique de 2 m/s.

$$D_{pr} = 91.67 \text{ mm}$$

On prend le diamètre normalisé 110.

6.8. Calcul des pertes de charge :

L'expression générale pour calculer les pertes de charge linéaires dans les conduites utilise habituellement le modèle de Hazen-Williams, comme le montre la formule suivante :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852}$$

Avec :

- J = Perte de charges linéaire en m ;
- CH : Coefficient de Hazen – Williams (130 – 140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

$$J = (3.592 / 140)^{1.852} * (166.77 / 0.11^{4.87}) * 0.0132^{1.852}$$

$$J = 2.91 \text{ m}$$

Tableau 48: Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	166.77	46.22
Diamètre (mm)	110	50
Débit (m ³ /s)	0.0132	0.00147
Vitesse (m/s)	0.75	0.74
Perte de charge totale (m)	2.91	0.64

$\Delta Ht = 2.91 + 0.64 = 3.55 \text{ m}$ de perte charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

1.1.1. Calcul de la pression en tête du réseau :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H1 + H2 + H3$$

- H : pression à la tête de la parcelle.
- $H1$: pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5bar).
- $H2$: perte de charge totale.
- $H3$: la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H = 25 + 3.55 + 0 = 28.55 \text{ m}$$

$P = 2.8 \text{ bars}$, Cela est parfaitement adéquat compte tenu de la pression disponible à la borne, qui est de 4,383 bars.

6.9. Conclusion :

Ce chapitre détaille la conception de deux systèmes d'irrigation spécifiques : le système goutte-à-goutte pour les oliviers et le système par aspersion pour l'orge. L'introduction de ces systèmes poursuit un objectif doublement important : conserver l'eau d'irrigation et augmenter les rendements des cultures. Les méthodes d'irrigation décrites sont adaptées aux besoins particuliers de chaque type de culture et jouent un rôle essentiel dans la gestion durable de l'eau, contribuant ainsi à une productivité améliorée dans l'agriculture.

Chapitre 07 : Analyse technico économique.

7.1. Introduction :

L'analyse économique d'un projet est étroitement liée à son étude technique, puisqu'elle fournit les données clés nécessaires pour évaluer si le projet est réalisable. Cette analyse implique la détermination du budget requis pour la mise en œuvre du projet, la disponibilité de ce budget, ainsi que l'appréciation des bénéfices économiques et sociaux par rapport aux investissements effectués. Dans notre étude, nous visons à présenter un aperçu général des coûts potentiels liés à un tel projet. Il est crucial d'estimer avec précision les coûts liés à l'extension d'un réseau d'irrigation pour juger de sa viabilité à court et long terme.

- Pour notre projet on a les travaux suivants :
- Réseau de distribution.
- Conduites d'adduction.
- Réseaux d'irrigation goutte à goutte, aspersion et travaux divers.

7.2. Différents types de travaux à entreprendre :

7.2.1. Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution :

Les activités liées à la mise en place de l'adduction et du réseau de distribution incluent :

7.2.1.1. Exécution des tranchées :

Ceci est un processus de terrassement qui implique l'utilisation d'une pelle hydraulique pour créer des excavations. Les matériaux excavés seront déposés le long de la tranchée, tandis que l'espace de l'autre côté sera utilisé pour l'installation des conduites.

7.2.1.2. Pose des conduites :

Avant de placer les conduites dans la tranchée, il est crucial de les inspecter et de retirer celles endommagées lors de chocs. Ensuite, on les abaisse lentement au fond de la tranchée à l'aide d'un dispositif de levage. Durant l'installation, il est essentiel de contrôler régulièrement l'alignement des tuyaux pour prévenir tout souci lors de la connexion des conduites.

7.2.1.3. Jointage et soudure de la canalisation :

Pour renforcer la sécurité, il est essentiel de réaliser un test de pression sur les conduites et les raccords avant de commencer le remblaiement. Ce test se fait avec une pompe d'essai, en remplissant la conduite d'eau à une pression de 1,8 fois la pression de service prévue lors de son fonctionnement normal. Cette pression doit être maintenue pendant environ 30 minutes, et la variation de pression ne doit pas dépasser 0,2 bar.

7.2.1.4. Remblayage des tranchées :

Cette opération de terrassement consiste à enterrer la conduite en utilisant le matériau de remblai issu de l'excavation.

7.2.1.5. Nivellement et compactage :

Une fois le remblai effectué, l'étape suivante consiste à niveler le terrain en répartissant les monticules de terre. Puis, le compactage est réalisé pour augmenter la densité du sol et prévenir tout tassement ultérieur.

7.3. Calcul du volume du terrassement :

- **Largeur du fond de la tranchée :**

La largeur de l'ouverture de la tranchée est calculée en utilisant la formule suivante :

$$B = d + 2a$$

Avec :

B: largeur de la tranchée(m).

d : diamètre de la conduite(m).

a : distance entre la conduite et le fruit de talus.

$DN \leq 200 \gg$ largeur de la tranchée $DN + 2x20cm$

$DN > 200 \gg$ largeur de la tranchée $DN + 2x30cm$

- **Profondeur de la tranchée :**

Il est nécessaire d'ajuster la profondeur de la conduite pour permettre une installation appropriée des branchements spécifiques, tout en évitant les connexions accidentelles avec d'autres conduites.

$$H = e + d + h$$

Avec :

- H : profondeur de la tranchée(m).
- e : hauteur du lit déposé (m) = 0,1m.
- d : diamètre de la conduite(m).
- h : la hauteur du remblai au – dessus de la conduite = 0,8m.

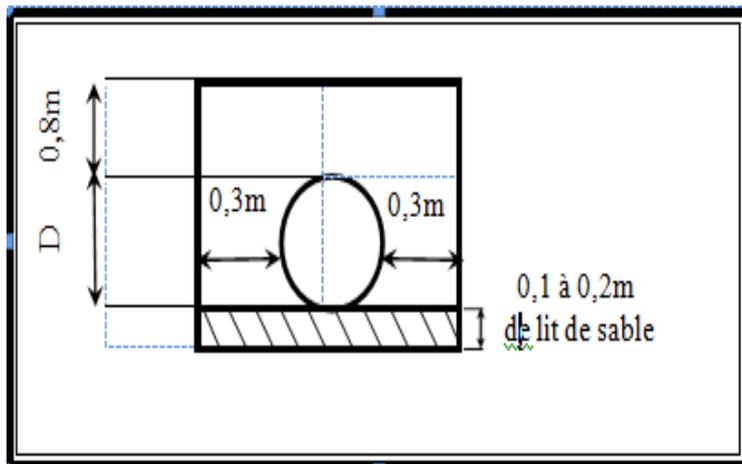


Figure 15: Schéma d'un tranché.

7.4. Calcul du volume du déblai :

$$Vd = L . B . H$$

Avec :

- Vd : volume des déblais des tranchés en (m³).
- L : longueur du tranché en (m).
- H : profondeur du tranché en (m).

Tableau 49: Calcul du volume de déblai pour les canalisations du réseau

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Hauteur (m)	Largeur (m)	V déblais (m ³)
600	7000	1.5	1.200	12600
160	2435	1.06	0.760	1961.636
125	1420	1.025	0.725	1055.237

- Le volume total du déblai est $Vd = 15616.873 \text{ m}^3$

7.5. Calcul du volume de lit de sable :

Ce lit est constitué d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur, disposée au fond de la tranchée. Il forme une surface uniforme qui couvre toute la longueur de la tranchée, et nous déterminons cette surface en utilisant la formule suivante :

$$Vsable = Hsable \times B \times L$$

Vs : Volume du sable (m³).

Hsable : la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres.

Tableau 50: Tableau de calcul de volume de sable pour les canalisations du réseau.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Hsable(m)	Largeur (m)	V sables(m3)
600	7000	0.1	1.200	840
160	2435	0.1	0.760	185.06
125	1420	0.1	0.725	102.95

- Le volume total du sable est $Vs = 1128.01 m^3$.

7.6. Calcul du volume de remblai :

Cette estimation du volume prend en compte la quantité de matériau extrait et inclut à la fois l'espace occupé par la conduite ainsi que celui comblé par le lit de sable.

$$Vr = Vd - (V + Vs)$$

Avec :

- Vr : Volume du remblai compacté (m3)
- Vd : Volume du déblai (m3)
- Vs : Volume du sable (m3)
- V : Volume occupé par la conduite (m3)

$$V = \left(\pi \frac{D^2}{4} \right) \times L$$

Tableau 51: Calcul du volume de remblai pour les canalisations de distribution

Diamètre (mm)	V conduites (m³)	V déblais (m3)	V sables (m3)	V remblais (m³)
600	1979.20	12600	840	9780.8
160	48.96	1961.636	185.06	1727.616
125	17.43	1055.237	102.95	934.857

- **Analyse du tableau :**

Le volume total du remblai est : $Vr = 12443.273 m^3$

7.7. Estimation de cout total du projet :

7.7.1. Devis des travaux :

Tableau 52: Devis estimatif des travaux.

Désignation	Unité	Prix unitaire(DA)	Quantité	Montant (DA)
Série 01 : TRAVAUX DE TERRASSEMENTS				
Déblais et préparation de fouille	M3	250	15616.873	3904218.25
Lit de pose	M3	2500	1128.01	2820025
Remblais en terres de récupération	M3	310	12443.273	3857414.63
Série 02 : CANALISATIONS				
FONTE DN600	ML	9000	10200	91800000
PEHD DN160	ML	1800	1780	3204000
PEHD DN125	ML	1300	1092	1419600
Série 03 : EQUIPEMENTS DE PROTECTION				
Bornes d'irrigation type A2	U	11	50000	550000
Vannes	U	6	11000	66000
Série 04 : RESEAU D'IRRIGATION LOCALISÉE				
Porte rampe DN75, Longueur 87m	Ml	1	600	52200
Ecartement 1m avec goutteur, Longueur des rampes : 46.22m	ML	90	10	41598
Série 05 : RESEAU D'IRRIGATION D'ASPERSION				
Asperseurs	U	27	650	17550
MONTANT TOTAL EN HORS TAXES			10 773 261 Dinars	
MONTANT TOTAL EN T.T.C			12 820 1801 Dinars	

7.8. Conclusion :

L'analyse économique joue un rôle essentiel dans la détermination de la faisabilité des extensions des périmètres d'irrigation. Elle met en avant l'importance d'une estimation précise des coûts pour une planification efficace des ressources nécessaires. Une gestion correcte de ces coûts est cruciale pour assurer le succès du projet, favoriser un développement agricole durable et améliorer le quotidien des agriculteurs.

Le coût total du projet d'extension du périmètre d'Ain Zaouïa est arrêté à la somme de douze milliards huit cent vingt millions mille huit cent un dinars algériens.

Conclusion Générale

Pour améliorer l'efficacité de l'irrigation dans la région de Ain Zaouia, une approche globale est adoptée, intégrant divers indicateurs de performance. Cette démarche nécessite une compréhension approfondie des données, y compris les caractéristiques agro-pédologiques et climatiques, ainsi que les besoins en eau.

L'analyse climatique révèle que la région de Ain Zaouia est sous un climat sub humide avec une insuffisance de précipitations, ce qui rend l'irrigation indispensable pour maintenir des rendements agricoles stables.

L'aménagement hydro-agricole de l'extension du périmètre de Ain Zaouia repose sur un calcul précis des besoins en eau des différentes cultures adaptées à la région. Après avoir déterminé les volumes d'eau nécessaires, assurés par le barrage de Ain Zaouia, nous avons opté pour un système d'irrigation utilisant des canalisations souterraines en fonte et en PEHD, équipées de bornes d'irrigation. Nous avons souligné l'importance d'incorporer des techniques modernes, telles que l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et le goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage. Cette démarche est cruciale pour notre objectif global d'augmenter les rendements agricoles.

Pour répondre aux exigences techniques et économiques de notre projet, nous avons mené une étude technico-économique approfondie. Cette étude a révélé que la réalisation de notre projet engendrera un coût estimé à 12 820 1801 DA (Dinars Algériens).

Bibliographie

SAHEL KHELIFA : Irrigation du périmètre d'Ain zaouia (Draa el mizan).

BENZITA OUSSAMA : Etude d'aménagement hydro agricole du périmètre de fenoughil (section a de 400 ha) w. Adrar à partir de forage.

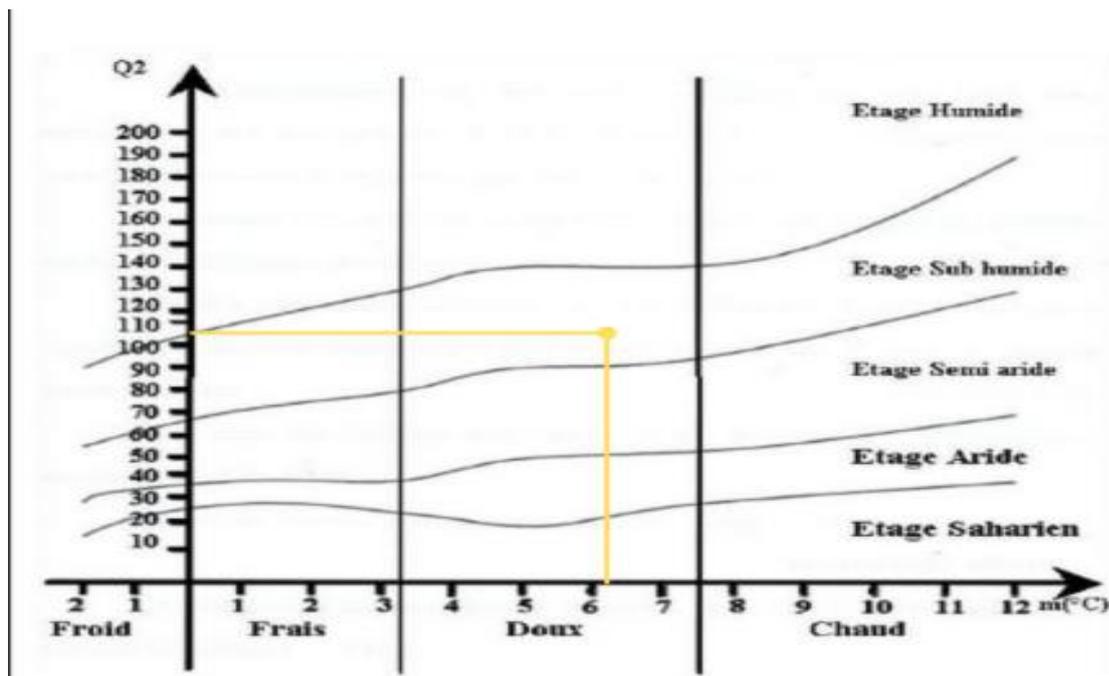
KHEDACHE CELIA : Diagnostic et réhabilitation du réseau d'assainissement de la zone sud-est de la commune de Tizi Ouzou (w. Tizi Ouzou).

KAHLERRAS.D : Cours organisation de chantier 4^{ème} année ENSH 2023.

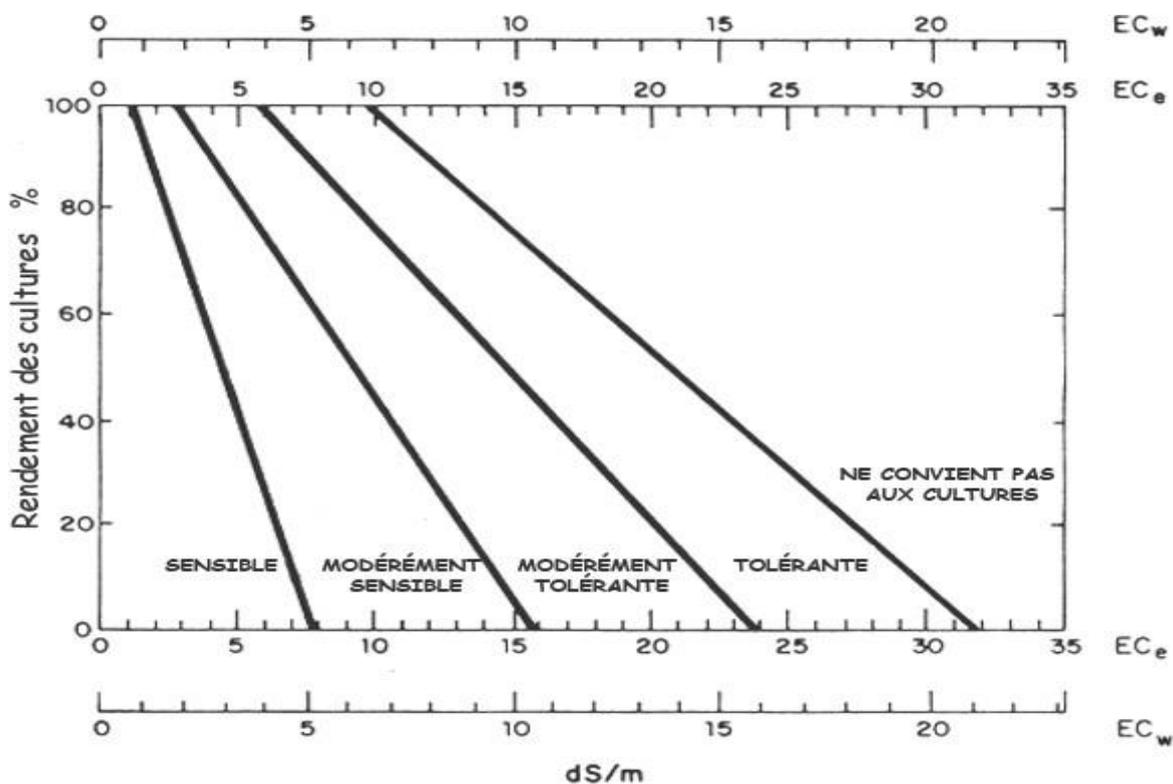
HATTAK Nesrine : Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Achaacha à partir du barrage Kramis(W.Mostagenem).

Annexe

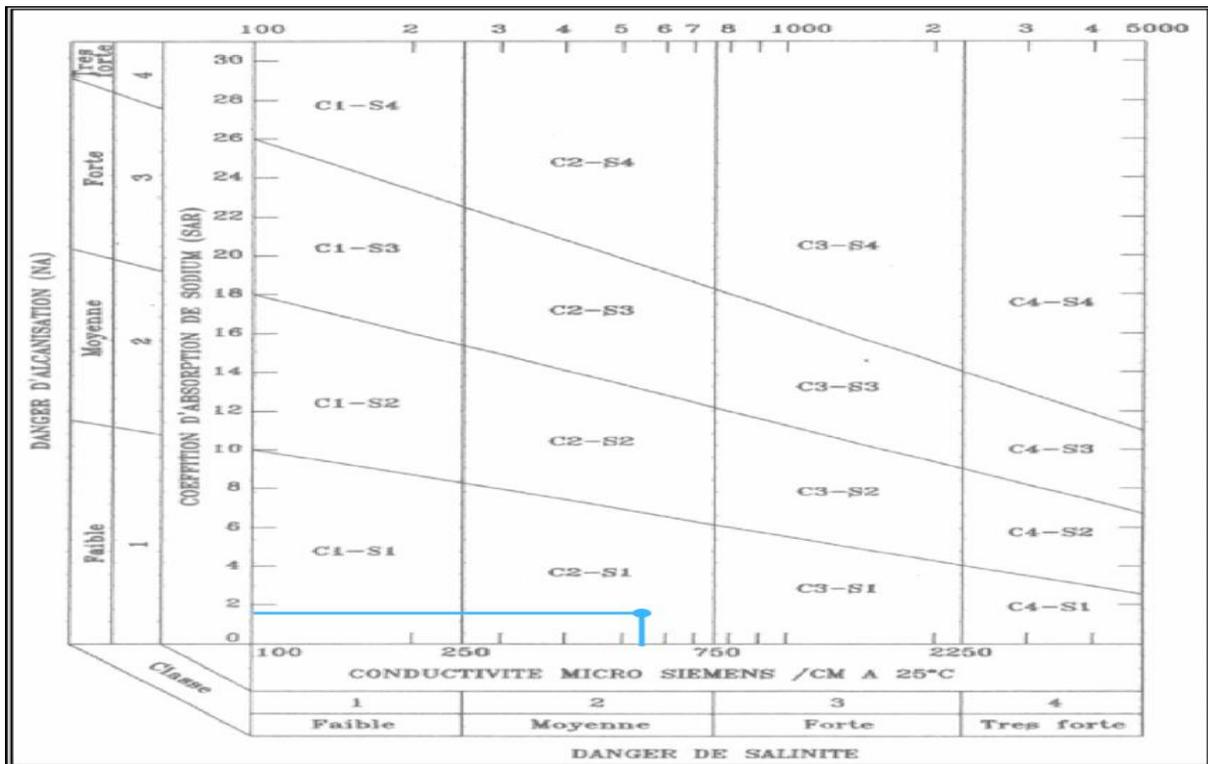
Annexe 1 : Le diagramme bioclimatique d'Emberger est illustré dans la figure ci-dessous :



Annexe 2 : Variation du rendement en fonction de la salinité pour différentes classes de cultures.



Annexe 3: diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon USSL).



Bibliographie