

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

A ALLAH

Tout d'abord, nous tenons à remercier « Allah », le tout puissant de nous avoir données la force.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à notre parcours académique et à la réalisation de ce mémoire.

À notre présidente de jury, Monsieur le Professeur

Nous vous remercions sincèrement pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury. Votre bienveillance, votre disponibilité, et votre soutien sont pour nous des sources de profonde reconnaissance et d'admiration.

À notre encadrant, Monsieur Bouziane Omar,

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude pour votre précieux accompagnement, votre disponibilité, et votre soutien moral tout au long de notre parcours. Votre savoir, vos valeurs humaines exemplaires, et votre remarquable sens de l'enseignement ont été pour nous d'une aide inestimable. Nous vous témoignons notre plus profonde admiration et nous vous remercions d'avoir accepté de faire partie du jury de notre mémoire. Votre enseignement a enrichi notre parcours académique de manière exceptionnelle. Veuillez accepter nos remerciements les plus sincères et nos respectueuses reconnaissances

À notre chef de département

Nous profitons de cette occasion pour vous exprimer notre profonde gratitude et notre respect. Que ce travail soit le reflet de notre reconnaissance et de notre admiration sincère.

À notre membres de jury

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour votre précieuse assistance, vos nombreuses consultations, vos conseils avisés, et votre soutien inestimable. Merci également pour avoir mis à ma disposition une documentation importante, souvent inédite. Votre aide a été essentielle à la réalisation de ce mémoire.

Nous sommes profondément reconnaissants envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ce projet. Ce mémoire est le fruit de leurs encouragements et de leur soutien.

Dédicace

Je tiens à dédier ce mémoire à ma famille et à mes amis, dont le soutien indéfectible a été une source constante de motivation et d'inspiration.

À mes chers parents, Madjid et Lila qui m'ont inculqué la valeur du travail acharné et de la persévérance, et qui ont toujours cru en moi, même dans les moments les plus difficiles. Leur amour, leurs encouragements et leur soutien m'ont permis d'aller de l'avant et de surmonter les défis rencontrés tout au long de mon parcours académique.

À mes frères Sofiane et Yakoub et ma sœurs Lydia et son epoux Amine et ma petite nièce Ayla , pour leur compréhension et leur patience. Merci d'avoir toujours été là pour moi, d'avoir partagé mes joies et mes peines, et de m'avoir soutenu avec tant de générosité et de bienveillance.

À mes amis Sami, Yacine, Hlima, Loula, Jija, pour leur amitié inébranlable, leur soutien moral et leurs encouragements constants. Votre présence à mes côtés, vos conseils précieux et vos moments de partage ont été essentiels pour moi.

À mes grand-mères Zohra, Fazia, mes tantes Nassira, Khadidja, Meriem, ma tante Yasmina, mon oncle Mourad, mes deuxièmes parents, mon oncle Louanas , ainsi qu'à mes cousins Walid, Nounou, Mustapha, et a toute ma famille, merci pour votre soutien, vos encouragements, et d'avoir toujours été là pour moi .

Ce mémoire est le fruit de vos sacrifices, de vos encouragements et de votre amour. Je vous en suis infiniment reconnaissant et je vous dédie ce travail avec toute ma gratitude et mon affection.

ATTOUCHE NOUR EL HOUDA

ملخص

يهدف هذه المذكرة إلى تصميم محيط ري في بلدية الرغاية، تغطي مساحة قدرها 250 هكتارًا ومغذاة بواسطة 4 آبار، وتقع في ولاية الجزائر. الهدف الرئيسي هو ضمان توفير مياه الري بشكل مناسب لتحسين العوائد الزراعية. سيتم تحقيق ذلك من خلال إدارة أكثر كفاءة واستخدام أمثل لموارد المياه، عن طريق تبني نظام ري حديث وموثوق: الري بالتنقيط. تقدم هذه التقنية العديد من المزايا، بما في ذلك الاستخدام الفعال للمياه وزيادة العوائد الزراعية.

Résumé :

Le présent mémoire vise à dimensionner un périmètre d'irrigation dans la commune de Reghaia, couvrant une superficie de 250 hectares et alimenté par 4 forages, situé dans la Wilaya d'Alger. L'objectif principal est de garantir un approvisionnement en eau d'irrigation adéquat pour optimiser les rendements agricoles. Cela sera atteint par une gestion plus efficace et une utilisation optimale des ressources en eau, en adoptant un système d'irrigation moderne et fiable : l'irrigation goutte-à-goutte. Cette technique offre de nombreux avantages, notamment une utilisation efficiente de l'eau et des rendements agricoles accrus.

Abstract :

This thesis aims to design an irrigation perimeter in the commune of Reghaia, covering an area of 250 hectares and supplied by 4 boreholes, located in the Wilaya of Algiers. The main objective is to ensure an adequate water supply for irrigation to optimize agricultural yields. This will be achieved through more efficient management and optimal use of water resources by adopting a modern and reliable irrigation system: drip irrigation. This technique offers numerous advantages, including efficient water use and increased agricultural yields.

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction.....	2
I.2 Présentation générale de la commune de Réghaia.....	2
I.2.1 Position géographique.....	2
I.2.2 Localisation du périmètre ELHAMIZ	4
I.2.3 Présentation de la zone N°7.....	5
I.3.caractéristique de la région	5
I.3.1 Topographie	5
I.3.2 Aperçu géologique	6
I.3.2 Le terciere	6
I.3.2 Le quaternaire	6
I.3.2 Séismicité	8
I.4.Agriculture	9
I.5 Conclusion	9

Chapitre II : Bilan hydrique

II Introduction	11
II.1 Caractéristique climatique.....	11
II.1.1 Température	11

II.1.2. Humidité	13
II.1.3 Insolation... ..	14
II.1.4 Précipitation	16
II.1.5 Régime des vents	17
II.1.6 Synthèse climatique	18
II.1.7 Indice de Martonne	19
II.1.8 Coefficient d'Emberger.....	20
II.1.9 Diagramme de Gaussen	22
II.2 Hydrologie	23
II.2.1 Répartition de la pluie moyenne annuelle.....	24
II.2.2 Paramétré statique de la série	26
II.2.3 Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique	26
II.2.4 Test de Mood	27
II.2.5 Ajustement de la série pluviométrique	28
II.2.5 Ajustement de la loi de Gauss.....	28
II.2.6 Détermination de l'année de calcul	30
II . Conclusion	31

Chapitre III : Ressource en sol et en eau

III . Introduction.....	33
III.1 Ressource en eau	33
III .1.1 Classification des sols de périmètre Mitidja EST.....	34

III 1.2 Caractéristique physique du sol	35
III .1.2.1 Analyse du profil pédologique	35
III 1.2.2 Étude granulométrique	35
III .1.2.3 Propriétés physique de notre sol	36
III .1.3 Les caractéristique chimique du sol	36
III .1.3.1 PH d'eau.....	36
III 1.3.2 L'ESP.....	37
III .2.1 Ressource en eau.....	37
III .2. Étude de la qualité des eau d'irrigation	38
III .2.1Analyse de l'eau d'irrigation.....	38
III.2.1.1. Caractéristique physico-chimique de l'eau	38
III .2.1.2 La salinité	38
III 2.1.3 La conductivité électrique	39
III Conclusion	41

Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

IV Introduction	43
IV.1 Besoin en eau des cultures	43
IV.1.1 Calcul de l'évapotranspiration (ET ₀).....	43

IV.1.1.1 Formule modifiée de Penman Monteith	43
IV.1.2 Calcul de la pluie efficace	45
IV.1.3 Réserve facilement utilisable	46
IV 1.4 Évaporation maximale de la culture ETM.....	47
IV 1.5 Occupation de sol	47
IV 1.6 Assolement des cultures	48
IV.1.7 Estimation des coefficients culturaux (kc).....	49
IV.1.8 Calcul du débit spécifique	56
IV 1.9 Estimation des volumes d'eau d'irrigation	57
IV Conclusion	58

Chapitre V : Technique d'irrigation

V. Introduction	59
V.1 Choix de la technique d'irrigation	59
V.1.1 Irrigation par aspersion	59
V.1.1.1 Les avantages de l'irrigation par aspersion	61
V. 1.1.2 Les inconvénients de l'irrigation par aspersion	61
V.1.1.3 Fonctionnement de l'asperseur	62
V.1.2 Irrigation par goutte à goutte (localisé).....	62
V. 1.2.1 Les avantages de l'irrigation localisé	63
V.1.2.2 Les inconvénients de l'irrigation localisé	64
V.1.2.3 Fonctionnement de l'irrigation par goutte à goutte	64

V.1.2.4 Composant du réseau	66
V.1.3 Irrigation par pivot	67
V.1.3.1 Les élément principaux d'un pivot.....	68
V. 1.3.2 Les avantages de l'irrigation par pivot	68
V.1.3.3 Les inconvénient de l'irrigation par pivot.....	69
V.1.4 L'irrigation gravitaire.....	69
V. 1.4.1 L'irrigation par submersion	69
V. 1.4.2 L'irrigation par infiltration	69
V.1.4.3 L'irrigation par ruissellement	70
V. Conclusion	70

Chapitre VI : Dimensionnement du réseau d'irrigation a la parcelle

VI. Introduction	71
VI.1 Découpage des ilots	71
VI.1.1 Tailles des ilots d'irrigation	71
VI. 2 Dimensionnement a la parcelle	72
VI.2.1 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	73
VI.2.2 Influence du taux de couverture du sol	73
VI.2.3 La dose d'irrigation nette pratique.....	73

VI.2.4 Calcul des besoins journalier corrigés ETM.....	74
VI.2.5 Fréquence d'arrosage.....	74
VI. 2.6 Calcul de la dose brute	75
VI. 2.7. Duré d'arrosage	75
VI.2.8 Durée d'arrosage journalier	75
VI.2.9 Nombre d'arbre par hectare	76
VI.2.10 Nombre d'arbre par rampe	76
VI. 2.11 Nombre de goutteurs par rampe	76
VI.2.12 Débit d'une rampe.....	77
VI.2.13 Nombre de rampe.....	77
VI.2.14 Débit de la porte rampe.....	77
VI.3 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation.....	77
VI.3.1 Débit de la conduite secondaire	79
VI. 3.2 Débit de la conduite principale	80
VI.3.3 Calcul du diamètre de la conduite terciere	80
VI.3.4 Évaluation des spécifications des conduites secondaire.....	80
VI.3.5 Calcul des spécifications de la conduite principales.....	80
VI.3.6 Calcul de la pression en amont du réseau	80
VI.3.7 La vitesse admissible	81

VI.3.8 Choix du matériau des conduites	81
VI.3.9 Calcul des débits aux bornes.....	82
VI.3.10 Choix de diamètre de la borne	82
VI.3.11 Choix de type de borne	82
VI.3.12 calcul de diamètre	83
VI.3.13 Estimation des pertes de charge.....	84
VI.3.13 Fonctionnalités de la borne d'irrigation	85
VI.4 Les équipement du réseau de distribution	85
VI.4.1 Les équipement de contrôle de conduites	85
VI.4.1.1 Les vannes.....	85
VI.4.1.2 Les ventouse	86
VI. 4.1.3 Les bornes d'irrigation	87
VI.4.1.4 Choix de la pompe	87
VI. Conclusion	88

Chapitre VII : Étude technico-économique

VII . Introduction	90
VII .1. Travaux à entreprendre	90
VII .1.1 Excavation des tranchées	90

VII 1.2 Préparation du lit de pose	91
VII 1.3 Installation des conduites	91
VII 1.4 Assemblage des conduites en PEHD	91
VII.1.5 Test de pression des conduites et des joints	93
VII 1.6 Nivellement et compactage	93
VII 1.8 Pose de canalisation	94
VII 1.9 Calcul du volume de terrassement	95
VII 1.10 Profondeur de la tranchée.....	96
VII .1.11 Calcul des différents volumes	97
VII Conclusion	99

ANNEXE

Liste Des Figures

Chapitre I :

Figure I.1 : localisation de la commune de Réghaia

Figure I.2 : localisation du périmètre ELHAMIZ

Figure I.3 : localisation du périmètre de réghaia zone 07

Figure I.4 : géologie de la commune de Réghaia (carte géologique d'Alger 1964)

Figure I.5 : légende de la carte géologique d'Alger

Chapitre II :

Figure II.1 : Courbe de la variation mensuelle de la température dans la région de réghaia

Figure II.2 : Histogramme de l'humidité relative (%) de Réghaia

Figure II.3 : histogramme de l'insolation (h) de Réghaia

Figure II.4 : histogramme de la précipitation de la zone de Réghaia en (mm)

Figure II.5 : histogramme du vent de la région de Réghaia (km/h)à

Figure II.6 : histogramme bioclimatique d'Emberge

Figure II.7 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Figure II.6 : graphique de l'ajustement de la loi de gauss

Chapitre III :

Figure III: diagramme de la classification de la qualité des eaux Richards 1958

Chapitre V :

Figure V.1 : L'irrigation par aspersion.

Figure V.2 : Asperseur d'arrosage

Figure V.3 : L'irrigation localisé

Figure V.4 : Réseau d'irrigation localisé

Figure V.5 : Borne d'irrigation

Figure V.6 : irrigation localisé par goutteur

Figure V.7 : Arrosage par pivot

Chapitre VI :

Figure VI .1 : Vanne opercule a cage ronde

Chapitre VII :

Figure VII .1 : Poste de canalisation

Figure VII .2 : Schéma d'un tranché

Liste Des Tableaux

Chapitre II :

Tableau II.1 : Valeur des températures mensuelles dans la région de Réghaia

Tableau II.2 : Humidités moyenne mensuelle (2000-2020)

Tableau II.3 : Insolation moyenne mensuelle (2000-2020)

Tableau II.4 : Précipitation mensuelle (2000-2020)

Tableau II.5 : Vitesse moyenne du vent (2000-2020)

Tableau II.6 : Les valeurs moyenne mensuelles des températures et des précipitations durant la période (2000-2020)

Tableau II.7 : Classification de climats selon l'indice de Matronne

Tableau II.8: L'étage bioclimatique de la région

Tableau II.9 : Caractéristique du poste pluviométrique de Réghaia

Tableau II.10 : Précipitation mensuelle de la station de Réghaia

Tableau II.11 : Paramétré statique de la série

Tableau II.12 : Résultats du test de Mood

Tableau II.13 : Résultat de l'ajustement

Tableau II.14 : Calcul de Pmoy 80%

Chapitre III :

Tableau III 1 : Analyse granulométrique du profil pédologique (ANRH Alger)

Tableau III 2 : propriétés physique du sol (ANRH Alger)

Tableau 3 : caractéristique chimique du sol (ANRH Alger)

Tableau III 4 : Variation des types de sols en fonction de la conductivité et de L'ESP

Tableau III 5 : Coordonnées des forages

Tableau III 6 : Caractéristique physico-chimique des eaux

Tableau 7 : Analyse des données

Tableau III 8 : classification des eaux en fonction de CE

Chapitre IV :

Tableau IV.1 : résultat de calcul d'ET₀ par logiciel CROPWAT

Tableau IV.2 : Calcul de la pluie efficace .

Tableau IV.3 : la densité apparente selon le type du sol

Tableau IV.5 : occupation de périmètre

Tableau IV.6 : la surface occupée par chaque culture

Tableau IV.7 : l'assolement des cultures

Tableau IV.8 : période de végétation des cultures

Tableau IV.9 : le Kc des cultures choisies

Tableau IV.10: Calcul des besoins en eau pour la tomate

Tableau IV.11 : calcul des besoins en eau pour la pomme de terre

Tableau IV.12 : calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (saison)

Tableau IV.13: calcul des besoins en eau pour les haricots

Tableau IV.14 : Calcul des besoins en eau pour l'agrumes

Tableau IV.15 : Calcul des besoins en eau pour les raisins

Tableau IV.16 : les besoins nets de l'assolement 1.

Tableau IV.17 : les besoins nets de l'assolement 2.

Tableau IV.18 : volume d'eau d'irrigation

Chapitre VI :

Tableau VI 1 : Caractéristiques des conduites secondaires

Tableau VI .2 : Caractéristiques de la conduite principale

Tableau VI 4 : type de borne

Tableau VI 5 : Calcul des débits des îlots et sélection du diamètre et type de borne.

Tableau VI 6 : Paramètres des pertes de charge selon la loi de Lechapt-Calmon

Tableau VI 7: calcul de diamètre des conduites principale :

Tableau VI 8 : Caractéristiques des îlots incluant les débits de chaque borne.

Tableau VI 9 : Diamètres appropriés des ventouses pour les canalisations

Chapitre VII :

Tableau VII 1 : Calcul des volumes.

Tableau VII 2 : calcul des prix

Tableau VII 3 : prix des travaux de terrassement

Liste des ANNEXE

ANNEXE 1 : Caractéristique de quelques sols

ANNEXE 2 : Coefficients culturaux (k_c)

ANNEXE 4 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD

Liste des planches :

1/Plan occupation de sol

2/Profile en long du périmètre

3/Plan du réseau goutte à goutte

4/Plan projection de la conduite principale

Introduction générale

L'irrigation joue un rôle crucial dans l'optimisation de la production agricole, particulièrement dans les régions arides où l'accès à l'eau est limité. Notre périmètre, située dans la commune de Reghaia, qui est partie de la plaine de la Mitidja EST est un exemple pertinent de cette nécessité d'optimisation des ressources hydriques pour soutenir une agriculture durable et productive. Avec une superficie de 250 hectares, cette zone agricole est essentielle pour l'économie locale, fournissant une gamme variée de produits agricoles, dont notamment les agrumes.

Le présent mémoire se concentre sur l'aménagement hydro-agricole d'un périmètre d'irrigation alimenté par des ressources en eau souterraine obtenues à travers des forages. L'objectif principal est d'étudier et de concevoir un réseau d'irrigation goutte à goutte spécifiquement adapté pour améliorer les rendements des cultures dans la plaine de la Mitidja. Cette approche permet non seulement de maximiser l'utilisation efficace de l'eau disponible mais aussi d'optimiser les pratiques agricoles pour atteindre des performances agronomiques et économiques optimales.

Dans ce contexte, cette étude inclura une analyse technico-économique détaillée, évaluant les coûts initiaux et les bénéfices potentiels associés à l'implémentation du système d'irrigation goutte à goutte. Cette analyse prendra en compte non seulement les aspects techniques du dimensionnement du réseau d'irrigation, mais aussi les impacts économiques attendus, y compris les économies d'eau réalisées et les gains de productivité escomptés pour les agriculteurs de la région.

En conclusion, cette recherche vise à fournir des recommandations concrètes pour l'amélioration durable de l'agriculture dans la plaine de la Mitidja à travers une gestion efficace des ressources hydriques et une adoption stratégique des technologies d'irrigation modernes.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I. Introduction :

Dans cette section, nous allons présenter en détail notre zone d'étude. Tout d'abord, nous allons définir sa localisation géographique, puis nous examinerons ses caractéristiques morphologiques, géologiques et hydrogéologiques. L'objectif est de fournir une caractérisation complète de la zone afin de mettre en évidence ses potentialités.

II. Présentation générale de la commune de Réghaia :

1. Position géographique :

La commune de Réghaia est située à environ 30 km à l'est du centre d'Alger et à 16 km de Boumerdes, elle appartient à la circonscription administrative de Rouïba ($36^{\circ} 44' 35.332''$ N $3^{\circ} 20' 19.452''$ E) . Elle est limitée :

Du point de vue administratif la commune de Réghaia est limitée par (Figure I.1) :

- Au nord par : la mer méditerranée.
- Au sud par : Ouled Moussa (wilaya de Boumerdès) .
- A l'est par : Boudouaou EL-Bahri et Boudouaou dans la wilaya de Boumerdès .
- A l'ouest par : H'raoua, Rouïba et Khmis EL Khechna.

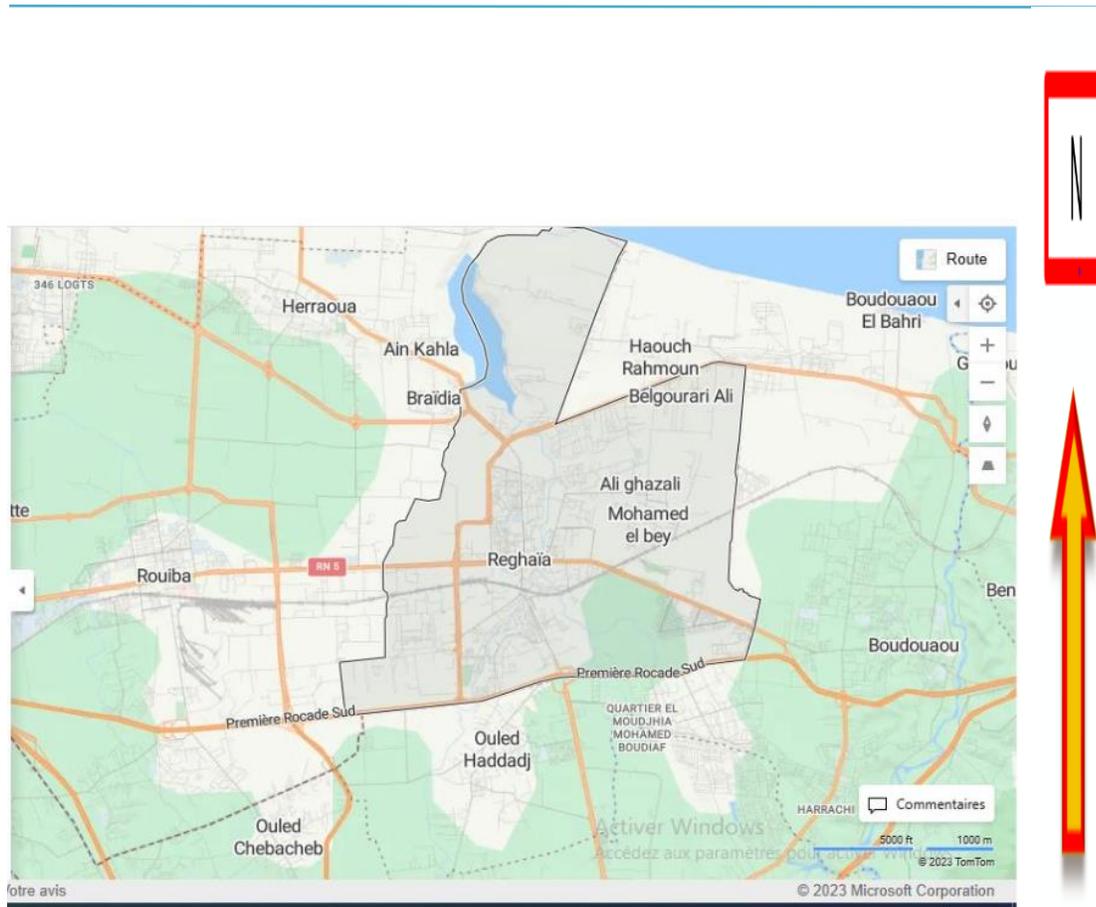


Figure I.1 : localisation de la region de Réghaia (<https://urlz.fr/n8gs>) [1]

2 Localisation du périmètre ELHAMIZ :

Fait partie des grand périmètre public d'irrigation aménagé au début du vingtième siècle se situé à l'extrême Est de la plaine de Mitidja, il s'étend principalement sur les wilayas de boumerdes Alger et Blida il couvre une superficie cartographique totale 18000 ha alors que la superficie irrigable ne dépasse pas les 11000 ha .

3. Présentation de la zone N°07 :

Elle est situé dans un endroit stratégique administrativement affiliée de la commune de Réghaia wilaya d'Alger elle est bordée au nord par CW 122 et le marais de Réghaia, au sud par CW 122 , à l'Est par la cité militaire de Réghaia et l'ouest par le champ de captage de bouréah, au niveau du périmètre d'irrigation Mitidja Est nous considérons que la zone N°07 c'est la porte d'accès au bande côtier



Figure I.3 : Localisation du périmètre de reghaia zone 07 date 13/05/2024

III. Caractéristiques de la région :

1. Topographie :

Le site de Réghaia, dans la plaine de Mitidja, se caractérise par un relief principalement plat. Environ 90 % de sa surface se situe à des altitudes de 10 à 30 mètres au-dessus du niveau de la mer, avec une

élévation maximale de 60 mètres dans sa partie sud. La topographie générale de la région présente une
modeste, n'excédant pas 2 %.

pen

2. Aperçu géologique :

D'un point de vue géologique, la région étudiée présente une structure assez complexe, comprenant plusieurs formations :

- **Le tertiaire :** ou on trouve le Miocène inférieur, caractérisé par des grès et des poudingues fortement cimentés, avec des affleurements limités.

Le Pliocène inférieur se compose principalement d'argiles et de marnes.

- **Le quaternaire :** la plaine est recouverte d'une épaisse couche de sédiments comprenant diverses formations lithologiques telles que le sable, les grès d'unaires, et les limons éboulis .

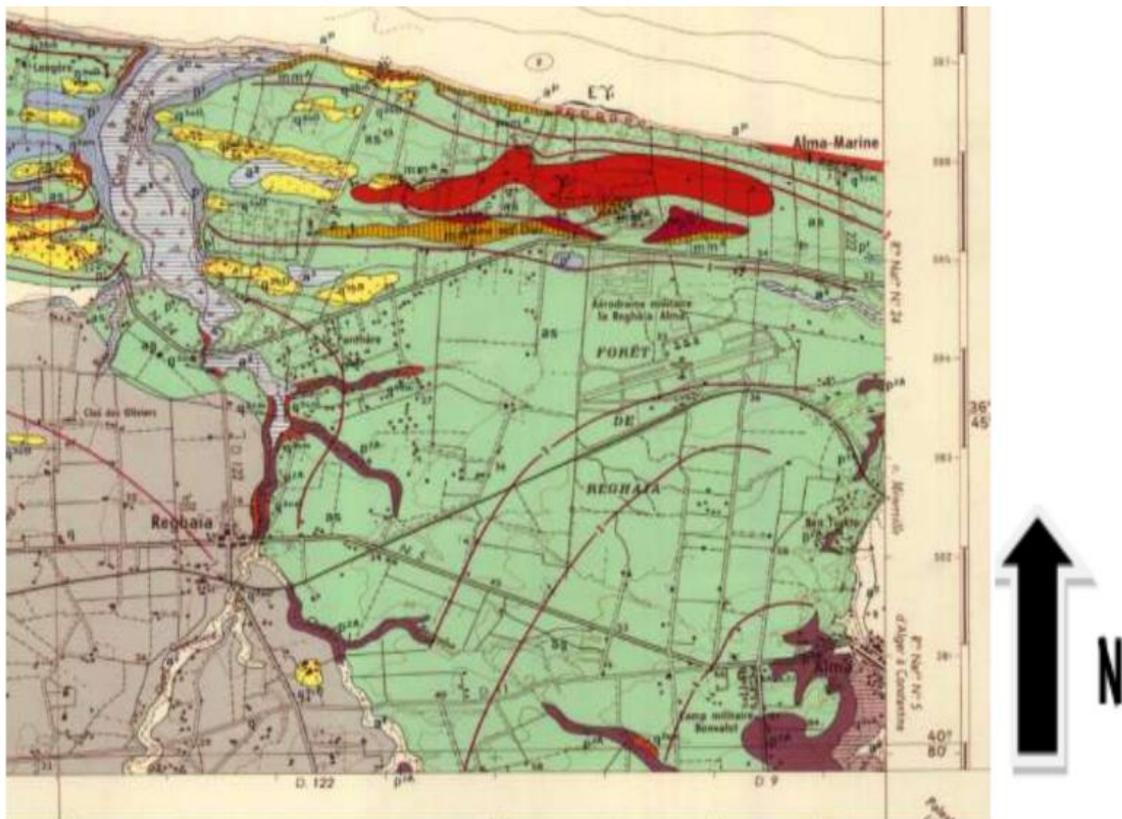
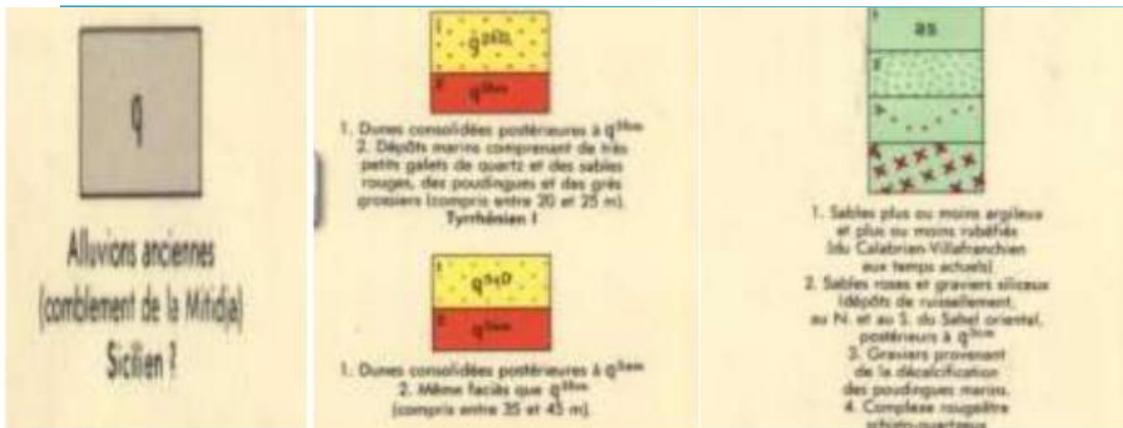


Figure I.4 : géologie de la commune de Réghaia (carte géologique d'Alger 1964) échelle : 1/50000



légende de la carte géologique d'Alger

Séismicité : La région de Réghaia se trouve dans une zone tectonique active, sujette à des mouvements de collision continus. En raison de sa proximité avec les épencentres sismiques venant de la mer ainsi que des failles présentes dans la région, notamment dans l'oued Réghaia à Thénia et à Zemmouri, elle est exposée aux séismes.

Selon les normes du règlement parasismique algérien RPA99 version 2003, l'Algérie est divisée en quatre zones de sismicité :

- Zone 0 : présentant une sismicité négligeable,
- Zone I : caractérisée par une sismicité faible,
- Zones IIa et IIb : connaissant une sismicité moyenne,
- Zone III : soumise à une sismicité élevée.

IV . Agriculture :

L'état de l'agriculture à Réghaia peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment les conditions météorologiques, la disponibilité des ressources en eau, les pratiques agricoles locales et les politiques gouvernementales. Cependant, les principales cultures pratiquées à Réghaia peuvent inclure les céréales, les

olives, les agrumes, les légumes, les fruits, ainsi que des cultures maraîchères. Les choix des cultures dépendent souvent

des conditions climatiques locales et des préférences des agriculteurs.

L'irrigation peut jouer un rôle crucial dans l'agriculture, en particulier en raison des étés chauds et secs. Les agriculteurs peuvent utiliser diverses méthodes d'irrigation, notamment l'irrigation goutte-à-goutte, les canaux d'irrigation et les systèmes d'aspersion, pour assurer la croissance des cultures.

V. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons établi les données essentielles relatives à notre ville d'étude, en nous appuyant sur des perspectives géographiques et topographiques. Ces informations sont cruciales pour lancer notre analyse agricole . En résumé, l'agriculture à Réghaia est influencée par divers facteurs, afin d'évaluer la faisabilité d'un aménagement hydro-agricole dans la zone concernée, des études approfondies sont nécessaires.

Chapitre II : Bilan hydrique

Chapitre II : Bilan hydrique

Introduction :

L'interaction entre les cultures et le climat dans la région d'étude revêt une importance capitale pour les spécialistes de l'agronomie. L'analyse de ces relations avec les conditions climatiques permet de définir les zones adaptées à chaque culture et d'estimer leur productivité respective. L'évaluation du bilan hydrique, résultant de l'examen détaillé des caractéristiques climatiques locales, est essentielle.

Elle permet de déterminer les besoins en eau tout au long des différentes phases de croissance des cultures. De plus, les propriétés physiques du sol jouent également un rôle crucial dans l'établissement d'un bilan hydrique réaliste, un aspect que nous aborderons dans un chapitre ultérieur.

1. Caractéristique climatique :

Le climat joue un rôle crucial dans l'évaluation des écosystèmes. À Réghaia, le climat est catégorisé comme méditerranéen, ce qui implique une répartition irrégulière des précipitations tout au long de l'année.

1.1 .Température :

Les variations de température peuvent être observées d'une année à l'autre, mais en règle générale, les températures atteignent leur maximum pendant les mois estivaux (juin, juillet, août) et leur minimum pendant les mois d'hiver (décembre, janvier, février).

Tableau II.1 : Valeur des températures mensuelles dans la régions de Réghaia (2000-2020)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
T (Max °C)	29.7	26.2	21.0	17.9	17.1	17.5	19.7	21.4	24.8	28.8	31.3	32.7
T (Moy °C)	23.75	20.3	15.35	12.5	10.1	11.45	13.5	15.1	18.85	22.6	25.2	26.45
T (Min °C)	17.8	14.4	9.7	7.1	5.8	5.4	7.3	8.8	12.9	16.4	19.1	20.2

Source (ONID ELHAMIZ)

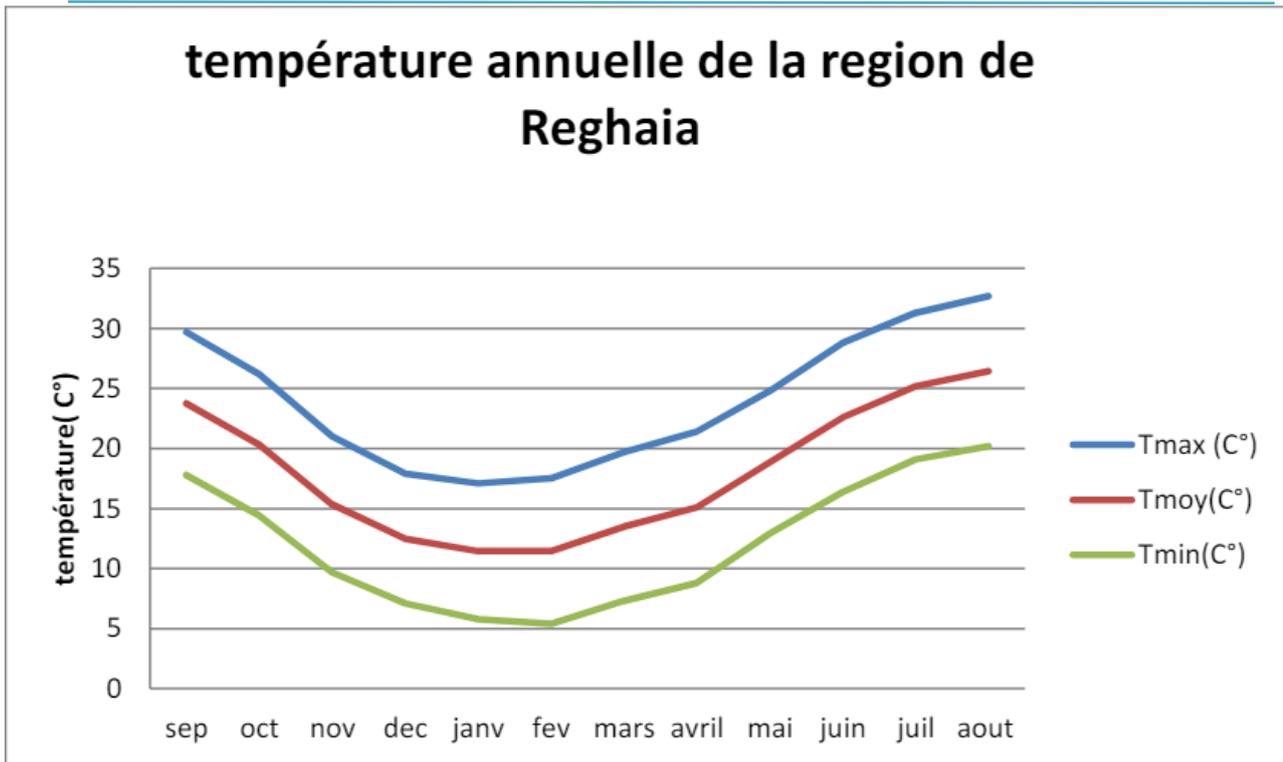


Figure II.1 : Courbe de la variation mensuelle de la température dans la région de Réghaia

Une observation révèle que la température connaît une baisse durant les mois de décembre, janvier et février, atteignant un minimum de 10.1°C en février. Elle connaît ensuite une hausse durant les mois de juin, juillet, août et septembre, culminant à un maximum de 30°C en août.

1.2. Humidité :

Alger maintient une humidité moyenne annuelle de 73.33% . Cette moyenne reste relativement stable d'un mois à l'autre, présentant peu de variations autour de cette valeur moyenne, selon les données de la Direction des Ressources en Eau d'Alger

Tableau II.2 : Humidités moyenne mensuelle (2000-2020)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Humidité (%)	70	73	76	78	79	80	76	73	74	68	67	66

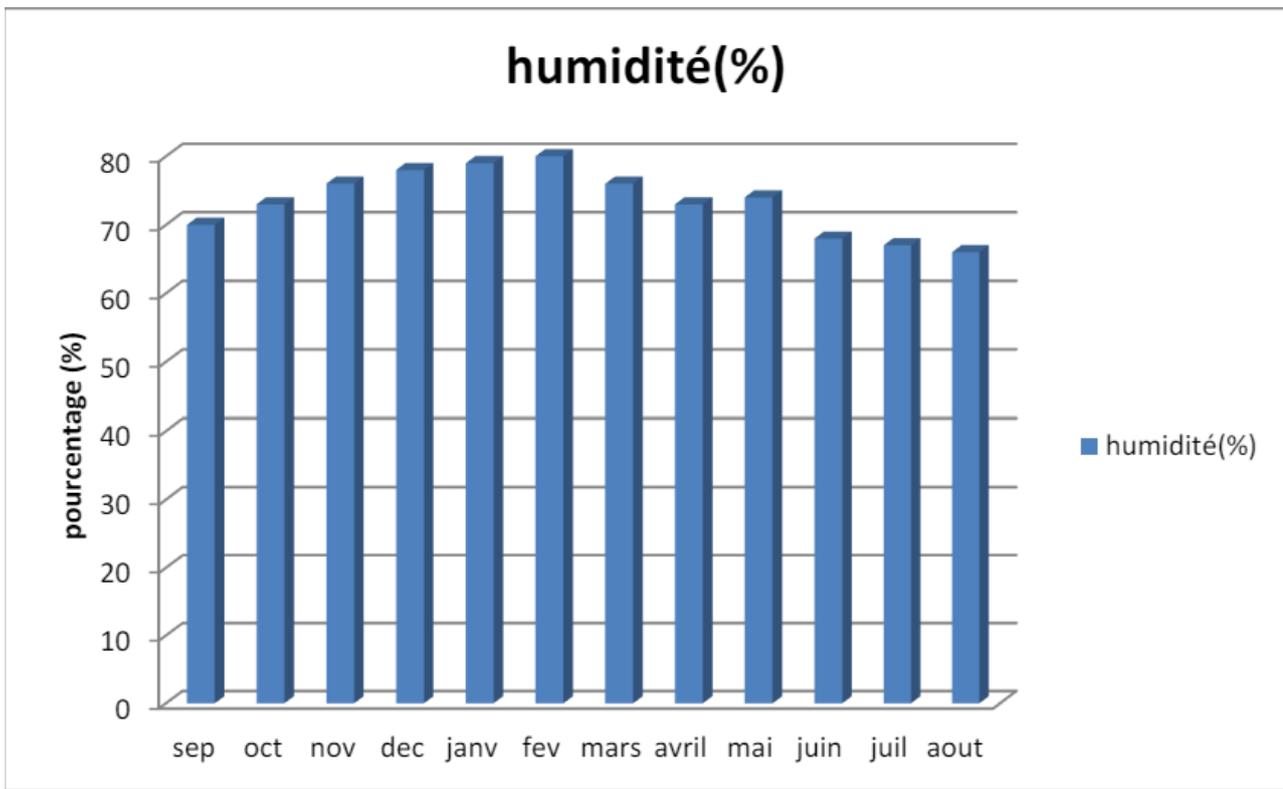


Figure II.2 : Histogramme de l'humidité relative (%) de Réghaia

1.3.L'insolation :

L'insolation est un élément climatique dont on se sert pour calculer l'évapotranspiration potentielle.

Tableau II.3 : Insolation moyenne mensuelle (2000-2020)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Insolation (°C)	8.3	7.1	6.0	5.1	5.6	6.6	7	8.0	8.3	10.3	10.9	10.1

Source (ONID ELHAMIZ)

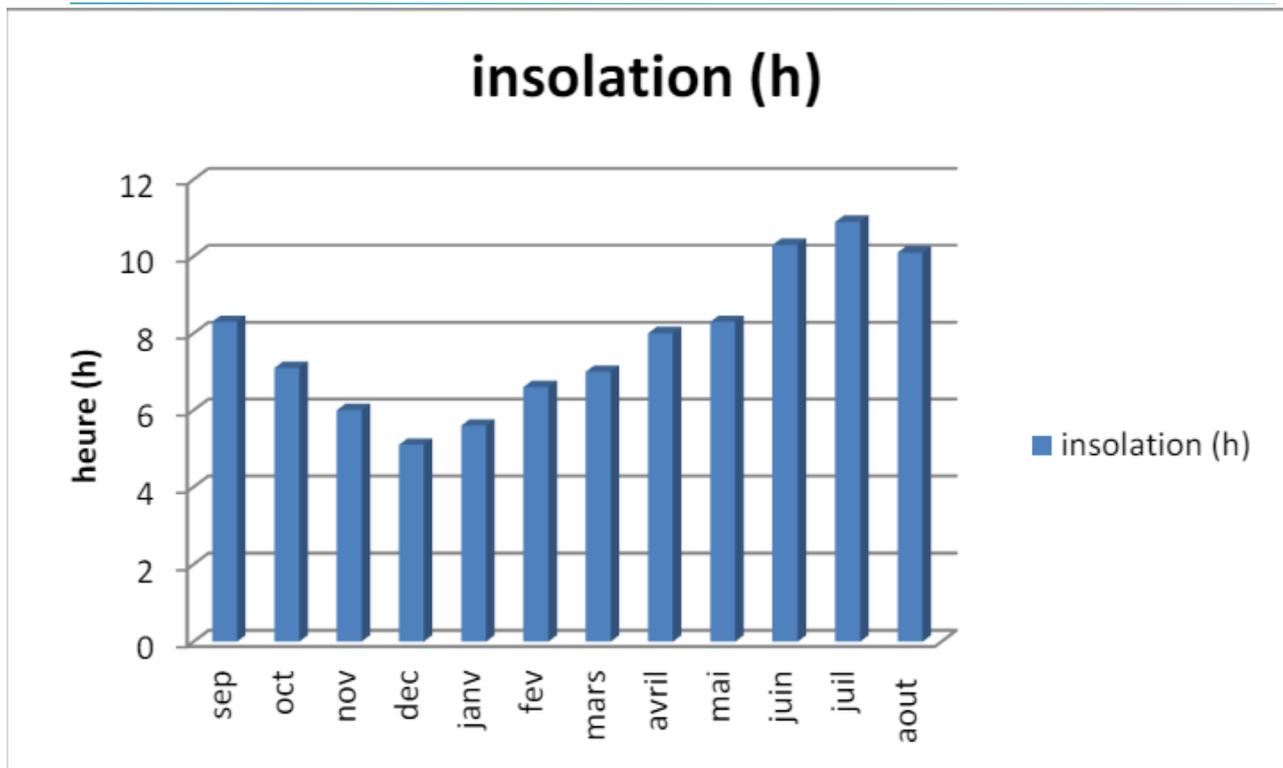


Figure II.3 : histogramme de l'insolation (h) de Réghaia

1.4 Précipitation :

L'analyse des ressources en eau comprend inévitablement l'examen des précipitations, une composante essentielle de cette étude.

Tableau II.4 : Précipitation moyenne mensuelle (2000-2020)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitation (mm)	37.68	42.74	67.8	76.6	86.2	78.8	65.62	46.67	39.15	11.96	1	8.53

Source (ONID ELHAMIZ)

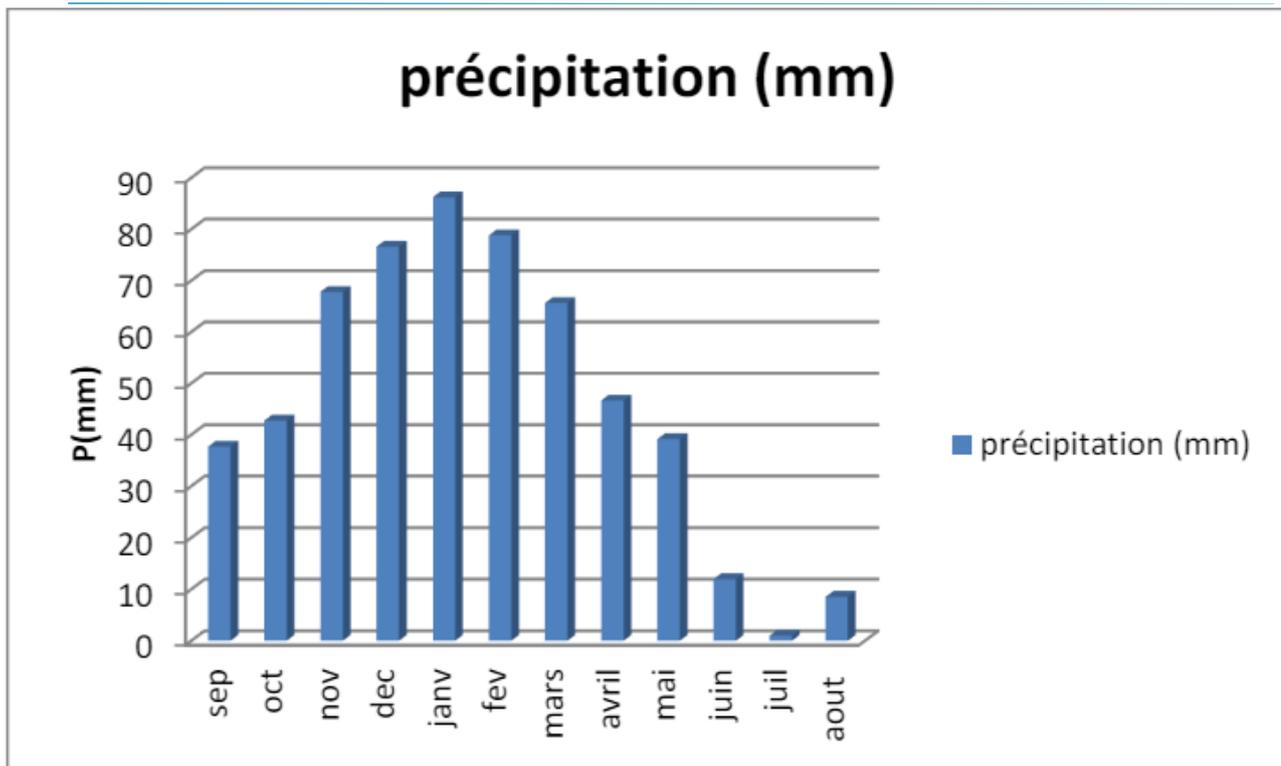


Figure II.4 : histogramme de la précipitation de la zone de Réghaia en (mm)

En observant l'histogramme, on constate que les précipitations atteignent leur maximum en janvier (86,2 mm) et février (78,8 mm), tandis qu'elles sont minimales en juin (11,96 mm), juillet (1 mm) et août (8,53 mm).

1.5 Régime des vents :

À Alger, les vents prédominants soufflent du secteur nord, variant de nord-est à nord-ouest. Leur vitesse moyenne mensuelle à une hauteur de 2 mètres au-dessus du sol est de 2,2 m/s, avec peu de variations d'un mois à l'autre, selon les données de la Direction des Ressources en Eau d'Alger.

Tableau II.5 : Vitesses moyenne du vent (2000-2020)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Vent(Km/j)	172	172.5	172.1	172.8	172.6	172.2	172	172.9	172.1	172.5	172	172.4

Source(ONIDELHAMIZ)

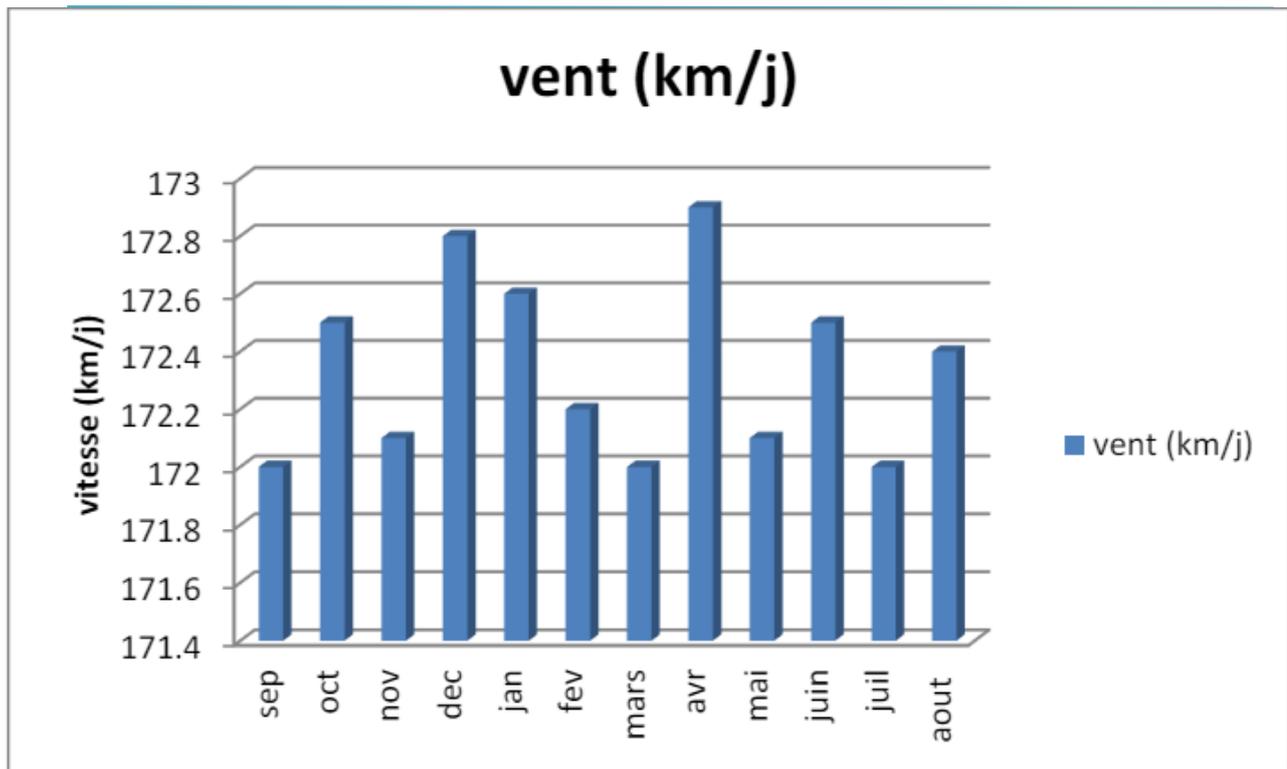


Figure II.5 : histogramme du vent de la région de Réghaia (km/h)

1.6 Synthèse climatique :

En se basant sur deux éléments clés du climat, à savoir la température et les précipitations, il est possible de calculer trois paramètres distincts :

- L'indice de Martonne
- Le coefficient d'Emberger
- Le diagramme de Gaussen
- **Tableau II.6 :** les valeurs moyenne mensuelles des températures et des précipitations durant la période (2000-2020)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy(°mm)	37.68	42.74	67.8	76.6	86.2	78.8	65.62	46.67	39.15	11.96	1	8.53
Tmoy (°C)	23.75	20.3	15.35	12.5	11.45	11.45	13.5	15.1	18.85	22.6	25.2	26.45

Source(ONID ELHAMIZ)

1.7 Indice de Martonne :

L'indice de Martonne, également connu sous le nom d'indice de Martonne-Gausсен, est un indice climatique utilisé pour évaluer l'aridité d'une région. Il est particulièrement utile pour classer les climats en fonction de leur degré d'humidité ou de sécheresse. Cet indice est calculé à partir des précipitations annuelles et de la température moyenne annuelle, selon la formule suivante :

$$I_m = P / (T + 10)$$

Où :

- I_m : est l'indice de Martonne,
- P : est la somme des précipitations annuelles (en millimètres),
- T : est la température moyenne annuelle (en degrés Celsius).

Tableau II.7 : Classification de climats selon l'indice de Matronne .

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

Pour :

$$P = 562.75 \text{ mm} \quad \text{et} \quad T = 18.04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

On aura : $I_A = 562.75 / (18.04 + 10)$

$$I_A = 20.06$$

D'après l'indice d'aridité calculé et la classification présentée ci-dessus, il est évident que la région bénéficie d'un climat relativement humide, rendant l'irrigation occasionnellement nécessaire.

1.8 . Quotient pluviométrique d'Emberger :

Il quantifie la sécheresse d'un climat en mettant en relation l'évaporation et la transpiration avec les précipitations, à travers le rapport (P / E) où l'évaporation est définie par une fonction de la température.

La formule utilisée est :

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

où :

- P : représente les précipitations annuelles moyennes en millimètres,
- M : est la moyenne des températures maximales en kelvins,
- m : est la moyenne des températures minimales en kelvins.

Tableau II.8 : L'étage bioclimatique de la région

Précipitation (mm)	M (° K)	M (°K)	Q	Erage bioclimatique
562.75	305.7	278.4	70.84	

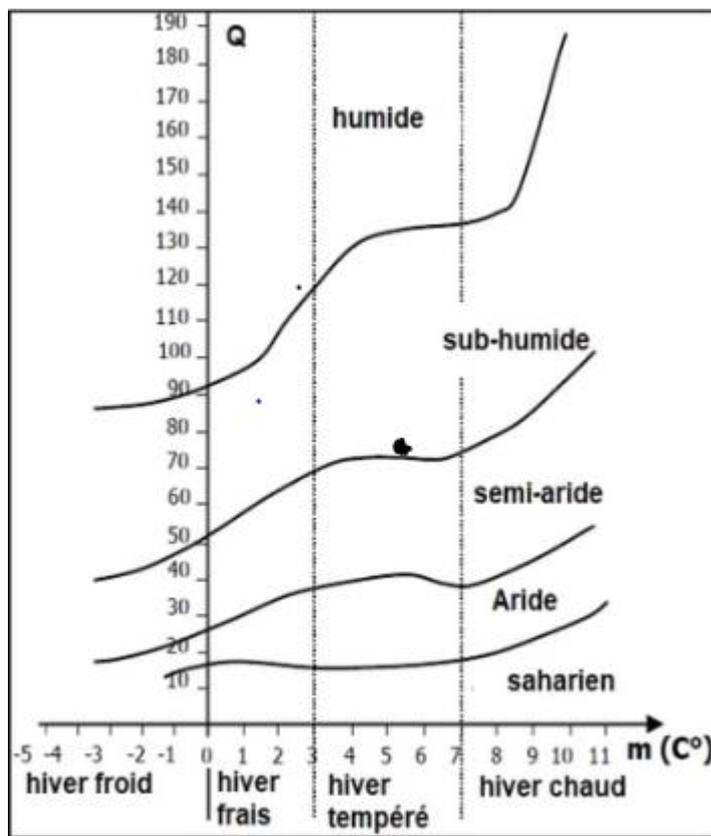


Figure II.7 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

Donc :

L'étage bioclimatique : subhumide

Diagramme de Gausсен :

Le graphique est réalisé en disposant les mois sur l'axe des abscisses et en plaçant les moyennes mensuelles de température et de précipitations sur l'axe des ordonnées, en utilisant une échelle où les précipitations sont divisées par deux. Lorsque la courbe des températures se situe au-dessus de celle des précipitations, la zone délimitée indique une période sèche.

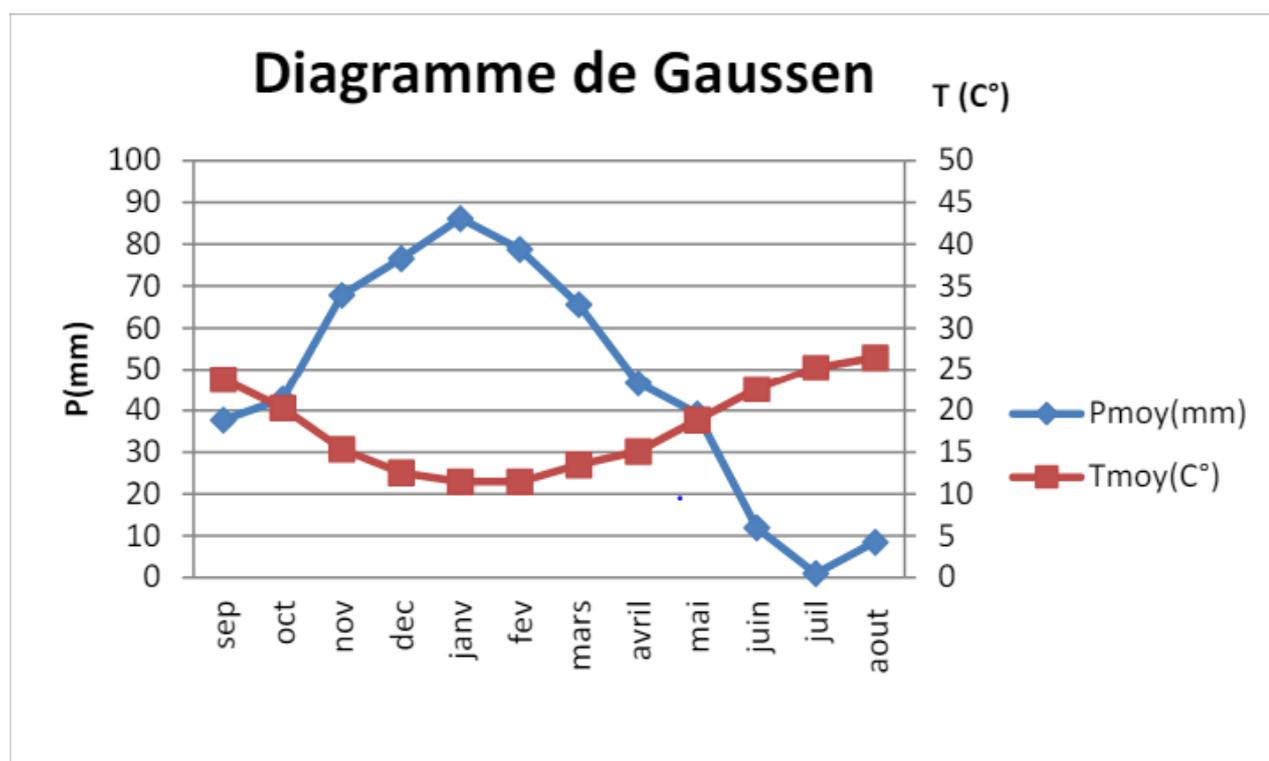


Figure II.8 : Diagramme Ombrothermique de Gausсен

Selon ce graphique, la période sèche correspond aux mois de juin, juillet, août et septembre, durant laquelle l'irrigation devient essentielle.

2. Hydrologie :

L'objectif de cette étude hydrologique est de déterminer les caractéristiques des précipitations pour une fréquence donnée, ce qui est essentiel pour évaluer les besoins en eau des cultures. Nous avons choisi d'utiliser directement les données de mesure provenant de la station de Reghaia (020632). En raison de sa localisation, cette station est considérée comme représentative du bassin versant et dispose de données complètes et continues sur une longue période.

Tableau II.8 : Caractéristique du poste pluviométrique de Réghaia

Code station	020632
Nom station	Reghaia
X	557.8
Y	382.25
Z	20

2.1 Répartition de la pluie moyenne annuelle :

Nous avons à notre disposition un échantillon de données sur les précipitations mensuelles couvrant la période de 1990 à 2021. Ces précipitations sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.9 : Précipitation mensuelle de la station de Réghaia

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Tot
1990	33	47	130	34.7	37.5	59.4	74	40.5	45.4	11.9	0	0	513.7
1991	71.5	10.9	36	277.2	12.4	20.8	48.5	130	18	18.9	2.2	0	646.6
1992	6.2	18.2	47.9	7.4	51.1	0	66.1	53.9	135	2.1	30.1	0	418.4
1993	0.8	44.6	30.5	106.3	96.2	127.4	95.4	23.8	33	0.6	0	0	558.6
1994	4.9	179.1	9.7	4.6	213.7	27.2	117.3	142	105	20.5	3.7	0	827.9
1995	9.5	72.4	111	113.8	36.6	50	24.4	82.4	89.5	0	0.2	0	590.1
1996	19.9	28.6	107	78.5	152.7	73.5	0.3	96.6	0.4	0	0.1	0	557.6
1997	9.5	102.2	39.4	61.9	230.5	61.8	133.5	16.8	1.3	16.4	0	14	687.3
1998	16.3	30.3	39.1	22.5	99.5	182.7	31.3	231	40.3	13.1	2.4	0.1	708.8
1999	52.2	38.5	4	9.7	14.8	23.1	6.7	86.6	19.5	2	1.6	16.1	274.8
2000	31.6	68.3	120	94.1	36.7	50.8	53.8	90.1	173	0	0	13.8	732
2001	18.5	30.2	126	62	156	108	76.7	13.3	2.4	5.6	0	1.7	600
2002	21.2	21.1	89.7	188	10.8	1.5	22.6	34.7	34.1	0.3	2.4	0	426.4
2003	3.7	36.8	72.7	38.9	154.5	59.4	1.3	42.3	17.8	0	0	1	428.4
2004	14.6	9.7	48.8	53.4	37.4	16.4	50.1	37.6	23.3	0.5	6.4	46.4	344.6
2005	30.9	42.9	159	169.1	199.9	147.1	22.4	122	41.7	15.8	1.2	2.5	954.3
2006	54.3	32.5	59.5	129.1	90.9	48	65.3	70.6	117	3.4	8.4	0	678.8
2007	11.5	40.1	85.5	119.4	94.5	134.3	46.8	34.1	6.9	0	0	0.9	574
2008	50.2	131.9	111.1	150.3	167.2	20.4	65.5	83.1	28.7	0.3	1.7	1.3	811.7
2009	86.2	8.9	100	130.8	67.2	92.1	122.8	53.3	30.8	20.9	0	35.8	748.8
2010	5.5	80.2	122.8	74.1	92.4	140.6	35.3	99.2	122.9	15.8	0	2	790.8
2011	11.9	85.1	85.3	68.8	52	220.6	132.4	152.8	34.4	0	0	24	867.3
2012	8.5	44.6	111.3	22.4	133.3	107.7	66.4	103.5	170.4	1.5	0.4	23.5	793.5
2013	12.2	16.2	148.3	95.7	74.7	63.4	109.9	2	14.4	51.5	0	0	588.3
2014	34.8	33.3	54.2	156	118.7	86.3	96.7	0	21.1	9	0	0	610.1
2015	30.2	98.7	71.3	0	77.3	73.4	162	80	32.1	0	1.5	0	626.5
2016	11.5	6.4	77.9	149.5	308.6	22.5	47.5	19.8	2.5	6.8	0	34.2	687.2
2017	23.6	27	136.2	123.9	35.3	98.7	130.3	170.9	82	54.5	0	0	882.4

2018	28.30	84.2	120.3	108.5	144.3	27.5	45	59.9	36.1	1	0	5.7	660.8
2019	32.02	45	93	65	85.49	50.4	42.1	54	20.3	0	3	1.2	491.51
2020	40	56	159	188	100	53.17	63	83	24.74	2.3	3.97	9	782.18
2021	38	45.02	117.99	80	85	61	46.89	98	32	9.69	2	0.8	616.39
Moy	33.8	50.47	117.37	107.19	93.24	60.12	55.36	74.98	30.53	4.34	3.26	4.63	

Source (ANRH Blida)

2.2 Paramétré statique de la série :

On peut résumer les caractéristiques de la série dans le tableau suivant :

Tableau II.10 : paramétré statique de la série.

Nombre d'observation	32
Maximum	954.3
Minimum	274.8
Moyenne	640
Ecart type	160
Médiane	637

2.3 Étude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Avant d'utiliser des données hydrologiques, il est crucial de vérifier leur homogénéité, étant donné que les relevés pluviométriques ont été interrompus, ce qui complique leur exploitation. À cet effet, il est nécessaire de réaliser un test de Mood pour s'assurer de la cohérence des séries pluviométriques.

2.4 Test de Mood :

Ce test permet de vérifier si la série de données pluviométriques est homogène ou non. La méthode repose sur le processus suivant :

Prenons les échantillons x_1, x_2, \dots, x_n . Après avoir trié l'échantillon par ordre croissant, déterminons la médiane M , une constante telle que 50 % des x_i sont inférieurs et 50 % des x_i sont supérieurs à M .

Remplaçons donc la série de valeurs non triées par une série de signes :

+ pour les $x_i > M$

- pour les $x_i < M$

Ensuite, nous définissons N_s et T_s comme suit :

- N_s :

nombre total de séries de "+" ou de "-".

- T_s : taille de la plus grande série de "+" ou de "-".

Les conditions du test sont les suivantes :

$$1/2 (N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < N_s < 1/2 (N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1})$$

$$T_s < 3.3 (\log_{10} N + 1)$$

Voici les résultats appliqués à notre série :

Tableau II.11 : résultats du test de Mood

P	197.1	171.4	239.1	219.6	271.5	198.8	214.4	204.5
moy								
	-	-	+	+	+	-	-	-
P	130.1	88.6	148.8	249.1	233,2	165.6	254	262.2
moy								
	-	-	-	+	+	-	+	+
Pmoy	195.6	343.2	181.9	228.3	140.4	157.3	221.1	279.5
	-	+	-	+	-	-	+	+
Pmoy	208	285.6	158.1	172.1	298.7	247.3	325.3	281.6
	-	+	-	-	+	+	+	+
Pmoy	217.7	208	230.3	153.3	222.7	222.8	145.3	185.1
	+	-	+	-	+	+	-	-

On a :

$$(1/2) (N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) = 14.80$$

$$(1/2) (N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1}) = 27.19$$

$$N_s = 20$$

$$14.80 < 20 < 27.19$$

Nous avons aussi

$$2.5 (\log 10N + 1) = 8.62$$

Et

$$T_s = 6$$

$$6 < 8.62$$

Donc les deux conditions sont vérifiées , ce qui signifie que notre série est homogène .

2.6 Ajustement de la série pluviométrique :

Nous allons appliquer la loi normale (gaussienne) pour réaliser notre ajustement en utilisant le logiciel HYFRAN. Ce logiciel permet d'ajuster un grand nombre de distributions statistiques à une série de données répondant aux hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité.

- **Ajustement à la loi de gauss :**

Dans cette méthode, la procédure comprend les étapes suivantes :

1. Trier les valeurs des précipitations annuelles par ordre décroissant.
2. Calculer les fréquences empiriques des valeurs observées en utilisant la formule :

$$F(x) = \frac{n-0.5}{N}$$

Avec n : Numéro d'ordre

N : Nombre d'observation

On doit calculer :

La moyenne arithmétique : $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$

L'écart type : $\delta = \sqrt{\sum \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ Pour $n \geq 30$

La variable réduite de Gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$

Le coefficient de variation : $Cv = \frac{\delta}{\bar{X}}$

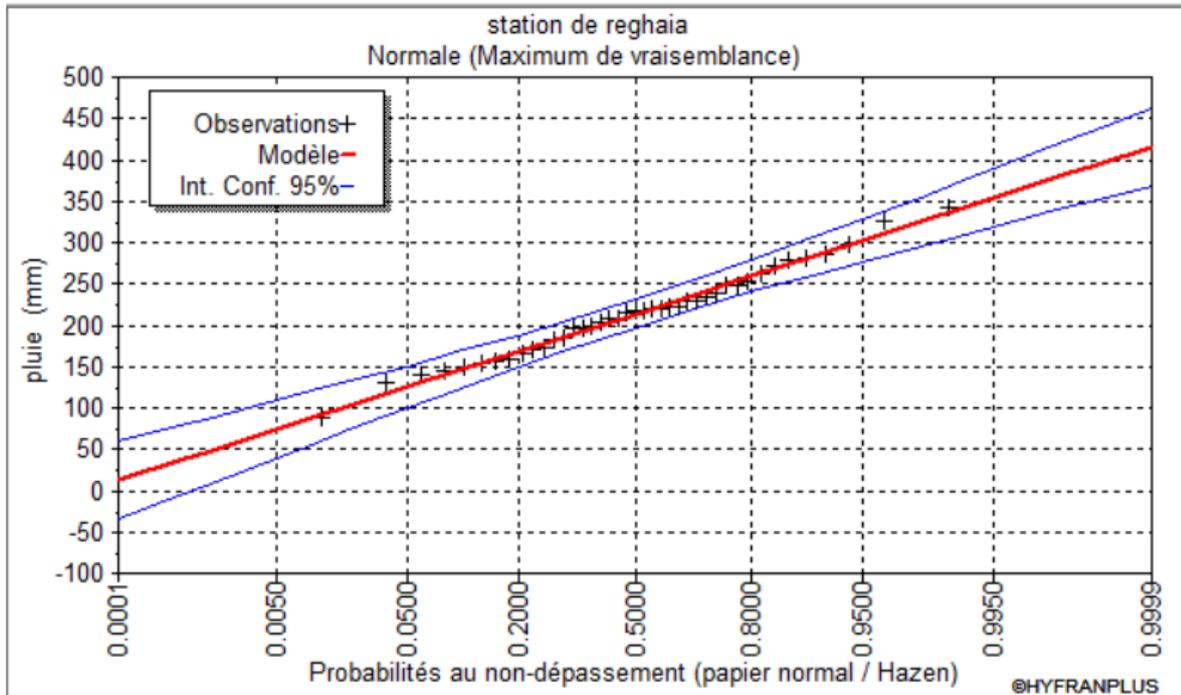


Figure II.9 : graphique de l'ajustement de la loi normal de Gauss

2.6 Ajustement avec la loi log normal (Galton) :

Les résultats de l'ajustement des séries de précipitations annuelles moyennes de la station Reghaia sont regroupés dans le tableau ci-dessous et tracés à l'aide de l'étude de **Galton**.

Station : Reghaia

Résultats de l'ajustement **log-normale (Galton)** (Maximum de vraisemblance)

Nombre d'observations : 32

Paramètre :

mu : 6.42658

sigma : 0.280097

Tableau 12 : Paramètres statistiques de l'ajustement à la loi log normale (Galton)

Paramètres	Valeurs
Minimum (min)	275
Maximum (max)	954
Moyenne (moyé)	640
Ecart type (δ)	160
Médiane (Me)	637

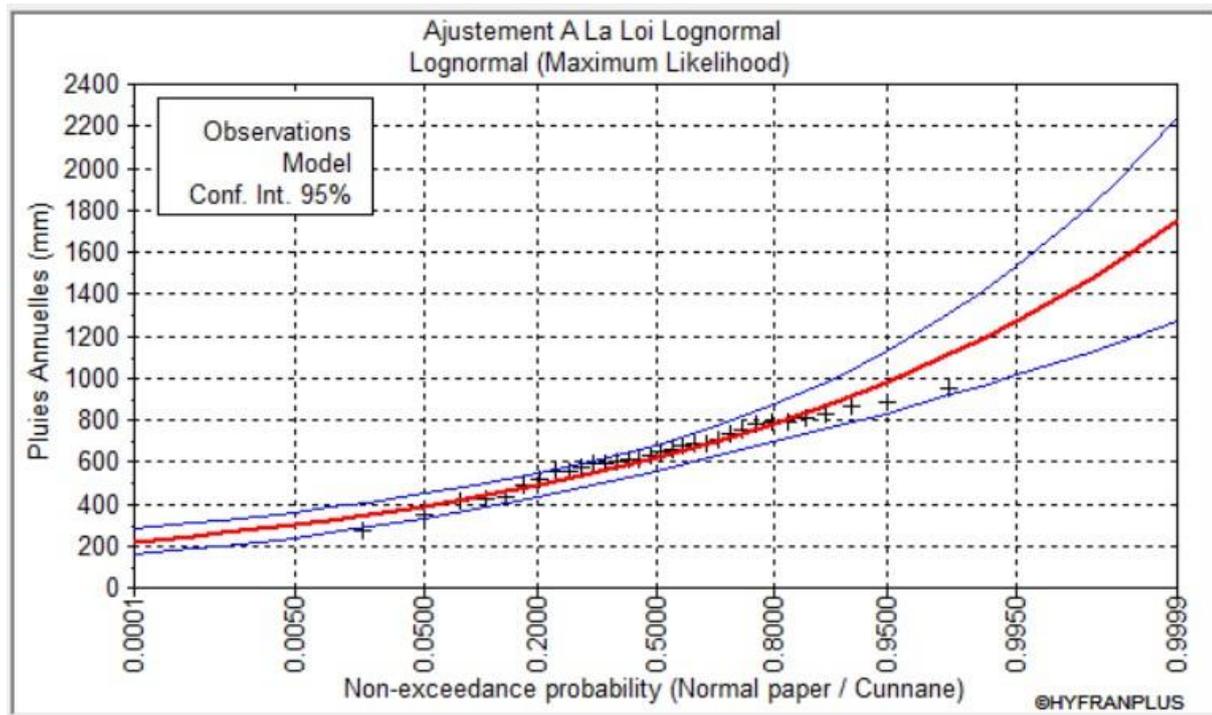


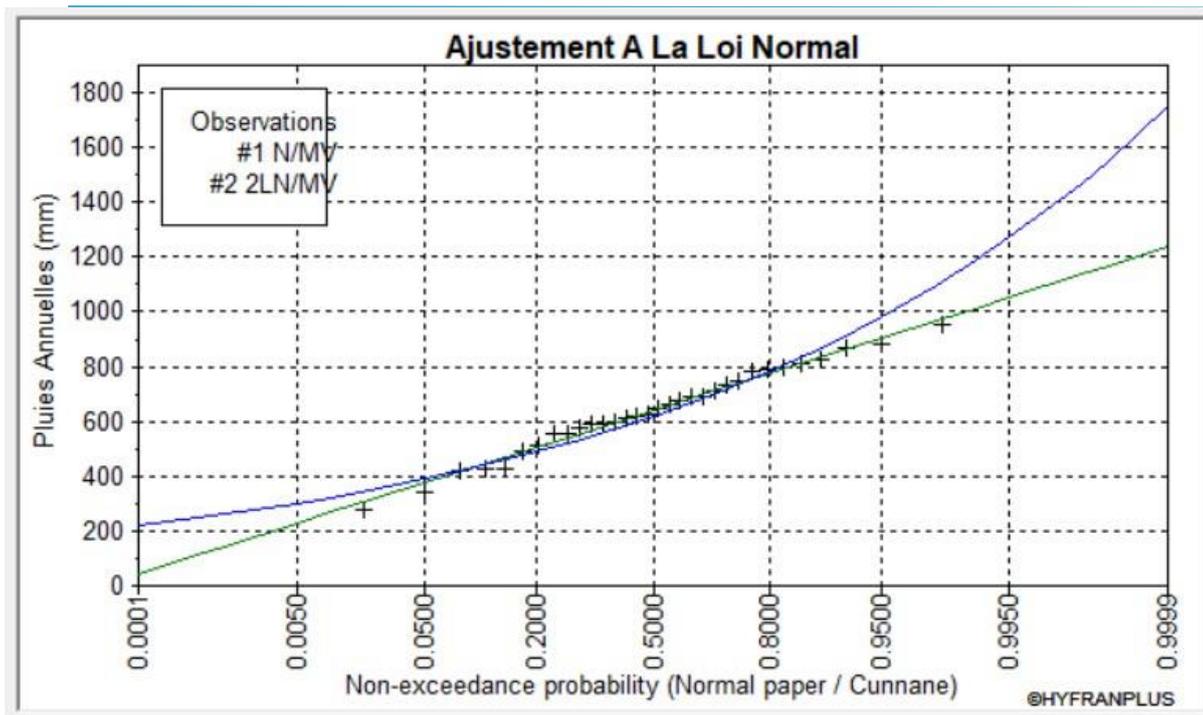
Figure 10 : Ajustement à la loi Log-normale par HYFRAN

2.7 Test de validité d'un ajustement :

Le test du Khi-deux (χ^2) est un outil statistique couramment employé pour vérifier la qualité de l'ajustement entre une distribution théorique et une distribution observée dans des données expérimentales. Ce test d'adéquation permet d'évaluer si la distribution observée s'écarte de manière significative de la distribution théorique choisie pour représenter les données.

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

	Loi normal	Loi log-normal
χ^2 calculée	3.00	6.26
α	0.7000	0.1807
γ	5	4



Après l'examen d'ajustement sur les deux lois on en résulte que la **loi normale (Gauss)** s'ajuste mieux à la série des pluies annuelles pour la station de **Reghaia**

3. Détermination de l'année de calcul P80% :

À la suite de l'analyse des données selon la loi normale, nous pouvons conclure que les estimations de la pluviométrie moyenne annuelle dans la région de la Mitidja permettent de déterminer la quantité de précipitations utilisable par les plantes. Cette quantité correspond à une fraction de la pluie efficace, c'est-à-dire celle ayant une probabilité de 80 % de se produire.

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_i, 80\% \text{ de chaque mois} = P_i, \text{ de chaque mois} \times \frac{P \text{ théorique } 20\%(\text{annuel})}{P \text{ théorique } 50\%(\text{annuel})}$$

Les valeurs obtenues à partir du tableau de l'ajustement à la loi normale fournissent les informations suivantes : pour

P20% = 505 mm, on a P20% = 0.79 P50%.

Ainsi, les valeurs de P80% pour chaque mois sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 : Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy (mm)	33.8	50.47	117.37	107.19	93.24	60.12	55.36	74.98	30.53	4.34	3.26	4.63
P80% (mm)	26.7	39.87	92.72	84.68	73.66	47.49	43.73	59.23	24.12	3.43	2.58	3.66

Conclusion :

L'analyse climatologique de la région de la Mitidja révèle un climat caractérisé par une pluviométrie annuelle moyenne modérée, ainsi que des températures maximales élevées pendant les mois estivaux et minimales pendant les mois d'hiver.

Chapitre III : Ressource en sol et Ressource en eau

Introduction :

L'étude agro-pédologique a pour but d'identifier les sols adaptés à l'irrigation et de repérer les zones favorables à cette pratique. Elle évalue également les caractéristiques hydrodynamiques des sols, nécessaires pour déterminer les quantités d'eau à utiliser et pour planifier les systèmes d'irrigation et de drainage. Les critères principaux pour la classification des sols comprennent la texture, l'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe phréatique, la porosité, la salinité et le calcaire actif, bien que ces facteurs varient selon les régions.

Avant de débiter notre étude, il est crucial de localiser et de mesurer les besoins en eau pour l'irrigation. Ce chapitre présente les sources d'eau disponibles pour notre zone d'étude.

1. Ressource en sol :

L'analyse des ressources en sol a pour objectif de comprendre la nature et les propriétés des sols afin de déterminer leur potentiel et leurs limitations pour une utilisation agricole, forestière ou pour la construction. Dans un projet de mise en valeur, plusieurs éléments clés doivent être pris en compte :

- La profondeur du sol, qui influence l'épaisseur des couches accessibles aux racines et donc la capacité de rétention d'eau.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la teneur en cailloux, qui affectent la rétention de l'eau.
- La structure et la porosité des horizons, qui déterminent la perméabilité du sol et, de manière générale, la facilité de gestion de l'irrigation.

1. 1. Classification des sols de périmètre (Mitidja Est) :

Les sols de la plaine de la Mitidja se classent en six catégories principales :

Sols à sesquioxydes de fer :

Ces sols se forment sous un climat méditerranéen et sont caractérisés par des sols rouges avec un profil A-B-C bien défini. Leur couleur vive est due à la présence de matériaux rubéfiés du soltanien. Ils couvrent une grande partie de la région.

Sols hydromorphes :

Ces sols se développent en raison d'un excès d'eau, causé par la présence ou la montée de la nappe phréatique, ou par une infiltration insuffisante des eaux pluviales.

Sols minéraux bruts :

Présents sur des roches non altérées par des processus pédologiques significatifs, ces sols peuvent montrer des modifications mécaniques de la fragmentation et de la distribution des matériaux. Dans la plaine de la Mitidja, ces sols, issus d'une érosion récente ou d'un apport récent, sont considérés comme non climatiques et se divisent en deux groupes.

Sols peu évolués :

Ces sols présentent des profils AC avec un horizon humifère reposant sur un matériau fragmenté mais peu altéré.

Sols Calc magnésiques :

Ces sols carbonatés, bien que rares dans la région, sont riches en alcalino-terreux. Dans l'horizon A, la matière organique est fortement liée aux éléments minéraux, formant un complexe très stable, saturé à plus de 90 % en calcium et en magnésium.

Ces diverses catégories de sols sont cruciales pour la caractérisation de la plaine de la Mitidja et ont des répercussions importantes sur l'agriculture et l'utilisation des terres. [5]

1. 2. Caractéristique physique du sol :

Les sols ont différents paramètres physiques qui peuvent être mesurés, et les valeurs de ces paramètres sont généralement influencées par la structure et la texture du sol.

1. 2.1. Analyse du profil pédologique :

Le site de prélèvement du profil sur la parcelle a été échantillonné le 13 avril 2012. La profondeur du profil est déterminée par les caractéristiques spécifiques du sol observées sur place, ainsi que par la variation de la profondeur de l'horizon en fonction des changements de couleur. La classification et la caractérisation des sols sont réalisées à partir d'études sur

diverses propriétés physico-chimiques et hydrodynamiques des profils, telles que la structure, la texture et la solution du sol.

Couleur :

Horizon A : 0-30 cm	Horizon A : 7.5 YR 5/2
Horizon B : 30-60 cm	Horizon B : 7.5 YR 6/6
Horizon C : 60-90 cm	Horizon C : 7.5 YR 6/2

1.2.2. Étude granulométrique :

Les analyses granulométriques nous renseignent sur la texture du sol, laquelle est constituée de divers éléments. Le triangle textural est un outil qui permet de visualiser les proportions relatives des particules fines et grossières composant le sol. Le tableau ci-dessous présente l'analyse granulométrique du profil du sol.

Tableau III 1 : Analyse granulométrique du profil pédologique (ANRH Alger)

Profondeur (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Texture
0-30	32.55	42.63	24.87	Limono-argilo-sableux
30-60	11.63	32.1	56.35	Sablo-limono-argileux
60-90	31.26	48.52	20.19	Limono-argilo-sableux

Selon le tableau, notre sol présente une texture limono-argileuse, confirmée par le triangle de texture. Il est pauvre en matières organiques, et ses agrégats sont facilement détruits par l'irrigation.

1.2.3 Propriétés physique de notre sol :

Le tableau ci-dessous présente les diverses caractéristiques physiques de notre sol à différentes profondeurs :

Tableau III 2 : propriétés physique du sol (ANRH Alger)

Profondeur (cm)	0-30	30-60	60-90
Densité réelle	2.51	2.32	2.5
Densité apparente	1.41	1.26	1.39
Porosité	44	47	45
La vitesse d'infiltration (m/s)	7.1×10^{-6}	5.09×10^{-6}	7×10^{-6}

- D'après notre vitesse d'infiltration notre sol est perméable

1. 3. Les caractéristiques chimique du sol :

1.3.1 PH d'eau :

Lorsque l'irrigation ou la pluie ont lieu, les ions H⁺ présents dans le sol se dissocient, se libérant dans la solution du sol et augmentant ainsi la concentration en ions H⁺. Cette concentration mesure l'acidité du sol, ce qui détermine le pH de l'eau.

Tableau 3 : caractéristique chimique du sol (ANRH Alger)

Profondeur (cm)	Propriétés chimique du sol	
	PH eau	CE (μ S/cm)
0-30	8.51	150.5
30-60	8.70	84
60-90	8.23	49

II.1.3.2 L'ESP :

On calcul par la formule suivante (de Tunisie) :

$$ESP = \frac{(0.988 \times SAR) - 0.61}{100}$$

Avec un rapport de sodium adsorbé (SAR) de 1.39, l'indice de sodium échangeable (ESP) du sol est de 0.76 %. Selon le tableau fourni, on peut conclure que le sol n'est ni salin ni alcalin.

Tableau III 4 : Variation des types de sols en fonction de la conductivité et de L'ESP

	Cees 25 °C (mmhos/cm)	ESP
Sol salin	> 4	< 15
Sol alcalin	< 4	> 15
Sol alcalino-salin	> 4	> 15

2 . Ressources en eau :

Une partie de l'approvisionnement en eau de la Mitidja Est provient du barrage d'Elhamiz, tandis que le reste est issu des eaux souterraines. Le barrage est positionné en dehors du cours d'eau principal, et initialement, il est prévu d'être rempli en utilisant l'eau dérivée de l'Oued Elhamiz. La frontière orientale de la plaine de la Mitidja Est est délimitée par les cours d'eau de l'Oued Elhamiz et de l'Oued Reghaia.

Tableau III 5 : Coordonnées des forages

Forages	Coordonnées	Débit (l/s)	Profondeur Captée (m)	HMT (m)
F1	36°45'10.14''N 3°19'52.02''E	47 l/s	45 m	60
F2	36°45'01.51''N 3°19'52.48''E	50 l/a	47 m	80
F3	36°45'01.40''N 3°20'06.55''E	46 l/s	45 m	60
F4	36°45'07.26''N 3°20'04.44''E	46 l/s	43 m	60

(Source ONID EL HAMIZ 2024)

2. Étude la qualité des eau d'irrigation :

2.1 Analyse de l'eau d'irrigation :

2.1.1 Caractéristique physico-chimique de l'eau :

Tableau III 6 : Caractéristique physico-chimique des eaux

Éléments	Mg/l
Ca^{2+}	81
Mg^{2+}	23
Na^+	39
Cl^-	43
SO_4^{2-}	118
CO_3^-	0

(Source : Seal Reghaia 2024)

Tableau 7 : Analyse des données

Turbidité	1.6 NTU
Conductivité électrique	0.74 mmhos/cm
PH	7.29
SAR	0.61

(Source : Seal Reghaia 2024)

2.1.2 La salinité :

La qualité insuffisante de l'eau peut avoir des effets néfastes sur le développement des plantes. L'eau peut être absorbée par les plantes de deux façons : par les parties aériennes, comme lors de l'irrigation par aspersion, ou par les racines. Cependant, l'absorption d'eau par les feuilles est toujours restreinte, et ce sont principalement les racines qui assurent l'approvisionnement en eau nécessaire pour la croissance des plantes.

- Coefficient d'adsorption du Sodium :

Lorsque l'eau présente une concentration élevée de sodium, celui-ci peut se fixer au complexe du sol, provoquant une défloculation. Pour évaluer le risque alcalin, il est nécessaire de comparer les concentrations des ions Na, Ca⁺⁺, et Mg⁺⁺ dans l'eau.

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

$$SAR = 5.135$$

Quatre catégories de risque alcalin ont été établies, en fonction du risque salin :

- S1 : Risque faible, S.A.R ≤ 10
- S2 : Risque modéré, 10 < S.A.R ≤ 18
- S3 : Risque élevé, 18 < S.A.R ≤ 26
- S4 : Risque très élevé, S.A.R > 26

Interprétation :

Selon cette classification, notre eau appartient à la catégorie S1, indiquant un risque faible d'alcalinisation.

2.1.3 La conductivité électrique :

La salinité globale de l'eau est déterminée par la conductivité électrique (CE), mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre catégories de risque salin :

Tableau III 8 : classification des eaux en fonction de CE

Classe	CE(mmhos/cm)a25°C	Qualité des eaux	Cultures
C1	$CE \leq 0.25$	Eau de risque faible de salinité	Pour toutes les cultures
C2	$0.25 < CE \leq 0.75$	Eau de risque moyen de salinité	Pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0.75 < CE \leq 2.25$	Eau de risque élevé de salinité	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
C4	$CE > 2.25$	Eau de risque trèsélevé de salinité	Eau difficilement utilisable

(Source : Water and the innovation issues in irrigation and drainage, Spon Press 1998) [3]

Selon cette classification, notre eau appartient à la classe C2, indiquant un risque moyen de salinité.

La limite de la conductivité électrique de l'eau pour l'irrigation varie en fonction des variétés de cultures et de leurs conditions spécifiques. D'après les valeurs de la conductivité électrique et du SAR, l'eau se classe en (C2S1) :

- Classe S1 : le S.A.R < 10, ce qui signifie que la quantité de sodium présente pose un risque faible pour les sols.
- C1 : Convient pour toutes les cultures.
- C2 : Convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- C3 : Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
- C4 : Eau difficilement utilisable, même sur un sol bien drainé.

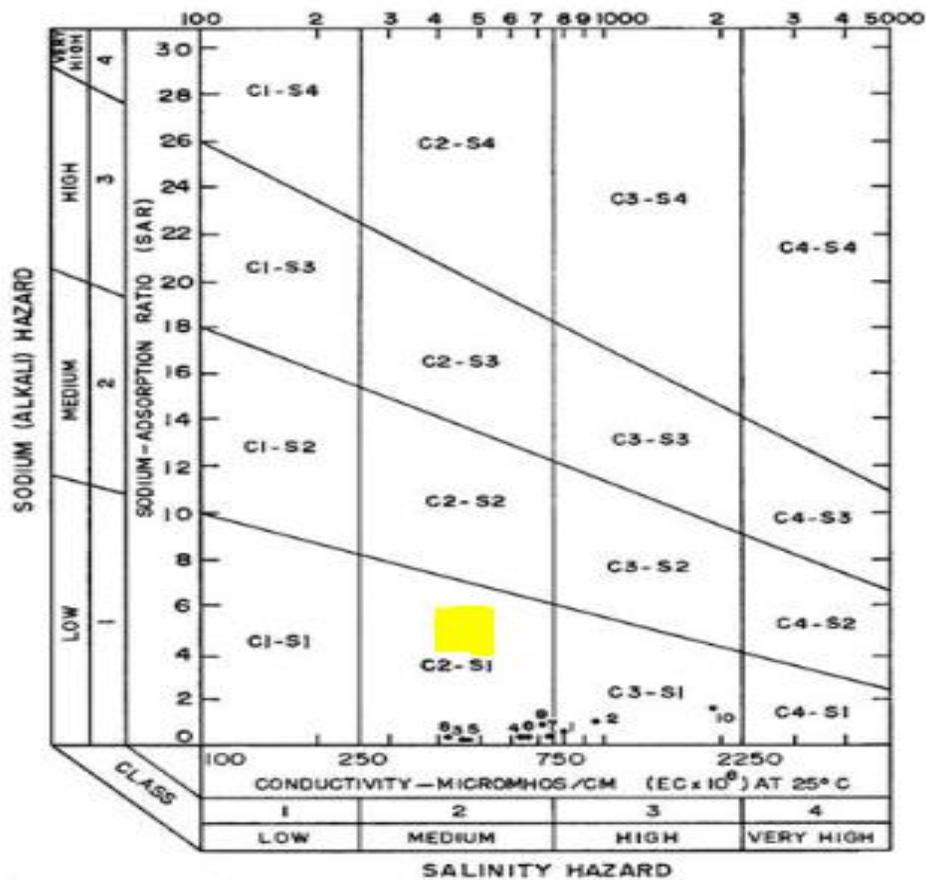
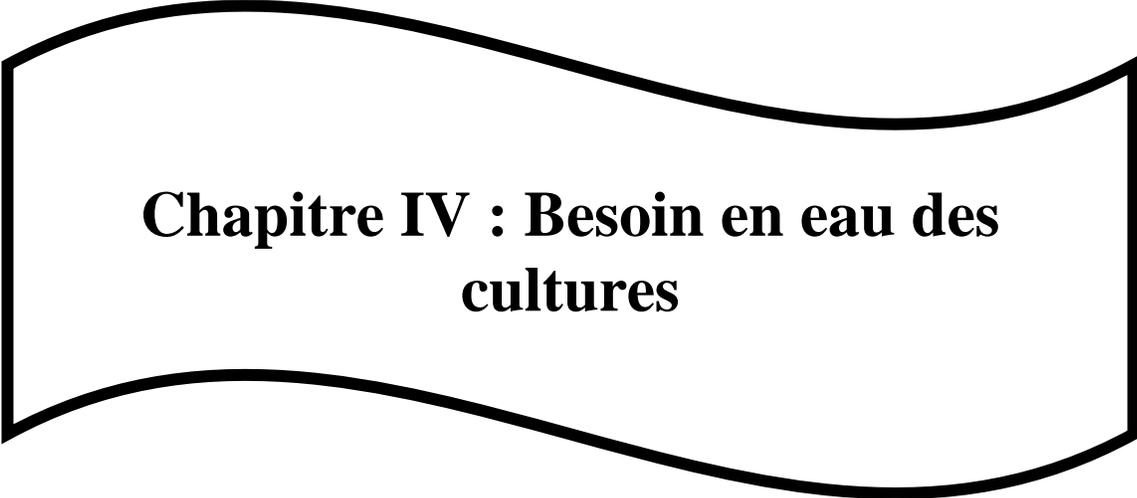


Figure III 1 :diagramme de la classification de la qualité des eaux d'irrigation Richards 1958

IV Conclusion :

Après avoir analysé les zones environnantes de Reghaia en vue de bénéficier de l'irrigation à partir des puits qui interceptent la nappe du complexe terminal, nous avons tiré les conclusions suivantes :

- Le sol présente une texture limono-argileuse.
- L'eau prélevée des forages est classée C2S1, indiquant un faible risque d'alcalinité et une salinité modérée.



Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

Introduction :

Dans ce chapitre, nous abordons la détermination des besoins en eau des cultures, une étape cruciale qui requiert une compréhension approfondie des paramètres relatifs à la plante, aux conditions climatiques, et aux caractéristiques pédologiques de la région. Nous nous appuyons sur des données préalablement définies, telles que le climat local, les types de cultures envisageables, la qualité des sols, la disponibilité en eau, la fertilité des terres, les méthodes de culture, et les pratiques d'irrigation pour concevoir notre projet de manière optimale.

1. Besoin en eau des cultures :

Les besoins en eau des cultures se rapportent aux volumes d'eau nécessaires pour maintenir un niveau d'humidité optimal dans le sol, assurant ainsi une croissance et une production maximales des plantes. En d'autres termes, cela implique de déterminer les quantités d'eau requises pour que les plantes demeurent dans des conditions idéales d'humidité, favorisant ainsi un rendement agricole optimal.

1.1 Calcul de l'évapotranspiration référence (ET₀) :

Il existe diverses méthodes pour calculer l'ET₀ en utilisant les données climatiques. Nous avons décidé d'employer la version modifiée de la formule de Penman-Monteith.

1.1.1 Formule modifiée de Penman Monteith :

Il s'agit d'une formule mathématique couramment utilisée dans les stations météorologiques pour estimer le taux d'évaporation avec une précision relative. En 1948, Penman et Monteith ont fusionné une approche de bilan énergétique avec une méthode de transfert de masse, aboutissant à une équation permettant de calculer l'évapotranspiration d'une surface d'eau libre.

La formule est la suivante :

$$ET0 = C \times (W \times Rn + (1-W) \times F(u) \times (ea - ed))$$

- ET0: Évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.
- W : Facteur de pondération tenant compte de l'effet du rayonnement en fonction de la température et de l'altitude.
- Rn : Rayonnement net en équivalent évaporation, exprimé en mm/jour.
- ETM (mm/j) = Kc × ET0 F(u): Fonction liée à la vitesse du vent.
- ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.
- ed: Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, en millibars. La différence (ea - ed) sert de facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Nous avons utilisé le logiciel Cropwat 8.0, qui repose sur la méthode de Penman et Monteith, pour calculer l'ET0. Cropwat 8.0 est un outil destiné à la planification et à la gestion des systèmes d'irrigation. Pour cela, il est nécessaire de fournir les données suivantes : température minimale et maximale (°C), humidité (%), vitesse du vent (km/j), et insolation (h). [6]

Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau IV.1 : résultat de calcul d'ET0 par logiciel CROPWAT

Mois	T max (C°)	T min (C°)	Humidité (%)	Vitesse du vent (km/j)	Insolation (h)	Rayonnement (MJ/ m ² /j)	ET0 (mm/j)
Jan	23.02	3.82	72	172	5.7	9.40	1.02
Fév	23.12	5.72	68	172	6.8	12.90	1.50
Mars	25.23	4.88	75	172	7.1	16.03	2.24
Avril	32.14	5.11	72	172	8.1	20.16	3.40
Mai	34.80	11.20	74	172	8.35	21.86	4.04
Juin	38.67	14.62	70	172	10.6	25.53	5.08
Juillet	35.20	21.10	73	172	10.9	25.78	5.20
Aout	41.30	22.11	69	172	10.3	23.42	5.16

Sept	40.62	17.79	72	172	8.3	18.4	4.05
Oct	33.61	13.14	71	172	7.1	13.91	2.47
Nov	28.21	14.29	69	172	6.3	10.05	1.52
Déc	26.3	10.09	65	172	5.5	8.63	1.13
Moyenne	31.58	11.99	71	172	7.92	17.17	3.07

1.2 . Calcul de la pluie efficace :

Le programme CROPWAT 8 nous permettra de déterminer la précipitation efficace, qui correspond à la portion des précipitations contribuant réellement à répondre aux besoins d'évapotranspiration des cultures après déduction des pertes dues au ruissellement de surface, à la percolation profonde, etc.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Calcul de la pluie efficace .

Mois	Sep	Oct	Noc	Dec	Jan	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout
Pmoy80% (mm/mois)	13.61	18.49	24.8	20.4	19.6	16.7	15.22	13.8	14.9	5.6	1.2	3.5
Peff	13.3	18.1	23.9	19.6	19.1	16.3	14.8	13.5	14.6	5.4	1.3	3.4

1.3. Réserve facilement utilisable :

Il s'agit de la quantité d'eau présente dans la couche de sol explorée par les racines, située entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Plus l'humidité se rapproche du point de flétrissement, plus il est difficile pour les plantes d'extraire l'eau. La réserve facilement utilisable (RFU) se calcule avec la formule suivante :

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

où :

- h_{cc} : représente l'humidité à la capacité au champ,

- h_{pf} : est l'humidité au point de flétrissement,
- Z : est la profondeur racinaire,
- Y : est un coefficient dépendant de la nature du sol,
- D_a : est la densité apparente du sol.

Pour un sol sableux, $Y = 1/2$ et pour un sol argileux, $Y = 2/3$

Dans notre cas, $Y = 2/3$

Tableau IV.3 : la densité apparente selon le type du sol

Texture	Densité apparente
Sable	1.65
Limon-sableux	1.50
Limon	1.40
Limon-argileux	1.35
Argile-limoneuse	1.30
Argile	1.25

Donc $D_a = 1.35$

1.4. Évaporation maximale de la culture ETM :

Il s'agit de la quantité maximale d'évapotranspiration pour une culture donnée à un stade critique de son développement, en fonction des conditions climatiques spécifiques. L'ETM est calculée selon la formule suivante :

où :

K_c : est le coefficient cultural,

ET_0 : est l'évapotranspiration de référence.

1.5. Occupation de sols :

Pour calculer les besoins en eau, il est essentiel de commencer par définir les cultures qui seront implantées dans notre zone d'étude, ainsi que leur répartition. Ce choix ne se fait pas au hasard mais doit prendre en compte diverses contraintes climatiques, sociales et agropédologiques. Nous proposons les cultures suivantes :

Tableau IV.5 : occupation de périmètre

Culture marichaire	Arboriculture
Tomate	Agrume
Pomme de terre	Raisin
Pomme de terre (saison)	
Haricot vert	

Dans le tableau ci-dessous, nous présenterons les superficies occupées par les différentes cultures.

Tableau IV.6 : la surface occupée par chaque culture

Culture	Surface occupée
Tomate	50 ha
Pomme de terre	40ha
Haricot	40 <i>ha</i>
Pomme de terre (saison)	50 <i>ha</i>
Agrume	35 <i>ha</i>
Vignie	35 <i>ha</i>

1.6. Assolement des cultures :

L'assolement fait référence à la rotation de différentes cultures sur le même champ au fil du temps. Cette pratique agricole vise à préserver et améliorer la fertilité des sols au cours des saisons. Il peut également être décrit comme la diversité géographique des cultures à un moment donné.

Tableau IV.7 : l'assolement des cultures

Assolement 1	Assolement 2
Tomate	Pomme de terre (saison)
Pomme de terre	Haricot vert
Agrume	Agrume
Raisin	Raisin

Tableau IV.8 : période de végétation des cultures

Culture	sep	oct	nov	dec	Jan	fev	mars	avrl	mai	juin	juil	Aout
Tomate							←	→				
Pomme de terre	←	→										
Haricot	→										←	→
Pomme de terre (saison)							←	→				
Agrume	←	→										→
Raisin	←	→										→

1.7 . Estimation des coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) pour chaque culture ont été déterminées d'après les données établies par Doorenbos (FAO, 2003), en tenant compte du stade de développement de la plante et du climat spécifique.

Tableau IV.9 : le Kc des cultures choisies

Culture	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Tomate	-	-	-	-	-	-	0.50	0.85	1.15	0.85	-	-
Pomme de terre	0.51	0.71	0.94	0.76	-	-	-	-	-	-	-	-
Haricot	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	0.65	0.95
Pomme de terre (saison)	-	-	-	-	-	0.52	0.71	1.00	0.75	-	-	-
Agrume	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75
Vignie	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.85	0.85	0.85	0.85	0.45	0.45

Les résultats des différents paramètres évoqués précédemment sont rassemblés dans ces tableaux, chaque tableau représentant une des cultures sélectionnées.

Tableau IV.10: Calcul des besoins en eau pour la tomate

Mois	Pmoy (mm)	Peff	ET0	Z(m)	RFU	Kc	ETM	Bnet
Sep	13.6	13.3	124.7					
Oct	18.5	18	91.2					
Nov	24.9	23.8	56.32					
Dec	20.4	19.8	42.33					
Jan	19.5	19	42.92					
Fév	16.8	16.3	49.3					
Mars	15.2	14.8	77.91	0.61	104	0.50	38.95	68.4
Avril	13.8	13.4	99.98	0.90	156	0.85	84.98	81.5
Mai	14.9	14.5	124.07	1.22	208	1.15	142.68	81.7
Juin	5.5	5.6	156.02	1.20	208	0.85	132.87	87.8

Juillet	1.3	1.2	174.31					
Aout	3.4	3.4	169.32					

Tableau IV.11 : calcul des besoins en eau pour la pomme de terre

Mois	Pmoy (mm)	Peff	ET0	Z(m)	RFU	Kc	ETM	Bnet
Sep	13.6	13.3	124.7	0.20	34.67	0.51	62.36	52.8
Oct	18.5	18	91.2	0.40	69.34	0.71	63.82	67.8
Nov	24.9	23.8	56.32	0.50	86.67	0.94	56.34	36.00
Dec	20.4	19.8	42.33	0.50	86.68	0.76	31.73	0
Jan	19.5	19	42.92					
Fév	16.8	16.3	49.3					
Mars	15.2	14.8	77.91					
Avril	13.8	13.4	99.98					
Mai	14.9	14.5	124.07					
Juin	5.5	5.6	156.02					
Juillet	1.3	1.2	174.31					
Aout	3.4	3.4	169.32					

Tableau IV.12 : calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (saison)

Mois	Pmoy (mm)	Peff	ET0	Z(m)	RFU	Kc	ETM	Bnet
Sep	13.6	13.3	124.7					
Oct	18.5	18	91.2					
Nov	24.9	23.8	56.32					
Dec	20.4	19.8	42.33					
Jan	19.5	19	42.92					
Fév	16.8	16.3	49.3	0.25	43.34	0.52	24.67	00

Mars	15.2	14.8	77.91	0.50	86.68	0.71	54.54	69.3
Avril	13.8	13.4	99.98	0.50	86.68	1.00	99.97	74.6
Mai	14.9	14.5	124.07	0.50	86.68	0.75	93.06	123.9
Juin	5.5	5.6	156.02					
Juillet	1.3	1.2	174.31					
Aout	3.4	3.4	169.32					

Tableau IV.13: calcul des besoins en eau pour les haricots

Mois	Pmoy (mm)	Pe _{eff}	ET ₀	Z(m)	RFU	K _c	ETM	B _{net}
Sep	13.6	13.3	124.7	0.70	121.34	0.85	105.97	00
Oct	18.5	18	91.2					
Nov	24.9	23.8	56.32					
Dec	20.4	19.8	42.33					
Jan	19.5	19	42.92					
Fév	16.8	16.3	49.3					
Mars	15.2	14.8	77.91					
Avril	13.8	13.4	99.98					
Mai	14.9	14.5	124.07					
Juin	5.5	5.6	156.02	0.50	86.65	0.52	78.02	40.2
Juillet	1.3	1.2	174.31	0.50	86.65	0.65	113.31	183.5
Aout	3.4	3.4	169.32	0.70	121.34	0.95	186.25	131.1

Tableau IV.14 : Calcul des besoins en eau pour l'agrumes

Mois	Pmoy(mm)	Pe _{eff}	ET ₀	Z(m)	RFU	K _c	ETM	B _{net}
Sep	13.6	13.3	124.7	1.50	260	0.75	93.54	00
Oct	18.5	18	91.2	1.50	260	0.75	69.40	00

Nov	24.9	23.8	56.32	1.50	260	0.75	42.25	00
Dec	20.4	19.8	42.33	1.50	260	0.65	27.50	00
Jan	19.5	19	42.92	1.50	260	0.65	27.90	00
Fév	16.8	16.3	49.3	1.50	260	0.65	32.03	00
Mars	15.2	14.8	77.91	1.50	260	0.65	50.63	00
Avril	13.8	13.4	99.98	1.50	260	0.65	64.98	57.4
Mai	14.9	14.5	124.07	1.50	260	0.65	80.44	83.1
Juin	5.5	5.6	156.02	1.50	260	0.65	101.41	141.6
Juillet	1.3	1.2	174.31	1.50	260	0.75	130.75	141.6
Aout	3.4	3.4	169.32	1.50	260	0.75	126.97	141.8

Tableau IV.15 : Calcul des besoins en eau pour les vignie

Mois	Pmoy(mm)	Peff	ET0	Z(m)	RFU	Kc	ETM	Bnet
Sep	13.6	13.3	124.7	1.50	260	0.30	37.41	00
Oct	18.5	18	91.2	1.50	260	0.30	27.35	00
Nov	24.9	23.8	56.32	1.50	260	0.30	16.91	00
Dec	20.4	19.8	42.33	1.50	260	0.30	12.72	00
Jan	19.5	19	42.92	1.50	260	0.30	12.86	00
Fév	16.8	16.3	49.3	1.50	260	0.30	14.79	00
Mars	15.2	14.8	77.91	1.50	260	0.85	66.22	00
Avril	13.8	13.4	99.98	1.50	260	0.85	84.98	00

Mai	14.9	14.5	124.07	1.50	260	0.85	105.45	106.1
Juin	5.5	5.6	156.02	1.50	260	0.85	132.62	107.2
Juillet	1.3	1.2	174.31	1.50	260	0.45	78.43	214.5
Aout	3.4	3.4	169.32	1.50	260	0.45	76.18	105.7

Tableau IV.16 : les besoins nets de l'assolement 1.

Mois	Tomate	Pomme de terre	Agrume	Vignie	Totale
Sep			00	00	00
Oct			00	00	00
Nov			00	00	00
Dec			00	00	00
Jan			00	00	00
Fév		00	00	00	00
Mars	68.3	69.1	00	00	137.5
Avril	81.7	74.8	57.1	00	213.6
Mai	81.8	123.8	83.3	106.1	394.7
Juin	88.00		141.4	107.3	336.7
Juillet			141.7	214.6	354
Aout			141.9	105.4	247.7

Tableau IV.17 : les besoins nets de l'assolement 2.

Mois	Pomme de terre	Haricot	Agrume	Raisin	Totale
Sep	52.9	00	00	00	52.6
Oct	67.6		00	00	67.9
Nov	36.1		00	00	36.2
Dec	0		00	00	00
Jan			00	00	00
Fév			00	00	00
Mars			00	00	00
Avril			57.2	00	57.1
Mai			83.3	106.3	189.6
Juin		40.4	141.7	107.00	289.3
Juillet		183.9	141.4	214.7	539.6
Aout		131.1	141.9	105.4	378.6

1.8 Calcul du débit spécifique :

Le débit spécifique est calculé en utilisant la formule suivante :

$$Q_s = B_{net} / (N_j \times N_i \times 3600 \times E_i)$$

où :

Best le besoin net du mois de pointe en mm/mois,

Ni est le nombre d'heures d'irrigation par jour (22 heures),

Nj est le nombre de jours dans le mois de pointe (30 jours),

Ei est l'efficacité d'irrigation, estimée à 90%. (système d'irrigation localisé)

Nous avons calculé les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 2), avec des besoins de pointe correspondant au mois de juillet :

$$B_{net} = 539.8 \text{ mm/mois}$$

Ce qui donne un débit spécifique de :

$$Q_s = 2.83 \text{ l/s/ha}$$

1.9 Calcul du débit caractéristique :

Le débit caractéristique est déterminé en utilisant la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \times S$$

où :

q_s représente le débit spécifique du mois de pointe en l/s/ha,

S est la superficie nette à irriguer, soit 250 ha.

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1,5, ce qui indique un risque de surdimensionnement des conduites. Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Calculer la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures.
- Utiliser la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
- Adopter le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Étant donné que le débit spécifique q_s est supérieur à 1.5 l/s/ha ($2.83 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$), nous adoptons le débit spécifique de la culture la plus exigeante, qui est de 0.77 l/s/ha (déterminé à partir de CROPWAT).

1.10 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

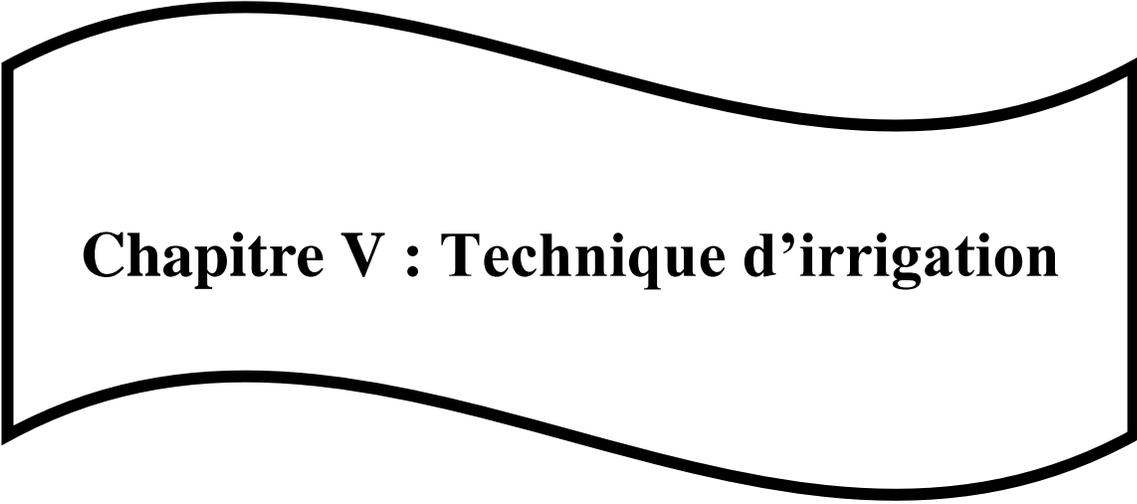
Le volume des besoins en eau se calcule en multipliant les besoins bruts de la culture par la superficie cultivée. Les volumes des besoins en eau pour notre périmètre sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau IV.18 : volume d'eau d'irrigation

Cultures	Surface	Besoin nets	Besoin brutes	Totale
Tomate	50	319.3	4498.6	224929.50
Pomme de terre	40	156.7	2205.62	88225.20
Haricot	40	355.5	5005.64	200225.20
Pomme de terre (saison	50	267.6	3770.41	188521.00
Agrume	35	565.5	7964.43	278767.65
Raisin	35	533.4	7512.69	262943.80
	250		Total	123612.35

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons identifié les cultures à planter dans le périmètre et évalué leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique en tenant compte de la moyenne des débits spécifiques pour toutes les cultures. Enfin, nous avons déterminé la demande totale en eau pour la zone.



Chapitre V : Technique d'irrigation

Introduction :

L'irrigation dans les systèmes agricoles représente le secteur le plus crucial pour la gestion et l'utilisation de l'eau. Pour garantir des rendements optimaux et la croissance des cultures, il est essentiel de gérer efficacement les ressources en eau.

Dans ce chapitre, nous examinerons les différentes techniques d'irrigation visant à augmenter les rendements tout en minimisant la consommation d'eau. Ensuite, nous sélectionnerons la technique la plus adaptée aux caractéristiques de notre périmètre.

1 Choix de la technique d'irrigation :

Le choix d'un système d'arrosage rationnel, pratique et économique doit prendre en compte plusieurs facteurs :

- **Type de sol:** Il est essentiel de considérer l'infiltration et la capacité de rétention du sol (caractéristiques hydrodynamiques).
- **Relief :** Les systèmes classiques d'arrosage de surface sont à éviter sur des terrains à forte pente.
- **Type de culture :** Il est nécessaire d'adapter les modes d'irrigation aux différents types de cultures.
- **Maîtrise de la technique :** Le système choisi doit être bien connu et éventuellement déjà utilisé par l'exploitant.
- **Coût de l'installation:** Un système coûteux est généralement déconseillé pour l'irrigation d'appoint et n'est rentable que pour des cultures très productives. [2]

1.1. Irrigation par aspersion :

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est distribuée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à des dispositifs d'aspersion alimentés par de l'eau sous pression. Le nombre de rampes et d'arroseurs utilisés permet d'arroser une portion spécifique de la parcelle, appelée position ou poste. Les dispositions les plus courantes sont en carré, avec une distance maximale de $R\sqrt{2}$ entre deux arroseurs voisins (R étant la portée du jet). Les dispositions en triangle sont également parfois utilisées, offrant une distance maximale de $R\sqrt{3}$ entre arroseurs voisins.



Figure V.1 : irrigation par aspersion

1.1.1 Les avantages de l'irrigation par aspersion :

- ✓ Aucun pré-aménagement de la zone d'irrigation n'est nécessaire.
- ✓ Elle permet une oxygénation significative de l'eau lorsqu'elle est dispersée sous forme de pluie.
- ✓ Elle offre la possibilité d'un dosage précis et d'une distribution homogène de l'eau.
- ✓ Elle fournit aux exploitations des options d'arrosage très flexibles.

1.1.2 Les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

- ✓ Au départ, chaque irrigant doit supporter des coûts élevés pour l'installation et nécessite souvent une main-d'œuvre importante pour la mise en place.
- ✓ Elle favorise l'évaporation, un phénomène accentué lorsque les gouttelettes sont très fines et que la zone est aride.
- ✓ Elle peut faciliter la prolifération des mauvaises herbes.
- ✓ La distribution d'eau peut provoquer la formation d'une croûte en surface sur les sols argileux.

1.1.3 Fonctionnement de l'asperseur :

L'irrigation par aspersion simule l'effet de la pluie en permettant de contrôler l'intensité et la hauteur des précipitations. Cette méthode nécessite une pression modérée à élevée (de 3 à 6 bars à la buse). L'élément central de ce système est l'asperseur, où une buse génère un jet dirigé vers une cuillère. Le mouvement rotatif de l'asperseur est initié par un bras mobile actionné par le jet, et un ressort de rappel assure le retour du bras, garantissant ainsi la rotation continue de l'asperseur.



Figure V.2 : Asperseur d'arrosage

1.2. Irrigation par goutte à goutte (localisé) :

Cette technique consiste à apporter de l'eau uniquement à la zone du sol occupée par les racines des plantes. L'application d'eau se fait à faible débit et à intervalles fréquents. Le système le plus utilisé pour cette méthode est le "goutte-à-goutte".

Les goutteurs distribuent de petits volumes d'eau (entre 2 et 12 L/h) sous une pression d'environ 1 bar. Ils sont installés à intervalles rapprochés sur des tuyaux souples qui constituent les rampes d'arrosage posées sur le sol le long des rangs de culture. L'eau délivrée s'infiltré immédiatement dans le sol.



Figure V.3 : irrigation localisé

1.2.1. Les avantages de l'irrigation localisé :

- **Avantages agronomique :**

- ✓ Les racines bénéficient d'une humidité élevée du sol tout en assurant une bonne aération constante.
- ✓ L'application d'engrais mélangés avec l'eau d'arrosage est facile à mettre en œuvre.
- ✓ Contrairement à l'aspersion, l'air autour des plantes ne devient pas excessivement humide.
- ✓ La croissance des mauvaises herbes est limitée.
- ✓ Les travaux agricoles ne sont pas gênés par les systèmes d'arrosage.

- **Avantage économique :**

L'espacement entre les lignes a un impact significatif sur le coût de production, qui est beaucoup plus faible que celui des autres systèmes fixes comme l'aspersion. Les coûts opérationnels restent également bas, notamment en raison de la faible pression nécessaire.

- **Efficiences de l'eau :**

L'évaporation est minimisée car les gouttes d'eau ne parcourent pas de trajectoire aérienne, ce qui évite un mouillage excessif du feuillage et maintient une partie du sol sèche, limitant ainsi significativement la croissance des mauvaises herbes (Rieul, 1992). Par conséquent, aucun ruissellement ni débordement n'est observé sur les parcelles voisines.

1.2.2. Les inconvénients de l'irrigation localisée :

- Blocage des goutteurs
- Accumulation de sels

1.2.3. Fonctionnement de l'irrigation par goutte à goutte :

Le système d'irrigation goutte-à-goutte, fonctionnant à basse pression (0,5 à 2 bars), utilise des goutteurs pour fournir de manière régulière et ciblée la quantité d'eau appropriée aux racines des plantes. Parmi ces goutteurs, les plus fréquemment utilisés sont les goutteurs intégrés, les boutons et, dans une moindre mesure, les goutteurs en ligne. Tous ces types de goutteurs sont conçus pour distribuer l'eau à un faible débit, en régime turbulent. Ils sont également disponibles en versions autorégulées, assurant un débit uniforme même en cas de variation de pression dans une certaine plage.

Dans le contexte de la culture de la canne à sucre, il est crucial que les lignes de goutteurs soient entièrement enterrées sous terre. Étant donné la densité de goutteurs requise, seul le modèle intégré est utilisé.

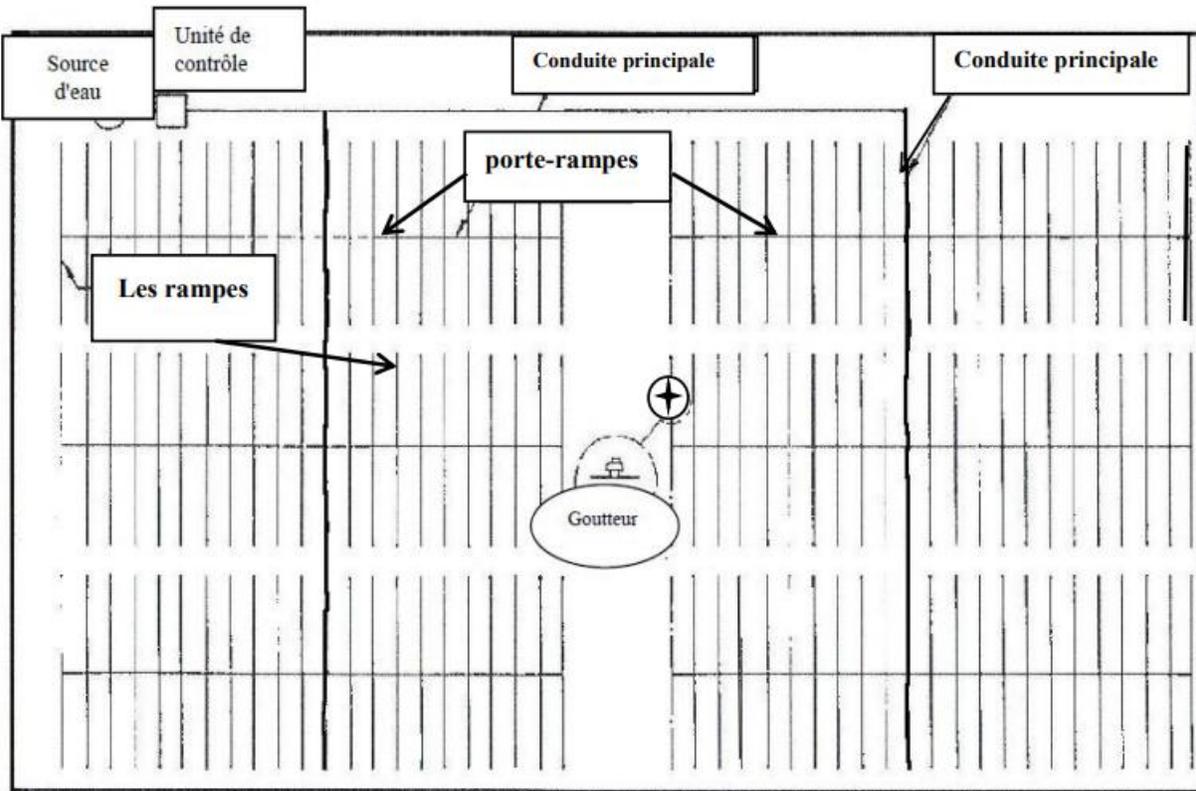


Figure V.4 : Réseau d'irrigation localisé

L'irrigation goutte-à-goutte consiste à appliquer de manière individualisée de petites quantités d'eau avec précision et fréquence à chaque plante à l'aide de goutteurs. C'est la méthode d'irrigation la plus avancée, offrant un haut niveau d'efficacité d'application. L'eau est dispensée de manière continue à un point spécifique sous forme de gouttelettes, pénétrant le sol pour humidifier la zone racinaire à la fois par la gravité en profondeur et par capillarité latéralement, résultant ainsi en une humidification partielle de la zone plantée.

Dans les sols de structure moyennement dense et de bonne qualité, la migration horizontale de l'eau sous la surface est plus prononcée que dans les sols sableux (voir tableau V.1). De plus, si le débit du goutteur dépasse la capacité d'absorption du sol ainsi que sa conductivité hydraulique, l'eau peut s'accumuler en surface, favorisant ainsi une répartition de l'eau plus latérale que verticale. Les valeurs suivantes concernant la dispersion latérale de l'eau servent d'indicateurs :

1.2.4. Composant du réseau :

Un système complet d'irrigation goutte-à-goutte comprend une infrastructure de départ, des canalisations principales et secondaires, des points de distribution, des canaux d'adduction, ainsi que des conduits latéraux équipés de goutteurs :

- L'ouvrage de tête
- Les conduites principales et secondaires
- Les points de distribution
- Les adducteur
- Les conduites à goutteur



Figure V.5 : Borne d'irrigation

- **Les goutteurs :**

Les goutteurs sont de petits dispositifs de distribution en plastique de haute qualité. Ils sont positionnés à intervalles réguliers le long de petits tuyaux flexibles en PE. L'eau est acheminée vers les goutteurs sous une pression d'environ 1 bar et est libérée sans pression sous forme de gouttelettes continues, avec un débit faible variant de 1 à 24 litres par heure.



Figure V.6 : Irrigation localisé par goutteur

1.3 Irrigation par pivot :

L'irrigation pivot est un système automatisé qui arrose une zone circulaire en utilisant de l'énergie électrique pour actionner le processus. L'eau est distribuée le long de rangées alignées en série, pivotant de manière coordonnée autour d'un point central.



Figure V.7 : Arrosage par pivot

1.3.1. Les éléments principaux d'un pivot :

- Centre de la tour
- Commande centrale
- Structure de la travée
- Connexion
- Bras d'extension
- Tour mobile

1.3.2. Les avantages de l'irrigation par pivot :

- Gestion efficace de l'eau : en ajustant la quantité d'irrigation en temps réel en fonction des besoins spécifiques de la culture.
- Amélioration de la résilience.
- Optimisation de la rentabilité.
- Précision accrue dans l'application de l'eau.
- Polyvalence fonctionnelle accrue.

1.3.3. Les inconvénients de l'irrigation par pivot :

- Investissement initial élevé
- Dépendance à l'électricité pour le fonctionnement
- Consommation importante en eau
- Pertes d'eau dues à l'évaporation et au ruissellement
- Utilisation d'énergie non renouvelable
- Contribution aux émissions de gaz à effet de serre et au changement climatique

1.3.4. Type d'installation d'un pivot :

Il existe deux types d'installations distincts :

- Installation mobile
- Installation permanente (fixe)

1.4. L'irrigation gravitaire :

Cette approche requiert une grande quantité d'eau par unité de surface et repose sur la distribution de l'eau en exploitant la configuration naturelle du terrain en pente. Elle peut être catégorisée en :

1.4.1. L'irrigation par submersion :

Cette méthode implique l'application d'une couche d'eau épaisse sur le sol, maintenue pendant une durée suffisante pour permettre une infiltration à la profondeur nécessaire, laquelle varie selon les besoins de croissance des plantes. Elle est particulièrement adaptée aux sols perméables présentant une pente inférieure à 2 %.

1.4.2. L'irrigation par infiltration :

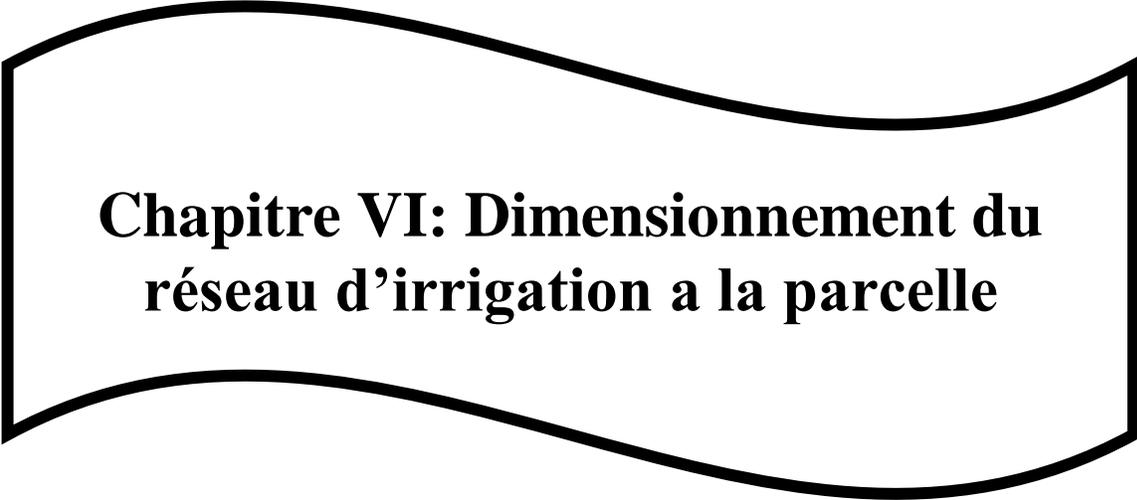
L'eau suit le chemin le long des fossés, des rigoles ou des raies, puis s'infiltré latéralement dans le sol jusqu'à atteindre les racines des plantes.

1.4.3 L'irrigation par ruissellement :

Cette approche implique le ruissellement de l'eau à la surface du sol, où elle s'infiltré verticalement. On autorise l'eau à s'écouler pendant un laps de temps suffisant pour permettre une humidification en profondeur du sol jusqu'à atteindre la couche active.

Conclusion :

Ce chapitre explore les diverses modalités d'irrigation disponibles, en mettant en évidence leurs avantages et leurs inconvénients respectifs, dans le but de choisir de manière éclairée la méthode la plus adaptée aux caractéristiques climatiques de notre région d'étude. Après avoir examiné attentivement les différentes options, nous avons opté pour un système d'irrigation spécifique : l'irrigation au goutte-à-goutte.



**Chapitre VI: Dimensionnement du
réseau d'irrigation a la parcelle**

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons examiner en détail le dimensionnement du réseau à la parcelle en utilisant une seule technique choisie, l'irrigation par goutte-à-goutte, ainsi que le dimensionnement du réseau de distribution.

1. Découpage des ilots :

Le terme "îlot d'irrigation" désigne une unité hydro-agricole desservie par une borne d'irrigation. Cette borne peut avoir une ou plusieurs sorties, également appelées "prises", en fonction du nombre d'arrosages qu'elle doit simultanément gérer, surtout lorsqu'elle se trouve à la frontière de plusieurs exploitations.

Chaque borne, ainsi que chaque sortie, doit remplir plusieurs fonctions essentielles, notamment :

- La régulation du débit, ou plus précisément, sa limitation au module approprié.
- La régulation de la pression.
- La comptabilisation de la quantité d'eau fournie.
- La gestion des interruptions accidentelles de l'approvisionnement en eau.

1. 1 Tailles des ilots d'irrigation :

La taille de l'îlot est déterminée en tenant compte du débit de l'équipement de prise, en relation avec le débit fictif continu maximum à l'intérieur de l'îlot. De plus, le débit fourni par la prise d'irrigation doit correspondre à la quantité d'eau nécessaire pour appliquer la méthode d'irrigation sélectionnée dans l'exploitation.

2. Dimensionnement a la parcelle :

2. 1 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte a goutte :

Le système d'irrigation sera installé sur la parcelle P9, alimentée par la borne B5, avec une pression disponible de 4,57 bars, ce qui est largement suffisant .

Culture : Agrume

Espacement entre arbres : 3 mètres

Espacement entre rangs : 3 mètres

Besoins mensuels maximaux pour les agrumes : 130.75 mm

Caractéristiques des goutteurs :

Débit nominal : 4 l/h

Pression nominale : 10 mce

Espacement des goutteurs : 1.5 m

Nombre de goutteurs par arbre : 2

2.2 . Influence du taux de couverture du sol :

Avec l'utilisation de la micro-irrigation, l'eau est appliquée de manière ciblée sur une petite zone autour des plantes, protégée par leur feuillage. Cela réduit considérablement l'évaporation directe de l'eau à partir du sol, comme l'ont indiqué Ollier & Poirée en 1981.

Dans ce contexte, un coefficient de réduction, noté K_r , est appliqué à l'ETM (Évapotranspiration de référence). La valeur de K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes matures. Voici quelques formules pour calculer K_r :

Formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = C_s/85$$

Formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) = 0.8$$

Nous adoptons la formule de Freeman et Garzoli : $K_r = 0.8$.

2.3 La dose d'irrigation nette pratique

Le besoin d'irrigation net (Bnet) est le volume (ou la hauteur) d'eau théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée, en excluant les pertes et les contributions d'autres ressources.

La formule pour calculer la dose d'irrigation nette pratique (Dp) est la suivante :

$$Dp = (Hcc - Hpf) \times Y \times Z \times P \% = RFU \times P\%$$

Où :

Hcc : Humidité à la capacité au champ (Hcc = 27%)

Hpf : Humidité au point de flétrissement (Hpf = 13%)

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

Z : Profondeur d'enracinement (Z = 1500 mm)

Da: Densité apparente du sol (Da = 1.35)

P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot sh}{Sa \cdot Sr} = 20\%$$

Avec :

P : Volume du sol humidifié.

n : Nombre de points de distribution par arbre (2 par arbre).

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins pour le même arbre (1.5 m).

Sh : Largeur de la bande humidifiée (0.60 m).

Sr : Espacement entre les rangs d'arbres (3 m).

Sa : Espacement des arbres sur les rangs (3 m).

$$\text{Donc : } D_p = (27 - 13) / 100 \times 1500 \times 2/3 \times 1.35$$

$$D_p = 24.93 \text{ mm}$$

2. 4 : Calcul des besoins journalier corrigés ETM :

$$\text{Calcul de l'ETM journaliers : } ETM = 130.75/30$$

$$ETM = 4.36 \text{ mm}$$

$$ETM_c = ETM \times K_r = 4.36 \times 0.8 = 3.49$$

2.5. Fréquence d'arrosage :

La fréquence d'arrosage peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$T_r = \frac{\text{Dose nette}}{ETM_c}$$

$$T_r = \frac{24.93}{3.49} = 6.98 = 7 \text{ jrs}$$

Donc on prend $T_r = 7$ jrs

2.6. Calcul de la dose brute :

Selon Compaore (2003), on recalculera la nouvelle dose brute (dose réelle)

$$\text{Dose brute} = \frac{D_r}{\text{Eff} \times \text{Cu}}$$

$$\text{Dose brute} = \frac{24.93}{0.90 \times 0.96} = 33.03$$

Avec :

Eff : désigne l'efficacité du réseau d'irrigation (0.71).

Cu : désigne le coefficient d'uniformité (0.96).

2.7. Durée d'arrosage :

La durée d'arrosage se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$h = \frac{D_b \times S_a \times S_r}{n \times Q_g}$$

Où :

Dbrute : représente le besoin brut calculé précédemment (33.03 mm).

Sa et Sr : sont respectivement l'espacement entre les arbres et entre les rangs.

n : est le nombre de goutteurs par arbre (2).

Qg : est le débit de chaque goutteur (4 l/h).

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

$$h = \frac{33.03 \times 9}{2 \times 4} = 37.16$$

2.8. Durée d'arrosage journalie :

Pour déterminer la durée quotidienne d'arrosage, on utilise la formule suivante :

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

En appliquant les données à cette équation, on obtient :

$$DJ = \frac{37.16}{7} = 6 \text{ h/ jr}$$

Ainsi, la durée d'arrosage journalier est de 6 heures.

2.9. Nombre d'arbres par hectare :

Pour déterminer le nombre d'arbres par hectare, on utilise la formule suivante :

$$N_{\text{arbre}} = \frac{1 \text{ ha}}{S_a \times S_r}$$

En appliquant les données, on obtient :

$$N_{\text{arbre}} = \frac{10000}{3 \times 3} = 1111$$

Ainsi, le nombre d'arbres par hectare est de 1111

2.10. Nombre d'arbres par rampe :

Pour calculer le nombre d'arbres par rampe, utilisez la formule suivante :

$$N_{rampe} = \frac{L_{rgp}}{S_a}$$

$$\text{Donc : } N_{rampe} = \frac{159}{3} = 53 \text{ arbres}$$

2.11. Nombre de goutteurs par rampe :

Pour déterminer le nombre de goutteurs par rampe, on utilise la formule suivante :

$$N_g = N_{grp} \times 2$$

En appliquant ces valeurs dans l'équation, on obtient :

$$N_g = 53 \times 2 = 106$$

Ainsi, il y a 106 goutteurs par rampe.

2.12. Débit d'une rampe :

Pour calculer le débit d'une rampe, utilisez la formule suivante :

$$Q_{rampe} = N_g \times Q_g$$

En utilisant les valeurs fournies, le calcul donne :

$$Q_{rampe} = 106 \times 4 = 424 \text{ l/h}$$

Ainsi, le débit d'une rampe est de 424 l/h

2.13. Nombre de rampes :

Pour déterminer le nombre de rampes, on utilise la formule suivante :

$$N_{rampe} = \frac{L_{ngp}}{S_r}$$

En appliquant les valeurs dans cette équation, le calcul donne :

$$N_{rampe} = \frac{266}{3} = 66 \text{ rampes}$$

Ainsi, il y a 66 rampes.

2.14. Débit de porte rampe :

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

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

En appliquant ces valeurs dans l'équation, on obtient :

$$Q_{prmp} = 424 \times 66 = 27984 \text{ l/h}$$

3 . Calcul hydraulique du réseau d'irrigation goutte-à-goutte :

Les calculs hydrauliques impliquent l'évaluation des éléments suivants :

- Les débits dans chaque segment et à l'origine du réseau.
- Les diamètres des conduites.
- Les vitesses d'écoulement de l'eau à travers les conduites.
- Les pertes de pression cumulées.

Selon la règle de Christiansen, la variation de débit entre les goutteurs ne doit pas dépasser 10%. La variation maximale des débits entre les goutteurs est donnée par :

$$\Delta q = \frac{10\% \times q}{q}$$

Sachant que :

$$q = K \times H$$

On a :

$$\Delta q = K \times \frac{\Delta H}{H_n}$$

En utilisant les notations suivantes :

Q_g : le débit d'un goutteur.

H_n : la pression nominale.

Nous pouvons réécrire l'équation comme suit :

$$0.1 = 0.5 \times \Delta H / 10 \quad \text{Donc } \Delta H = 2 \text{ mce}$$

Supposons que les pertes de charge singulières représentent 10%, ce qui se traduit par une valeur de 0,2 mce. De plus, les pertes de charge linéaires sont de 1,8 m. La répartition des pertes de charge est donc la suivante :

1/3 sur les porte-rampes : P.d.c (pr) = 0,6 mce

2/3 sur les rampes : P.d.c (r) = 1,2 mce

$$D(\text{mm}) = \left(\frac{\text{pdc}(r) \times 2.75}{0.478 \times Qr^{1.75} L(r)} \right)^{-1/4.75}$$

$$D(\text{mm}) = 17.9 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

En tenant compte des paramètres suivants :

Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe,

Q(r) : le débit de la rampe en litres par heure (l/h),

L(r) : la longueur de la rampe en mètres (m),

Ør(cal) : le diamètre de la rampe calculé,

Øpr(cal) : le diamètre du porte-rampe calculé,

Nous réévaluons les pertes de charge pour un D= 18 mm

- **Perte de charge unitaire :**

$$I = 0.178 D^{(-4.75)} Q^{1.75}$$

$$I = 0.0076 \text{ m/m} \text{ Donc } J_{tr} = 1.2 \text{ m}$$

- **Même calcul pour les porte rampe :**

$$D(\text{mm}) = \left(\frac{\text{pdc}(r) \times 2.75}{0.478 \times Qr^{1.75} L(\text{pr})} \right)^{-1/4.75}$$

$$D(\text{mm}) = 108 \text{ mm} \text{ donc } D_{nor} = 110 \text{ mm}$$

Calcul de perte de charge :

$$I = 0.178 D_{pr}^{(-4.75)} Q^{1.75}$$

$$I = 0.0021 \text{ m/m donc : } J_{tr} = 0.558$$

3.1. Débit de la conduite secondaire :

On a 2 partie :

$$\text{Partie 01 : } Q_{csl} = Q_{pr} \times N_{pr} = 27984 \times 4 = 111936 \text{ l/h}$$

$$\text{Partie 02 : } Q_{csl} = Q_{pr} \times N_{pr} = 27984 \times 2 = 55968 \text{ l/h}$$

3.2. Débit de la conduite principale :

$$Q_{cp} = Q_{pr} \times N_{pr} = 27984 \times 6 = 167904 \text{ l/h}$$

3.3. Calcul du diamètre de la conduite tertiaire (conduite d'approche) :

Pour déterminer le diamètre de la conduite tertiaire, nous devons fixer une vitesse d'écoulement d'environ 1,04 m/s. Utilisant la formule suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{V\pi}}$$

Où :

Q : débit de la conduite considérée (m³/s).

V : vitesse d'écoulement (m/s).

3.4. Évaluation des spécifications des conduites secondaires

Tableau VI 1 : Caractéristiques des conduites secondaires

Partie	L(m)	Q(l/h)	V supposées (m/s)	Dcal (mm)	Dnor (mm)	Vcal (m/s)
01	90 m	111936	1.04	322.56	350	1.01
02	90m	55968	1.04	241	250	1.003

3.5. Calcul des spécifications des conduites principales :

Tableau VI .2 : Caractéristiques de la conduite principale

Q(l/h)	V supp (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal
167904	1.04	399.98	400	1.035

3.6. Calcul de la pression en amont du réseau :

$$H = H1 + H2 + H3$$

H : pression en amont du réseau.

H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3 bars).

H2 : perte de charge totale de la rampe.

H3 : différence de niveau (0 m, terrain relativement plat).

Ainsi, $H = 30 + 0,055 + 0 = 30,055$ m

La pression de 30,055 mètres est adéquate, car elle dépasse pas la pression requise de 4,56 bars aux bornes.

3.7 La vitesse admissible :

La définition d'une vitesse maximale autorisée vise à prévenir les risques associés aux vitesses excessives (risque d'érosion) et aux vitesses insuffisantes (risque de dépôts solides). La plage de vitesse admissible varie de 0,5 m/s comme minimum à 2,5 m/s comme maximum.

3.8 Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau pour les conduites doit considérer la résistance du sol à la corrosion, ainsi que les besoins hydrauliques en débit et pression, tout en tenant compte de la disponibilité sur le marché. Les options courantes incluent l'acier, la fonte, le PVC, entre autres.

- Les conduites en **fonte** sont appréciées pour leur résistance aux contraintes internes et à la corrosion, ainsi que leur robustesse. Cependant, elles sont plus coûteuses.

- Les conduites en **PEHD** sont largement préférées pour leur légèreté, facilité de découpe, bonnes performances hydrauliques, disponibilité, facilité d'installation et coût raisonnable. Cependant, une mauvaise soudure peut entraîner des risques de rupture.

- Les conduites en **PRV**, composées de résine de polyester renforcée de fibres de verre, sont également envisageables. Dans notre contexte, les conduites seront en PEHD pour des diamètres jusqu'à 315 mm, tandis que la fonte sera privilégiée pour des diamètres supérieurs à 400 mm.

3.9. Calcul des débits aux bornes :

Pour déterminer le débit pour chaque borne alimentant un îlot, on utilise la formule suivante :

$$Q_b = q_s \times S$$

Où :

Q_b : représente le débit de chaque îlot (l/s)

q_s : désigne le débit spécifique (l/s/ha)

S : est la superficie de l'îlot (ha)

3. 10. Choix de diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes sont déterminés en fonction des débits spécifique comme suit :

Tableau VI 4 : type de borne

Type	Débit fournis	Entrée	Sortie
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$	1 entrée \varnothing 80-100	2 sortie \varnothing 65
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$	2 entrée \varnothing 80-100	4 sortie \varnothing 65
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 entrée \varnothing 80-100-125	2 sortie \varnothing 100
Type C	$80 \text{ m}^3/\text{h} < Q \text{ m}^3/\text{h}$	2 entrée \varnothing 80-100-125	1 sortie \varnothing 10

3. 11. Choix de type de borne :

Le choix du type de borne est généralement basé sur la superficie de l'îlot et les critères suivants :

- Pour les îlots comprenant entre 4 et 8 parcelles avec une superficie inférieure à 15 hectares, une borne à quatre prises (type A4) est choisie.

- Pour les îlots de deux parcelles avec une superficie inférieure à 15 hectares, une borne à deux prises (type A2) est utilisée.
- Pour les îlots de deux parcelles avec une superficie supérieure à 15 hectares, une borne à deux prises (type B) est sélectionnée.
- Pour les îlots de grande taille, des bornes de type C sont envisagées.

Tableau VI 5 : Calcul des débits des îlots et sélection du diamètre et type de borne.

Ilots	Parcelle	Surface de la parcelle	Materiel	Type de la borne	Débit de la borne
1	P1	25	PEHD	Borne d'irrigation type A2	19.25
	P2	25			19.25
2	P3	20	PEHD	Borne d'irrigation type A2	15.4
	P4	20			15.4
3	P5	27	PEHD	Borne d'irrigation type A2	20.79
	P6	23			17.71
4	P7	25	PEHD	Borne d'irrigation type A2	19.25
	P8	15			11.55
5	P9	19	PEHD	Borne d'irrigation type A2	14.63
	P10	16			12.32
6	P11	10	PEHD	Borne d'irrigation type A2	7.7
	P12	20			15.4

3.12. Calcul de diamtre :

Les diamètres sont déterminés à l'aide de la formule de "LABYE", qui fournit une estimation du diamètre économique, lequel est ensuite normalisé :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi v}} \times 1000$$

3.13. Estimation des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires sont estimées en utilisant la formule de LECHAPT et CALMON, définie comme suit :

$$H_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

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

Tableau VI 6 : Paramètres des pertes de charge selon la loi de Lechapt-Calmon

K (m)	L	M	N
0.1	1.15	1.89	5.01
0.5	1.6	1.97	5.19
1	1.4	1.975	5.25

La rugosité équivalente est $K = 0,1$ mm, ce qui donne les paramètres suivants : $L = 1,15$, $M = 1,89$, $N = 5,01$.

Dans notre cas, les canalisations seront en PEHD. Pour les canalisations en PEHD, les pertes de charge singulières sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires. Les détails des calculs hydrauliques sont présentés dans le tableau suivant.

L'estimation des pressions est basée sur l'application du principe de Bernoulli entre le point 1 et le point 2 :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pression, V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement en 1 et 2, Z_1 et Z_2 sont les altitudes du terrain naturel, et ΔH représente les pertes de charge entre les points 1 et 2.

Tableau VI 8: calcul de diametre des conduites principale :

Trançon	Q (l/s)	Dnor (mm)	longueur (m)	perte de charge	Vitesse	Pression0	Matériaux
F1- PUMP1	42	150	15	0.030	2.22	0	PEHD
PUMP1- N11	42	150	22	0.030	2.22	4	PEHD
N11-N12	42	250	32	0.008	1.20	3	PEHD
N12-N18	34	150	55	0.0025	0.60	3	PEHD
N12-N13	22	250	35	0.0032	0.50	3	PEHD
N13-N17	11	150	55	0.0032	0.50	3	PEHD
N13-N14	11	150	23	0.0032	0.50	3	PEHD
N14-N16	11	150	56	0.0032	0.50	3	PEHD
N14-N15	11	150	40	0.0032	0.50	3	PEHD
F2- PUMP2	49	150	16	0.05	2.77	0	PEHD
PUMP2- N21	49	150	23	0.05	2.77	4.5	PEHD
N21-N22	49	250	31	0.004	1.00	4	PEHD
N22-N28	12	150	57	0.004	0.68	4	PEHD
N22-N23	37	250	35	0.002	0.75	4	PEHD
N23-N27	14	150	57	0.004	0.68	4	PEHD
N23-N24	25	150	33	0.014	1.41	4	PEHD
N24-N26	13	150	58	0.004	0.68	4	PEHD
N24-N25	13	150	50	0.004	0.74	4	PEHD
F3- PUMP3	40	150	6	0.034	2.26	0	PEHD
PUMP3- N31	40	150	7	0.034	2.26	4.57	PEHD
N31-N32	40	200	8	0.008	1.27	4	PEHD

N32-N35	20	150	12	0.002	1.27	4	PEHD
N35-N36	10	150	17	0.003	0.64	4	PEHD
N32-N34	10	150	16	0.003	0.57	3.5	PEHD
N32-N33	10	150	17	0.003	0.57	3.5	PEHD
N35-N37	10	150	17	0.003	0.57	3.5	PEHD
F4- PUMP4	40	150	10	0.034	2.26	0	PEHD
PUMP4- N41	40	150	10	0.034	2.26	4.67	PEHD
N41-N42	40	200	50	0.008	1.27	2	PEHD
N42-N45	30	200	50	0.005	0.95	2	PEHD
N45-N48	18	200	60	0.002	0.57	2	PEHD
N48-N51	6	200	40	0.000	0.76	1	PEHD
N42-N43	5	200	100	0.001	0.64	2	PEHD
N42-N44	5	150	100	0.001	0.64	2	PEHD
N45-N46	6	150	100	0.001	0.76	2	PEHD
N45-N47	6	150	100	0.001	0.76	2	PEHD
N48-N49	6	150	100	0.001	0.76	1	PEHD
N48-N50	6	150	100	0.001	0.76	1	PEHD

3.13. Fonctionnalités de la borne d'irrigation :

Chaque borne, ainsi que chaque sortie, doit remplir plusieurs fonctions essentielles :

- Contrôler l'ouverture et la fermeture du débit.
- Ajuster le débit et le limiter selon les besoins.
- Réguler la pression.
- Effectuer la mesure précise du volume d'eau distribué.
- Prévenir les fuites accidentelles.

Tableau VI 8 : Caractéristiques des îlots incluant les débits de chaque borne.

N° d'îlots	N° de la borne	Surface ha	Qs en m ³ /s	Q de la borne en m ³ /s	D de la borne	N de sortie en D6
1	B1	50	0.0077		65	2
2	B2	40	0.0077		65	2
3	B3	50	0.0077		65	2
4	B4	40	0.0077		65	2
5	B5	35	0.0077		65	2
6	B6	35	0.0077		65	2

Nous disposons de 6 bornes d'irrigation avec un diamètre d'entrée de 65 mm et deux sorties DN65.

4. Les équipement du réseau de distribution :

4.1 Les équipement de contrôle de conduites :

4.1.1 Les vannes :

Les vannes de sectionnement sont essentielles dans les réseaux d'irrigation pour isoler les équipements dérivés tels que les ventouses, les clapets anti-retour et les soupapes de décharge. Elles permettent également de vider les conduites et d'isoler des sections spécifiques du réseau, facilitant ainsi les opérations de maintenance et d'extension sans interrompre l'approvisionnement en eau.

Pour garantir la conformité aux normes, chaque groupe de deux bornes dans notre réseau sera équipé d'une vanne de sectionnement en amont. De plus, chaque borne isolée sera pourvue d'une vanne de sectionnement en amont, à moins que la distance entre la conduite secondaire et la borne ne soit inférieure à 50 mètres, auquel cas la vanne sera installée près de la borne.

Concernant la mise en œuvre du sectionnement des conduites, nous utilisons deux types de vannes : les vannes à opercule à cage ronde pour les diamètres de conduite supérieurs à 300 mm, et les vannes à papillon pour les diamètres plus importants.



Figure 1 : Vanne opercule a cage ronde

4.1.2. Les ventouse :

Les ventouses sont essentielles dans les systèmes de canalisations, où elles servent à dégazer les conduites. Elles sont particulièrement utiles lors du remplissage des conduites pour expulser l'air présent et pendant la vidange pour permettre l'entrée d'air. Cette fonction aide à éviter le coup de bélier, une surpression due à l'arrêt brusque de l'écoulement de l'eau, notamment à la fin de la purge lorsque l'eau remplace subitement l'air évacué. Elles sont également efficaces pour évacuer accidentellement l'air lors de l'ouverture de la vanne de garde d'une borne, si une poche d'air s'est accumulée.

Le fonctionnement des ventouses repose sur un flotteur qui bloque un orifice au sommet de l'appareil. Lorsque de l'air s'accumule, le flotteur descend et libère l'orifice jusqu'à l'expulsion complète de l'air.

Les ventouses sont stratégiquement installées aux points hauts des conduites d'alimentation et systématiquement entre deux vannes. Le choix de la ventouse dépend du diamètre de la conduite, comme détaillé dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI 9 : Diamètres appropriés des ventouses pour les canalisations

Diametre de la conduite	Type de la ventouse
D < 500 mm	D = 80 mm
500 < D < 1200	D = 100 mm

4.1.3. Les bornes d'irrigation :

La borne d'arrosage est un dispositif compact et multifonctionnel, spécialement conçu pour les réseaux à fonctionnement à la demande. Elle permet d'activer ou d'arrêter l'écoulement de l'eau, de distribuer l'eau à un ou plusieurs utilisateurs via des prises individuelles, de réguler la pression, de limiter le débit maximal de chaque prise, et de mesurer les volumes d'eau distribués. En outre, elle protège contre le gel et la formation de poches d'air.

4.1.4. Choix de la pompe :

La sélection de la pompe se base principalement sur deux critères : le débit de la pompe et la hauteur de relevage totale (HMT).

Caractéristiques de la pompe :

- Type : Pompe immergée semi-axiale.
- Matériaux :
 - Corps d'aspiration, de refoulement et diffuseur : en fonte.
 - Roues : en fonte, fixées sur l'arbre avec des douilles coniques en acier inoxydable.
 - Arbre : en acier inoxydable, guidé par des paliers aux extrémités et à chaque diffuseur, protégés contre le sable.
 - Accouplement, visserie, crépine et gouttière de protection des câbles : en acier inoxydable.
 - Clapet de retenue : intégré, avec orifice fileté.
 - Peinture : conforme aux normes pour eau potable.

Caractéristiques du moteur électrique :

- Type : Asynchrone, triphasé, lubrifié par le liquide interne.
- Rotor : en court-circuit.
- Stator : rebobinable, avec fil de cuivre revêtu d'une gaine hydrofuge pour un haut degré d'isolation.
- Chemise du stator : en acier inoxydable.
- Paliers supérieur et inférieur : en fonte.
- Arbre : en acier inoxydable, guidé par des paliers en bronze.
- Butée : type Michel, à patins oscillants.
- Membrane de dilatation : pour équilibrer les pressions interne et externe.
- Visserie : en acier inoxydable.
- Peinture : conforme aux normes pour eau potable.

Données techniques :

- Débit (Q) : 39,89 l/s.
- Hauteur de relevage (H) : 62,9 m.
- Nombre de pôles : 2.
- Fréquence : 60 Hz.
- Type de courant : Triphasé .
- Puissance du moteur (P2) : 30 kW.
- Tension : 460 V.

Conclusion :

Dans cette section, nous avons examiné le processus de dimensionnement d'un système d'irrigation goutte à goutte pour la culture d'agrumes.

L'utilisation de ce système vise à économiser l'eau d'irrigation tout en améliorant les rendements des cultures.



Chapitre VII: Étude technico-économique

Introduction :

Dans ce chapitre, l'analyse détaillée du devis quantitatif et de la liste prévisionnelle nous a permis d'estimer précisément les coûts nécessaires à la réalisation du projet d'irrigation proposé. Cette évaluation englobe la quantification des matériaux requis ainsi que la planification des différentes opérations sur le terrain. Plus spécifiquement, cela comprend :

1. Le réseau de distribution : Cette composante englobe tous les éléments nécessaires pour acheminer efficacement l'eau vers les diverses zones de la parcelle agricole de la plaine de la Mitidja.
2. Le système d'irrigation (aspersion et goutte à goutte) : Nous prévoyons la mise en place d'un système d'irrigation par aspersion, comprenant l'installation des tuyaux, des asperseurs, des pompes, des vannes, ainsi que tous les autres équipements nécessaires pour assurer une distribution uniforme et contrôlée de l'eau aux cultures.

1 Travaux à Entreprendre :

Pour ce qui est du réseau de distribution, les travaux prévus comprennent les étapes suivantes :

1.1 Excavation des Tranchées :

L'excavation des tranchées est réalisée en fonction des caractéristiques du terrain, généralement à l'aide d'équipements mécaniques comme une pelle mécanique. La profondeur minimale des tranchées est fixée à 1 mètre, tandis que leur largeur est adaptée pour permettre le passage d'un travailleur sans difficulté. Cette largeur varie en fonction du diamètre des conduites à installer.

Les tranchées sont excavées par sections successives, permettant ainsi une progression méthodique le long du tracé planifié.

1.2 Préparation du Lit de Pose :

Avant de procéder à la pose des conduites, plusieurs étapes préliminaires sont indispensables :

- Élimination des gros rochers et autres obstacles des parois de la tranchée.
- Respect strict des dimensions spécifiées dans le profil en long du projet.
- Nivellement minutieux du fond de la tranchée afin d'assurer une surface plane et régulière.
- Création d'un lit de pose en utilisant du sable, avec une épaisseur standard de 10 cm.

Ces préparatifs sont cruciaux pour établir une base solide et uniforme, permettant une répartition équilibrée des charges sur toute la longueur du réseau de conduites. Le lit de sable joue un rôle essentiel en stabilisant les conduites et en minimisant les risques de déformation ou de dommage pendant leur utilisation.

1.3 Installation des Conduites :

L'installation des conduites comprend les étapes suivantes :

- Positionnement des éléments à partir de l'extrémité aval, avec les emboîtures des tuyaux orientées vers l'amont.
- Pose méticuleuse de chaque élément dans la tranchée, en veillant à aligner correctement avec celui déjà installé.
- Réalisation d'un fond de fouille rectiligne pour assurer un support sur toute la longueur des tuyaux, en éliminant les grosses pierres des talus de la tranchée.
- Excavation à côté de l'emboîtement pour éviter tout contact direct avec le sol.
- Création d'un appui, si possible, pour supporter le tuyau sur au moins un quart de sa circonférence extérieure.

Ces méthodes garantissent une installation précise et stable des conduites, assurant un alignement correct et un support adéquat. En respectant scrupuleusement ces étapes lors de la mise en place des conduites, on optimise le fonctionnement du réseau d'irrigation tout en augmentant sa durabilité globale. [4]

1.4 Assemblage des Conduites en PEHD :

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) sont disponibles en barres de 6 à 12 mètres ou en couronnes de 50 à 100 mètres de longueur. Elles sont reliées par deux méthodes distinctes :

1. Raccordement mécanique par emboîtement : Pour les diamètres jusqu'à 63 mm, les conduites sont assemblées mécaniquement en les emboîtant les unes dans les autres. Ce procédé garantit une connexion robuste et fiable entre les conduites.
2. Raccordement électro-soudable : Pour les diamètres supérieurs, le raccordement se fait par soudage électro-soudable. Les raccords électro-soudables en PEHD comportent une résistance chauffante à l'intérieur de leur diamètre, reliée à des bornes à l'entrée de chaque emboîtement. La soudure dure environ une minute, suivie d'une phase de refroidissement d'environ une heure. Pendant les phases de chauffage et de refroidissement, il est essentiel de maintenir un serrage précis, un alignement correct et une stabilité des tuyaux et des accessoires en polyéthylène à l'aide de positionneurs appropriés.

Ces techniques de raccordement garantissent une liaison étanche et durable entre les conduites en PEHD, préservant ainsi l'intégrité du réseau d'irrigation. Il est crucial de respecter minutieusement les procédures spécifiques de raccordement et d'utiliser les équipements adéquats pour assurer des connexions fiables et résistantes aux fuites.

1.5 Test de Pression des Conduites et des Joints :

Pour assurer la fiabilité et la sécurité des conduites, il est essentiel de réaliser un test de pression avant de procéder au remblayage des tuyaux et des joints. Ce test est effectué à l'aide d'une pompe d'essai, où la conduite est remplie d'eau sous une pression équivalant à 1,8 fois la pression de service prévue pendant l'utilisation normale. La durée de ce test est d'environ 30 minutes, et la variation de pression ne doit pas dépasser 0,2 bar. Cette épreuve permet de vérifier l'intégrité des conduites et des joints, en s'assurant qu'ils peuvent résister à la pression de service sans fuites ni défaillances.

Cette étape cruciale du processus d'installation permet de détecter tout problème potentiel avant la mise en service du système d'irrigation, garantissant ainsi que les conduites sont prêtes à fonctionner de manière sûre et efficace, tout en minimisant les risques de pertes d'eau ou de dommages ultérieurs.

1.6 Nivellement et Compactage :

Le nivellement joue un rôle essentiel pour obtenir une surface plane et uniforme autour des conduites enterrées, assurant ainsi une stabilité adéquate du sol. Un nivellement précis évite les inégalités et les poches d'air qui pourraient compromettre la solidité et la durabilité du système d'irrigation.

Après le nivellement, il est crucial de procéder au compactage du sol, qui consiste à compresser le sol pour augmenter sa densité. Cela garantit une meilleure stabilité et réduit les risques de tassement ou de mouvement du sol à long terme.

1.7 Sélection des Engins de Chantier :

Lors de la phase de planification des travaux, il est essentiel de choisir les engins et le matériel les mieux adaptés à chaque type de tâche afin d'optimiser l'efficacité et la productivité du chantier.

Dans notre contexte, nous avons sélectionné plusieurs engins de chantier classiques, résumés comme suit :

1. Un camion : Utilisé pour évacuer les déblais du chantier.
2. Une pelle mécanique : Employée pour l'extraction des déblais, le chargement direct dans le camion lorsque possible, ainsi que pour la mise en place du lit de sable et du remblai.
3. Un chargeur : Utilisé pour charger les déblais excédentaires dans les camions.
4. Un compacteur à rouleau : Employé pour compacter la couche de sable de 10 cm.
5. Appareil de soudure : Utilisé pour l'assemblage des conduites en polyéthylène haute densité (PEHD).
6. Sonde de battage : Utilisée pour contrôler le compactage des tranchées.
7. Une dame sauteuse : Employée pour compacter le remblai autour des conduites, assurant ainsi un support solide.

Cette sélection rigoureuse des engins garantit que chaque étape du processus d'installation des conduites d'irrigation est réalisée de manière efficace et conforme aux normes requises, assurant la qualité et la durabilité du système mis en place.

1.8 Pose de canalisation :

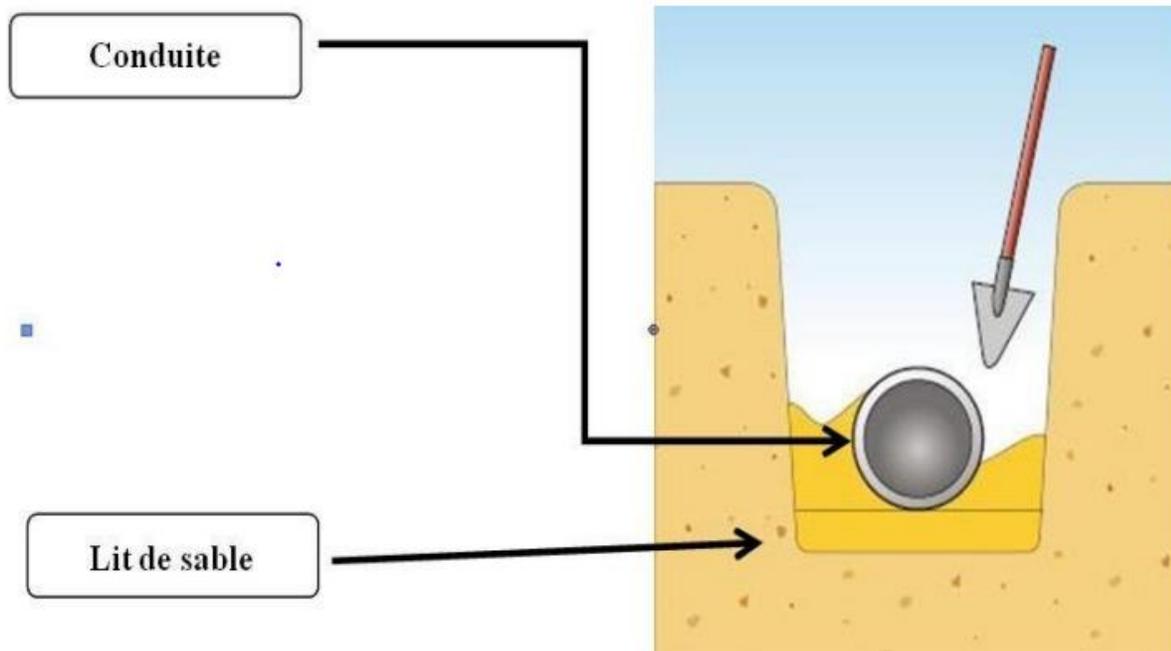


Figure VII 1 : pose de canalisation

1.9 Calcul du Volume de Terrassement :

La largeur du fond de la tranchée pour l'installation des conduites en terre est déterminée par la formule suivante :

$$B = D + 2 \times 0.3$$

Où :

B : largeur de la tranchée (en mètres)

D : diamètre de la conduite (en mètres)

1.10 Profondeur de la Tranchée

Il est crucial que la profondeur de la tranchée soit suffisante pour assurer la réalisation correcte des branchements individuels et éviter toute interférence avec d'autres conduites.

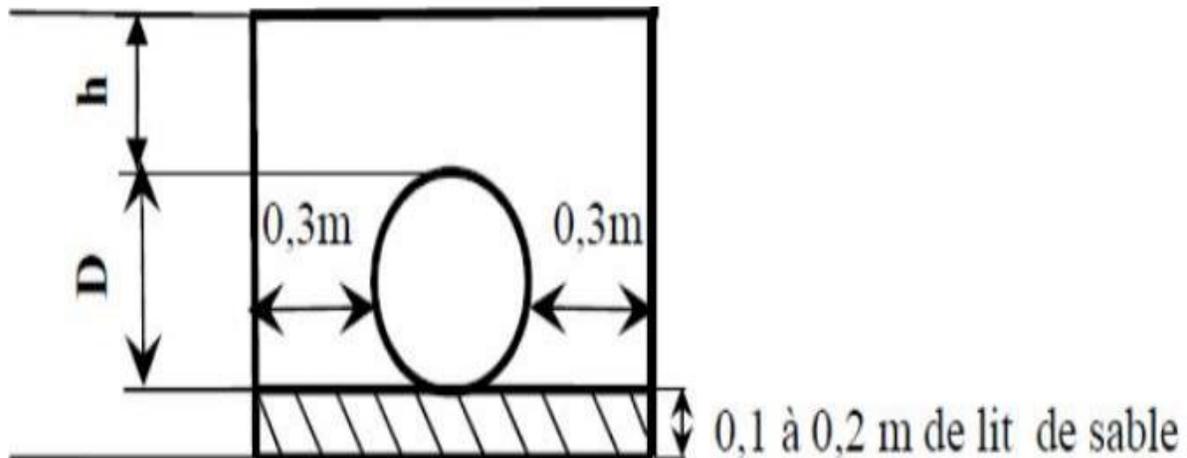


Figure VII 2 : schéma d'une tranchée

La profondeur de la tranchée (H) est déterminée en additionnant la hauteur du lit de pose (e), le diamètre de la conduite (d), et la hauteur du remblai au-dessus de la conduite (h) en mètres.

La largeur de la tranchée, dépendant de la section des conduites, est calculée avec la formule :
 $l = D + 2 \times 0.3$

La profondeur totale de la tranchée (H) est calculée avec la formule : $H = D + h_{\text{sable}} + 0.8$ mètre

Où :

- H : profondeur de la tranchée (en mètres)
- e : hauteur du lit de pose (en mètres)
- d : diamètre de la conduite (en mètres)
- h : hauteur du remblai au-dessus de la conduite (en mètres)
- l : longueur de la tranchée (en mètres)
- D : diamètre de la conduite
- hsable_ hauteur du lit de sable, comprise entre 0.1 et 0.2 mètres

Volume de Déblai : $V_{\text{deb}} = L \times H \times l$ (m³)

Volume de Remblai : $V_{rem} = V_{deb} - (V_{cond} + V_{sable})$

Volume de Sable : Le volume de sable nécessaire pour le lit de sable est calculé par :

$$V_{sable} = h_{sable} \times L \times IV_{-}$$

1.11 Calcul des Différents Volumes :

Tableau VII 1 : Calcul des volumes.

Conduites	l(m)	h(m)	L(m)	Vdeb (m3)	Vcond(m3)	Vsab(m3)	Vremb(m3)	Vexc(m3)
Tube D=100	0.8	1	5990	4195	30.1	420.3	3838.46	457.74
Tube D=200	0.8	1.1	1200	1050.5	38	195.4	834.5	234.76
Tube D=250	0.9	1,2	550	480	27	96.5	400	125.5
Tube D=400	1	1.2	1180	1210.9	105.35	203.6	1120.14	350.46
Total				6939.4	200.45	915.8	6194.1	1168.46

Tableau VII 2 : calcul des prix

Pièce	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Tube D20PEHD	657	20.02	13153.14
Tube D150PEHD	5982	197.5	1181445
Tube D200PEHD	1230	2932.72	3607245.6
Tube D250PEHD	650	3519.72	2287818
TubeD350PEHD	1210	5992.52	7250949.2
Tube D400 PEHD	48	6988.76	335460.48
Vanne D 90	12	4200	50400
Vanne D 250	6	5200	31200
Goutteur	26664	6.13	163450.32
Filtre	6	25926	155556
Pompe	4	750000	3000000
Forage	4	1000000	4000000
Injection d'engrais	1	18000	18000

Électrification	3.5	3000000	10500000
Poste de transformation	1	1600000	1600000
	TVA (19%)		54194677.74
Montant TTC			6496988.771

(Source des prix ALGÉRIE PRIX CONSTRUCTION)

Tableau VII 3 : prix des travaux de terrassement

Conduites	UNITÉS DE MESURE	QUANTITÉ	PRIX UNITAIRE DA	MONTANT DA
Déblai	M3	8500,7	1000	8500700
Pose du lit de sable	M3	1015	1100	1116500
Remblai de la tranchée	M3	6527.54	600	3916506
Évacuation de terres excédentaires a la décharge	M3	1500.26	500	750130
Total			3200	13278986
Montant TTC				6496988.771

(Source : ALGÉRIE PRIX CONSTRUCTION)

Donc l'estimation total du prix ddu projet est :

$$6496988.771 + 6496988.771 = 129939770.5 \text{ DA}$$

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les étapes cruciales pour la pose des canalisations de notre réseau d'irrigation, ainsi que les calculs des volumes de terrassement nécessaires.

Le coût total du projet, toutes taxes comprises, est estimé à environ **129939770.5DA**

Ce projet présente des avantages économiques et environnementaux significatifs. Il permettra une utilisation plus efficace des ressources en eau, une augmentation des rendements agricoles et une meilleure gestion des besoins en irrigation. Ces bénéfices assureront la rentabilité à long terme du projet.

Conclusion général

À la conclusion de ce mémoire, où nous avons élaboré un projet d'irrigation pour le périmètre de Réghaia, situé dans la wilaya d'Alger et alimenté par des forages, couvrant une superficie de 250 hectares, nous avons tiré les conclusions suivantes :

- La région est caractérisée par un climat méditerranéen.
- L'analyse du sol montre que la zone est dominée par des sols à texture "limono-argileuse", ce qui est idéal pour la croissance des cultures.
- L'eau des forages est non salée et présente un degré moyen d'alcalinité (C2S1).
- Le dimensionnement du périmètre s'est basé sur les besoins en eau de chaque culture, aboutissant à la conception d'un réseau d'irrigation par îlots alimentés par des bornes, couvrant une superficie nette à irriguer de 250 hectares. Nous avons illustré la technique d'irrigation par goutte-à-goutte pour le dimensionnement du réseau des parcelles.
- Concernant la vérification de la vitesse d'écoulement et de la pression au niveau des bornes, les résultats sont les suivants :
 - La vitesse d'écoulement varie entre 0,5 et 2,5 m/s.
 - La pression varie entre 3,5 et 4,57 bars.
 - Nous avons examiné les étapes cruciales de l'installation des conduites dans notre système d'irrigation, incluant les calculs relatifs aux volumes de terrassement nécessaires.
 - Le coût total du projet est estimé à environ 25 987 955 084 DA.

Cette étude a couvert tous les aspects du projet, de l'analyse climatique et pédologique à la conception du système d'irrigation, visant à améliorer la productivité agricole et à préserver les ressources naturelles dans la wilaya d'Alger.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Localisation de la commune de Réghaia (<https://urlz.fr/n8gs>)
- [2] Étude du périmètre de Hassani Abdelkrim (secteur A) à partir des forages d'EL OUED (178 ha). Wilaya de OUED SOUF
- [3] (Source : Water and the innovation issues in irrigation and drainage, Spon Press 1998)
- [4] Dimensionnement d'un périmètre d'irrigation de CHEURFA (126 HA) a partir d'un forage , wilaya de ANNABA .
- [5] Dimensionnement d'un réseau de Drainage agricole du périmètre DR11, Mitidja centre (126) ha, wilaya de BLIDA
- [6] Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de FENOUGHIL (Section A de 400 HA)W. ADRAR a partir du forage

ANNEXE

ANNEXE 1 : Caractéristique de quelques sols

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

ANNEXE 2 : Coefficients culturaux (kc)

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

Premier chiffre: avec forte humidité (HR min > 70%) et vent faible (U < 5 m/s).
 Second chiffre: avec faible humidité (HR min < 20%) et vent fort (> 5 m/s).

ANNEXE 3 :

5. RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (q) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND ET_{cul} = 5-6 mm/jour

Cultures	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (q) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ²		
			T.fin	T.moyenne	T.grossière
Lettre	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.8-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Tritic	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cassis		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Courcoubis	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Daïre	1.3-2.5	0.5	100	70	30
Fraisiers cado.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lis ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales ²	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Céref. d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Garçon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Maïs ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Maïs-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmer	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poisson	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Carthame ²	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave sucr.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Cassis à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournefort ²	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Potato douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - int.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
terd		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	180	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Biz	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maurini		0.9	180	130	55
Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m)			200	140	60

¹ Quand ET_{cul} < 3 mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand ET_{cul} > 8 mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 1 dS/m).

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

ANNEXE 4 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES CONDUITES EN PEHD

GAMME DES PRODUITS

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