



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre
d'Ouald hamla(205ha) à partir du barrage Béni haroun
(W.Oum ElBouaghi)**

Présenté par :

BENACHOUR chourouk

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. KAHLERRAS Djillali	MCA	Président
Mr. DERNOUNI youcef	M.AA	Examineur
Mr. BOUZIANE omar	MAA	Examineur
Mr. MEDDI Mohamed	Professeur	Promoteur

Session 2022/ 2023



Remerciement

Avant de présenter mon projet de fin d'études, je souhaite exprimer ma gratitude envers Allah en disant "Al hamdoulah", qui m'a accordé la force, la volonté et le courage nécessaires pour mener ce travail à terme et atteindre cette étape.

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude à M. Mohamed MEDDI pour son accompagnement attentif et ses conseils précieux qui m'ont guidé tout au long de mon projet.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury qui auront l'amabilité d'évaluer mon travail.

Pour conclure, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire. Leur contribution à chacune des étapes a été inestimable pour la réalisation de ce travail.



Dédicace

À mes chers parents, Votre soutien infaillible et votre amour inconditionnel ont été le fondement solide sur lequel j'ai bâti mon parcours. Vos encouragements silencieux et votre présence constante ont été ma lumière dans les moments sombres. Chacune de vos actions a été une étincelle qui a allumé la flamme de ma réussite. Votre bonheur est devenu le mien, et je vous dédie mes réalisations avec une profonde gratitude

À mes très chers frères, Imed et Nasr Eddinet youssef et ishak et mes belles sœurs ikram, Aida et son mari Mehemmed

Je dédie également ce mémoire à mon fiancé yassine ma meilleure amie

Ilham et karima et nouara, yousra, khawla

À mes enseignants de l'ENSH, Votre passion pour l'enseignement et votre dévouement

À notre épanouissement ont été un pilier essentiel dans mon

Développement académique et personnel.

ملخص

هدف هذه الدراسة هو تصميم نظام ري لمساحة 205 هكتارًا في منطقة بلدية اولاد حملة في ولاية أم البواقي يستخدم السد كمصدر للمياه. الهدف الرئيسي هو توفير المياه اللازمة لري الأراضي الزراعية بهدف تحسين المحاصيل. يتم ذلك من خلال إدارة فعالة واستخدام أمثل لموارد المياه، باعتماد نظامي الري الحديثين: الري بالتقطير والري بالرش المحوري. كلتا التقنيتين تتميزان بالعديد من الفوائد، خاصة في كفاءة استخدام المياه وتحقيق مردود كبير. **الكلمات المفتاحية** : تحقيق مردود كبير ، تصميم نظام ري ، إدارة لموارد المياه.

Résumé

L'objectif de cette étude est de concevoir un système d'irrigation pour une superficie de 205 hectares dans la municipalité d'Ouled Hamla dans la wilaya d'Oum el bouaghi, en utilisant le barrage comme source d'eau. Le principal objectif est de fournir l'eau nécessaire à l'irrigation des terres agricoles afin d'améliorer les rendements des cultures. Cela se fera grâce à une gestion efficace et à une utilisation optimale des ressources en eau, en adoptant deux systèmes d'irrigation modernes : l'irrigation goutte-à-goutte et l'irrigation par aspersion. Les deux techniques présentent de nombreux avantages, notamment en termes d'efficacité de l'utilisation de l'eau et de rendements élevés.

Abstract

The objective of this study is to design an irrigation system for an area of 205 hectares in the municipality of Ouled Hamla in the wilaya of Oum el Bouaghi, using the dam as à water source. The main goal is to provide the necessary water for irrigating agricultural lands to enhance crop yields. This will be achieved through efficient management and optimal utilization of water resources, by adopting two modern irrigation systems : drip irrigation and pivot irrigation. Both techniques offer numerous advantages, particularly in terms of water usage efficiency and high yields.

Table des matières

Remerciement

Dédicace

ملخص

Résumé

Abstract

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction	1
Chapitre I: Analyse des Conditions Naturelles.....	2
Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles	3
I.1. Introduction.....	3
I.2. Situation géographique :	3
I.2.1. Présentation générale de la wilaya Oum el Bouaghi :.....	3
I.2.2. Présentation du périmètre d'étude.....	4
I.3. Caractéristiques topographiques et pédologiques de la zone :	4
I.3.1. Etude géologique.....	4
I.3.2. Réseau hydrographique.....	6
I.4. Etude climatologique	7
I.4.1. Choix de la station de référence	7
I.4.2. Les températures :	8
I.4.3. Pluies mensuelles	9
I.4.4. L'évaporation	9
I.4.5. L'humidité relative.....	10
I.4.6. Le vent.....	10
I.4.7. L'insolation	11
I.4.8. Classification du climat.....	11
I.4.8.1. Indice d'aridité	11
I.4.8.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	12
I.4.8.3. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.....	13
I.5. Conclusion	13
Chapitre II: Ressourcesensoletressourceseneau.....	14
ChapitreII :Ressourcesensoletressourceseneau	15
II.1. Introduction	15
II.2. Ressourcesensol.....	15
II.2.1. Butdel'étudepédologique.....	15

II.2.2. Classification des sols du périmètre.....	15
II.2.3. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :	19
II.2.4. Aptitudes culturales	19
II.3. Ressources en eaux:.....	20
II.3.1. Localisation et caractéristiques du barrage de Beni Haroun (BBH).....	21
II.3.2. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation.....	21
II.3.3. Classification des eaux d'irrigation	22
II.3.3.1. La concentration totale des sels solubles	22
II.3.3.2. Le SAR (Sodium Absorption Ratio).....	23
II.4. Calcul de la pluie de projet	25
II.4.1. Choix de la station:	25
II.4.2. Présentation de la station pluviométrique.....	25
II.4.3. Répartition de la pluie moyenne annuelle :.....	25
II.4.4. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :.....	27
II.4.4.1. Teste de Mood :(Paul Meylan, 2008).....	27
II.4.5. Ajustement des pluies annuelles	28
II.4.5.1. Test de validité d'un ajustement :	29
II.4.6. Détermination de l'année de calcul	30
II.5. Conclusion.....	31
Chapitre III: Besoins en eau des cultures.....	32
Chapitre III : Besoins en eau des cultures	33
III.1. Introduction	33
III.2. Besoin en eau du périmètre	33
III.2.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation.....	33
III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration référence (ET0)	33
III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration de référence	34
III.3. Calcul de la pluie efficace	37
III.4. Calcul de la réserve en eau du sol	37
III.5. Choix des cultures	38
III.5.1. Occupation des sols	38
III.5.2. Assolements des cultures.....	40
III.6. Estimation des coefficients culturaux (Kc)	40
III.7. Estimation des besoins en eau des cultures choisies	41
III.7.1. Estimation des besoins en eau des céréales :	41
III.7.2. Estimation des besoins en eau des maraichages	43
III.7.3. Estimation des besoins en eau pour les cultures fruitières:	47
III.8. Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2:.....	49

III.8.1. Calcul du débit spécifique	50
III.8.2. Evaluation du débit caractéristique	51
III.8.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	51
III.9. Conclusion.....	52
Chapitre IV: Etude du système d'adduction-distribution.....	53
Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution.....	54
IV.1. Introduction.....	54
IV.2. Découpage des îlots d'irrigation :	54
IV.2.1. Taille des îlots d'irrigation	54
IV.2.2. Le plan de bornage.....	54
IV.2.3. Choix du tracé	55
IV.2.4. Calcul hydraulique aux bornes :.....	56
IV.2.5. Choix du diamètre et du type des bornes	56
IV.3. Schéma d'aménagement hydro-agricole	58
IV.3.1. Schéma d'adduction :.....	58
IV.4. Dimensionnement du réseau de distribution	59
IV.4.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution par foulement.....	59
IV.4.2. Vitesses admissibles.....	59
IV.4.3. Choix du matériau des conduites :	60
IV.4.4. Caractéristiques des canalisations	60
IV.4.5. Diamètre des conduites	61
IV.4.6. Calcul des pertes de charge.....	61
IV.5. Ouvrages et équipements hydromécaniques des conduites principales	65
IV.5.1. Regards pour vane.....	65
IV.5.2. Regards pour vanne de sectionnement	65
IV.5.3. Regards des ventouses.....	65
IV.5.4. Regards des vidanges	66
IV.5.5. Les brise-vents	66
IV.6. Conclusion :	67
Chapitre V: Choix de la technique d'irrigation.....	68
Chapitre V: Choix de la technique d'irrigation	69
V.1. Introduction:	69
V.2. Choix des techniques d'irrigation.....	69
V.3. Classification des techniques d'irrigation.....	69
V.3.1. Irrigation gravitaire.....	69
V.3.1.1. L'irrigation par ruissellement.....	70
V.3.1.2. Irrigation à la raie.....	70

V.3.1.3. L'arrosage par submersion	70
V.3.1.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité	70
V.3.2. L'irrigation par aspersion	71
V.3.2.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :	71
V.3.2.2. Différentes installations à la parcelle :	72
V.3.3. Irrigation localisée (Goutte à goutte).....	73
V.3.3.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée	73
V.4. Choix de la technique d'arrosage	74
V.5. Conclusion.....	75
Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle	76
Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle	77
VI.1. Introduction	77
VI.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	77
VI.2.1. Données agronomiques	77
VI.2.2. Dimensionnement de l'asperseur	78
VI.2.3. Dimensionnement hydraulique des rampes :.....	82
VI.2.3.1. Vérification des pertes de charges de la rampe	83
D _{pr} (normalisé)=50mm	84
Vérification des pertes de charges de la porte rampe :	84
VI.3. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte	84
VI.3.1. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr).....	86
VI.3.2. Calculs hydrauliques	88
VI.3.2.1. Dimensionnement des canalisations du réseau	89
VI.4. Conclusion	95
Chapitre VII: Calcul technico-économique	96
Chapitre VII : Calcul technico-économique.....	97
VII.1. Introduction.....	97
VII.2. Travaux à entreprendre pour Le système d'adduction.....	97
VII.3. Estimation du cout associés aux travaux du réseau d'adduction.....	98
VII.3.1. volume de terrassement.....	98
VII.3.2. Evaluation du cout des travaux de terrassement :	100
VII.3.3. Evaluation des prix de pose des conduites :	102
VII.3.4. Devis estimatif total	103
VII.4. Conclusion :	104
Conclusion générale	105
ANNEXE :	107

Liste des tableaux

Chapitre I: Analyse des Conditions Naturelles

Tableau I-1 : Caractéristiques géographiques de la station d'Ouled hamla.	8
Tableau I-2 : Répartition de températures moyennes interannuelles en (C°).	8
Tableau I-3 : les pluies moyennes mensuelles en (mm).	9
Tableau I-4 : Evaporation mensuelle en (mm)	10
Tableau I-5 : Humidité relative de l'air en (%).	10
Tableau I-6 : Répartition moyenne mensuelle des vitesses du vent en (m/s)	11
Tableau I-7 : Valeurs moyennes des durées d'insolation mensuelles.	11
Tableau I-8 : Classification du climat.	12
Chapitre II: Ressources en soleil et ressources en eau	
Tableau II-1 : sols de la région.	17
Tableau II-2 : Analyse physico-chimiques des profils :	18
Tableau II-3 : Propriétés hydrodynamiques des sols.	19
Tableau II-4 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation.	21
Tableau II-5 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.	23
Tableau II-6 : Risque d'alcalinisation en fonction du SAR.	24
Tableau II-7 : caractéristique principale de la station pluviométrique (ANRH Constantine).	25
Tableau II-8 : Précipitations moyennes mensuelles de ouled hamla 1992-2018.	25
Tableau II-9 : Caractéristiques de la série pluviométrique.	27
Tableau II-10 : résultat du test Mood.	28
Tableau II-11 : Test de validité des deux ajustements.	30
Tableau II-12 : Résultat de l'ajustement.	30
Tableau II-13 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq=80%).	31

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III-1 : Evapotranspiration de référence ET ₀ calculée par le logiciel COPWAT.	36
Tableau III-2 : Calcul des pluies efficaces.	37
Tableau III-3 : Scénarios d'occupation du sol du périmètre Ouled hamla.	39
Tableau III-4 : Système de cultures proposées.	39
Tableau III-5 : Assolement proposé pour le périmètre ouled hamla.	40
Tableau III-6 : Coefficients culturaux des cultures.	40
Tableau III-7 : Calcul des besoins en eau pour le Blé.	41
Tableau III-8 : Calcul des besoins en eau pour le blé d'hiver.	42
Tableau III-9 : Calcul des besoins en eau pour l'orge en grain.	42
Tableau III-10 : Calcul des besoins en eau pour l'orge vert.	43
Tableau III-11 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS).	43
Tableau III-12 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (Saison).	44
Tableau III-13 : Calcul des besoins en eau pour la tomate.	44
Tableau III-14 : Calcul des besoins en eau pour la courgette.	45
Tableau III-15 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.	45
Tableau III-16 : Calcul des besoins en eau pour l'Ail.	46
Tableau III-17 : Calcul des besoins en eau pour l'haricot.	46
Tableau III-18 : Calcul des besoins en eau pour la vigne.	47
Tableau III-19 : Calcul des besoins en eau pour la vigne.	47
Tableau III-20 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier.	48

Tableau III-21 : Calcul des besoins en eau pour les Agrumes.	48
Tableau III-22 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1	49
Tableau III-23 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.	49
Tableau III-24 : volume d'eau d'irrigation.	51

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Tableau IV-1 : Type de bornes en fonction des superficies des ilots.	57
Tableau IV-2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de borne.	57
Tableau IV-3 : Vitesses admissibles.	60
Tableau IV-4 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon	61
Tableau IV-5 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.	63
Tableau IV-6 : Diamètres des ventouses à installer.	66
Tableau IV-7 : Diamètres des vidanges à installer.	66

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI-1 : Caractéristiques de l'asperseur du type A60.	79
Tableau VI-2 : Longueurs maximales pour une rampe sous une pression de 1 bar.	90
Tableau VI-3 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul des besoins d'irrigation.	94
Tableau VI-4 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul du dimensionnement des canalisations.	94

Chapitre VII: Calcul technico-économique

Tableau VII-1 : Calcul des différents volumes.	99
Tableau VII-2 : Résultats de calcul du volume du remblai.	100
Tableau VII-3 : Estimation du coût des travaux de terrassement.	102
Tableau VII-4 : Coût total des conduits.	103

Liste des figures

Chapitre I: Analyse des Conditions Naturelles

Figure I-1 : Localisation de la zone d'étude Ouled Hamla.....	3
Figure I-2 : Esquisse géologique de la plaine de Teleghma-Ouled Hamla.	6
Figure I-3 : Réseau hydrographique de la zone d'étude Ouled Hamla	7
Figure I-4 : Répartition des températures moyennes.	9
Figure I-5 : Diagramme ombrothermique de Gaussen.	13
Chapitre II: Ressources en soleil et ressources en eau	
Figure II-1 : Le diagramme de Riverside	24
Figure II-2 : Ajustement des pluies annuelles aux lois Normale(a) et lognormale(b).....	29
Chapitre V: Choix de la technique d'irrigation	
Figure V-1 : Irrigation à la raie.	70
Figure V-2 : Irrigation par enrouleur	72
Figure V-3 : Irrigation par pivot.....	73
Figure V-4 : schéma d'une installation goutte à goutte.	74
Chapitre VII: Calcul technico-économique	
Figure VII-1 : Schéma d'une tranchée.	98

Introduction

L'agriculture occupe une place centrale dans la Wilaya d'Oum el bouaghi, avec des implications économiques, sociales et environnementales cruciales. La région bénéficie d'une grande variété de terres cultivables, offrant un potentiel agricole prometteur. Cette activité revêt une importance significative en fournissant des emplois et des revenus essentiels pour les habitants, contribuant ainsi au développement socio-économique local.

Cependant, l'impact de l'agriculture va bien au-delà de la simple production. Il englobe également la préservation de l'environnement. Les pratiques agricoles durables jouent un rôle crucial dans la réduction des effets néfastes sur les sols, les eaux souterraines et la biodiversité, tout en limitant les risques liés à l'érosion et au déclin de la qualité des sols.

Notre étude se concentre spécifiquement sur le dimensionnement d'un périmètre d'irrigation à oueld hamla (Wilaya d'Oum el bouaghi), couvrant une superficie de 205 hectares et alimenté par un barrage. L'objectif principal est d'optimiser l'utilisation de la ressource en eau tout en garantissant un développement agricole durable dans la région.

Pour y parvenir, nous nous appuyerons sur les meilleures pratiques utilisées dans des projets similaires. Dans la première partie de notre étude, nous présenterons la zone où se situe le périmètre, en effectuant une analyse approfondie des composantes climatiques, y compris une étude hydrologique essentielle. Nous évaluerons les caractéristiques physico-chimiques du sol, son aptitude à la culture et la qualité des eaux disponibles. Enfin, nous déterminerons les besoins en eau spécifiques des cultures, en prenant en compte le débit requis et les volumes d'eau nécessaires pour l'irrigation.

La deuxième partie de notre étude se concentrera sur l'aspect technique du projet. Nous dimensionnerons les bornes, les réseaux d'adduction et de distribution d'eau pour garantir une répartition efficace de la ressource sur l'ensemble du périmètre. L'objectif ultime est de concevoir un réseau d'irrigation performant afin d'améliorer le rendement des cultures et d'optimiser

L'utilisation des ressources en eau. Enfin, nous estimerons le coût total du projet à travers une analyse technico-économique.

La finalité de ce travail est de contribuer au développement durable de l'agriculture dans la Wilaya d'Oum EL Bouaghi en exploitant de manière efficiente la ressource en eau disponible, tout en préservant l'environnement. Notre approche est alignée sur une vision responsable de l'agriculture, cherchant à maximiser les retombées positives sur la société et l'écosystème environnant.

Chapitre I: Analyse des Conditions Naturelles

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I.1. Introduction

Avant de procéder à toute étude d'irrigation, il est impératif de réaliser une analyse approfondie des conditions climatiques pour évaluer les besoins en eau et concevoir le réseau hydraulique. En outre, l'étude des conditions géographiques et géologiques est tout aussi cruciale pour comprendre leur impact sur les infrastructures. L'objectif de ce chapitre est d'examiner attentivement les diverses conditions géographiques, géologiques et climatologiques de notre zone d'étude afin de guider ultérieurement le choix des cultures appropriées.

I.2. Situation géographique :

I.2.1. Présentation générale de la wilaya Oum el Bouaghi :

Oum El Bouaghi est une wilaya (province) située dans l'est de l'Algérie, dans la région des Aurès. Elle se trouve à l'intérieur des terres, à environ 500 kilomètres au sud-est de la capitale Alger.

La wilaya d'Oum El Bouaghi d'une superficie de 7 615 km², comporte 12 daïras et 30 communes.

La wilaya d'Oum El Bouaghi en Algérie est délimitée par plusieurs wilayas voisines. Ses limites territoriales sont définies par les wilayas suivantes :

Au nord : la wilaya de Sétif.

À l'ouest : la wilaya de Batna..

Au sud-ouest : la wilaya de Biskra

Au sud : la wilaya de Tébessa

À l'est : la wilaya de Khenchela.

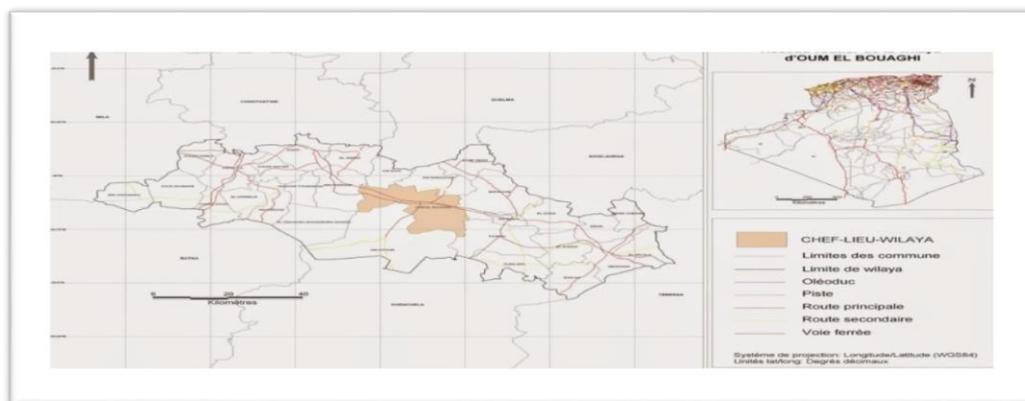


Figure I-1 : Localisation de la zone d'étude Ouled hamla.

I.2.2. Présentation du périmètre d'étude

Le périmètre d'Ouled Hamla est situé au nord-est de l'Algérie dans les limites administratives de la wilaya d'Oum El Bouaghi.

Le périmètre **d'Ouled Hamla** se trouve sur une superficie totale équipée de 2274 hectares, où il est estimé.

La commune **d'Ouled Hamla** couvre une superficie de 152 km².

est une commune située dans la Daïra d'Ain M'lila , dépendant de la Wilaya d'Oum-El-Bouaghi, en Algérie.

- ✓ Au Nord -ouest : Teleghmawilaya de Mila .
- ✓ Au Sud-ouest : de Souk Naamane
- ✓ Au Nord : Guetar El Aich commune d'El-Khroub wilaya de Constantine et Oued Seguenwilaya de Mila .
- ✓ Au Sud : Ain M'lila .



Figure I-2 :localisation géographique de la zone d'étude .(Source : Google Earth 2023)

I.3. Caractéristiques topographiques et pédologiques de la zone :

I.3.1. Etude géologique

Le périmètre d'irrigation **d'oueld hamla**, situé dans les hautes plaines constantinoises, est caractérisé par la présence de formations géologiques quaternaires et tertiaires. Plus spécifiquement, les formations quaternaires se composent de dépôts alluvionnaires :

- ✓ Des alluvions actuelles et récentes dans les vallées des anciennes terrasses, composées de

limons, de sables et d'argiles

- ✓ Des alluvions des anciennes terrasses, constituées de limons, de sable, de sables et de graviers
- ✓ Des alluvions actuelles et récentes sur les plateaux, abondamment développées, se transformant en cônes d'épandage là où les thalwegs débouchent sur les parties basses des plateaux
- ✓ La présence de calcaires lacustres, d'argiles ou de marnes rouges complète cette palette géologique diversifiée

Les formations géologiques de la région, datant du Néogène (Miocène supérieur, Pliocène et Villafranchien), se présentent sous des aspects continentaux, résultant du comblement des dépressions topographiques de l'ère du Vandemonian.

Le Miocène supérieur est caractérisé par une variété de matériaux tels que des calcaires, des marnes noires, des poudingues, des grès et des marnes jaunes, définissant ainsi les couches géologiques de cette période.

Pour ce qui est du Pliocène-Villafranchien, il occupe des étendues importantes le long des flancs des bombements anticlinaux centrés sur le Miocène. Cette strate géologique se décline en deux unités hydrogéologiques distinctes:

Au sud, une nappe aquifère se forme à partir des formations néogènes et quaternaires, accessible via des puits d'irrigation et des forages pour satisfaire les besoins en eau potable des localités comme Ouled Hamla, Téléghma et M'chira.

Au nord, on retrouve la nappe alluviale de l'Oued Rhumel, une ressource en eau significative de la région



Figure I-2 :Esquissegéologique delaplainedeOuled hamla wilaya de Oum el bouaghi.

I.3.2. Réseau hydrographique

Le périmètre d'irrigation à Ouled Hamla se trouve dans la zone médiane du bassin versant de l'Oued Rhumel. Dans cette région, le réseau hydrographique est bien développé, avec un flux d'eau principalement orienté du sud et du sud-est vers le nord et le nord-est. On y découvre plusieurs cours d'eau de grande taille comme le Rhumel, l'Athmenia, le Seguin, l'El Rhedir et le Mekhalfa, ainsi que divers autres cours d'eau de moindre envergure.

données recueillies à partir de la station de Ouled hamla et prise comme station référence.

Tableau I-1 :Caractéristiquesgéographiquesdelastationd'Ouled hamla.

Nom dela station	Latitude	Longitude	Altitude	Période d'observation	Années d'observation
OUELAD HAMLA	36°8N	6°26 E	856m	1992-2018	26 ans

(Source:ONM Constantine).

I.4.2. Les températures :

La température de l'air est un élément météorologique essentiel qui impacte la croissance des plantes ainsi que leurs besoins en eau.

Le Tableau I.2 présente les moyennes mensuelles des températures minimales et maximales sur la période de 1992 à 2018.

Tableau I-2 :Répartitiondestempératuresmoyennesinterannuellesen(C°).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Température min (°C)	3.1	3.0	5.2	6.8	11.5	16.2	18.5	19.8	15.2	11.5	7	4.2
Température max(°C)	12.5	13.4	17.1	19.5	26.2	31.6	34.3	34.8	29	23.9	17.4	13.6
Température moy(°C)	7.8	8.2	11.1	13.1	18.8	23.9	26.4	27.3	22.1	17.7	12.2	8.9

(Source : ONID Constantine).

D'après les données du Tableau I.2, il est observable que les températures varient au fil de l'année, atteignant un pic en août et un minimum en janvier. Le mois le plus chaud enregistre une température moyenne de 27.3.°C, tandis que le mois le plus froid affiche une moyenne de 7.8°C.

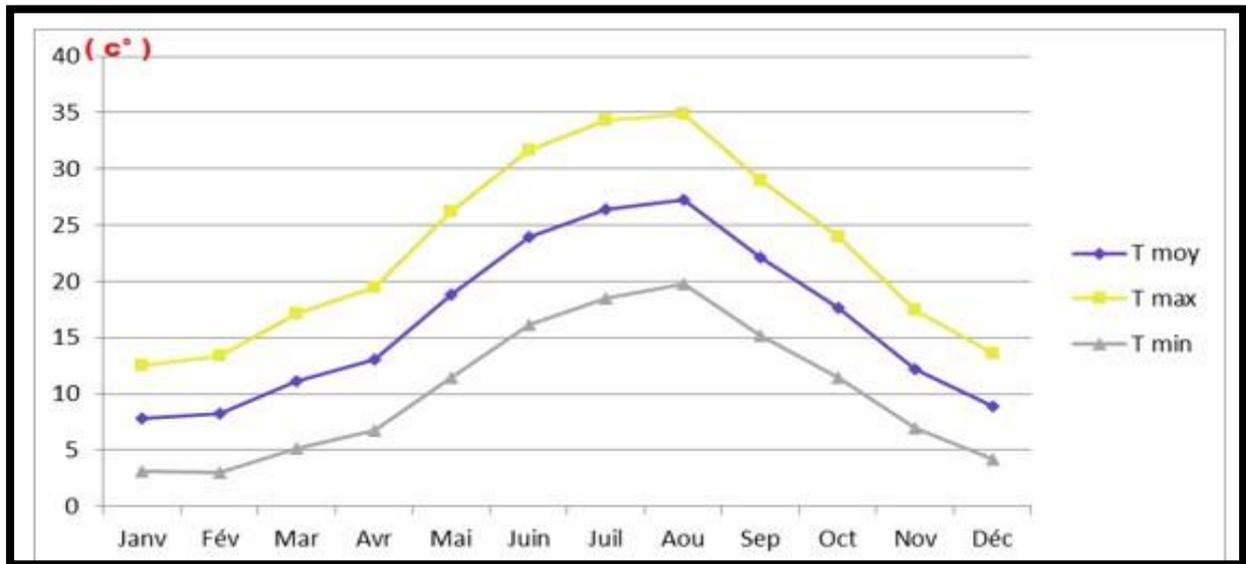


Figure I-4 :Répartition des températures moyennes.

I.4.3. Pluies mensuelles

Les pluies mensuelles sont importantes en irrigation car elles permettent de quantifier le bilan hydrique nécessaire pour le calcul des doses et des besoins d'irrigation. La station de **oueld hamla** vu qu'elle a la durée d'observation des pluies est plus longue pour cette station (1992-2018).

Tableau I-3 : les pluies moyennes mensuelles en (mm).

Mois	Sept	Oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Aout	Annuel
Pluie (mm)	29.49	28.3	32	45.20	45.07	36.68	38.04	31.57	36.07	14.84	7.50	14	358.80

(Source : ANRH Constantine).

I.4.4. L'évaporation

L'évaporation est le processus lent de passage de l'état liquide à l'état gazeux, et son action contribue à abaisser la température de l'environnement. Les variations de l'évaporation mensuelle sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau I-4 :Evaporationmensuelleen(mm)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Evaporation (mm)	120.5	91.1	57.3	43.4	40.9	44.8	63.6	70.6	100.1	147.4	193.4	188.1

(Source:ONMConstantine).

Selon les données du Tableau I.4 il est observé que les valeurs de l'évaporation mensuelle varient de 43.4 mm en décembre à 188.1 mm en août.

I.4.5. L'humidité relative

L'humidité relative, ou degré hygrométrique (exprimée en pourcentage), représente le rapport entre la tension de vapeur et la tension maximale dans l'air. C'est un élément crucial du cycle hydrologique, variant en fonction de la température atmosphérique et des caractéristiques des masses d'air locales. Les valeurs moyennes de l'humidité relative sont fournies dans le Tableau.6:

Tableau I-5 :Humiditérelativedel'airen (%).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Annuelle
Humidité(%)	64.5	69.7	74	78.5	79	76.9	72.2	69.7	64.5	53.5	47.6	50.0	66.7

(Source :ONMConstantine).Selon les données du Tableau I.5, l'humidité moyenne annuelle s'élève à 66.7%. Les niveaux les plus bas sont enregistrés en juillet et août, atteignant 50%, tandis que les mois de novembre et décembre enregistrent les taux les plus élevés, avoisinant les 78%.

I.4.6. Le vent

Leventestl'undesélémentscaractéristiquesduclimat,cefacteurexerceunegrandeinfluencesur lesculturesetle systèmed'irrigation.

LetableauI.6présentelarépartitionmoyennemensuelledeSVitesse duvent.

Tableau I-6 : Répartition moyennemensuelle des vitesses du vent en(m/s)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
V (m/s)	1.2	1.5	1.5	1.9	1.9	1.9	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.4

(Source : ANRH Constantine).

Selon les données du Tableau I.6, les vitesses moyennes du vent connaissent des fluctuations relativement faibles au cours de l'année, variant entre une valeur minimale de 1.1 m/s en et une valeur maximale de 1.9 m/s.

I.4.7. L'insolation

L'insolation dépend de la latitude, de l'époque de l'année, de l'exposition solaire et de la nébulosité, ce qui explique les variations des valeurs d'un site à l'autre.

Le Tableau I.7 indique les valeurs moyennes mensuelles de durée d'insolation.

Tableau I-7 : Valeurs moyennes des durées d'insolation mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Insolation (heures)	244	223	169	160	157	186	239	251	289	318	351	295

(Source: ANRH Constantine).

I.4.8. Classification du climat

I.4.8.1. Indice d'aridité

D'après l'indice d'aridité de MARTONNEIA:

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

Avec:

P : précipitation annuelle en mm

P = 385.80 mm

T: température moyenne en (°C)

T = 16,5°C

Donc : **$I_A = 13.54$**

Tableau I-8 :Classificationduclimat

Valeurdel'indiced'aridité	Typedeclimat
I<5	Désertique
5 <I<10	Trèssec(aride)
10 <I<20	Sec(semi-aride)
20 <I<30	Relativementhumide(sub-humide)
I>30	Humide

"L'irrigation sur notre périmètre est indispensable, car selon la classification de Martonne, notre climat est défini comme sec, voire semi-aride."

I.4.8.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

L'indice d'Emberger vise à déterminer l'étage bioclimatique en se basant sur le quotient pluviométrique calculé à partir de la formule d'Emberger. Ce quotient est obtenu en fonction de la précipitation annuelle moyenne (P), de la température maximale du mois le plus chaud (M) en degrés Kelvin et de la température minimale du mois le plus froid (m) en degrés Kelvin. :

La formule pour le quotient pluviométrique d'Emberger est donnée par :

$$Q = \frac{1000 P}{M + \frac{m}{2(M-m)}} = \frac{2.1000P}{M^2 - m^2}$$

Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : Précipitation moyenne annuel mm.

M : température maximale du mois le plus chaud en degrés Kelvin

m : Température minimale du mois le plus froid en degrés Kelvin.

Dans cette analyse, :

Avec une précipitation annuelle moyenne de P = 358,8 mm,

Une température maximale du mois le plus chaud de **M = 22.8°C** (convertie en degrés Kelvin) et une température minimale du mois le plus froid de **m = 10.2°C** (convertie en degrés Kelvin), le quotient pluviométrique d'Emberger est calculé comme **Q = 38.65**.

I.4.8.3. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

BAGNOULS et **GAUSSEN** (dans Stewart, 1969) ont développé des diagrammes ombrothermiques pour évaluer la longueur et l'intensité de la période sèche au cours de l'année. Leur approche repose sur la formule $P = 2 * T \text{ } ^\circ\text{C}$. Les mois considérés comme secs sont ceux où la courbe des précipitations se situe en dessous de celle des températures moyennes..

Dans notre situation, l'irrigation devient indispensable à partir de la fin de mai et se prolonge jusqu'au début d'octobre, comme illustré dans la Figure I.5.

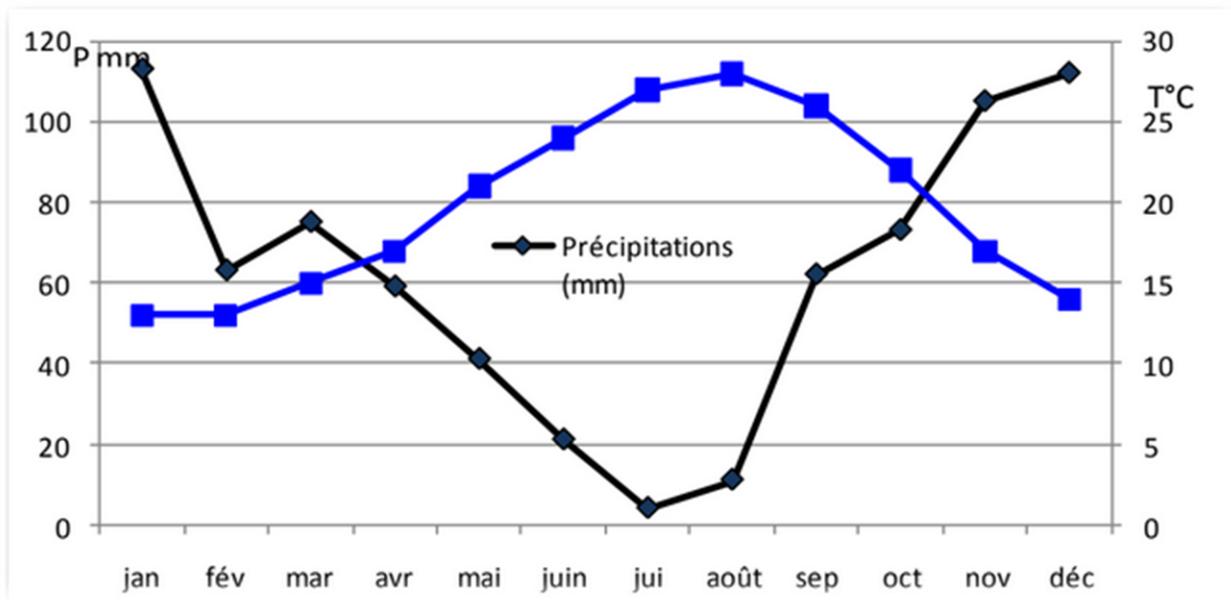


Figure I-5 :Diagramme ombrothermique de Gaussen.

I.5. Conclusion

Dans Ce chapitre offre une vision approfondie de notre zone d'étude, couvrant divers aspects tels que la géographie, la géologie et les caractéristiques climatiques. Il met en évidence un été chaud et sec, ainsi qu'un hiver relativement doux, soulignant l'importance des précipitations hivernales, atteignant en moyenne 358,80 mm par an. Cette analyse souligne l'impératif crucial de l'irrigation pendant l'été, étant donné le déficit en eau observé dans la région à cette période, principalement en raison du manque quasi-total de précipitations.

Chapitre II: Ressources ensole

tressourceseneau

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

II.1. Introduction

Le sol est crucial pour l'agriculture car il soutient les cultures et leur fournit l'eau nécessaire. Il est donc important de comprendre sa composition et comment il se forme pour sélectionner les cultures adaptées à notre région et les irriguer efficacement.

II.2. Ressources en sol

L'étude des sols est essentielle pour comprendre la nature et la répartition de leurs caractéristiques et contraintes. Une compréhension approfondie permet de sélectionner les cultures les plus appropriées en fonction des spécificités du sol. Cette approche favorise une utilisation optimale des ressources et augmente le succès des projets d'irrigation en améliorant la productivité agricole.

II.2.1. But de l'étude pédologique

Les objectifs de l'étude pédologique varient en fonction des besoins spécifiques de chaque projet. Dans le contexte de l'irrigation, plusieurs caractéristiques revêtent une importance primordiale :

- La profondeur du sol, déterminant l'épaisseur des couches accessibles aux racines et donc la disponibilité en eau.
- La texture du sol ainsi que la présence de cailloux, influençant sa capacité de rétention d'eau.
- La structure et la porosité des différentes couches du sol, impactant sa perméabilité et donc la facilité d'irrigation.
- Les propriétés chimiques du sol (pH, SAR, CE, etc.), ayant un impact sur les possibilités de culture dans la zone à irriguer.
- La classification du sol, un paramètre clé influençant sa capacité à retenir l'eau, la croissance des plantes et la compatibilité des cultures.

II.2.2. Classification des sols du périmètre

La plaine **d'Ouled Hamla** est caractérisée par l'accumulation d'alluvions et de colluvions, formant ainsi des terrasses et des glacis. Pour la classification des sols dans cette région, une étude de 89 profils a été réalisée

Le profil pédologique :

Les profils pédologiques peuvent être définis par divers paramètres, tels que la classe texturale, qui indique la proportion relative des différentes tailles de particules dans le sol. Dans la zone d'étude, les profils pédologiques de la couche superficielle présentent une texture allant du limon sablo-limoneux au limon limoneux. Leur pH varie de 6,8 à 7,44 (basique), avec des valeurs très basses pour la conductivité électrique, allant de 0,05 à 0,08 ms/cm.

Profil N° 1 :

Caractéristique morphologique :

- ✓ Classe : Sol peu évolué,
- ✓ Sous classe : D'origine non climatique,
- ✓ Topo : Plane,
- ✓ Utilisation du sol : jachère,
- ✓ Aptitude : bonne qualité

Description des horizons :

Les horizons sont définis selon les différentes couches de profondeur :

▪ Horizon 0-35 cm

Cet horizon est caractérisé par une texture limoneuse, un pH basique, une conductivité électrique très faible, une faible teneur en calcaire, un pourcentage réduit de calcaire actif, une faible teneur en azote total, une très faible teneur en phosphore assimilable, une teneur basse en potassium échangeable, une teneur moyenne en calcium échangeable, une teneur moyenne en magnésium échangeable, une teneur moyenne en sodium échangeable, et un rapport C/N moyen.

▪ Horizon 35 -70 cm

Cet horizon présente une texture limoneuse, un pH neutre, une conductivité électrique très faible, une faible teneur en calcaire, une très faible teneur en azote total, une très faible teneur en phosphore assimilable, une très faible teneur en potassium échangeable, une faible teneur en calcium échangeable, une faible teneur en magnésium échangeable, une faible teneur en sodium échangeable, avec un rapport C/N moyen.

▪ Horizon 70 -115 cm

Cet horizon se caractérise par une texture limon-sableuse, un pH basique, une conductivité électrique très faible, une faible teneur en calcaire, un pourcentage réduit de calcaire actif,

une très faible teneur en azote total, une très faible teneur en phosphore assimilable, une très faible teneur en potassium échangeable, une teneur moyenne en calcium échangeable, une faible teneur en magnésium échangeable, une teneur moyenne en sodium échangeable, et un rapport C/N moyen.

Tableau II-1 :solsdelarégion

Classe	Sous – classe	Group	Sous – group	Surface
Solspeuévolue	D'origine nonclimatique	D'apport Alluvial	Vertique	692.37
		D'apport Colluvial	Modal	943.29
		D'apport Alluvial	Hydromorphe	267.52
		D'apport Alluvial	Modal	350.67
		D'apport Colluvial	Modal	188.47
Total				2442.33

Dans la partie sud de notre zone d'étude, spécifiquement à **Ouled Hamla**, les terrains présentent de faibles pentes, conférant ainsi une homogénéité remarquable avec des unités cartographiques plus vastes. Dans cette région, les sols peu évolués prédominent, s'étendant jusqu'aux cours d'eau et aux zones sujettes aux inondations. La distribution de ces sols est directement influencée par la proximité des cours d'eau et des zones inondables.

Tableau II-2 : Analyse physico-chimiques des profils :

Horizon		H1	H2	H3
Profondeur en (cm)		0-35	35-70	70 -115
Granulométrie	Sable(%)	28 .18	18	12
	Limon(%)	34.32	39	39
	Argile(%)	33	46	50
Matièreorganique	Matièreorganique(%)	0.2	1.1	0.2
	C(mg/kgdesol).	1.2	6.5	1.2
	N(mg/kgdesol).	0.2	0.5	0.2
	C/N	7	14	7
Solutiondusol (Cation)	Ca ⁺⁺	18.25	16.8	11.5
	Mg ⁺⁺ (méq /l).	1.82	2.1	3.3
	Na ⁺⁺ (méq/l).	0.68	0.7	0.7
	K ⁺ (méq/l).	0.49	0.3	0.84
Anions	So ₄ ⁻⁻	34.9	38.2	36.7
	Cl ⁻	1.2	2.4	1.8
	Hco ₃ ⁻	0.8	1.3	0.5
Réservesminérales	CaCo ₃ total(%)	18	35	45
	CaCo ₃ actif(%)	13.7	13.8	16
	P(Total(mgp/kgsol).	0.6	0.3	0.8
	P205assimilable(ppm).	109	20	17
	K20(mg/kgsol).	3.1	0.2	15

(ONID.TELAGHMA).

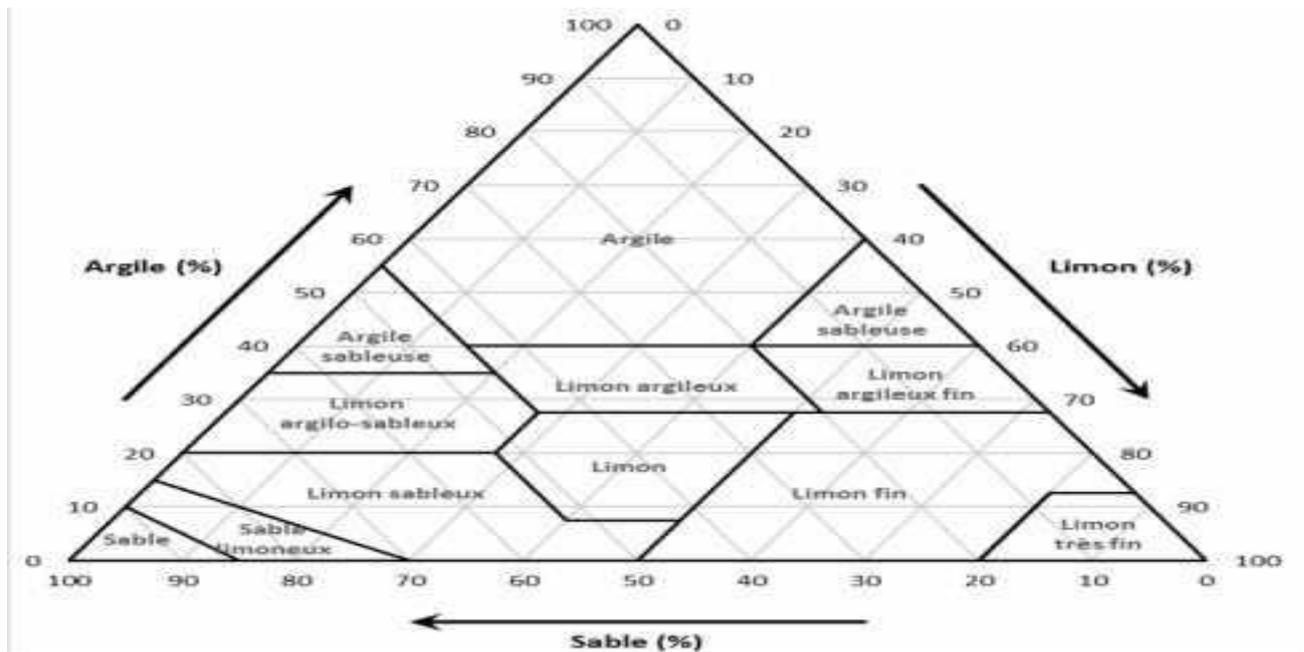


Figure: Diagramme triangulaire de la texture des sols

II.2.3. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

Les caractéristiques physiques du sol peuvent être mesurées à l'aide de paramètres quantifiables, dont les valeurs dépendent essentiellement de la structure et de la texture du sol. Pour évaluer la quantité d'eau d'irrigation requise, il est crucial de prendre en compte les paramètres hydrodynamiques pertinents, répertoriés dans le tableau :

Tableau II-3 : Propriétés hydrodynamiques des sols.

Paramètres	Unité	Valeur moyenne
Texture	-----	Limono-argileux
Densité apparente (D_a)	g/cm^3	1.42
Densité réelle (D_r)	g/m^3	2,6
Perméabilité Porchet (K)	m/s	$2.5-3 \times 10^{-5}$
L'humidité (PF) caractéristique (pF4,5)	%	16%
L'humidité (PF) caractéristique (pF2,5)	%	29-26%
Laprosité	%	40

II.2.4. Aptitudes culturales

L'étude pédologique couvrant une superficie totale de 18253 hectares a permis de catégoriser les sols en fonction de leur fertilité et de leurs capacités agricoles.

Classe I: concerne les sols de bonne qualité, sauf pour ceux avec des niveaux élevés de calcaire actif.

Classe II :regroupe les sols nécessitant des labours en profondeur pour améliorer leur potentiel agricole.

Classe III :inclut les sols avec une texture argileuse à très argileuse.

Classes IV et V :ésignent des sols peu profonds, la Classe V étant plus critique en profondeur (30-50 cm pour V et moins de 80 cm pour IV).

Sur les 18253 hectares étudiés, 1881 hectares de sols de Classe I ne sont pas recommandés pour l'irrigation, et 553 hectares sont occupés par des agglomérations. Ainsi, la superficie totale des sols potentiellement irrigables dans les limites de l'étude pédologique est à préciser.

II.3. Ressources en eaux:

La wilaya de Oum El Bouaghi désigne l'ensemble des sources d'eau disponibles dans cette région. Cela inclut les cours d'eau, les nappes phréatiques, les lacs, les barrages, ainsi que les ressources en eau souterraine et de surface. Ces ressources sont essentielles pour répondre aux besoins en eau potable, pour l'irrigation agricole, l'industrie, et d'autres utilisations domestiques et économiques. L'évaluation et la gestion de ces ressources sont cruciales pour assurer une utilisation durable de l'eau et pour répondre aux besoins croissants de la population et des activités économiques locales.

Les eaux de surface du bassin versant de la rivière El Kebir représentent la principale source d'eau pour la zone d'irrigation. Le projet du système de transfert de Beni-Haroun vise à gérer et réguler les flux d'eau de surface grâce aux barrages de Bou Siaba et Beni-Haroun, ce dernier ayant pour rôle prévu de contrôler les crues, bien qu'elles soient peu probables

Ce système de transfert depuis le barrage de Beni-Haroun a pour objectif d'approvisionner en eau six wilayas situées plus au sud, vers les hauts plateaux, incluant Batna, Khenchela, Mila, Oum El Bouaghi, Constantine, et la région d'El Milia à Jije

potable des villes d'Oum El Bouaghi, Mila et Constantine, ainsi qu'à l'irrigation d'environ 30 000 hectares dans les plaines de Teleghma, Chemoura, Tafouna et Ouled Hamla (Oum El Bouaghi). La distribution se divise ainsi : 50 % pour l'alimentation en eau potable et industrielle, avec une tolérance de déficit de 5 % en temps et 2 % en volume, et 50 % pour l'irrigation, avec une tolérance de déficit de 10 % en temps et 5 % en volume

La zone d'irrigation sera alimentée par le bassin de régulation d'Oued Sagan, faisant partie intégrante du projet global de transfert d'eau du barrage de Beni-Haroun. Environ 504 millions de mètres cubes par an sont transférés dans le réservoir, dont 69,5 millions de mètres cubes par an sont dédiés à l'irrigation

II.3.1. Localisation et caractéristiques du barrage de Beni Haroun (BBH)

Le barrage de Beni Haroun se localise au Nord-Est de l'Algérie, précisément sur l'oued El-Kébir, à environ 40 kilomètres avant son débouché dans la mer Méditerranée. Il se situe au sud de la retenue formée par cette rivière. À une distance d'environ 40 kilomètres au Nord-Nord-Ouest de la ville de Constantine et à 350 kilomètres à l'Est d'Alger, le barrage marque également sa position. La digue se trouve à l'amont de la gorge calcaro-marneuse de Beni Haroun, à 3 kilomètres de la jonction des oueds Ennedja et Rhumel, au Nord de la ville de Grarem Gouga, dans la wilaya de Mila

Le barrage de Beni Haroun approvisionne en eau potable plusieurs régions avoisinantes des wilayas de Mila, Jijel, Constantine, Oum-El-Bouaghi, Batna et Khenchela. Il satisfait également les besoins en eau d'irrigation pour des centaines d'hectares de terres agricoles dans des zones comme les plaines de Teleghma, Chemoura, Tafouna et Ouled Hamla (Oum El Bouaghi), couvrant environ 30 000 hectares.

La distribution de l'eau se divise ainsi : la moitié est allouée à l'alimentation en eau potable et industrielle, avec une tolérance de déficit de 5 % en temps et 2 % en volume, tandis que l'autre moitié est destinée à l'irrigation, avec une tolérance de déficit de 10 % en temps et 5 % en volume. La zone d'irrigation sera alimentée par le bassin de régulation d'Oued Sagan, une partie intégrante du projet global de transfert d'eau du barrage de Beni-Haroun. Environ 504 millions de mètres cubes par an sont transférés dans le réservoir, dont 69,5 millions de mètres cubes par an sont dédiés à l'irrigation.

Concernant les capacités du barrage, le volume total de stockage entre les cotes 172 NGA et 200 NGA est de 723 millions de mètres cubes, tandis que le volume régularisé moyen annuel est d'environ 435 millions de mètres cubes. L'apport solide annuel est estimé à environ 6 millions de mètres cubes. De plus, le volume de la tranche morte, située entre les cotes 110 et 172 NGA, est équivalent à 240 millions de mètres cube.

II.3.2. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation

Avant de démarrer tout projet d'aménagement agricole, il est crucial d'examiner attentivement la qualité de l'eau d'irrigation. À cette fin, certains facteurs clés doivent être évalués de manière rigoureuse :

- ✓ Le pH,
- ✓ Le niveau,
- ✓ Le risque de sodium (mesuré par le Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR),
- ✓ Les concentrations de carbonate, de bicarbonate, de calcium et de magnésium,
- ✓ La présence d'anions toxiques,

Les données sur le tableau II.4 présentent la qualité de l'eau brute déterminée par l'ANRH à partir des prélèvements effectués à la station hydrométrique

Tableau II-4 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation.

Paramètre	Valeur moyenne
Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	1129
Résidu Sec en mg/l	1568
PH	7.6
CL en mg/l	247
Na ⁺ en mg/l	124
Ca ⁺⁺ en mg/l	72
Mg ⁺⁺ en mg/l	33
K ⁺ en mg/l	22
SO ₄ ²⁻ en mg/l	166
HCO ₃ ³⁻ en mg/l	362
NO ₃ ⁻ en mg/l	11

(Source: ANRH Constantine).

II.3.3. Classification des eaux d'irrigation

Pour déterminer la qualité de l'eau et savoir si on peut irriguer avec cette eau, deux principaux éléments doivent être étudiés :

- La concentration totale des sels solubles (conductivité électrique)
- Le SAR (Sodium Absorption Ratio)

II.3.3.1. La concentration totale des sels solubles

L'eau utilisée pour l'irrigation peut contenir des sels dissous qui, à des concentrations élevées, peuvent être dommageables pour les plantes malgré leur utilité à des niveaux modérés. La mesure de la conductivité électrique, associée à la mobilité des ions dans l'eau et exprimée en mmhos/cm à 25°C , permet d'évaluer la quantité de sels présents. Une conductivité électrique élevée indique une concentration plus importante de sels dans l'eau.

La classification de la qualité de l'eau d'irrigation dépend de sa conductivité électrique.

Elle se divise en quatre classes, évaluant le niveau de dangerosité de la salinité de l'eau en fonction de cette conductivité électrique.

Tableau II-5 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°	Qualité des eaux	Interprétation
C1	$0 < C < 250$	Eau de risque faible de salinité.	Faible minéralisation de l'eau Utilisations sur la plupart des cultures
C2	$250 < C < 750$	Eau de risque moyen de salinité.	Minéralisation moyenne Utilisations sur sol modérément les sèves et plantes Moyennement tolérantes au sel
C3	$750 < C < 2250$	Eau de risque élevé de salinité.	Eau salée Utilisations sur sol bien drainé et plantes tolérantes au sel Contrôle de l'évolution de la salinité obligatoire
C4	$2250 < C < 5000$	Eau de risque très élevé de salinité.	Forte minéralisation Utilisation non souhaitable en agriculture

II.3.3.2. Le SAR (Sodium Absorption Ratio)

La concentration de sodium dans l'eau est influencée par les concentrations de calcium et de magnésium. Si l'eau contient une forte teneur en sodium, celui-ci peut se lier au complexe argileux du sol, provoquant une déstructuration et entraînant une compaction excessive des sols

Pour évaluer le risque alcalin, on analyse la concentration des ions Na^+ ainsi que celle des ions Ca^{++} et Mg^{++} . Cette relation entre ces trois éléments est exprimée par le SAR (Sodium Absorption Ratio)

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

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies.

Tableau II-6 : Risque d'alcalinisation en fonction du SAR .

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

Pour déterminer la classe de seuils d'irrigation de notre barrage on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

Dans le cas du barrage Beni haroun on a :

$$SAR=2.23 \text{ et } CE=1129 \mu \text{ s/ cm,}$$

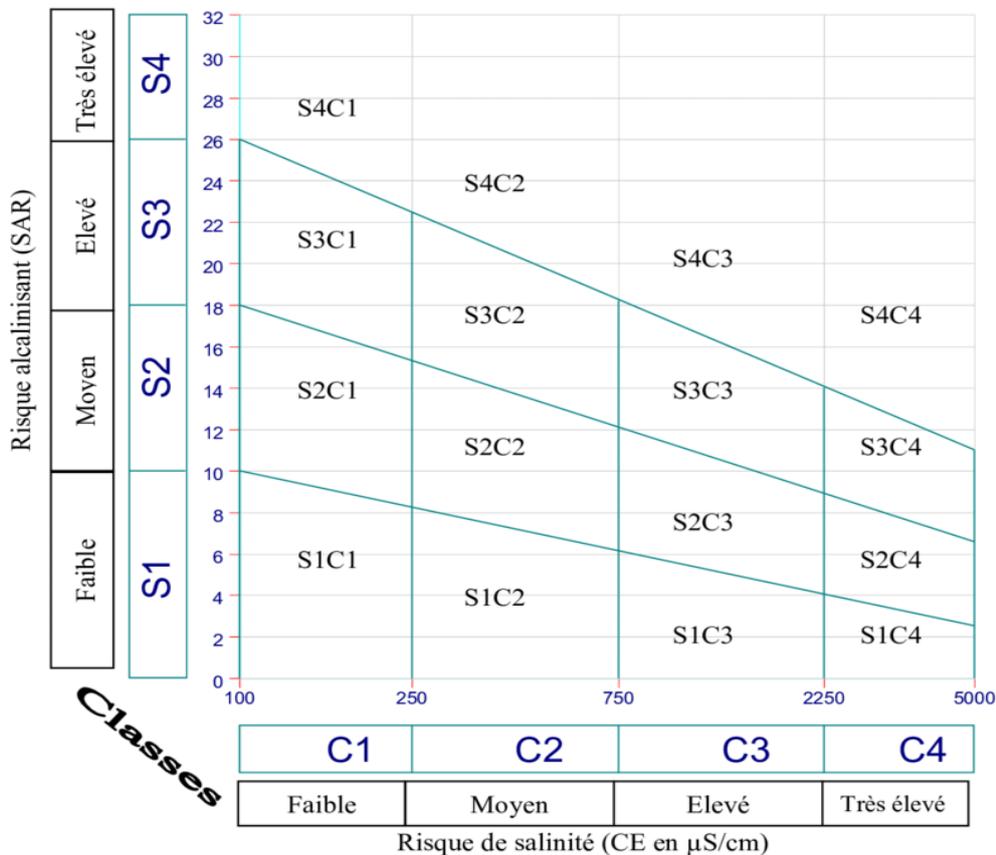


Figure II-1 : Le diagramme de Riverside

D'après le diagramme de Riverside, on classe cette eau dans la classe C3-S1 (eau risquée d'alcalinité faible et de salinité moyenne)

II.4. Calcul de la pluie de projet

L'analyse des pluies a pour but de définir les précipitations de courte et de longue durée qui peuvent nonder le périmètre à étudier.

II.4.1. Choix de la station:

En tenant compte de la position de notre périmètre on a choisi la station de oued Sagan
 la période d'observation de cette station est plus longue que celle de Ouled hamla

II.4.2. Présentation de la station pluviométrique

Nous avons pris la station d'Ouled hamla comme station de référence dont les caractéristiques sont :

Tableau II-7 : caractéristique principale de la station pluviométrique (ANRH Constantine).

Nom de la station	Code	coordonnées		Altitude	Période d'observation	Nombre d'observation
		X(m)	Y(m)			
Ouled hamla	11-15-09	840	312	856	1992-2018	26

(Sours ;ANRH Constantine).

II.4.3. Répartition de la pluie moyenne annuelle :

Nous possédons des données sur les précipitations mensuelles, couvrant la période de 1992 à 2018. Ces informations sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-8 : Précipitations moyennes mensuelles de ouled hamla 1992-2018

Mois Années	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	mars	avril	mai	juin	Juil	aout	annuel
1992	55.6	31.4	41.5	12.3	31.7	26.5	70.4	5.4	16.4	0.5	0.5	0	292.2
1993	61.3	29.8	35.6	66.4	20.3	80.6	35.8	19.5	40.3	4.7	9.3	0.5	404.1
1994	19	27.3	12.5	23.6	33.8	26.3	28.4	25	13.4	11.2	0	1.2	221.7

Chapitre II Ressources en sol et ressources en eau

1995	26.4	12.4	17.2	98.6	34.6	27	21.4	52.3	14.6	14.6	1	2.5	322.6
1996	49.4	16.2	10.4	21.5	55.9	7.4	16.4	31.2	32.5	7.1	0.5	9.6	258.1
1997	18.4	12.3	63	72.5	13	34.6	101.6	53.6	30.2	14.9	19.2	21.6	454.9
1998	29	45.4	15.9	26.2	53.5	47.8	47.3	49.1	95.4	6.6	16.9	2.5	435.6
1999	26.3	15.5	79.6	70.6	35	23.1	28	1.7	42.3	13.8	19.4	9.1	364.4
2000	14.7	9.6	18	50.8	29.5	31.2	20.6	19.2	14.2	0	2.9	2.6	213.3
2001	21.2	65.8	26.4	29.3	104.1	11.2	56.4	13.5	21.4	22	0	1	372.3
2002	56.2	5.9	26	11.2	92.7	168.3	21.3	71.4	56.9	70.9	18.5	18.4	617.7
2003	31.5	14.2	12.6	25.3	56.9	29.9	16.4	44.5	22.5	13.7	22.6	12.4	302.5
2004	53.8	96.6	68	53.5	7	43.1	25	43.1	43.4	24.1	0	5.9	463.7
2005	12	13.4	19.4	19.4	20.2	12.9	5.2	4.6	1.6	1.6	0.3	0	110.6
2006	34.6	20.7	51.7	109.4	7.3	10.1	5.2	26.4	82	56.2	3.5	22.7	429.8
2007	16.2	31.6	26.4	33.9	57.8	23	17.8	31.5	17.4	6.5	5.4	17.8	285.3
2008	45.7	3.4	13.5	11.2	8.5	14	4.5	4.5	8.6	3.3	16.5	38.5	172.2
2009	14.2	13.5	47.4	42.6	77.3	17	14.3	46.3	28	15.5	7.5	5	328.6
2010	29.2	19	13	50.2	54.3	8.3	31.4	51.2	85.9	37.8	32	16.5	428.8
2011	49.3	27.2	59.1	120.1	58.3	30.5	33.6	38.1	5.5	9.3	3.5	17.3	451.8
2012	32.7	12.5	17.6	45.3	42.8	54.5	11	27.9	117.7	7.2	7.6	0	376.8
2013	41.6	12.4	16.5	63.7	26.4	30.1	71.3	62.5	14.8	8.2	8.5	0	356.0
2014	11	10	24	104	40	33	108	5	59	14	1	0	409
2015	22	48	41	0	114	120	83	5	19	8	0	125	585
2016	7	18	30	5	43	16	62	45	44	10	0	8	288

2017	11	10	72	35	85	34	0	25	6	12	6	0	296
2018	7	142	5.6	19	14	30	91	50	41	7	0	40	446.6
Moyenne	13	28.3	32	45.20	45.07	36.68	38.04	31.57	36.07	14.84	7.50	14	358.8

Cette série de pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes:

Tableau II-9 : Caractéristiques de la série pluviométrique

Moyenne	358.8 mm
Ecart type	138.5
cv	0.35
P_{min}	110.6 mm
P_{max}	585 mm

II.4.4. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Avant toute exploitation des données hydrologiques il faut s'assurer de l'homogénéité de ces données, car il arrive que la station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, ce qui rend leur utilisation difficile. Pour cela un test de Mood est nécessaire pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique.

II.4.4.1. Teste de Mood :(Paul Meylan, 2008)

Le test de Mood permet de savoir si la série de données pluviométrique est homogène ou non, cette méthode repose sur le procédé suivant:

Soit un échantillon x_1, x_2, \dots, x_n Calculons la médiane M en organisant les échantillons par ordre croissant. La médiane M correspond à une valeur où la moitié des x_i sont inférieurs à elle et l'autre moitié lui est supérieure. Pour cela, réorganisons la série de valeurs non triées en une séquence ordonnée.

+ Pour le $x_i > M$

- Pour le $x_i < M$

Calculons les quantités N et T avec:

Ns: nombre totale des séries de + ou de -.

Ts : taille de la plus grande série de + ou de -. Les conditions du test sont les suivantes ;

$$\frac{1}{2}(N+1-1.96\sqrt{N-1}) < Ns < \frac{1}{2}(N+1+1.96\sqrt{N-1})$$

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

Dans le cas de notre série:

Tableau II-10 : résultat du test Mood.

Pmoy	292.2	404.1	221.7	322.6	285.1	454.9	435.6	364.4	213.3
	-	+	-	-	-	+	+	+	-
Pmoy	372.3	517.7	302.5	463.7	110.6	429.8	285.3	172.2	328.6
	+	+	+	+	-	+	-	-	-
Pmoy	428.8	451.8	365	409	585	288	296	446	
	+	+	+	+	+	-	-	+	

On a:

$$\frac{1}{2}(N+1-1.96\sqrt{N-1}) = 11.02 \text{ et } \frac{1}{2}(N+1+1.96\sqrt{N-1}) = 21.89$$

$$Ns = 14.1 \text{ et } 11.02 < Ns = 14 < 21.89$$

Et d'autre part :

$$3.3 (\log_{10} N + 1) = 8.02 \text{ et } Ts = 4 \text{ et } 4 < 8.02$$

Conclusion :

Les deux conditions étant satisfaites, cela confirme l'homogénéité de la série

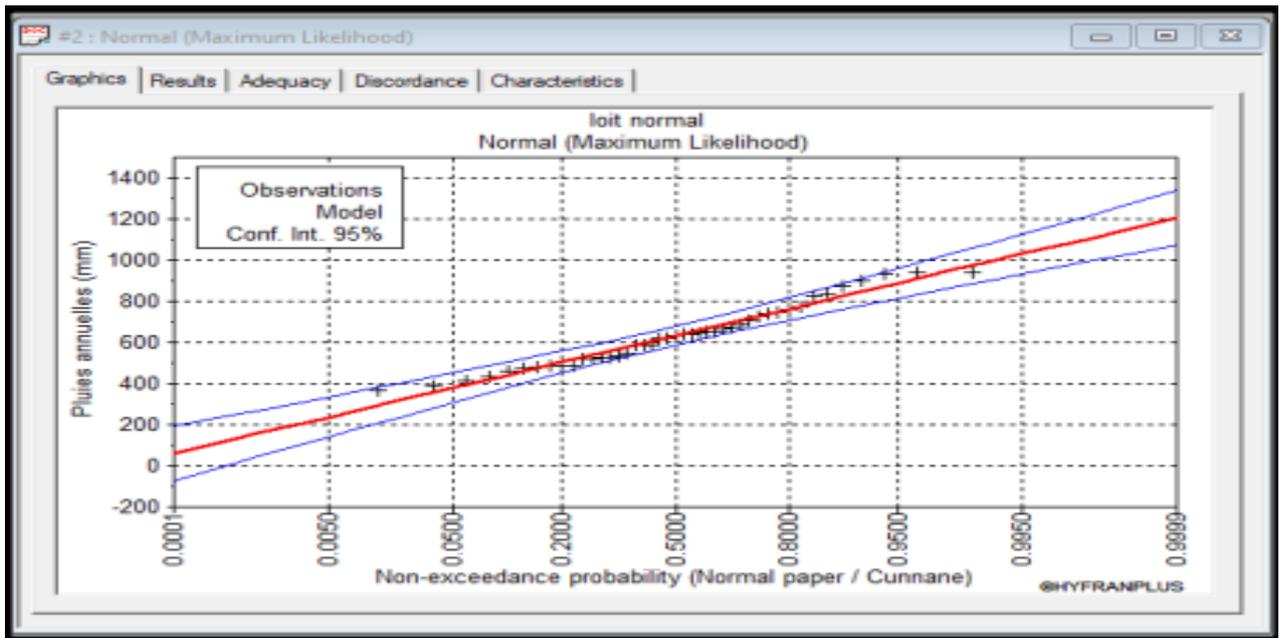
II.4.5. Ajustement des pluies annuelles

Les lois d'ajustement les plus couramment utilisées pour les pluies annuelles comprennent :

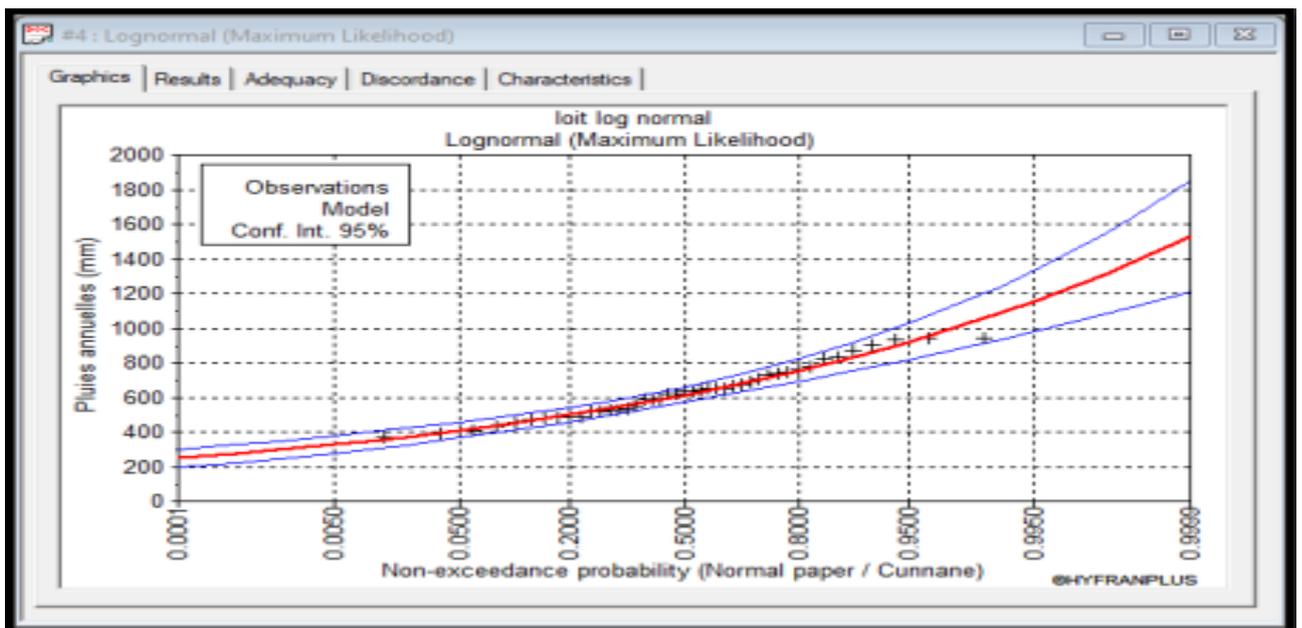
- La loi de Gauss, également connue sous le nom de loi normale.
- La loi de Galton, également appelée loi log-normale.

Ces deux lois de probabilité continues dépendent de deux paramètres : son espérance μ , et son écart type s , dans le cas de la loi lognormale, on les remplace par $\log(\mu, s)$

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel **HYFRAN**.



(a)



(b)

Figure II-2 : Ajustement des pluies annuelles aux lois Normale (a) et lognormale (b).

II.4.5.1. Test de validité d'un ajustement :

Après ajustement des données par la loi, il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin de trouver le meilleur ajustement.

Dans notre cas, nous avons utilisé le test de Khi carré χ^2 . Touaibia, B., (2004)

La loi est adéquate pour une erreur = 0.05 si et seulement si :

$$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$$

Tableau II-11 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{\text{calculé}}=4.37$	$\chi^2_{\text{calculé}}=6.44$
Degrés de liberté=4	
$\chi^2_{\text{théorique}}=9.48$	

Laloi Log-normale est la plus adéquate pour le cas de notre série

II.4.6. Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi Log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

Tableau II-12 : Résultat de l'ajustement.

T	q	X _t	Intervalle de confiance
2	0.5	358.80	315.25-402.35
1.25	0.2	261.67	210.37-312.60

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80%.

$$P_{\text{mov } 80\% \text{ chaque mois}} = P_{\text{mov } 80\% \text{ chaque mois}} * \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}}$$

$$P_{\text{théorique (80\%) annuelle}} = 261.67 \text{ et } P_{\text{théorique (50\%) annuelle}} = 358.80$$

$$P_{\text{théorique (80\%)}} = \frac{261.67}{358.80} * P_{\text{mov chaque mois}} = 0.73 * P_{\text{mov chaque mois}}$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

Tableau II-13 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche ($f_{req}=80\%$).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
P_{moy}	29.49	28.3	32	45.20	45.07	36.68	38.04	31.57	36.07	14.84	7.50	14
P_{moy80%} (mm)	21.53	20.65	23.36	33	32.90	26.77	23.33	26.76	23.04	26.33	5.47	10.22

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié la pédologie du sol de notre périmètre, d'après les analyses physico-chimiques, nous avons constaté que c'est un sol limono-argileux, avec une bonne rétention en eau.

Nous avons aussi déterminé les caractéristiques des eaux du barrage, après étude de la qualité de ses eaux, les résultats n'ont mis en évidence que c'est une eau adéquate et sans incidence pour les cultures.

Chapitre III: Besoins en eau des cultures

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.1. Introduction

L'irrigation est un élément crucial en agriculture car elle impacte directement la croissance et la productivité des cultures.

Les besoins en eau d'irrigation varient selon différents facteurs tels que le type de cultures, leur stade de développement, les conditions climatiques locales, et les caractéristiques du sol. Une gestion efficace de l'irrigation, basée sur une évaluation précise des besoins en eau des cultures, peut favoriser une utilisation responsable des ressources hydriques, améliorer l'efficacité agricole et promouvoir une agriculture durable.

Ce chapitre vise à calculer les besoins en eau et à déterminer le débit fictif continu, lequel représente le débit optimal du réseau d'irrigation adapté aux cultures sélectionnées.

III.2. Besoin en eau du périmètre

Les besoins en eau se réfèrent au volume d'eau qui doit être fourni par l'irrigation pour compenser le déficit par rapport à la quantité apportée par les précipitations. Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures, il est essentiel de rassembler des données sur les caractéristiques des plantes, ainsi que sur les conditions climatiques et les propriétés du sol de la région

III.2.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation

Le calcul des besoins en eau d'irrigation à apporter pour la culture est réalisé en effectuant le bilan hydrique suivant :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + K \cdot RFU_i - 1).$$

Où:

- **ETM** : est l'évapotranspiration maximale ou besoins des cultures en mm ($ETM = ET_0 \cdot k_c$)
- **Kc**: le coefficient culture de la culture considérée.
- **Peff**: est la pluie efficace.
- **RFU**: La réserve utile (la réserve facilement utilisable disponible au début de la Période).

III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration référence (ET0)

La perte d'eau par évaporation du sol et la transpiration des plantes sont deux processus

distincts, mais ils sont regroupés sous le terme d'évapotranspiration. Ce phénomène complexe représente la totalité de l'eau utilisée par une plante pour prévenir la pénurie d'eau [11]. L'évapotranspiration se divise en trois catégories distinctes :

- L'évapotranspiration de référence (ET₀).
- L'évapotranspiration potentielle (ETP).
- L'évapotranspiration réelle (ETR).

III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration de référence

L'ET₀ représente la quantité maximale d'eau pouvant s'évaporer de la surface vers l'atmosphère dans des conditions climatiques spécifiques. Cela concerne un couvert végétal continu, bien alimenté en eau et en pleine croissance, exprimé en millimètres par jour. Deux approches existent pour estimer l'ET₀ :

Les méthodes directes, qui font usage d'instruments et d'appareils spécifiques.

Les méthodes indirectes, basées sur des formules empiriques.

Les méthodes directes

- Lacuvelysimétrique.
- Lebac évaporant.

Les méthodes indirectes

Ces méthodes sont utilisées pour calculer l'évapotranspiration de référence (ET₀) en se basant sur des formules empiriques, qui sont déterminées à partir de paramètres climatiques. Les principales d'entre elles comprennent :

Prinstley-Taylor

Makkink-Turc

Hargreaves

Blaney-Cridle

Thornthwaite

Penman-Monteith modifiée.

Dans notre cas, nous l'avons évalué par la méthode la plus utilisée, la méthode de Penman-Monteith modifiée.

-Formule Modifiée de Penman-Monteith

En 1948, Penman et Monteith ont développé une équation pour calculer l'évapotranspiration d'une surface libre d'eau en combinant un bilan énergétique avec une méthode de transfert de masse. Cette méthode utilise des enregistrements climatologiques tels que l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent. Depuis lors, la formule de Penman-Monteith modifiée est devenue la méthode prédominante et est recommandée par la FAO. Cette formule est largement utilisée depuis 1948 et est détaillée comme suit :

Avec:

ET₀: évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹], G: densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C] u₂: vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

e_s : pression de vapeur saturante [kPa], e_a: pression de vapeur réelle [kPa],

e_s-e_a: déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹], g: constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008) pour calculer l'évapotranspiration de référence en se basant sur la méthode de Penman-Monteith. Dans ce processus, nous avons entré les données mensuelles requises dans le logiciel :

- Température: Les températures minimales et maximales mensuelles.
- Humidité de l'air: l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière: donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence (ET₀) calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, en utilisant la formule modifiée de Penman & Monteith, sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau III-1 :Evapotranspiration deréférenceET₀calculéeparlelogicielCOPWAT.

Mois	TempératureMini mum	TempératureMaxi mum	Humid ité	Vitesse duv ent	Insolati on	Rayonnem ent	ET ₀
	C°	C°	%	m/s	Heure	MJ /m2/jour	Mm/m ois
Janvier	2.4	12.1	78.58	2.3	5.4	9.2	35,34
Février	2.7	13.1	76.33	2.4	6.4	123	43,4
Mars	4.8	16.3	71.21	2.4	8.3	171	77,19
Avril	7.0	19.2	69.34	2.2	8.7	216	100,5
Mai	10.9	24.9	63.47	2.2	10.0	260	145,3 9
Juin	15.2	30.6	53.53	2.1	11.0	278	178,5 6
Juillet	18.3	34.4	47.63	2.5	12.2	275	186,6 2
Aout	18.7	34.5	50.02	2.6	10.2	244	173,6
Septem bre	15.6	29	64.32	2.5	8.5	197	123,3
Octobre	11.8	24.1	69.34	2.7	7.8	145	86,18
Novem bre	6.8	17.2	74.11	2.6	5.9	102	48,9
Décem bre	3.9	13	78.49	2.7	5.6	84	34,72
Moyen ne	9.9	22.4	74	2.25	8.3	18,2	1233 , 7

Interprétation :

Selon les données du tableau, on constate une forte évapotranspiration de référence ET0 durant la période estivale, atteignant **186,62**mm par mois en juillet. Cela souligne un besoin accru en eau pour les cultures pendant cette période. Autrement dit, les besoins en eau des cultures augmentent pendant les mois d'été.

III.3. Calcul de la pluie efficace

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend de la région concernée, de la nature de la pluie et du type de sol.

Dans notre étude, nous avons opté pour la méthode du pourcentage fixe, que nous allons expliquer en détail ci-dessous :

Pluies efficaces (mm/mois) = A. Pluies totales (mm/mois)

Avec:

A: coefficient de pertes généralement égal à 0.8.

Si la quantité de pluie efficace est inférieure à 2 mm, elle est considérée comme étant nulle.

Le résultat de calcul par cette méthode est donné dans le tableau III.2

Tableau III-2 : Calcul des pluies efficaces.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
P_{moy}80% (mm)	21.53	20.65	23.36	33	32.90	26.77	23.33	26.76	23.04	26.33	5.47	10.22
P_{eff}	17.2	16.5	18.7	26.4	26.3	21.4	22.2	18.4	21.4	8.7	4.4	8.2

III.4. Calcul de la réserve en eau du sol

C'est la quantité d'eau contenue dans la tranche du sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement.

La réserve facilement utilisable (RFU) se calcule par la formule suivante.

$$\text{RFU} = (\text{hcc} - \text{hpf}) \cdot Y \cdot \text{Da} \cdot Z$$

- ✓ **Hcc**: humidité à la capacité au champ
- ✓ **Hpf**: humidité au point de flétrissement

- ✓ **Z**:profondeur racinaire,
- ✓ **Y**:coefficientqui dépenddela naturedu sol(on prend $Y=2/3$)
- ✓ **Da**: densitéapparente du sol;

Dansnotrecas,la réserveen eau du sol dumois $i-1$ est égalà:

$$R_s = K R F U$$

Kest coefficient=1, ou1/2, 1/3ou 0dans lecas deréserveeneau nulle.

II.1.4 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'évapotranspiration maximale d'une culture, désignée par ETM, représente la valeur maximale d'évaporation pour cette culture. Elle est influencée par le stade de développement de la culture une culture moins développée aura une évaporation moindre par rapport à une culture bien développée. De plus, les conditions climatiques et les propriétés du sol jouent également un rôle dans cette mesure.

Pour calculer l'évapotranspiration maximale, la formule suivante est employée :

$$ETM = K_c \times ET_0$$

III.5. Choix des cultures

Plusieursparamètresentrentdansladécisiondechoixdesculturesàmettreenplace,cesparamètres sont:

- ✓ L'emplacementnatureldel'exploitation.
- ✓ L'emplacementéconomiquedel'exploitation.
- ✓ Choisirlesproductionsenfonctiondelasituationéconomique
- ✓ Tenircomptedespossibilitésdel'exploitation.

III.5.1. Occupation des sols

Avant d'estimer les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est essentiel de définir comment les terres sont utilisées et comment les cultures sont réparties dans la région. Cela implique de prendre en compte plusieurs contraintes, y compris les facteurs climatiques, sociaux et agro-pédologiques. Les différentes configurations d'utilisation des terres envisagées pour le projet sont répertoriées dans le tableauxuivant:

Tableau III-3 : Scénarios d'occupation du sol du périmètre Ouled Hamla

Typede culture	Culture	Surface occupé (ha)
Lacéréaliculture:	Blé	49
	orge	18.5
Lemaraîchage:	Ail	86.15
	Courgette	5.5
	Oignon	8.25
	Pomme de terre	17
L'arboriculture:	Pommier	20
	Abricotier	0.5
Total		205

Pour notre cas, et vu les vocations agricoles de la wilaya de Mostaganem, on opte pour le scénario 4.

Les cultures proposées sont résumées dans le tableau III.4

Tableau III-4 : Système de cultures proposées

Céréaliculture	Cultures maraîchères	Cultures arboricoles
Blé	Pomme de terre	Vignes
Blé d'hiver	Tomate	Olivier
Orge grain	Courgette	Agrumes

Orgeenvert	Oignon	
	Ail	
	Haricot	

III.5.2. Assolements des cultures

L'assolement se réfère à la séquence de cultures successives sur le même champ au fil du temps. Cette pratique agricole est essentielle pour préserver et améliorer la fertilité des sols au fil des saisons. Il peut également être défini comme la diversité géographique des cultures à un moment donné

Tableau III-5 :Assolement proposé pour le périmètre ouled hamla

Assolement1	Assolement2
Orgeenvert	Blé
Bléd'hiver	Orge grain
Tomate	Oignon
Ail	Ail
Haricot(s)	Pomme de terre (S)
courgette	Pomme de terre (AS)
Oignon	Tomate
Arboriculture	Arboriculture
vigne	Vigne
olivier	Olivier
agrumes	agrumes

III.6. Estimation des coefficients cultureux (Kc)

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties selon les valeurs établies par Doorenbos (FAO, 2003), en fonction du stade végétatif de la plante, et du climat considéré : ils sont représentés dans le tableau III.6

Tableau III-6 :Coefficients cultureux des cultures

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Culture	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Blé	-	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0	1.2	0.87	0.23	-	-
Bléd'hiver	-	0.25	0.40	0.70	0.85	0.95	1.00	0.85	0.70	0.35	-	-
Orge	-	-	0.3	0.4	0.70	0.85	0.95	0.75	0.55	-	-	-
Oignon	-	0.5	0.75	0.95	0.90	0.70	-	-	-	-	-	-
Ail	-	0.5	0.75	0.85	0.90	0.70	0.55	-	-	-	-	-
Pomme deterre(As)	0.50	0.70	0.95	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-
Pomme deterre(S)	-	-	-	-	-	0.50	0.70	1.2	1.2	-	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	0.50	0.85	1.15	0.85	-	-
Haricots	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.65	0.95
Courgette	0.40	0.50	0.80	0.95	0.60	-	-	-	-	-	-	-
Vigne	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.45	0.60	0.70	0.70	0.45
Olivier	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85
Agrumes	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75

III.7. Estimation des besoins en eau des cultures choisies

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant son stade végétatif :

III.7.1. Estimation des besoins en eau des céréales :

Tableau III-7 : Calcul des besoins en eau pour le Blé.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3					
Oct	20,65	16,5	86,18	0,1	11,36	0,25	21,545	0
Nov	23,36	18,7	48,9	0,3	34,08	0,4	19,56	0
Dec	33	26,4	34,72	0,5	56,8	0,6	20,832	0
Jan	32,9	26,3	35,34	0,6	68,16	0,85	30,039	0
Fev	26,77	21,4	43,4	0,6	68,16	0,95	41,23	0

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Mars	23,33	22,2	77,19	0,6	68,16	1	77,19	0
Avr	26,76	18,4	100,5	0,6	68,16	0,9	90,45	10,706
Mai	23,04	21,4	145,39	0,6	68,16	0,7	101,773	32,661
Juin	26,33	21,4	178,56	0,6	68,16	0,4	71,424	22,76
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

Tableau III-8 : Calcul des besoins en eau pour le blé d'hiver.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3				0	0
Oct	20,65	16,5	86,18	0,1	11,36	0,25	21,545	0
Nov	23,36	18,7	48,9	0,25	28,4	0,4	19,56	0
Dec	33	26,4	34,72	0,35	39,76	0,7	24,304	0
Jan	32,9	26,3	35,34	0,5	56,8	0,85	30,039	0
Fev	26,77	21,4	43,4	0,6	68,16	0,95	41,23	0
Mars	23,33	22,2	77,19	0,6	68,16	1	77,19	0
Avr	26,76	18,4	100,5	0,6	68,16	0,85	85,425	9,089
Mai	23,04	21,4	145,39	0,6	68,16	0,7	101,773	32,661
Juin	26,33	21,4	178,56	0,6	68,16	0,35	62,496	17,24
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

Tableau III-9 : Calcul des besoins en eau pour l'orge en grain.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3					
Oct	20,65	16,5	86,18					
Nov	23,36	18,7	48,9	0,3	34,08	0,4	19,56	0
Dec	33	26,4	34,72	0,5	56,8	0,6	20,832	0
Jan	32,9	26,3	35,34	0,6	68,16	0,75	26,505	0
Fev	26,77	21,4	43,4	0,6	68,16	0,9	39,06	0
Mars	23,33	22,2	77,19	0,6	68,16	0,95	73,3305	30,0405
Avr	26,76	18,4	100,5	0,6	68,16	0,75	75,375	43,175

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Mai	23,04	21,4	145,39	0,6	68,16	0,6	87,234	52,994
Juin	26,33	0	178,56	0,6	68,16	0,4	71,424	71,424
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

Tableau III-10 : Calcul des besoins en eau pour l'orge vert.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3					0
Oct	20,65	16,5	86,18					0
Nov	23,36	18,7	48,9	0,2	22,72	0,3	14,67	0
Dec	33	26,4	34,72	0,45	51,12	0,4	13,888	0
Jan	32,9	26,3	35,34	0,6	68,16	0,7	24,738	0
Fev	26,77	21,4	43,4	0,6	68,16	0,85	36,89	0
Mars	23,33	22,2	77,19	0,6	68,16	0,95	73,3305	0
Avr	26,76	18,4	100,5	0,6	68,16	0,75	75,375	5,855
Mai	23,04	21,4	145,39	0,6	68,16	0,55	79,9645	21,0765
Juin	26,33	0	178,56				0	0
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

III.7.2. Estimation des besoins en eau des maraîchages

Tableau III-11 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS)

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3	0,2	22,72	0,5	61,65	44,45
Oct	20,65	16,5	86,18	0,4	45,44	0,7	60,326	27,922
Nov	23,36	18,7	48,9	0,5	56,8	1	48,9	0
Dec	33	26,4	34,72	0,5	56,8	0,75	26,04	0
Jan	32,9	26,3	35,34				0	0
Fev	26,77	21,4	43,4				0	0
Mars	23,33	22,2	77,19				0	0

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Avr	26,76	18,4	100,5				0	0
Mai	23,04	21,4	145,39				0	0
Juin	26,33	0	178,56				0	0
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

Tableau III-12 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (Saison)

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3					
Oct	20,65	16,5	86,18					
Nov	23,36	18,7	48,9					
Dec	33	26,4	34,72					
Jan	32,9	26,3	35,34					
Fev	26,77	21,4	43,4	0,25	28,4	0,5	21,7	00.00
Mars	23,33	22,2	77,19	0,5	56,8	0,7	54,033	32.21
Avr	26,76	18,4	100,5	0,5	56,8	1	100,5	65.03
Mai	23,04	21,4	145,39	0,5	56,8	0,75	109,0425	94.87
Juin	26,33	0	178,56					
Juill	5,47	0	186,62					
Aout	10,22	0	173,6					

Tableau III-13 : Calcul des besoins en eau pour la tomate

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3					
Oct	20,65	16,5	86,18					
Nov	23,36	18,7	48,9					
Dec	33	26,4	34,72					
Jan	32,9	26,3	35,34					
Fev	26,77	21,4	43,4					
Mars	23,33	22,2	77,19	0,6	68,16	0,5	38,595	16,395

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Avr	26,76	18,4	100,5	0,9	102,24	0,85	85,425	9,089
Mai	23,04	21,4	145,39	1,2	136,32	1,15	167,1985	28,2225
Juin	26,33	0	178,56	1,2	136,32	0,85	151,776	35,904
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6					0

Tableau III-14 : Calcul des besoins en eau pour la courgette

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3	0,5	56,8	0,4	49,32	32,12
Oct	20,65	16,5	86,18	0,5	56,8	0,5	43,09	0
Nov	23,36	18,7	48,9	0,5	56,8	0,8	39,12	0
Dec	33	26,4	34,72	0,5	56,8	0,95	32,984	0
Jan	32,9	26,3	35,34	0,5	56,8	0,6	21,204	0
Fev	26,77	21,4	43,4				0	0
Mars	23,33	22,2	77,19				0	0
Avr	26,76	18,4	100,5				0	0
Mai	23,04	21,4	145,39				0	0
Juin	26,33	0	178,56				0	0
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

Tableau III-15 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3					
Oct	20,65	16,5	86,18	0,2	22,72	0,4	34,472	17,972
Nov	23,36	18,7	48,9	0,4	45,44	0,75	36,675	0,935
Dec	33	26,4	34,72	0,4	45,44	0,95	32,984	0
Jan	32,9	26,3	35,34	0,4	45,44	0,9	31,806	0
Fev	26,77	21,4	43,4	0,4	45,44	0,7	30,38	0

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Mars	23,33	22,2	77,19				0	0
Avr	26,76	18,4	100,5				0	0
Mai	23,04	21,4	145,39				0	0
Juin	26,33	0	178,56				0	0
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

Tableau III-16 : Calcul des besoins en eau pour l'Ail.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3	0,2	22,72	0,5	61,65	44,45
Oct	20,65	16,5	86,18	0,4	45,44	0,7	60,326	27,922
Nov	23,36	18,7	48,9	0,5	56,8	1	48,9	0
Dec	33	26,4	34,72	0,5	56,8	0,75	26,04	0
Jan	32,9	26,3	35,34				0	0
Fev	26,77	21,4	43,4				0	0
Mars	23,33	22,2	77,19				0	0
Avr	26,76	18,4	100,5				0	0
Mai	23,04	21,4	145,39				0	0
Juin	26,33	0	178,56				0	0
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

Tableau III-17 : Calcul des besoins en eau pour l'haricot.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3					
Oct	20,65	16,5	86,18	0,2	22,72	0,5	43,09	26,59
Nov	23,36	18,7	48,9	0,2	22,72	0,75	36,675	0,935
Dec	33	26,4	34,72	0,4	45,44	0,85	29,512	0
Jan	32,9	26,3	35,34	0,4	45,44	0,9	31,806	0

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Fev	26,77	21,4	43,4	0,4	45,44	0,7	30,38	0
Mars	23,33	22,2	77,19	0,4	45,44	0,55	42,4545	0
Avr	26,76	18,4	100,5				0	0
Mai	23,04	21,4	145,39				0	0
Juin	26,33	0	178,56				0	0
Juill	5,47	0	186,62				0	0
Aout	10,22	0	173,6				0	0

III.7.3. Estimation des besoins en eau pour les cultures fruitières:

Tableau III-18 : Calcul des besoins en eau pour lavigne

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3	1,5	170,4	0,4	49,32	32,12
Oct	20,65	16,5	86,18	1,5	170,4	0,4	34,472	0
Nov	23,36	18,7	48,9	1,5	170,4	0	0	0
Dec	33	26,4	34,72	1,5	170,4	0	0	0
Jan	32,9	26,3	35,34	1,5	170,4	0	0	0
Fev	26,77	21,4	43,4	1,5	170,4	0	0	0
Mars	23,33	22,2	77,19	1,5	170,4	0,15	11,5785	0
Avr	26,76	18,4	100,5	1,5	170,4	0,45	45,225	0
Mai	23,04	21,4	145,39	1,5	170,4	0,6	87,234	0
Juin	26,33	0	178,56	1,5	170,4	0,7	124,992	5,712
Juill	5,47	0	186,62	1,5	170,4	0,7	130,634	11,354
Aout	10,22	0	173,6	1,5	170,4	0,45	78,12	1,44

Tableau III-19 : Calcul des besoins en eau pour lavigne

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B_{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3	1,5	170,4	0,75	92,475	75,275
Oct	20,65	16,5	86,18	1,5	170,4	0,75	64,635	0
Nov	23,36	18,7	48,9	1,5	170,4	0,75	36,675	0
Dec	33	26,4	34,72	1,5	170,4	0,65	22,568	0

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Jan	32,9	26,3	35,34	1,5	170,4	0,65	22,971	0
Fev	26,77	21,4	43,4	1,5	170,4	0,65	28,21	0
Mars	23,33	22,2	77,19	1,5	170,4	0,65	50,1735	0
Avr	26,76	18,4	100,5	1,5	170,4	0,65	65,325	0
Mai	23,04	21,4	145,39	1,5	170,4	0,75	109,0425	0
Juin	26,33	0	178,56	1,5	170,4	0,85	151,776	6,936
Juill	5,47	0	186,62	1,5	170,4	0,85	158,627	13,787
Aout	10,22	0	173,6	1,5	170,4	0,85	147,56	2,72

Tableau III-20 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3	1,5	170,4	0,75	92,475	75,275
Oct	20,65	16,5	86,18	1,5	170,4	0,75	64,635	0
Nov	23,36	18,7	48,9	1,5	170,4	0,75	36,675	0
Dec	33	26,4	34,72	1,5	170,4	0,65	22,568	0
Jan	32,9	26,3	35,34	1,5	170,4	0,65	22,971	0
Fev	26,77	21,4	43,4	1,5	170,4	0,65	28,21	0
Mars	23,33	22,2	77,19	1,5	170,4	0,65	50,1735	0
Avr	26,76	18,4	100,5	1,5	170,4	0,65	65,325	0
Mai	23,04	21,4	145,39	1,5	170,4	0,75	109,0425	0
Juin	26,33	0	178,56	1,5	170,4	0,85	151,776	6,936
Juill	5,47	0	186,62	1,5	170,4	0,85	158,627	13,787
Aout	10,22	0	173,6	1,5	170,4	0,85	147,56	2,72

Tableau III-21 : Calcul des besoins en eau pour les Agrumes.

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	Kc	ETM (mm)	B _{net} (mm)
Sep	21,53	17,2	123,3	1,5	170,4	0,75	92,475	75,275
Oct	20,65	16,5	86,18	1,5	170,4	0,75	64,635	0
Nov	23,36	18,7	48,9	1,5	170,4	0,75	36,675	0
Dec	33	26,4	34,72	1,5	170,4	0,65	22,568	0

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Jan	32,9	26,3	35,34	1,5	170,4	0,65	22,971	0
Fev	26,77	21,4	43,4	1,5	170,4	0,65	28,21	0
Mars	23,33	22,2	77,19	1,5	170,4	0,65	50,1735	0
Avr	26,76	18,4	100,5	1,5	170,4	0,65	65,325	0
Mai	23,04	21,4	145,39	1,5	170,4	0,65	94,5035	0
Juin	26,33	0	178,56	1,5	170,4	0,65	116,064	5,304
Juill	5,47	0	186,62	1,5	170,4	0,75	139,965	12,165
Aout	10,22	0	173,6	1,5	170,4	0,75	130,2	2,4

III.8. Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2:

Tableau III-22 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois	Orge en vert	Blé d'hiver	Tomate	Ail	Haricots	Courgette	Oignon	Vigne	Olivier	agrumes	total
Sept	0	0	0	44,45	0	32,12	0	32,12	75,275	75,275	259,24
Oct	0	0	0	27,922	26,59	0	17,972	0	0	0	72,484
Nov	0	0	0	0	0,935	0	0,935	0	0	0	1,87
Déc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fév	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	16,395	0	0	0	0	0	0	0	16,395
Avr	5,855	9,089	9,089	0	0	0	0	0	0	0	24,033
Mai	21,0765	32,661	28,2225	0	0	0	0	0	0	0	81,96
Jui	0	17,24	35,904	0	0	0	0	5,712	6,936	5,304	71,096
Juill	0	0	0	0	0	0	0	11,354	13,787	12,165	37,306
Août	0	0	0	0	0	0	0	1,44	2,72	2,4	6,56

Tableau III-23 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.

Mois	k Blé	Orge	Oignon	Ail	Pomme De terre	Pomme De terre (S)	Tomate	Vigne	Olivier	Agrumes	Totale
Sept	0	0	0	44,45	44,45	0	0	32,12	75,275	75,275	271,57
Oct	0	0	17,972	27,922	27,922	0	0	0	0	0	73,816
Nov	0	0	0,935	0	0	0	0	0	0	0	0,935

Déc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fév	0	30,0405	0	0	0	0	0	0	0	0	30,0405
Mar	0	43,175	0	0	0	0	16,395	0	0	0	59,57
Avr	10,706	52,994	0	0	0	14,375	9,089	0	0	0	87,164
Mai	32,661	71,424	0	0	0	0	28,2225	0	0	0	132,3075
Jui	22,76	0	0	0	0	0	35,904	5,712	6,936	5,304	76,616
Juill	0	0	0	0	0	0	0	11,354	13,787	12,165	37,306
Août	0		0	0	0	0	0	1,44	2,72	2,4	6,56

III.8.1. Calcul du débit spécifique

Le débit spécifique se calcule par la formule suivante :

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

Avec :

- B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- N_i : nombre des heures d'irrigation = 24h ;
- N_j : nombre de jours du mois de pointe = 30 jours ;
- E_i : Efficacité d'irrigation que nous avons estimée à 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 2) D'où les besoins de pointe correspondent au mois de septembre :

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5, il y a un risque de surdimensionnement des conduites de refoulement ou gravitaire.

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

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

Dans notre cas, on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante : Des **Olivier**, en mois de septembre.

$B_{net} = 75.275 \text{ mm}$, donc le débit spécifique corrigé est de **$Q_s = 1.12 \text{ l/s/ha}$** .

III.8.2. Evaluation du débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir $Q_{car} = q_s * S$

q_s : débits spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

S : la superficie nette à irriguer = 205 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.12 \times 205 = 229.6 \text{ l/s.} = 0.2296 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.8.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Le volume des besoins en eau = Besoins bruts de la culture (m³) * la surface

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau III-23.

Tableau III-24 : volume d'eau d'irrigation.

Type de culture	Surface (ha)	Besoins nets (mm)	Besoins bruts (m ³ /ha)
Blé	30	66,127	881,693333
Orge grain	10	29,91	398,8
P, Terre (AS)	15	72,372	964,96
P, Terre (S)	15	14,375	191,666667
Tomate	25	89,6105	1194,80667

Chapitre III Besoins en eau des cultures

Oignon	10	18,907	252,093333
Ail	30	72,372	964,96
Vigne	25	50,626	675,013333
Olivier	30	98,718	1316,24
Agrumes	15	95,144	1268,58667
	205 ha	608,1615	8108,82

III.9. Conclusion

L'estimation des besoins en eau est une étape importante dans un projet d'irrigation, car il permet le bon dimensionnement du réseau d'adduction.

Dans ce chapitre, nous avons en premier lieu estimé l'évapotranspiration de référence qui est l'équation de base des besoins en eau, puis choisi les cultures appropriées suivant un scénario d'occupation du sol adéquat pour la zone d'étude, nous avons calculé ainsi les besoins en eau de chaque culture, et estimé les volumes d'eau d'irrigation nécessaires à notre périmètre.

Chapitre IV: Etude du système d'adduction- distribution

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

IV.1. Introduction

L'analyse du système d'adduction et de distribution dans un périmètre d'irrigation englobe l'examen de divers aspects tels que la source d'eau, les conduites, les pompes, les réservoirs et les dispositifs de régulation. Cette évaluation vise à repérer des pistes d'amélioration afin d'accroître l'efficacité et la rentabilité du système tout en réduisant les pertes en eau. Ce chapitre explorera en détail les composants constitutifs du système d'adduction et de distribution pour notre périmètre d'irrigation. De plus, nous aborderons différentes stratégies visant à optimiser leur fonctionnement.

IV.2. Découpage des îlots d'irrigation :

Le terme « îlot d'irrigation » fait référence à l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. Cette borne est équipée d'une ou plusieurs sorties, ou « prises », en fonction du nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, surtout lorsqu'elle se trouve à la limite de plusieurs exploitations agricoles. Chaque borne doit remplir diverses fonctions, notamment :

- Régler le débit, en le limitant au module requis.
- Contrôler la pression de l'eau.
- Assurer le comptage précis du volume d'eau fourni.
- Gérer les éventuelles interruptions accidentelles de l'approvisionnement en eau.

Les réseaux d'irrigation de la ferme pilote est organisé en structure ramifiée. La ferme est divisée en îlots d'irrigation, chaque îlot étant desservi par une borne d'irrigation. Ces bornes sont alimentées par des conduites secondaires. À leur tour, ces réseaux secondaires sont alimentés par un réseau principal jusqu'au point de raccordement.

IV.2.1. Taille des îlots d'irrigation

La taille de l'îlot est déterminée en tenant compte de divers critères tels que les aspects fonciers, topographiques et hydro-agricoles. Dans certains cas, la taille de l'îlot est également influencée par le débit d'équipement de la prise, en relation avec le débit fictif continu maximum au niveau de l'îlot.

De plus, le débit fourni par la prise d'irrigation doit correspondre à une quantité d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au sein de l'exploitation agricole.

IV.2.2. Le plan de bornage

Le plan de bornage résulte d'un compromis entre les intérêts des utilisateurs, qui souhaiteraient avoir une borne idéalement située pour leur champ, et ceux de l'organisme d'aménagement qui vise à limiter le nombre de bornes afin de réduire les coûts du réseau collectif.

En effet, une densité élevée de bornes améliore les conditions de travail des agriculteurs en réduisant les longueurs de canalisations mobiles en surface.

Cependant, cela entraîne des coûts d'installation plus élevés pour le réseau fixe. À l'inverse, une densité trop faible augmente le travail de montage et de transport des canalisations mobiles.

La base du regroupement des parcelles sur une même borne est le découpage des propriétés, notamment dans le cas de petites propriétés morcelées. Cela permet d'optimiser l'utilisation des bornes tout en tenant compte des contraintes financières et logistiques.

Les règles d'implantation des bornes d'irrigation sont les suivantes

Pour les îlots d'exploitation :

- Une prise par îlot d'exploitations.
- Un maximum de quatre (04) prises sur une même borne.
- Les bornes sont implantées en limites d'îlots.
- La dénivellation maximale autorisée

Pour les grandes propriétés :

- La borne est placée au centre de la parcelle.
- Un maximum de quatre (04) prises sur la même borne est autorisé.

IV.2.3. Choix du tracé

Le tracé du réseau est planifié en suivant le principe de proximité, privilégiant les distances les plus courtes pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales. Ce choix tient compte des contraintes du terrain, limitant les options possibles. Les règles générales suivies sont les suivantes :

- La recherche d'un tracé le plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse.
- Il est évité autant que possible de faire passer des conduites en plein champ.
- L'objectif est de positionner la borne le plus près possible de chaque parcelle à desservir, afin d'éviter de pénaliser les exploitants par des têtes mortes trop longues.

- Les conduites suivent autant que possible les routes et pistes existantes et évitent les plantations ainsi que les zones bâties.

IV.2.4. Calcul hydraulique aux bornes :

Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

Le calcul du débit attribué à chaque borne pouvant desservir un îlot est effectué de la manière suivante :

$$Q_b = q_s * S_i$$

$$Q_s = 1.12l/s.$$

Avec :

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

IV.2.5. Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la superficie de l'îlot et du nombre de parcelles qu'il comprend. En général, les critères suivants sont pris en compte :

- Pour les îlots comprenant entre 4 et 8 parcelles, avec une superficie inférieure à 15 hectares, une borne à quatre prises est utilisée (Borne de type A4).
- Pour les îlots comprenant deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, une borne à deux prises est utilisée (Borne de type A2).
- Pour les îlots comprenant deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 hectares, une borne à deux prises de type B est utilisée.
- Pour les grands îlots avec une superficie supérieure à 50 hectares, des bornes de type C sont prévues.

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

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h} (11.11) \text{ l/s}$	1 Entrée $\Phi 80, \Phi 100$	2 Entrées $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h} (11.11) \text{ l/s}$	2 Entrées $\Phi 80, \Phi 100$	4 Entrées $\Phi 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h} (11.11) \text{ l/s} < Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrées $\Phi 80, \Phi 100,$	2 Entrées $\Phi 100$
	(22.22 l/s)	$\Phi 125$	
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h} (22.22) \text{ l/s}$	2 Entrées $\Phi 80, \Phi 100,$	1 Entrée $\Phi 150$
		$\Phi 125$	

Tableau IV-2 : Calcul des débits des îlots et choix du type de borne.

Ilots	Bornes	Nombre des	Superficie	Débit	Matériel	Type de
		parcelles	îlot (ha)			bornes
I1	8	22	10,08	11,2896	PEHD	A2
I2	9	11	16,49	18,4688	PEHD	B
I3	10	22	16,12	18,0544	PEHD	B
I4	11	11	21,45	24,024	PEHD	B
I5	12	22	26,65	29,848	PEHD	C
I6	13	22	16,89	18,9168	PEHD	B
I7	14	22	9,34	10,4608	PEHD	A2

	15	21	13,02	14,5824	PEHD	B
	16	22	8,43	9,4416	PEHD	A2
I8	17	22	17,44	19,5328	PEHD	B
I9	18	22	6,09	6,8208	PEHD	A2
I10	19	22	2,66	2,9792	PEHD	A2
	20	22	26,98	30,2176	PEHD	C
I11	89a	21	13,12	14,6944	PEHD	A2
TOTAL		224	204,76	229,3312	-	

IV.3. Schémad'aménagementhydro-agricole

Le barrage de beni haroun et le périmètre d'irrigation de Ouled hamla sont équipés d'une conduite avec une point de piquage

IV.3.1. Schémad'adduction :

La source d'approvisionnement en eau pour la zone d'irrigation de Teleghma provient du système de transfert d'eau depuis le réservoir de Beni Haroun. En raison de la localisation géographique de la zone et de la configuration tracée du canal de transfert, l'extraction d'eau est prévue à partir du canal de transfert sur la section entre le réservoir Oued Athmania et le réservoir de régulation Ouled Hamla. Le volume d'eau attribué à l'irrigation de la zone de Teleghma est de 69,5 millions de mètres cubes par an. Trois points de prélèvement d'eau ont été sélectionnés pour l'approvisionnement en eau de la zone d'irrigation de Teleghma à partir du canal de transfert :

- Point P1 A situé sur le tronçon de la conduite de transfert entre le barrage Oued Athmania et la station de pompage Oued Seguin ;
- Points P2, P3 sur le tronçon allant de la station de pompage Oued Seguin jusqu'au bassin de régularisation **Ouled Hamla**.

Les conduites principales CPN 1 et CPN 2, transportant l'eau vers le réseau de distribution du secteur « NORD », se rejoignent au point de prise P1A. Le point de prise P2 marque le début de la conduite principale CPCO, laquelle se divise ensuite pour former les conduites

principales CPC et CPO, alimentant respectivement les réseaux de distribution des secteurs « CENTRE » et « OUEST ». La conduite principale CPE, approvisionnant en eau le réseau de distribution de la partie nord du secteur « EST », ainsi que la conduite principale CPSE, alimentant le réseau de distribution de la partie sud-ouest du secteur « EST », prennent leur source au point de prise P2. La dernière conduite est prolongée par la conduite principale CPS, alimentant en eau le réseau de distribution du secteur « SUD ».

Les bornes du réseau de conduites principales sont planifiées en prenant en considération les contraintes liées au tracé du réseau, en suivant le principe de proximité : le raccordement se fait par la distance la plus courte pour connecter tous les terrains, limitant ainsi fortement les options de choix. Les règles générales suivies sont les suivantes :

- La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse
- Eviter dans la mesure du possible de faire passer des conduites en plein champs
- Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviteront les plantations et zones bâties
- Les tracés des rampes du réseau de distribution sont prévus suivant les limites des parcelles

IV.4. Dimensionnement du réseau de distribution

IV.4.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution par refoulement

Après avoir évalué les débits de chaque îlot et établi les critères hydrauliques de la conduite de refoulement, nous passons à la deuxième phase du calcul, qui concerne le réseau de distribution. Cette phase consiste à acheminer l'eau vers les points d'irrigation.

IV.4.2. Vitesses admissibles

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites permet d'introduire un compromis technique raisonnable. Cela permet :

De réaliser des économies sur le coût des canalisations.

D'éviter les risques associés aux vitesses élevées (risque d'érosion) et aux vitesses faibles (risque de dépôts solides).

La vitesse admissible est choisie dans une plage allant de 0.5 m/s, en tant que vitesse minimale, à 2.5 m/s, en tant que vitesse maximale.

Tableau IV-3 : Vitesses admissibles.

Dénomination	Valeurs									
	75-110	125-140	160	200	250	300	350	400	500	600
Vitesse minimale(m/s)	0,20	0,25	0,25	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
Vitesse maximale(m/s)	1,80	1,85	1,95	2,05	2,15	2,25	2,30	2,50	2,50	2,50

IV.4.3. Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau constitue un compromis entre plusieurs critères, notamment

La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression)

La disponibilité sur le marché local.

L'intérêt économique.

La nature du sol.

IV.4.4. Caractéristiques des canalisations

a) Conduites en fonte

Présentent plusieurs avantages :

Bonne résistance aux forces internes.

Bonne résistance à la corrosion.

Très rigides et solides.

Leur inconvénient est :

- Coût relativement important.

b) Conduite en acier

Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, ce qui entraîne des économies tant dans le transport que dans la pose.

Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est

- La corrosion.

c) Conduite en PEHD

Ilsontlesplusutilisés car ils présentent des avantages importants:

Bonne résistance à la corrosion.

Disponible sur le marché.

Une pose de canalisation facile.

Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est

- Le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

IV.4.5. Diamètre des conduites

Le choix du diamètre des conduites est effectué de telle façon à ce que la vitesse de l'eau dans les conduites soit comprise entre les vitesses admissibles minimale et maximale. La formule utilisée est la suivante :

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

Où Q est le débit et on prend $v = 1,5 \text{ m/s}$

IV.4.6. Calcul des pertes de charge

On se voit utiliser la formule de CALMON-

LECHAPT pour définir les pertes de charge spécifiques linéaires :

$$I_{ni} = \frac{L * Q^N}{D^M}$$

Où:

I_{ni}: Pertes de charge spécifiques en millimètres par mètre linéaire de longueur de la conduite ou en mètres par kilomètre linéaire de la conduite ;

Q : Débit en m^3/s ;

D: diamètre de la conduite en mètres ;

L, M, N sont des coefficients dont les valeurs sont retenues en fonction de la rugosité de la conduite ;

Le taux de rugosité de la conduite est évalué par la rugosité équivalente **K_d** d'après NIKURADZE.

Tableau IV-4 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K(m)	L	M	N
0.025	1.01	1.84	4.88
1	1.601	1.975	5.25
2	1.863	2.0	5.33

En plus de cela, nous avons également pris en compte les pertes de charge singulières, équivalentes à 10% des pertes de charge linéaires. Ainsi, les pertes de charge spécifiques ont été calculées définitivement selon la formule suivante :

$$I_{ni} = \frac{L \cdot Q^M \cdot 1.1}{D_N}$$

Les pertes de charge définitives sur les tronçons avec la longueur l_i ont été définies d'après la formule :

$$I_i = I_{ni} \cdot l_i$$

Où :

I_{ni} : Pertes de charge spécifiques ;

l_i : Longueur du tronçon de la conduite ;

$$\frac{V_A}{\rho g} + Z_A + \frac{V_A}{2g} = \frac{V_B}{2g} + Z_B + \frac{V_B}{2g} + \Delta H$$

Avec :

P_A, P_B : les hauteurs de pressions ;

V_A, V_B : les vitesses d'écoulement dans A et B

Z_A et Z_B : sont les côtes du terrain naturel.

ΔH : sont les pertes de charge entre le point A et le point B.

La cote naturelle du terrain au point de piquage P2 est de 771 mètres, tandis que sa cote piézométrique est de 865,24 mètres, assurant ainsi une pression initiale de 114,3 bars au début de la conduite CPES. Après la perte de charge et la variation naturelle de hauteur, cette pression descend à 9,42 bars au début de la conduite de notre secteur CPS.

Le point le plus élevé dans notre secteur a une cote naturelle de terrain de 794,2 mètres.

- Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre secteur sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV-5 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.

Conduit	Longueur du tronçon L	Longueur du tronçon L(Km)	Sup (ha)	Débit Q(l/s)	Débit Q(m ³ /s)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre re Normalisé (mm)	Matériaux	Vitesse e réelle (m/s)	Perte de charge total Δ HT (m)	Cote terrain aval Z (m)	Cote piezométrique (m)	Pression au point P(m)	Pression (bars)
PP2_Pp1	1	0.001		2131.71	21.32	1200	1200	PEHD	1.32	0.00107	770.8	866.05	95.25	9.53
C1-B16	105	0.1	6,55	7,336	0,007	78,93	110	PEHD	0.68	1.30	773.7	864.53	90.83	9.08
C1-5-B18	300.06	0.3	11,09	12,4208	0,012	102,705	160	PEHD	0.82	1.02	771.1	864.98	93.88	9.39
C1-5-B19	100	0.1	2,66	2,9792	0,003	50,3	90	PEHD	0.75	1.91	773.9	863.72	89.82	8.98
C1-B15	230.27	0.23	13,45	15,064	0,015	113,1	160	PEHD	0.82	2.13	783.8	862.03	78.23	7.82
C1-4-14	178.2	0.18	9,34	10,4608	0,010	94,25	110	PEHD	0.68	2.03	788.2	861.41	73.21	7.32
C1	320	0.3	8,9	9,968	0,009	92,00	110	FONTE	0.68	2.52	784.5	860.34	75.84	7.58
C1-3-B11	325.62	0.3	4,23	4,7376	0,004	63,43	90	PEHD	0.75	1.38	781.0	858.35	77.35	7.73
C1-B12	400	0.4	5,02	5,6224	0,005	69,1	90	FONT	0.75	2.22	781.9	860.13	78.23	7.82

Chapitre IV Etude du système d'adduction-distribution

C1-2-B17	85	0.009	17,44	19,5328	0,019	128,79	200	PEHD	1.06	3.82	798.2	858.91	60.71	6.07
C1-2-B20	500	0.5	26,98	30,2176	0,030	160,19	200	FONTE	1.06	3.14	794.0	858.12	64.12	6.41
C1-1-B11	353.76	0.4	21,45	24,024	0,024	142,83	160	PEHD	0.82	0.54	788.0	856.04	68.04	6.80
C1-B10	202	0.2	16,12	18,0544	0,018	123,82	160	FONTE	0.82	3.48	766.2	850.89	84.69	8.47
C1-B9	203.39	0.2	16,49	18,4688	0,018	125,23	160	FONTE	0.82	1.39	769.3	847.83	78.53	7.85
C1-B8	135	0.14	11,08	12,4096	0,013	102,67	110	FONTE	0.68	1.62	770.5	846.60	76.10	7.61
C1-6	200	0.2	2,6	2,912	0,003	49,73	90	PEHD	0.75	1.30	771.1	845.39	74.29	7.43
C1-B89a	250	0.3	11,08	12,4096	0,012	102,66	110	FONTE	0.68	1.01	773.0	843.84	70.84	7.08

❖ **Interprétation des résultats :**

Les résultats des calculs démontrent que les pressions au niveau des bornes sont conformes aux normes, dépassant les 3 bars.

IV.5. Ouvrages et équipements hydromécaniques des conduites principales

L'installation de l'équipement hydromécanique sur les conduites principales vise à garantir le bon fonctionnement des canalisations d'eau tout en simplifiant les opérations de maintenance et de réparation.

IV.5.1. Regards pour vane

Les conduites principales sont équipées de robinetterie appropriée, notamment des vannes papillon. Ces vannes sont essentielles pour l'exploitation des réseaux, car elles permettent d'isoler une partie du réseau lors d'interventions sans interrompre complètement l'irrigation. Les vannes sont installées au départ de toutes les branches et des sous-branches.

IV.5.2. Regards pour vanne de sectionnement

Pour permettre la réalisation des travaux de réparation, les conduites principales sont divisées en tronçons de longueur maximale de 3 km à l'aide de regards de sectionnement. Dans les points élevés du profil en long de la conduite, des vannes pivotantes et deux ventouses à trois fonctions sont installées lorsque les regards pour vanne de sectionnement sont implantés à ces endroits. Pour les regards situés dans les points bas du profil en long de la conduite, ils sont équipés de deux vidanges, soit directement soit à travers un regard noyé.

IV.5.3. Regards des ventouses

Sur les conduites principales, des ventouses sont installées aux points hauts du profil en long et aux changements de pente. Ces ventouses à trois fonctions permettent l'élimination de l'air pendant le fonctionnement normal de la conduite, ainsi que l'admission et l'évacuation de l'air lors de la vidange et de la mise en eau de la conduite.

Conformément aux spécifications techniques, les ventouses sont montées sur un piquage vertical représenté par une tubulure verticale du té aménagé au point d'installation de la ventouse. Le diamètre de la tubulure est égal à celui de la conduite. Une vanne pivotante du même diamètre que la ventouse est montée entre la ventouse et la tubulure pour les séparer.

Les diamètres des ventouses à trois fonctions à installer sur les conduites sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau IV-6 :Diamètresdesventousesàinstaller.

DiamètredesconduitesprincipalesDN(mm)	500	400	300	250	200	160	140	125	110	90
Diamètredesventousesàtroisfonctions (mm)	100	100	100	80	80	80	65	65	65	65

Des conduites principales, des vidanges sont prévues aux points bas de chaque tronçon de réparation, fonctionnant de manière indépendante avec l'évacuation de l'eau par gravité vers les cours d'eau, oueds, fossés naturels, etc .

Dans les cas où l'év

IV.5.4. Regards des vidanges

Pour la vidange acuation par gravité est impossible, un regard appelé « puits noyé » est aménagé au niveau de la vidange. L'eau est partiellement pompée à l'aide de pompes portables à plongeur. La variante d'aménagement du puits noyé séparément du regard à vanne pivotante est préférée. Cela évite l'inondation du regard à vanne pivotante, facilitant ainsi les opérations de manœuvre (ouverture et fermeture) de la vanne pivotante .

Aux points d'aménagement des vidanges, les conduites principales sont équipées de tés à brides tangentielles. Les diamètres des conduites d'évacuation des vidanges sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV-7 :Diamètresdes vidangesàinstaller.

DiamètredesconduitesprincipalesDN(mm)	90-250	300-500
DiamètredesvidangesDN(mm)	100	200

IV.5.5. Les brise-vents

Les brise-vent jouent un rôle crucial dans l'aménagement des périmètres d'irrigation. Ils sont spécialement conçus pour réduire la vitesse des vents, minimiser l'évaporation de la surface du sol, atténuer l'impact du sirocco et prévenir l'érosion hydrique et éolienne des sols.

Conformément aux normes techniques établies, la zone réservée à l'implantation des brise-vent ne doit pas dépasser 4% de la superficie totale du périmètre d'irrigation. Ces brise-vent

seront composés d'arbres de grande taille avec un sous-bois dense, formant ainsi une structure perméable. Ils seront disposés le long des pistes et des champs agricoles en fonction de la rotation des cultures, etc.

Les brise-vent seront implantés dans deux orientations perpendiculaires :

Des brise-vent longitudinaux (principaux) seront disposés perpendiculairement à la direction des vents dominants de la région.

Des brise-vent transversaux (secondaires) seront érigés perpendiculairement aux brise-vent longitudinaux.

IV.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail le réseau de distribution, en mettant l'accent sur les structures et les facteurs influençant la conception et la gestion d'un tel réseau. Nous avons également effectué des calculs précis liés aux bornes d'irrigation.

Pour le projet en cours, la ferme pilote a été divisée en 13 îlots d'irrigation, comprenant 21 bornes au total, couvrant une superficie totale de 205 hectares.

Dans la deuxième phase, nous avons procédé au calcul hydraulique des canalisations du réseau de distribution du périmètre d'étude, qui s'étend sur une superficie de 205 hectares.

Chapitre V: Choix de la technique d'irrigation

Chapitre V: Choix de la technique d'irrigation

V.1. Introduction:

Ce chapitre se concentre sur l'irrigation, une technique consistant à apporter artificiellement de l'eau aux cultures afin d'assurer leur développement optimal, surtout dans des situations où l'eau est limitée. Il existe plusieurs techniques d'irrigation qui varient en fonction de la nature du terrain à irriguer et de la manière dont l'eau est fournie aux plantes. L'objectif de ce chapitre est d'examiner ces différentes techniques en vue de choisir la plus adaptée aux caractéristiques spécifiques du périmètre étudié.

V.2. Choix des techniques d'irrigation

Plusieurs éléments doivent être pris en compte lors du choix de la technique d'irrigation. Parmi ces facteurs, on peut citer, par exemple :

- La géométrie du terrain;
- Le débit;
- La nature des cultures ;
- La perméabilité du sol;
- La rentabilité de l'opération;
- Les facteurs économiques.

V.3. Classification des techniques d'irrigation

Il existe trois catégories de techniques d'arrosage :

- L'irrigation gravitaire ou de surface.
- L'irrigation par aspersion.
- L'irrigation par micro-irrigation.

V.3.1. Irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire, également connue sous le nom d'irrigation de surface, est la méthode la plus couramment utilisée dans l'agriculture. Elle implique le mouvement de l'eau sur le terrain grâce à la force de gravité. Cette méthode se divise généralement en trois groupes de techniques :

- Irrigation par ruissellement ;
- Irrigation par rigoles d'infiltration;

- Irrigation par submersion.

V.3.1.1. L'irrigation par ruissellement

L'irrigation par ruissellement est une méthode de distribution de l'eau dans laquelle l'eau est acheminée à travers des rigoles, généralement à partir des fossés du champ, sans un contrôle strict à l'aide de digues pour limiter le mouvement de l'eau.

V.3.1.2. Irrigation à la raie

L'irrigation par raie est une méthode d'irrigation dans laquelle l'eau est acheminée vers les plantes le long de raies espacées d'environ 0,75 à 1 mètre. Ces raies peuvent varier en densité, créant ainsi un ruissellement sur une petite partie de la surface du sol.



Figure V-1 : Irrigation à la raie.

V.3.1.3. L'arrosage par submersion

Cette méthode d'irrigation implique l'application d'une couche d'eau plus ou moins dense sur le sol, laissée à reposer suffisamment longtemps pour permettre une infiltration à la profondeur souhaitée. Cette technique est parfois appelée inondation sauvage.

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

Avantage:

- Technique simple ne nécessitant pas d'apport énergétique extérieur ;
- Faible coût d'investissement ;
- Possibilité de réalimentation des nappes ;

- Irrigation de larges surfaces.

Inconvénients :

Les inconvénients de cette technique sont :

- Un aménagement préalable du terrain est nécessaire
- Importantes pertes d'eau.
- Des terrassements et des nivellements sont nécessaires.
- Faible efficacité.
- Longue durée d'arrosage.
- Nécessite un temps et une main-d'œuvre considérables.

V.3.2. L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une méthode qui implique l'apport d'eau aux plantes sous forme de pluie artificielle (Tiercelin, 2006). Pour mettre en œuvre cette technique, on utilise deux dispositifs principaux : les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage. L'objectif de cette méthode est d'appliquer l'eau de manière uniforme sur une zone occupée par la culture. La conception de ce système d'irrigation doit garantir l'application de l'eau à un taux inférieur à la capacité d'infiltration pour éviter les pertes par ruissellement.

V.3.2.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :

➤ **Avantages:**

- Aucun pré-aménagement du sol requis.
- Génère une oxygénation intense de l'eau distribuée sous forme de pluie.
- Permet des économies significatives par rapport à d'autres systèmes d'irrigation.
- Assure une précision de dosage et une répartition uniforme de l'eau appliquée.
- Convient à tous types de sols.
- Démonstré une efficacité relative de l'eau assez élevée (de 75 à 85%).
- Réclame moins de main-d'œuvre.

➤ **Inconvénients :**

- Investissement important pour l'agriculteur.
- Maintenance onéreuse des installations collectives.

Elle favorise l'évaporation de l'eau et le développement des mauvaises herbes.

V.3.2.2. Différentes installations à la parcelle :

Installation fixe

La fixation permanente de tous les équipements tels que les pompes, les canalisations et les asperseurs entraîne une réduction de la main-d'œuvre nécessaire, mais cela implique également des coûts d'investissement très élevés, comme indiqué par Clément en 2007.

Couverture totale

Dans le système de couverture totale, l'ensemble de la surface à irriguer est équipé de rampes. Pendant toute la saison, seuls les asperseurs seront déplacés lors de l'irrigation et à la fin de la campagne.

Couverture intégrale

Pour assurer une couverture totale de la parcelle, l'utilisation de rampes et d'arroseurs à postes fixes est indispensable. Le processus d'irrigation est contrôlé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne, pouvant être effectuée manuellement ou automatiquement.

Installation mobile

Irrigation par enrouleur

L'enrouleur, très répandu dans certains pays comme la France pour l'irrigation par aspersion, se distingue par sa grande adaptabilité. Il se compose d'un canon d'arrosage fixe alimenté par un tuyau flexible enroulé sur une bobine. Un moteur hydraulique actionne la rotation de la bobine, enroulant le tuyau et déplaçant le canon pour une répartition optimale de l'eau.



Figure V-2 : Irrigation par enrouleur

Irrigation par pivot

Les systèmes d'irrigation automoteurs tels que les pivots et les rampes frontales sont conçus pour arroser les prairies et d'autres cultures au-dessus de la canopée. Les pivots effectuent des mouvements circulaires autour d'un point central, tandis que les rampes frontales ont leurs deux extrémités libres. Ces systèmes exigent de l'énergie pour se déplacer sur la parcelle et pour transporter l'eau depuis la source jusqu'aux plantes.



Figure V-3 :Irrigationparpivot.

V.3.3. Irrigation localisée (Goutte à goutte)

Ce système est nommé ainsi car l'eau est appliquée précisément aux endroits où l'infiltration est souhaitée, constituant ainsi une méthode d'application localisée. Elle implique le transport de l'eau à travers des conduites qui sont ensuite distribuées sous forme de gouttes par le biais de goutteurs répartis le long des rangées de plantations.

V.3.3.1. Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

➤ **Avantages:**

- Excellente efficacité d'irrigation.
- Convient à une variété de sols et à la plupart des cultures.
- Peut être automatisé pour une irrigation localisée.
- Nécessite moins de main-d'œuvre

- Peu de pertes par évaporation.

Inconvénients

- L'obstruction des goutteurs :

Les particules de sable, les dépôts progressifs d'argile ou de limon, les précipitations chimiques et la croissance de micro-organismes sont des problèmes fréquents qui entraînent l'obstruction des orifices des goutteurs. Il est important de souligner que l'entretien et le nettoyage des goutteurs obstrués sont des tâches laborieuses et coûteuses.

Accumulation de sels

Durant la saison d'irrigation, dans les régions arides où les précipitations sont rares, les sels peuvent s'accumuler dans les couches superficielles du sol.

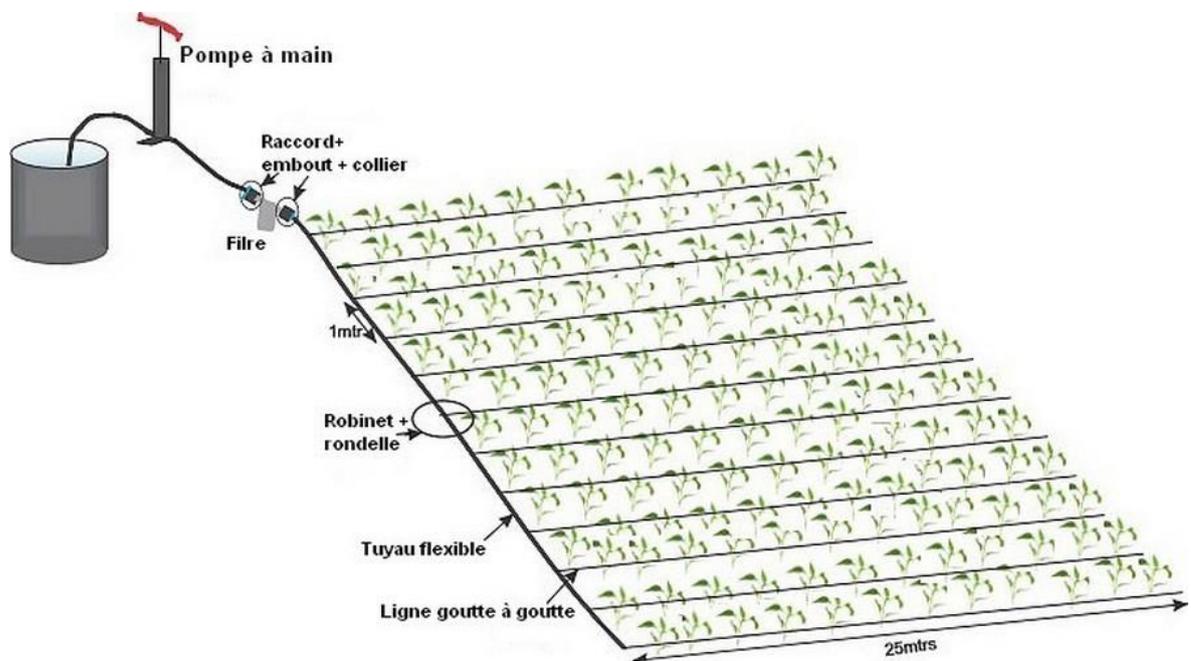


Figure V-4 : schéma d'une installation goutte à goutte.

V.4. Choix de la technique d'arrosage

Le choix d'une méthode d'irrigation est influencé par diverses contraintes météorologiques telles que l'évaporation et les vents, ainsi que par la texture et la structure du sol, les caractéristiques naturelles telles que la pente du terrain, et le type de culture envisagé. Pour les cultures maraîchères, les techniques d'irrigation de surface et par aspersion sont particulièrement adaptées. En ce qui concerne les céréales, l'irrigation par aspersion demeure la méthode privilégiée, tandis que pour les arbres, l'irrigation de surface localisée est appropriée.

Ces choix sont également influencés par des considérations économiques, notamment l'importance de la conservation de l'eau, qui dépend étroitement de la méthode d'irrigation utilisée. Dans ce contexte, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée sont considérées comme les solutions les plus économiques par rapport à l'irrigation de surface.

V.5. Conclusion

Pour sélectionner la méthode d'irrigation la plus appropriée, il est crucial d'examiner attentivement les avantages et les inconvénients de chaque technique. Dans le cadre de notre étude, nous avons privilégié les méthodes modernes suivantes :

Le système goutte-à-goutte : Cette méthode est idéale pour l'arboriculture et les cultures maraîchères. Elle permet une distribution précise de l'eau directement aux racines des plantes, minimisant ainsi les pertes d'eau par évaporation et ruissellement.

Le système par aspersion : Adapté aux cultures céréalières et maraîchères, ce système reproduit artificiellement l'effet de la pluie en dispersant l'eau sur toute la surface du champ. Toutefois, il peut entraîner des pertes d'eau dues à l'évaporation et au ruissellement.

Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1. Introduction

Le dimensionnement des parcelles agricoles dépend étroitement des techniques d'irrigation choisies par les agriculteurs, en tenant compte des critères et contraintes spécifiques à la zone étudiée. Ce chapitre se concentre sur l'importance du choix de la méthode d'irrigation dans la planification de l'aménagement, en considérant les besoins et contraintes du périmètre agricole.

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

La mise en place de l'irrigation par aspersion suit un processus : à partir du point de prise d'irrigation, une canalisation alimente les portes-rampes qui à leur tour approvisionnent les rampes équipées d'asperseurs. Avant de dimensionner ces structures, il est crucial de quantifier certains paramètres comme le type de culture et les caractéristiques particulières de la parcelle choisie.

VI.2.1. Données agronomiques

Avant de dimensionner les structures, il est crucial d'établir des paramètres clés tels que le choix de la culture, les besoins en eau à leur maximum et la période de travail : Pour la culture de pommes de terre, l'irrigation est nécessaire de mars à mai. La parcelle P4, îlot n°113, de 1,9 ha et de forme rectangulaire (18m x 18m), est alimentée par la borne N°113 offrant une pression de 4 bars.

- Choix de la culture : pommes de terre
- Choix du mode de couverture : Couverture totale,
- Temps de travail : 20 heures par jour et 26 jours par mois,
- Besoins de pointes : 75.27 mm/mois pour le mois d'avril,
- Perméabilité du sol : le sol est de texture argileux-limoneux estimée de $K= 9$ mm/h,

Calcul de la Dose pratique RFU

La formule pour calculer (RFU) est donnée par

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

où :

- ✓ Y : représente le degré de tarissement, équivalent à 2/3.
- ✓ D_a : est la densité apparente, égale à 1.42.

- ✓ Z : Est la profondeur d'enracinement en millimètres.
- ✓ Hcc : correspond à l'humidité à la capacité au champ (29%).
- ✓ Hpf : représente l'humidité au point de flétrissement (16%).

Par conséquent, en utilisant les valeurs fournies dans la formule, le calcul du RFU est établi comme suit : $RFU = 2/3 * (0.29 - 0.16) * 1.42 * Z = 169\text{mm}$

VI.2.2. Dimensionnement de l'aspersion

Calcul du diamètre de l'ajutage de la buse :

Le diamètre de la buse se calcule par la formule expérimentale suivante :

$$P = 1.5 * d$$

$$1.04$$

$$D = \frac{1.04 * P}{1.5}$$

On suppose : $P \leq K$ avec la perméabilité $K=10$ mm/h et P la pluviométrie de l'aspersion. La pluviométrie d'une buse est donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04}$$
$$\Rightarrow d = \frac{1.04 \times P}{1.5}$$

On prend $P = 7$ mm/h :

$$d = \frac{1.04 * 7}{1.5}$$

$$d = 4,8\text{mm}$$

Nous avons décidé d'utiliser les asperseurs de modèle A-60, conçus par la Société Anabib, pour les adapter au matériel d'équipement du réseau de distribution également fabriqué par cette entreprise.

Voici le tableau présentant les caractéristiques de ce type d'aspersion :

Tableau VI-1 :Caractéristiques de l'asperseur du type A60.

Diamètre de buse (mm)	Pression (bars)	Consommation d'eau (m ³ /h)	Portée (m)	Pluviométrie (mm/h) pour un écartement de		
				12x12 m	12x18 m	18x18 m
4.0	2,0	0,85	14.4	5,9	3,9	-
	3,0	1,04	15,3	7,2	4,8	3,2
4,5	2,0	1,08	15.0	7,5	5,0	3,3
	3,0	1,32	16,0	9,2	6,1	4,1
5	2,0	1,33	15	9,2	6,1	4,1

On se référant à ce tableau, on prend :

$$d = 5 \text{ mm}$$

Et pour vérifier :

$$P = 1.5 * d = 7,2 \text{ mm/h.}$$

$$1,04$$

$P < K$ donc c'est vérifier.

❖ **Calcul de la portée du jet (L)**

La formule utilisée pour estimer la portée du jet d'eau est donnée par :

$$L = 3 * d^{0.5} * h^{0.25}$$

Où :

- ✓ d : le diamètre de la buse en millimètres ;
- ✓ h : correspond à la pression à la buse en mètres ;

Dans notre situation spécifique, avec une pression Pde 3,73 bars, cela équivaut à une hauteur d'eau h de 73 mètres

$$L = 3 * 5^{0.5} * 37.4^{0.25} = 19.63 \text{ m}$$

Toutefois, selon les données du Tableau V. 8, la distance maximale atteinte par le jet d'eau est de 10 mètres avec un diamètre de buse de 5,0 mm et une pression minimale de 0,3 bars.

$$L = 16,4 \text{ mètres.}$$

❖ **Choix des écartements entre les rampes et arroseurs**

Conformément aux normes américaines, les écarts recommandés entre les lignes d'arrosage (El) et entre les arroseurs sur la rampe (Ea) varient en fonction de la vitesse du vent. Pour le vent faible, El est de 1,3 fois la portée maximale du jet et Ea est de 0,8 fois la portée maximale. En cas de vent fort, ces valeurs passent à 1,02 pour El et 0,6 pour Ea

Avec une vitesse du vent mesurée à $V = 9,72 \text{ km/h}$, les valeurs utilisées sont :

$$El = 1,25 * 16,4 = 16,5 \text{ mètres et } Ea = 0,8 * 16,4 = 20,5 \text{ mètres}$$

Cependant, les normes imposent des valeurs standardisées pour El et Ea fixées à 18 mètres chacune.

○ **Vérification de la pluviométrie :**

❖ **Débit de l'asperseur :**

Le débit d'un asperseur se détermine selon la formule :

$$q = 0.95 \frac{\pi \cdot P^2}{4} \sqrt{2gh} \quad q = 0.95 \frac{\pi \cdot (0.005)^2}{4} \sqrt{2 * 9.81 * 73.8}$$

$$q = 0.00072 \text{ m}^3/\text{s}$$

En utilisant les valeurs données, on obtient $P = 0.00072 \text{ m}^3/.$

La pluviométrie horaire P peut être calculée par la relation :

$$P = \frac{qas}{E_L E_a}$$

$$P = 7.81 \text{ mm/h}$$

Calcul du tour d'eau :

la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles (Teau) se calcule par :

$$Teau = (DRFU * Nj) / Bmp$$

Où :

DRFU : représente la réserve facilement utilisable (RFU) en millimètres,

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

- ✓ H_{cc} : correspond à la capacité au champ en pourcentage d'humidité.
- ✓ H_{pf} : est l'humidité au point de flétrissement en pourcentage.
- ✓ Y : représente le degré de tarissement, équivalent à $2/3$.
- ✓ Z : est la profondeur racinaire en millimètres.
- ✓ D_a : est la densité apparente du sol.
- ✓ N_j : représente le nombre de jours nécessaires pour réaliser un tour d'irrigation.
- ✓ B_{mp} : correspond à la borne milliaire parcourue pendant un tour d'irrigation.

$$RFU=67.6mm$$

N_j : Nombre de jours de travail/mois.

Bnet : Besoins net du mois de pointe en mm.

$$Teau = \frac{67.6 \times 26}{94.87}$$

$$Teau=17.52 \text{ jours}$$

Avec $DRFU=67.6mm$, on obtient $Teau=17.52$ jours. Étant donné un tour d'eau de 15 jours, cela signifie une irrigation deux fois par mois.

❖ **Calcul de la dose réelle-dose brute :**

$$D_r = T_{eau} \times Dose_{journalière}$$

$$D_r = 45 \text{ mm}$$

$$D_{brute} = \frac{\text{la dose réelle}}{0.75} = 60 \text{ mm}$$

❖ **Temps d'arrosage :**

Le temps d'arrosage T nécessaire pour appliquer une dose d'eau par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcule en utilisant la relation suivante :

$$T = \frac{\text{Dose réel brute}}{\text{pluviométrie}}$$

$$T = \frac{60}{7.89} = 7.60 = 8 \text{ heures}$$

Ce qui donne T=8 heures. Deux séquences d'irrigation quotidiennes par asperseur, totalisant une durée de fonctionnement de 22 heures sur la journée, sont donc envisageables.

❖ Calcul du débit d'équipement :

Le calcul du débit d'équipement (Q_{eq}) par : $Q_{eq} = \frac{s * B_{mp} * 10}{T * n * N_j}$

$$Q_{eq} = \frac{1.9 * 94.87 * 10}{8 * 2 * 26 * 0.75} = 6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcul de l'unité d'arrosage (SU) :

La surface unitaire arrosée

Pour l'unité d'arrosage (SU), la surface unitaire arrosée se calcule par :

$$Su = \frac{s}{T_{eau} * n} = \frac{1.9}{15 * 2} = 0.08$$

Nombre d'asperseur requis (Nasp) :

$$N_{asp} = \frac{su * 10000}{E_l * E_a} = \frac{0.1 * 10000}{18 * 18}$$

VI.2.3. Dimensionnement hydraulique des rampes :

Le dimensionnement hydraulique implique de définir les caractéristiques d'une parcelle ainsi que la manière dont on planifie le réseau d'aspersion.

Longueur de la rampe :

Deux configurations d'installation des asperseurs sur la rampe sont envisagées, comme illustré dans la Figure VI.1.

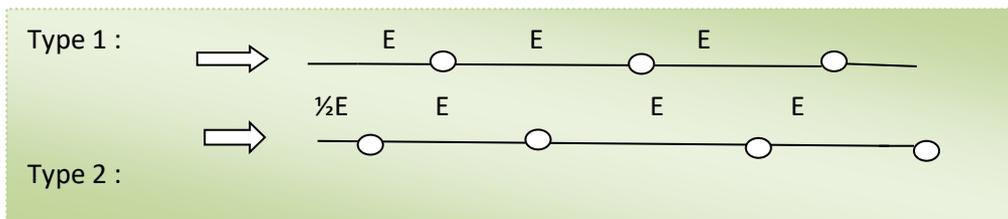


Figure VI.1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.

Les dimensions des rampes sont déterminées en se basant sur les mesures de la parcelle :

- ✓ La longueur totale du terrain s'étend sur 250 mètres
- ✓ La largeur du terrain est mesurée à 74,8 mètres

Longueur de la rampe :

$$L = \frac{\text{largeur du terrain}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

$$L = \frac{74.8}{2} - \frac{18}{2} = 28.4 \text{ m.}$$

Nbre asperseur/rampe (N) :

$$N = \frac{\text{largeur}}{Ea} + 1 = \frac{28.4}{18} + 1$$

$$N = 2.57 \text{ rampes.}$$

$$N = 3 \text{ asp/rampe}$$

Nombre de rampes(Nr) : $Nr = \frac{N_{asp}}{(nbasp/rampse)} = 3 \text{ ramps}$

Calcul du débit de la rampe (Qr) :

$$Qr = q_{asp} * nbasp / rampe$$

$$Qr = 0.00071 * 3 = 0.00213$$

$$Qr = 7,67 \text{ m}^3/\text{h}$$

Lr : longueur du terrain = 240 m, El : espacement entre les rampes (=12m)

Calcul du Diamètre de la rampe :

$$DR = \sqrt{\frac{4Qr}{\pi V}}$$

V ; la vitesse de l'écoulement a traversé la rampe v=1.5

Donc :

$$DR = \sqrt{\frac{4 * 2.1}{\pi * 1.5}} = 42.5 \text{ mm}$$

$$DR(\text{normalise}) = 50 \text{ mm}$$

VI.2.3.1. Vérification des pertes de charges de la rampe

Rampe :

La perte de charge dans un conduit peut être calculée en utilisant l'équation de Hazen-Williams, qui est couramment utilisée pour les systèmes de canalisations. L'équation de Hazen-Williams pour calculer la perte de charge dans un conduit est donnée par :

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

où :

L : est la longueur du conduit en pieds

D : est le diamètre intérieur du conduit en pouces

C : est le coefficient de rugosité du conduit

$$J_{pr} = 0,5 \text{ m.c.e}$$

Dimensionnement du porte-rampe :

La longueur de la porte-rampe :

$$L_{pr} = L_r - E/2 \quad L_{pr} = 28.4 - 18/2$$

$$L_{pr} = 19.4\text{m}$$

On recalcule avec le porte-rampe

Débit de la porte rampe :

$$Q_{p_rampe} = Q_{asp} * n_{asp/rampe} * N_{rampe} = 7.1 * 3 = 8.8 \text{ m}^3 / \text{h} = 5.1 * 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Diamètre de la porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4Q_{cp}}{\pi v}} = 0,0425\text{m}$$

$$D_{pr}(\text{normalisé}) = 50\text{mm}$$

Vérification des pertes de charges de la porte rampe :

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

$$J = 0.33 \text{ m.c.e}$$

VI.3. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

Cette partie, notre attention se porte sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation localisée, spécifiquement le système goutte à goutte. Ce processus exige des données essentielles telles que la surface de la parcelle, les besoins en eau quotidiens, et la durée maximale de travail par jour.

Données générales :

Sur la parcelle P4, dans l'îlot 2 et alimentée par la borne B2 affichant des pressions calculées d'environ 1.9, nous prévoyons d'installer un système d'irrigation. Cette parcelle, s'étendant sur 6 hectares avec une forme plutôt rectangulaire, sera dédiée à la culture de l'olivier, exigeant jusqu'à 150 mm d'eau.

Pour le réseau goutte à goutte, nous allons organiser un agencement en espacement de 5 mètres sur 5, couvrant une surface de 5.2 hectares.

Les dimensions de cette zone irriguée seront de 240 mètres de long sur 60 mètres de large .

a) Influence du taux de couverture du sol :

Dans le système d'irrigation goutte à goutte, l'eau est acheminée à des points précis sur une petite partie de la parcelle, limitant ainsi l'évaporation directe du sol. Pour ajuster cela, un coefficient de réduction K_r est utilisé pour adapter l'évapotranspiration potentielle de référence (ETM) .

Ce coefficient K_r dépend du degré de couverture du sol par les plantes adultes, évalué ici à 60% ($C_s=60\%$). Pour le calculer, différentes formules sont disponibles. Par exemple, selon Keller et Karmeli (1974), on peut utiliser la formule : $K_r = C_s / 0.85$.

La formule de Freeman et Garzoli :

La formule de Freeman et Garzoli pour le coefficient K_r , prenant en compte un taux de couverture de 60% pour les arbres adultes, donne

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

Pour cette situation spécifique, K_r vaut 0.70 selon cette formule, tandis qu'il est de 0.80 en utilisant l'équation de Keller et Karmeli.

Pour calculer la quantité journalière d'eau nécessaire (B_{jl}) pour chaque arbre, on utilise la formule :

$$B_{jl} = B_j * K_r$$

B_j représentant les besoins en eau journaliers,

Équivalents à :

$$B_j = ETM_c = B_{pointe} / 30$$

On trouve : $B_{jl} = 4.4 \text{ mm/j mm}$

Dose nette pratique :

En ce qui concerne la dose nette pratique d'eau (Dp), celle-ci est déterminée en fonction de la hauteur d'eau (P) appliquée pendant l'irrigation, exprimée en millimètres. La formule pour la Dp est :

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

Avec :

- ✓ Hcc : humidité a la capacité au champ (27%)
- ✓ Hpf : humidité au point de flétrissement (15%)
- ✓ Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- ✓ Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)
- ✓ P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot S_d \cdot S_h}{S_r \cdot S_a}$$

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

Spd : L'intervalle entre deux points de distribution adjacents pour un même arbre est d'environ 1,5 mètres. La largeur de la zone humidifiée selon les données de la table est équivalente à Sh = 1 mètre.

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre = 5 m.

Sa : espacement des arbres sur les rangs = 5m

$$P = \frac{2 \cdot 1.5}{5 \cdot 5}$$

Donc :

$$Dp = \frac{169 \cdot 19,2}{100}$$

$$Dp = 32,45 \text{ mm}$$

VI.3.1. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)

L'intervalle entre deux sessions d'arrosage, également appelé tour d'eau, est calculé selon la formule suivante :

$$F = \frac{Dosenette}{ETMc} = \frac{Dp}{Bjnc}$$

$$F = \frac{32.45}{3.568}$$

$$F=9\text{jours}$$

D_p : Dose nette en mm

B_{njc} : Besoin net journalier corrigé

Calcul de la dose réelle:

la nouvelle dose réelle : **D_r = B_{jm} * T_r = 32.45mm.**

$$D_b = D_p / (C_u * \text{Eff})$$

- ✓ D_p : Dose nette (mm)
- ✓ C_u : Coefficient d'uniformité (0,9)
- ✓ Eff : efficacité du système d'irrigation (0,9)

$$D_b = 32,45 / (0,9*0,9)$$

$$D_b = 40,06 \text{ mm}$$

Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$T_a = \frac{D_b S_d S_r}{n * q_a}$$

Ou :

D_b : Dose brute

q_a : débit du goutteur en litres par heure l/h

n : nombre de goutteur par arbre

S_d et S_r représentent respectivement les distances entre deux distributeurs et deux rangées d'arbres,

$$T_a = \frac{40,06 * 2 * 5}{2 * 4}$$

Pour cette situation spécifique, T_a équivaut à 50 heures. T_a = 50 heures

Durée d'arrosage journalier :

Pour assurer un arrosage quotidien Avec deux options possibles (doubler le nombre de rampes ou augmenter le débit des goutteurs à 8 litres par heure):

$$D_{ar} = T_a / F$$

$$D_{ar} = 50/9*$$

Où

F : est le nombre de fréquences par jour

. Ici, Dar équivaut à 6 heures par jour.

$$\mathbf{Dar = 6 \text{ heures/jour}}$$

Nombre de poste :

$$\mathbf{Np = T / Da}$$

T : Temps de travail

Dar : Durée d'arrosage journalier

$$\mathbf{Np = 22/6}$$

Surface du poste :

$$\mathbf{Sp = ST / Np}$$

ST : Surface totale de la parcelle

Np : Nombre de poste

$$\mathbf{Sp = 5,2/4}$$

$$\mathbf{Sp = 1,36 \text{ ha}}$$

VI.3.2. Calculs hydrauliques

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de

Christiansen : $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$:

La variation maximale de la pression : $dq = K \cdot xHx-1 \cdot dH$

Ce qui donne (avec $q = K \cdot Hx$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur))

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)}$$

q (g) : Débit nominale du goutteur ;

H(n) : Pression nominale (1 bar) ;

$$10\% = 0.5 * \frac{\Delta H}{10}$$

$$\Delta H = 2 \text{ m.c.e}$$

Donc selon la règle de Christainsen :

- Perte de charge singulière :

$$\Delta H_s = 10\% \Delta H = 0,2 \text{ m.c.e}$$

- Perte de charge linéaire :

$$\Delta H_l = \Delta H - \Delta H_s = 1,8 \text{ m.c.e}$$

- Pour les rampes :

$$P.d.c(r) = 2/3 * \Delta H_l = 1,2 \text{ m.c.e}$$

- Pour les portes rampes :

$$P.d.c(pr) = 1/3 * \Delta H_l = 0,6 \text{ m.c.e}$$

VI.3.2.1. Dimensionnement des canalisations du réseau

a) Les rampes

En règle générale, on utilise le PEBD (Polyéthylène basse densité) pour les canalisations.

Nombre d'arbres :

$$N_a = L_r / S_a$$

L_r : Longueur de la rampe en m

Tableau VI-2 : Longueurs maximales pour une rampe sous une pression de 1 bar.

Exposant(x)	Longueur maximale de la rampe (m)					
	Débit goutteur (l/h)					
	2	3	4	5	6	7
0,5	266	197	160	136	120	107
0,6	252	186	151	128	128	101
0,7	240	180	145	124	124	97

Avec un débit de 4 litres par heure et un exposant de 0,5, la longueur de la rampe est de 160 mètres.

Sa : représente la distance entre deux arbres en mètres.

Nombre de goutteurs :

$$Na = 160/5$$

Na = 32 arbres

$$Ng = Na * n$$

Na : Nombre d'arbres

n : Nombre de goutteurs par arbre

Débit de rampe :

$$Ng = 32 * 2$$

Ng = 64 goutteurs

$$Qr = Ng * qg$$

Avec :

Ng : Nombre de goutteurs qg : Débit du goutteur en l/h

$$Qr = 64 * 4$$

Qr = 265 l/h

Diamètre de rampe :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{p.d.c(r).2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.74}}$$

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{p.d.c(pr).2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.74}}$$

Q(r) : le débit de la rampe en L/h, (Qr = 256L/h).

Q(pr) : le débit de la rampe en L/h, (Qpr = 12960L/h).

L(r) : la longueur de la rampe en m, (Lr = 160 m).

L(pr) : la longueur de la porte rampe en m, (Lpr = 217 m).

Ør (cal) : le diamètre de rampes.

Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{1.2.2.75}{0.478 * 256^{1.75} .160} \right]^{-\frac{1}{4.74}}$$

Dr (cal) = 14,95 mm

Dr (normalisé) = 20mm

Nous avons opté pour un diamètre normalisé de 20 mm car, dans le cas du polyéthylène, le terme "diamètre nominal" fait référence au diamètre extérieur. Pour nous, cependant, ce qui revêt une importance cruciale est le diamètre intérieur, qui mesure 17 mm pour un diamètre nominal de 20 mm.

Vérification des pertes de charge :

Nous avons choisi le polyéthylène basse densité (PEBD) comme matériau pour nos canalisations. Par conséquent, la formule que nous devons utiliser pour calculer les pertes de charge est celle de Guyan-Pernes.

$$J_r = \frac{0.478}{2.75} Q_r^{1.75} D_r^{-4.75} (\text{normalisé}) * L_r$$

Dpr(normalisé) : Diamètre de porte rampe normalisé des portes de rampe, conformément aux diamètres disponibles sur le marché, exprimé en millimètres

Qpr : Débit de porte rampes en l/h

Lpr : Longueur de porte rampe en m

Jpr = 0,57 mm

Jpr < P.d.c (pr) donc c'est vérifié.

Les portes rampes :

Nombre de rampes :

$$Nr = Lpr / Sr$$

Lpr : Longueur de porte rampe(m).

Sr : Distance entre 2 rampes (m)

$$Nr = 240/5$$

$$Nr = 48 \text{ rampes}$$

Débit de porte rampe :

$$Qpr = (Qr * Nr) / Npr$$

Qr : Débit de rampe en l/h

Nr : Nombre de rampes

Npr : Nombre de porte rampe qui alimente les rampes (on prend Npr=1)

$$Qpr = 256 * 48$$

$$Qpr = 12288 \text{ l/h}$$

Diamètre de porte rampe :

$$\Phi r(cal) = \left[\frac{p.d.c(r) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(pr)^{1.75} \cdot L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.74}}$$

Dpr(cal) : Diamètre de porte rampe calculé en mm

- ✓ P.d.c(pr) : Perte de charge pour les portes rampe en m.c.e
- ✓ Qpr : Débit des portes rampe en l/h
- ✓ Lpr : Longueur de porte rampe en m

$$\Phi r(cal) = \left[\frac{0.6 \cdot 2.75}{0.478 \cdot 12288^{1.75} \cdot 240} \right]^{-\frac{1}{4.74}}$$

$$Dpr(cal) = 78,43 \text{ mm}$$

$$Dpr(normalisé) = 90 \text{ mm}$$

En utilisant un diamètre intérieur de 79,2 mm et une pression nominale de 10 bars, nous effectuons une vérification des pertes de charge :

$$Jr = \frac{0.478}{2.75} Q_r^{1.75} D_r^{-4.75} (\text{normalisé}) * L_r$$

Dpr(normalisé) : Diamètre de porte rampe normalisé des portes de rampe, conforme aux diamètres disponibles sur le marché et exprimé en millimètres.

Qpr : Débit de porte rampes en litre par heure (l/h)

Lpr : Longueur de porte rampe en mètres m

$$\mathbf{Jpr = 0,57 \text{ mm}}$$

Jpr < P.d.c (pr) donc c'est vérifié.

Conduite principale :

C'est la conduite qui alimente les portes rampe.

Débit de la conduite :

$$Q_{cp} = Q_{pr} * N_{pr}$$

Qpr : Débit de porte rampe en l/h

Npr : Nombre de porte rampe qui alimente les rampes (Npr=1)

$$Q_{cp} = 12288 \text{ l/h}$$

$$Q_{cp} = 3,413 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Diamètre de la conduite :

$$D_{cp} = \sqrt{\frac{4Q_{cp}}{\pi v}}$$

Qcp : Débit de la conduite principale en m³/s.

V : vitesse d'écoulement m/s (on prend V=1,5 m/s).

$$D_{cp} = \sqrt{\frac{4 * 3.413 * 10^{-3}}{\pi * 1.5}}$$

$$D_{cp} = 53,8 \text{ mm}$$

$$D_{cp}(\text{normalisé}) = 63 \text{ mm}$$

On choisi le diamètre de 90 mm qui corresponde le diamètre de la porte rampas

Vitrification de la vitesse :

$$V = \frac{Q_{cp}}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = 1.42 \text{ m/s}$$

Perte de charge :

$$J_r = \frac{0.478}{2.75} Q_r^{1.75} D_r^{-4.75} (\text{normalisé}) * L_r$$

Jcp = 0,13 m.c.e

La pression en tête :

$$P(m) = H(n) + J_r + J_{pr} + J_{cp}$$

H(n) : Pression nominale (1 bar)

Jr : Perte de charge de rampe

Jpr : perte de charge de porte rampe

Jcp : perte de charge de la conduite principale

$$P(m) = 10 + 0,65 + 0,57 + 0,13$$

$$P(m) = 1,135 \text{ bars}$$

Les résultats de calcul :

Tableau VI-3 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul des besoins d'irrigation.

Culture	Surface (ha)	Dose nette (mm)	Dose brute (mm)	Fréquence d'arrosage (jours)	Durée d'arrosage journalier (h)	Nombre de postes	Surface de dépôt (ha)
Olivier	5,44	32.45	40.06	9	6	4	1.36

Tableau VI-4 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul du dimensionnement des canalisations.

Rampe			Porte rampe				Canal principal			Pression (bar)				
N de goutteurs	N de rampes	Lr (m)	Dr (mm)	Qr (mm)	Jr (m.c.e)	Lpr (m)	Dpr (mm)	Qpr (l/h)	Jpr (m.c.e)		Lcp (m)	Dcp (mm)	Qcp (l/h)	Jcp (m.c.e)
64	48	160	20	256	0.65	240	90	12288	0.57	10	90	122888	0.13	1.135

Le nombre total des arbres est :

Avec :

Na : Nombre d'arbres par rampe Nr : Nombre de rampes

$$Nt = Na * Nr$$

$$Nt = 1536 \text{ arbres}$$

VI.4. Conclusion

Le rendement des cultures est étroitement lié au choix de la méthode d'irrigation, un élément crucial pour le développement d'une zone spécifique.

Dans cette section, nous avons étudié le dimensionnement à l'échelle de la parcelle en utilisant deux systèmes d'irrigation : l'aspersion et le goutte-à-goutte. Ces deux approches offrent des opportunités de modernisation de l'agriculture et entraînent une amélioration significative des rendements des cultures.

Chapitre VII: Calcul technico-économique

Chapitre VII : Calcul technico-économique

VII.1. Introduction

L'estimation du coût d'un projet d'aménagement hydro-agricole est une étape cruciale pour évaluer sa rentabilité à court et à long terme. Ce chapitre examine en détail l'estimation du montant total du projet d'aménagement du périmètre d'Ouled Hamla, fournissant ainsi une première évaluation financière de ce projet. Pour ce faire, il est essentiel de quantifier tous les travaux à entreprendre :

- Réseau de distribution.
- Travaux divers.

VII.2. Travaux à entreprendre pour Le système d'adduction

Pour estimer le coût des travaux du réseau d'adduction, les éléments suivants doivent être pris en compte :

Exécution des tranchées :

Cette étape implique l'utilisation d'une pelle hydraulique pour creuser des excavations (déblai) sur le terrain. Les déblais ainsi obtenus sont placés à côté de la tranchée, laissant l'autre côté disponible pour l'installation des conduites.

Pose du lit de sable :

Le lit de sable, d'une épaisseur de 15 cm dans notre situation, sera placé au fond de la tranchée.

Pose des conduites :

Avant de descendre les conduites dans la fouille, un tri est effectué pour éliminer celles qui ont subi des chocs. Ensuite, les conduites sélectionnées sont abaissées lentement au fond de la fouille à l'aide d'un engin de levage.

Epreuve de joint et de la canalisation

Pour assurer la sécurité, il est essentiel de procéder à un essai de pression sur les conduites et les joints avant leur recouvrement. Ce test, réalisé au moyen d'une pompe, consiste à remplir la conduite avec de l'eau sous une pression atteignant 1,8 fois celle prévue pour son utilisation normale.

Remblayage des tranchées

Le remblayage implique l'enfouissement de la conduite en utilisant le matériau résultant de

l'excavation.

Nivellement et compactage

Le nivellement comprend le placement des terres en monticules, suivis du compactage pour augmenter la densité du sol et éviter le tassement

VII.3. Estimation du cout associés aux travaux du réseau d'adduction

VII.3.1. volume de terrassement

Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée est calculée en considérant le diamètre de la conduite et en laissant un espace de 30 cm de chaque côté. Pour déterminer cette ouverture,

on utilise la formule suivante :

$$B = d + 0.6$$

Avec :

B : La largeur de la tranchée, en mètres (m)

d : diamètre de la conduite en mètres.(m)

Profondeur de la tranchée

La profondeur de la tranchée doit être correctement réalisée et respecter les normes de l'art afin d'éviter toute intercommunication avec d'autres conduites..

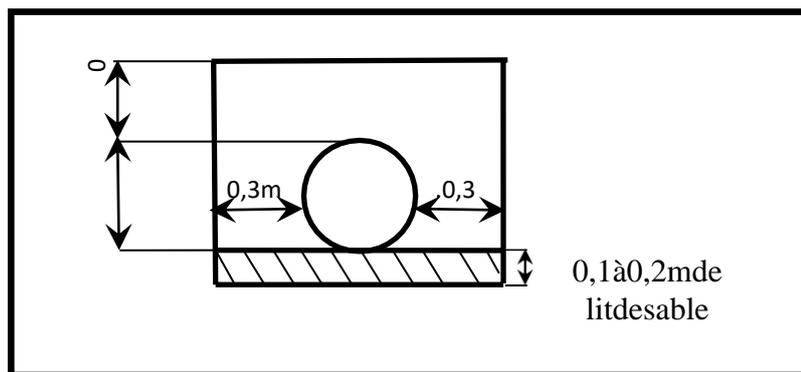


Figure VII-1 :Schéma d'une tranchée.

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)}$$

Avec :

H_{tr} : Profondeur de la tranchée (m) e : hauteur du lit de pose (m)

d : diamètre de la conduite (m)

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

Section de la tranchée:

Les sections des tranchées sont :

$$S_{tr} = B \times H_{tr}$$

H_{tr} : Profondeur total de la tranchée (m) B : Largeur du fond de la tranchée (m)

Volume à excaver :

Le volume d'excavation est :

$$V_d = S_{tr} \times L = (B \times H_{tr}) \times L$$

V_d : Volume du déblai (m³)

S_{tr} : La section de la tranchée (m²). L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

H_{tr} : La hauteur de la tranchée (m).

Les volumes de déblais, de sable et de remblais du réseau de distribution sont indiqués dans le tableau VII.1 :

Tableau VII-1 :Calcul des différents volumes.

Tronçon	Longueur	Diamètre	Largeur du tranché (m)	Hauteur du tranché (m)	Volume de déblai (m ³)
C1-B16	105	110	0,71	1,11	82,75
C1-5-B18	300,06	160	0,76	1,16	264,53
C1-5-B19	100	90	0,69	1,09	75,21
C1-B15	230,27	160	0,76	1,16	203
C1-4-14	178,2	110	0,71	1,11	140,44
C1	320	110	0,71	1,11	252,19
C1-3-B11	325,62	90	0,69	1,09	244,90

C1-B12	400	90	0,69	1,09	300,84
C1-2-B17	85	200	0,8	1,9	129,2
C1-2-B20	500	200	0,8	1,9	760
C1-1-B11	353,76	160	0,76	1,16	311,87
C1-B10	202	160	0,76	1,16	178,08
C1-B9	203,39	160	0,76	1,16	179,30
C1-B8	135	110	0,71	1,11	106,39
C1-6	200	90	0,69	1,09	150,42
C1-B89a	250	110	0,71	1,11	197,025

VII.3.2. Evaluation du cout des travaux de terrassement :

Lorsqu'on évalue les coûts des travaux, il est crucial d'inclure les dépenses associées aux travaux de terrassement, comprenant les déblais et remblais, ainsi que les coûts des matériaux comme le lit de sable et l'installation des conduites. Les frais de terrassement sont déterminés de la manière suivante :

Tableau VII-2 :Résultats de calcul du volume du remblai.

			Largeur du tranché (m)	Hauteur du tranché (m)	Volume de déblai (m3)	V sable (m3)	V conduites (m3)	V remblai (m3)
Tronçon	Longueur	Diamètre						
C1-B16	105	110	0,71	1,11	82,7505	14,91	1	66,8405
C1-5- B18	300,06	160	0,76	1,16	264,532896	45,60912	6	212,923776
C1-5- B19	100	90	0,69	1,09	75,21	13,8	0,635	60,775

C1-B15	230,27	160	0,76	1,16	203,006032	35,00104	4,62	163,384992
C1-4-14	178,2	110	0,71	1,11	140,43942	25,3044	1,69	113,44502
C1	320	110	0,71	1,11	252,192	45,44	2,09	204,662
C1-3-B11	325,62	90	0,69	1,09	244,898802	44,93556	2,09	197,873242
C1-B12	400	90	0,69	1,09	300,84	55,2	2,54	243,1
C1-2-B17	85	200	0,8	1,9	129,2	13,6	2,669	112,931
C1-2-B20	500	200	0,8	1,9	760	80	10,048	669,952
C1-1-B11	353,76	160	0,76	1,16	311,874816	53,77152	7,1	251,003296
C1-B10	202	160	0,76	1,16	178,0832	30,704	4,059	143,3202
C1-B9	203,39	160	0,76	1,16	179,308624	30,91528	1,39	147,003344
C1-B8	135	110	0,71	1,11	106,3935	19,17	1,27	85,9535
C1-6	200	90	0,69	1,09	150,42	27,6	1,67	121,15
C1-B89a	250	110	0,71	1,11	197,025	35,5	1,58	159,945

Pour les déblais :

La formule pour les déblais est :

$$F_{deb} = V_{deb} \times K_{deb},$$

Où :

K_{deb} représente le prix d'un mètre cube de déblai fixé à 300 DA

V_{deb} : le volume total des déblais.

Pour les remblais, la formule est :

$$F_{rem} = V_{rem} \times K_{rem},$$

Où :

Krem : le prix d'un mètre cube de remblai établi à 800 DA

Vrem : est le volume total des remblais

$$F_{deb} = V_{deb} \times K_{deb}$$

Pour le sable:

$$F_{sable} = V_{sable} \times K_{sable}$$

Ksable : Prix de 1 m³ de sable = 800DA

Vsable : Volume total du sable.

Le cout estimatif des traveaux de terrassement dans le tableau VII.2 suivent :

Tableau VII-3 :Estimation du cout des travaux de terrassement.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1) Déblai et remblai	m ³	25793.55	300	7738065.094
2) lit de sable	m ³	2308.97	800	1847172.296
			Total (HT)	9585237.39
			TVA (19%)	1821195.104
			Total TTC	11406432.49

Les coûts des travaux de terrassement sont estimés à 32 870 735,10 dinars.

VII.3.3. Evaluation des prix de pose des conduites :

Les prix de pose de la conduite de refoulement et de la conduite gravitaire sont détaillés dans le tableau VII.3

Tableau VII-4 : Cout total des conduits.

Pièce	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ75 PEHD	m/l	448.37	300	134511
TubeØ90 PEHD	m/l	2134.56	371	791921.76
TubeØ110 PEHD	m/l	876.33	554	485486.82
TubeØ125 PEHD	m/l	1591.8	705	1122219
TubeØ140 PEHD	m/l	345.39	910	314304.9
TubeØ160 PEHD	m/l	1259.28	1156	1455727.68
amiante ciment classe 30 DN 200	m/l	1563.27	1200	1875924
amiante ciment classe 30 DN 300	m/l	1506.56	1400	2109184
amiante ciment classe 30 DN 400	m/l	4173.92	1600	6678272
			Total (HT)	14967551.16
			TVA (19%)	2843834.72
			Total TTC	17811385.88

VII.3.4. Devis estimatif total

Le devis estimatif total :

Conclusion

DT = Tot1 + Tot 2

DT = 29 217 819 .10 DA

VII.4. Conclusion :

Les coûts liés à la réalisation du projet ont été estimés dans ce chapitre, incluant les travaux de terrassement et le coût des équipements. Le coût total du projet d'aménagement du périmètre de Ouled Hamla s'élève à Vingt-neuf millions deux cent dix-sept mille huit cent dix-neuf dinarset dix centimes toutes taxes comprises (TTC), soit un coût spécifique de 465 000 dinars par hectare.

Conclusion générale

Le but principal de cette étude réside dans la mise en valeur des terres agricoles en proposant un plan d'aménagement hydro-agricole pour la zone d'irrigation à Ouled Hamla, dans la wilaya d'Oum el Bouaghi. Ce projet a considéré tous les facteurs clés pour sélectionner la méthode d'irrigation, incluant les données climatiques, pédologiques et hydrologiques.

L'étude climatologique révèle que la région a un climat semi-aride marqué par un hiver froid et humide où la température minimale moyenne est de 6,7 °C, ainsi qu'un été chaud et sec avec une température maximale moyenne de 26 °C. La période sans pluie s'étend de mai à octobre, ce qui rend l'irrigation indispensable durant ces six mois.

L'analyse du sol indique que les sols de la région sont principalement argileux, fins et lourds, avec une faible imperméabilité. Les ressources en eau sont également étudiées, montrant une eau d'irrigation de qualité C3S2, faiblement alcaline mais avec une salinité élevée.

En se basant sur les paramètres climatiques régionaux et en utilisant des données statistiques sur les précipitations ainsi que l'estimation de l'évapotranspiration à l'aide du logiciel (Cropwat V.8), les besoins en eau des cultures ont été estimés. Le mois de juillet est identifié comme étant le mois de pointe, avec des besoins mensuels nets de 75.75 mm pour les cultures les plus exigeantes, telles que les poiriers ou les pommiers. Pour préserver le sol, En conséquence, le volume annuel d'eau nécessaire pour le périmètre est estimé à 12,6 millions de mètres cubes par an.

Le dimensionnement des réseaux d'adduction et de distribution a été effectué pour garantir les débits, les pressions et les vitesses admissibles nécessaires pour répondre aux besoins des cultures tout en préservant l'intégrité des canalisations contre le déboisement et le colmatage

Dans le choix des systèmes d'irrigation, l'étude met en avant l'importance d'introduire des techniques modernes telles que l'aspersion et le goutte-à-goutte. Ces systèmes efficaces sont essentiels pour augmenter les rendements agricoles et préserver les ressources en eau.

Au terme de ce travail de mémoire de fin d'étude, on peut dire que le sujet traité est d'une importance capitale pour la préservation des ressources en eau régionales et la promotion l'économie de la wilaya d'Oum El Bouaghi

Références Bibliographiques

1. **Doorenbos; A. Kassam.** Reponse des rendements à l'eau. FAO Bulletin d'Irrigation et de Drainage (N33). 1980
2. **Laborde J., 2009:** Eléments d'hydrologie de surface; Ecole polytechnique de l'université de NICE-SOPHIA ANTIPOLI
3. **TOUAIBI AB, 2004 :** Manuel d'Hydrologie
4. **Ollier Ch., Poirée M., 1983.** Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris
5. **OUAKLI Hadjer.** Etude du périmètre d'irrigation de Béni Slimane (Secteur 3) 251,87 HA, à partir du barrage de Béni Slimane (W. Médéa). ENSH, 2021.
6. **DAGHEL MOHAMED AMINE.** Etude d'extension du périmètre d'irrigation d'Ain kercha partie est sur une superficie de 284 ha à Oum el bouaghi. ENSH, 2020
7. **HETTAK NESRINE.** Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre aachaacha à partir du barrage kramis (W. Mostaganem) ENSH ,2020
8. **GHERSAMohamed Fares** Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Teleghma secteur sud (w.Mila) ENSH ,2019
9. Étude hydrochimique et qualitative de réseaux souterrains de la région d'Ouled Mimoun (N-O algérien).

ANNEXE :

1- Caractéristiques hydriques de quelques sols

Profondeur (cm)	Masse du container(g)	Masse du container+sol humide (g)	Masse du container+sol sec (g)	Densité du sol sec (g/cm³)
0-10	9,742	19,959	16,711	1,130
10-20	9,603	19,668	16,602	1,116
20-30	9,951	19,626	16,703	1,124
30-40	9,900	19,618	16,763	1,181
40-50	9,760	19,787	16,548	1,175
50-60	9,849	19,574	16,703	1,175
60-70	9,572	19,862	16,972	1,199
70-80	9,824	19,536	16,578	1,185
80-90	9,640	19,765	16,766	1,176
90-100	9,580	19,612	16,626	1,172
100-105	9,867	19,983	19,461	1,189
105-110	9,522	20,020	19,542	1,189

ANNEXE :
2- χ^2 theorique

Freedom	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.015	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.303	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.88	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
21	8.942	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.28	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	61.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

ANNEXE:

3-GUIDE D'ESTIMATION DU POURCENTAGE DE SOL HUMIDIFIÉ (P)

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Ecartement entre rampes S_r en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)															
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

