



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'extension du Périmètre du Moyen Cheliff Secteur E (160)
à partir du barrage Oum Drou (W.Chlef)**

Présenté par :

LAIBI Aya Anfal

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
SADOUNE Samra	M.A.A	Examinatrice
MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinatrice
BENKACI Ali Tarik	M.C.A	Promoteur

Session Juillet 2024

Dédicace

À ma très chère et tendre mère,

A la femme dont les mots me manquent souvent lorsque j'essaye d'exprimer ma gratitude pour tous les sacrifices qu'elle fait afin de me voir heureuse, qui a trouvé en moi la source de sa fierté et qui me soutient indéfectiblement pour que je puisse être là où je suis aujourd'hui. Aucun langage ne saurait exprimer le respect et l'amour que j'ai pour toi. Merci maman.

À mon cher papa, mon héros,

Tu as toujours été une épaule sur laquelle je m'appuyais, une oreille attentive qui m'écoutait.

Ta force, ton courage et ta sagesse m'ont souvent inspiré. Tu n'es pas seulement un repère dans la vie, mais mon étoile polaire, ma boussole et ma source de motivation. Ton amour restera mon guide à jamais.

Papa, me voilà en train de réaliser ton souhait, je ressens ton âme, ton soutien et ton affection à chaque instant. Je sais que de là-haut tu es fier de moi. Je te serais infiniment reconnaissante.

Qu'Allah ait pitié de ton âme.

À mes chères sœurs,

Hayet, Nesrine, Tesnime qui n'ont pas cessées de m'encourager, me soutenir moralement, et pour leurs conseils précieux qui ont été toujours une source de force pour moi.

A mon cher frère Amine pour ses encouragements.

À mes meilleures amies,

Amina et Fella, avec qui j'ai partagé mon parcours universitaire et, mes fous rires, mes chagrins et mes maladies. Je suis si heureuse de vous avoir dans ma vie, votre amitié restera toujours dans mon cœur.

A toute autre personne qui m'a aidé et encouragé de près ou de loin, à ceux qui m'ont accompagné durant mon chemin d'étude.

Merci du fond du cœur.

Remerciement

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

En premier lieu, je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance envers Dieu, le tout-puissant, pour m'avoir accordé la force et le courage tout au long de mon parcours, ainsi la persévérance requise pour réussir mon mémoire.

Je tiens à témoigner ma profonde gratitude envers Monsieur BENKACI Ali Tarik qui a bien voulu superviser ce travail. Je lui suis également reconnaissante pour son temps et son précieuse expertise dans ce domaine, sa patience et surtout ses conseils avisés qui ont contribué à enrichir ma réflexion, et participé à la réussite de ce mémoire.

Je voudrais également remercier Monsieur Mahfoud, Directeur de l'ONID ainsi que M.KABAZ, chef de projet, de m'avoir fourni les données requises pour ce travail.

Je remercie aussi l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH Blida), et l'Office Nationale De l'Irrigation Et Du Drainage (ONID) d'avoir gracieusement communiqué les dernières données nécessaires de la zone d'étude.

Mes remerciements s'adressent également à tous les professeurs de l'Ecole Nationale Supérieure De l'Hydraulique (ENSH), qui ont joué un rôle essentiel dans ma formation et transmis leurs savoirs et passions tout au long de ces cinq années.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail au sein du jury de soutenance. Je vous remercie pour votre évaluation approfondie de mon mémoire et vos commentaires sont extrêmement appréciés.

ملخص :

الغرض من هذه المذكرة هو إنشاء شبكة سقي لقطاع وادي سلي في ولاية الشلف، والذي يغطي مساحة 160 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة ويتم تزويدها من سد أم دروع. وقد أجريت دراسة شاملة للمناخ والتربة والمياه في المنطقة التي سينفذ فيها المشروع. وقد أتاحت لنا هذه الدراسة الفرصة لاختيار المحاصيل التي ستزرع في المنطقة بعناية. كما حللنا أيضاً الاحتياجات المائية لكل محصول واستخدمنا تقنيات الري الأكثر كفاءة لتحقيق مردود عالي من المحاصيل بأقل تكلفة ممكنة.

الكلمات المفتاحية: شبكة سقي، الأراضي الصالحة للزراعة، سد.

Résumé :

L'objet de ce mémoire porte sur la mise en place d'un réseau d'irrigation dans le secteur de l'Oued Sly situé dans la wilaya de Chlef, qui couvre une superficie de 160 hectares de terres cultivables, le secteur est alimenté à partir du barrage d'Oum Drou.

Une étude globale du climat, du sol et de l'eau a été réalisée dans la zone où le projet doit être réalisé. Cette étude nous a donné l'opportunité de choisir avec soin les cultures à cultiver dans cette zone. Nous avons également analysé les besoins en eau de chaque culture et utilisé les techniques d'irrigation les plus efficaces pour obtenir un rendement agricole élevé à des coûts les plus bas possibles.

Mots clés : réseau d'irrigation, terres cultivables, rendement agricole.

Abstract :

The main objective of this thesis is the implementation of a new irrigation network in the middle Cheliff perimeter, Oued Sly sector, which is located in the Chlef province and covers an area of 160 hectares of cultivable land. This perimeter will be supplied with water from the Oum Drou dam. A global study of the climate, soil, and water resources has been conducted in the area where the project is to be implemented. This study has given us the opportunity to choose the crops to be grown in this area, and we have also calculated the water requirements and projected the most efficient irrigation techniques in order to achieve high agricultural yields in the short and medium term.

Key words : irrigation network, cultivable land, dam.

Sommaire

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

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Introduction	3
I.1 Situation géographique de la wilaya de Chlef.....	3
I.2 Présentation de la zone d'étude	4
I.3 Présentation générale du périmètre du Moyen Chéelif.....	6
I.4 Analyse de la situation physique de la région.....	7
I.4.1 Contexte géologique	7
I.5 Etude climatologique.....	9
I.5.1 Choix de la station de référence.....	9
I.5.2 La pluviométrie.....	9
I.5.3 La température.....	10
I.5.4 Humidité relative de l'air.....	11
I.5.5 Le vent.....	12
I.5.6 L'insolation.....	13
I.6 Calcul des indices Agro-météorologiques.....	14
I.6.1 Indice d'aridité de Martonne.....	14
I.6.2 Quotient pluviométrique d'emberger.....	15
I.6.3 Indice de Bagnouls et Gaussen.....	16
I.7 Etude socio-économique.....	17
I.7.1 Potentialités hydrauliques.....	17
I.7.2 Population de la wilaya (2018).....	18
I.7.3 La population de la région.....	18
I.7.4 Potentialités agricoles.....	18
Conclusion	18

Chapitre II : Ressources en eau- Ressources en sol

Introduction.....	20
II.1 Ressources en sol.....	20
II.1.1 Classe des sols Calcimagnésiques.....	21
II.1.2 Analyses physico-chimiques des sols.....	21
II.1.2.1 Analyse de la texture des sols.....	22
II.1.3 Les paramètres hydrodynamiques des sols.....	22
II.1.4 Etude des aptitudes culturales.....	23

II.2 Ressources en eau.....	23
II.2.1 Alimentation en eau du périmètre : le barrage d'Oum Drou.....	23
II.2.2 Caractéristiques du barrage Oum Drou.....	23
II.2.3 Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation.....	24
II.2.3.1 Classification des eaux d'irrigation (Classification d'USSL 1954).....	24
II.3 Calcul de la pluie de projet.....	26
II.3.1 Choix de la station pluviométrique.....	26
II.3.2 Données de précipitation.....	27
II.3.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique test de Mann-Whitney...	27
II.3.4 L'ajustement des pluies annuelles.....	29
II.3.4.1 L'ajustement par la loi normale (Gauss).....	29
II.3.4.2 L'ajustement par la loi log normale (Galton).....	29
II.3.5 Test de fiabilité des ajustements.....	30
II.3.6 Détermination de l'année de calcul.....	31
Conclusion.....	31

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Introduction	33
III.1. Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation.....	33
III.1.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation.....	33
III.1.2 Calcul de l'évapotranspiration référence (ET ₀).....	33
III.1.2 .1 Méthode directe.....	33
III.1.2 .2Méthodes indirectes.....	34
III.1.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM).....	35
III.1.4 Estimation des coefficients culturaux (K _c).....	35
III.1.5 Calcul de la pluie efficace.....	35
III.1.6 Calcul de la réserve en eau du sol.....	36
III.2 Choix des cultures.....	36
III.2.1 Assolement des cultures.....	37
III.2.2 Les cycles végétatifs des cultures.....	38
III.3 Calcul des besoins en eau d'irrigation.....	39
III.3.1 Besoins des Céréales.....	39
III.3.2 Besoins des cultures maraichères.....	40
III.3.3 : Les arboricultures.....	44
III.4 Besoins en eau pour les assolements (1) et (2).....	45

III.5 Calcul de débit spécifique.....	45
III.6 Calcul de débit caractéristique.....	46
III.7 Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	46
Conclusion	47

Chapitre IV : Etude de système d'adduction- distribution

Introduction	49
IV.1 Alimentation en eau du périmètre.....	49
IV.2 Structure et organisation du périmètre d'étude.....	50
IV.3 Ilots et bornes d'irrigation.....	50
IV.3.1 Calcul hydraulique des bornes.....	50
IV.3.2 Choix du diamètre et du type des bornes.....	51
IV.4 Description de l'aménagement du périmètre.....	53
IV.4.1 Variante 1.....	53
IV.4.2 Variante 2.....	53
IV.5 Etude du système de pompage.....	53
IV.5.1 Généralités sur les pompes.....	53
IV.5.1.1 Les pompes volumétriques.....	53
IV.5.1.2 Les turbopompes.....	54
IV.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation.....	54
IV.5.2.1 Calcul de la hauteur géométrique H_g	54
IV.5.2.2 Calcul des pertes de charge totales.....	54
IV.5.2.2.1 Pertes de charge totale linéaire.....	55
IV.5.2.2.2 Calcul des pertes de charge singulière.....	55
IV.5.2.3 Calcul du débit de refoulement.....	55
IV.5.2.4 Calcul du diamètre approximatif.....	55
IV.6 Analyse technico-économique.....	56
IV.6.1 Calcul des frais d'investissement.....	56
IV.6.2 Calcul des frais d'exploitation.....	57
IV.6.3 Bilan total des frais.....	58
IV.7 Choix de nombre et de type de pompe.....	58
IV.7.1 Protection contre cavitation.....	59
IV.8 Dimensionnement du réservoir de stockage.....	60
IV.9 Etude du système d'adduction-distribution.....	61
IV.9.1 Choix du matériau des conduites.....	61

IV.9.2 Calculs hydrauliques.....	61
IV.9.3 Calcul des pressions des nœuds et des bornes.....	61
Conclusion	65

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Introduction	67
V.1 Choix des techniques d'irrigation.....	67
V.2 Les techniques d'irrigation.....	67
V.2 L'irrigation gravitaire.....	67
V.2.1 Irrigation par ruissellement.....	67
V.2.2 Irrigation par submersion (par bassin).....	68
V.2.3 L'irrigation à la raie ou par sillons.....	69
V.2.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire.....	69
V.3 L'irrigation par aspersion.....	70
V.3.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	70
V.4 L'irrigation goutte à goutte.....	70
V.4.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte.....	71
Conclusion	71

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Introduction	73
VI.1 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	73
VI.1.1 Choix de la culture.....	73
VI.1.2 Choix de parcelle.....	73
VI.1.3 Calcul de la dose pratique.....	73
VI.1.4 Dimensionnement de l'asperseur.....	74
VI.1.4.1 Choix du diamètre de la buse.....	74
VI.1.4.2 Calcul de la portée.....	74
VI.1.4.3 Calcul des écartements.....	74
VI.1.4.4 Calcul du Débit de l'asperseur.....	74
VI.1.4.5 Vérification de la pluviométrie de la buse.....	75
VI.5 Détermination des paramètres d'arrosage.....	75
VI.1.5.1 Calcul du tour d'eau.....	75
VI.1.5.2 La dose réelle.....	75
VI.1.5.3 La dose brute.....	75
VI.1.5.4 Le temps d'arrosage.....	75

VI.1.6 Dimensionnement hydraulique de la rampe.....	76
VI.1.6.1 La longueur de la rampe.....	76
VI.1.6.2 Nombre des asperseurs par rampe.....	76
VI.1.6.3 Débit de la rampe.....	76
VI.1.6.4 Diamètre de la rampe.....	76
VI.1.7 Dimensionnement hydraulique de la porte rampe.....	76
VI.1.7.1 Débit de la porte rampe.....	77
VI.1.7.2 Diamètre de la porte rampe.....	77
VI.1.8 Vérification des pertes de charge de la rampe et porte rampe.....	77
VI.2 Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte.....	78
VI.2.1 Choix de culture.....	78
VI.2.2 Choix de la parcelle.....	78
VI.2.3 Calcul de l'évapotranspiration corrigée.....	78
VI.2.4 Calcul de la dose d'irrigation corrigée.....	79
VI.2.5 Paramètres d'arrosage.....	79
VI.2.5.2 La dose réelle.....	79
VI.2.5.3 Calcul de la dose brute.....	80
VI.2.5.4 Durée de fonctionnement ou Temps d'arrosage.....	80
VI.2.6 Calculs hydrauliques.....	80
VI.2.6.1 Condition de Christensen.....	80
VI.2.6.2 Nombre des arbres par rampe.....	81
VI.2.6.3 Nombre des goutteurs par rampe.....	81
VI.2.6.4 Nombre des rampes.....	81
VI.2.6.5 Les débits.....	81
VI.2.6.6 Diamètres de rampe et la porte rampe.....	81
VI.2.6.7 Vérification des pertes de charge.....	82
VI.3 Dimensionnement de la conduite tertiaire.....	82
Conclusion	83

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction	85
VII.1 Réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution.....	85
VII.1.2 Pose du lit de sable.....	85
VII.1.3 Installation des conduites.....	85
VII.1.4 Essai de pression et de joints.....	86

VII.1.5 Remblayage de la tranchée.....	86
VII.1.6 Nivellement et compactage.....	86
VII.2 Calcul des Volumes de terrassement.....	86
VII.2.1 Dimensions des tranchées.....	86
VII.2.1.1 Largeur de fond de la tranchée.....	87
VII.2.1.2 Profondeur de la tranchée.....	87
VII.2.1.3 Section de la tranchée.....	87
VII.2.1.4 Calcul des volumes des tranchées.....	87
VII.2.2 Calcul des volumes de terrassement.....	88
VII.2.2.1 Volume des déblais.....	88
VII.2.2.2 Volume de lit de sable.....	88
VII.2.2.3 Volume occupé par la conduite.....	89
VII.2.2.4 Volume des remblais.....	89
VII.3 Calcul de coût de projet.....	90
VII.3.1 Coût de réseau d'adduction et de distribution.....	90
VII.3.2 Coût de la station de pompage.....	91
VII.3.3 Coût total de projet.....	92
Conclusion	92
Conclusion générale.....	94

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Tableau I.1 : Les zones du moyen Chélif.....	6
Tableau I.2 : Coordonnées de la station météorologique de Chlef.....	9
Tableau I.3 : Précipitation moyennes mensuelles (mm) période (1996/2022)....	9
Tableau I.4 : Températures moyennes de l'air de la wilaya de Chlef.....	10
Tableau I.5 : humidité relative de l'air de la wilaya de Chlef.....	11
Tableau I.6 : La répartition mensuelle des vitesses des vents (m/s).....	12
Tableau I.7 : Insolations moyennes mensuelles.....	13
Tableau I.8 : Classification du climat selon l'indice d'aridité de Martonne.....	15

Chapitre II : Ressources en eau- Ressources en sol

Tableau II.1 : Résultats des analyses physico-chimiques du Moyen Chélif.....	21
Tableau II.2 : Les caractéristiques hydrodynamiques des sols.....	22
Tableau II.3 : Caractéristiques du barrage d'Oum Drou.....	24
Tableau II.4 : Résultats d'Analyse de l'eau brute de l'Oued Chélif.....	24
Tableau II.5 : Classification des eaux en fonction de la CE (USSL, 954).....	25
Tableau II.6 : Caractéristiques de l'ANRH.....	27
Tableau II.7 : Caractéristiques de la série des pluies annuelles.....	27
Tableau II.8 : Test de Mann-Withney.....	28
Tableau II.9 : les paramètres de test de KHI carré.....	30
Tableau II.10 : Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi de log-normal.	31
Tableau II.11 : les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche.....	31

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III.1 : Calcul de l'Evapotranspiration de référence par le logiciel CROPWAT...	34
Tableau III.2 : Calcul des pluies efficaces.....	35
Tableau III.3 : Les cultures proposées pour le périmètre du moyen Chélif.....	36
Tableau III.4 : Assolement proposé pour le périmètre du moyen Chélif.....	37
Tableau III.5 : calendrier d'occupation des sols pour le périmètre du moyen Chélif..	38
Tableau III.6 : Besoins en eau de blé.....	39
Tableau III.7 : Besoins en eau de l'orge.....	39
Tableau III.8 : Besoins en eau de l'avoine.....	40
Tableau III.9 : Besoins en eau de pomme de terre AS.....	40

Tableau III.10 : Besoins en eau de la tomate.....	41
Tableau III.11 : Besoins en eau de petit pois.....	41
Tableau III.12 : Besoins en eau de l’ail.....	42
Tableau III.13 : Besoins en eau de la courgette.....	42
Tableau III.14 : Besoins en eau de fèves.....	43
Tableau III.15 : Besoins en eau de l’oignon.....	43
Tableau III.16 : Besoins en eau des haricots.....	44
Tableau III.17 : Besoins en eau de l’oranger.....	44
Tableau III.18 : Besoins en eau nets de l’assolement 1.....	45
Tableau III.19 : Besoins en eau nets de l’assolement 2.....	45
Tableau III.20 : Volumes d’eau d’irrigation.....	47

Chapitre IV : Etude de système d’adduction- distribution

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit de la borne....	51
Tableau IV.2 : Types des bornes selon les parcelles.....	51
Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type des bornes.....	52
Tableau IV.4 : Résultats du calcul de la HMT pour différents diamètres.....	56
Tableau IV.5 : Calcul de frais d’investissement.....	56
Tableau IV.6 : Calcul des frais d’exploitation.....	57
Tableau IV.7 : Bilan total des frais.....	58
Tableau IV.8 : Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari.....	59
Tableau IV.9 : Calcul de réseau de distribution.....	63-64

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI.1 : Récapitulatif de réseau d’irrigation par aspersion.....	77
Tableau VI.2 : Récapitulatif de réseau d’irrigation goutte à goutte.....	83

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Tableau VII.1 : Le calcul des dimensions de différents diamètres.....	88
Tableau VII.2 : Le calcul des volumes de terrassement.....	89
Tableau VII.3 : Estimation de coût de réseau de distribution et de distribution...	90
Tableau VII.4 : Estimation de coût des travaux de terrassement.....	91
Tableau VII.5 : Estimation de coût des pièces spéciales.....	91
Tableau VII.6 : Estimation de coût de la station de pompage.....	91
Tableau VII.7 : Coût total de projet.....	92

Listes des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Situation et limites administratives de la wilaya de Chlef.....	4
Figure I.2 : Situation et Limites administratives de la zone Oued Sly.....	5
Figure I.3 : Localisation de la zone d'étude Oued Sly.....	5
Figure I.4 : Le moyen Chélif.....	7
Figure I.5 : carte géologique du Moyen Chélif.....	8
Figure I.6 : Répartition de pluie moyenne mensuelle en mm.....	10
Figure I.7 : Evolution des températures mensuelles de l'air.....	11
Figure I.8 : Evolution de l'humidité moyenne mensuelle en (%).....	12
Figure I.9 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s).....	13
Figure I.10 : Variation de l'insolation moyenne mensuelle en heurs.....	14
Figure I.11 : le digramme bioclimatique d'Emberger.....	16
Figure I.12 : digramme ombrothermique de Gaussen.....	17

Chapitre II : Ressources en eau- Ressources en sol

Figure II.1 : carte pédologique du Moyen Chélif (Source : ANRH CHLEF).....	20
Figure II.2 : Classification du sol dans le triangle de texture (USDA).....	22
Figure II.3 : Diagramme USSL 1954 de classification des eaux.....	26
Figure II.4 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normale et log-normale.	30

Chapitre IV : Etude de système d'adduction- distribution

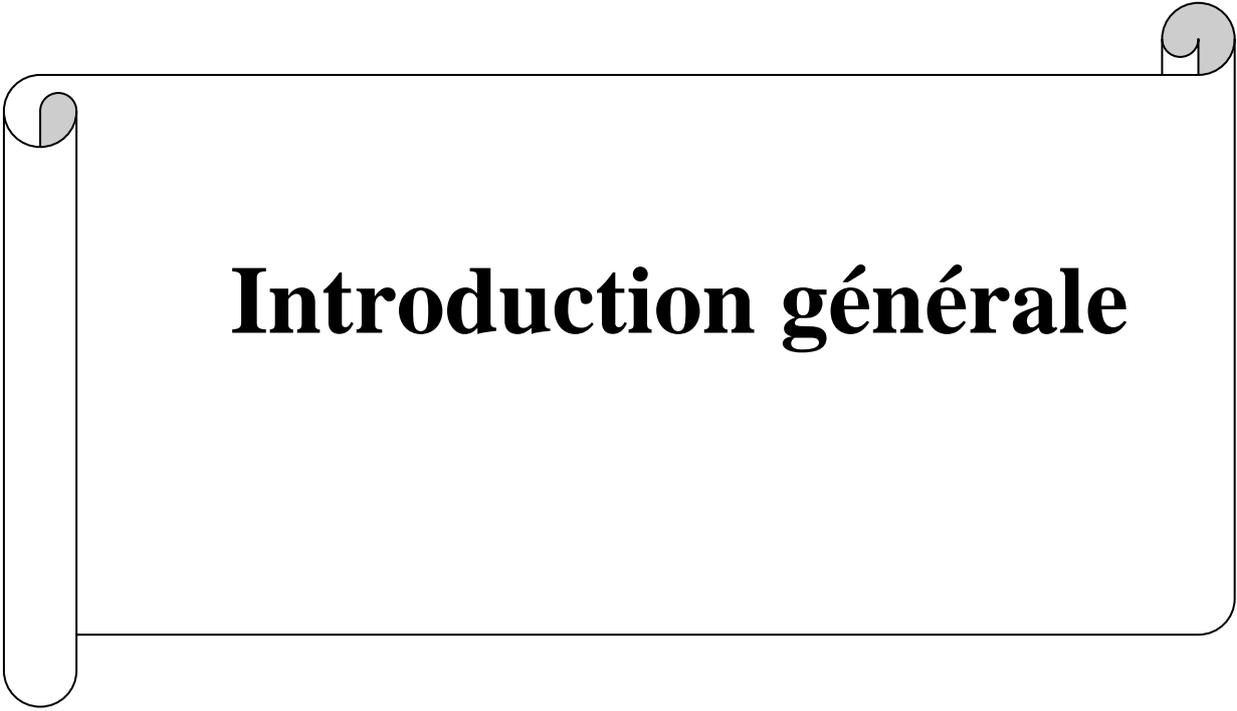
Figure IV.1 : Schéma d'alimentation du périmètre Moyen Cheliff du Secteur E	49
Figure IV.2 : Bilan total des frais en fonction des diamètres.....	58

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Figure V.1 : Irrigation par ruissellement.....	68
Figure V.2 : Irrigation par submersion.....	68
Figure V.3 : Irrigation à la raie.....	69
Figure V.4 : Irrigation par aspersion.....	70
Figure V.5 : Installation goutte à goutte.....	71

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Figure VII.1 : Profil à travers d'une tranchée.....	87
------------------------------------------------------------	----



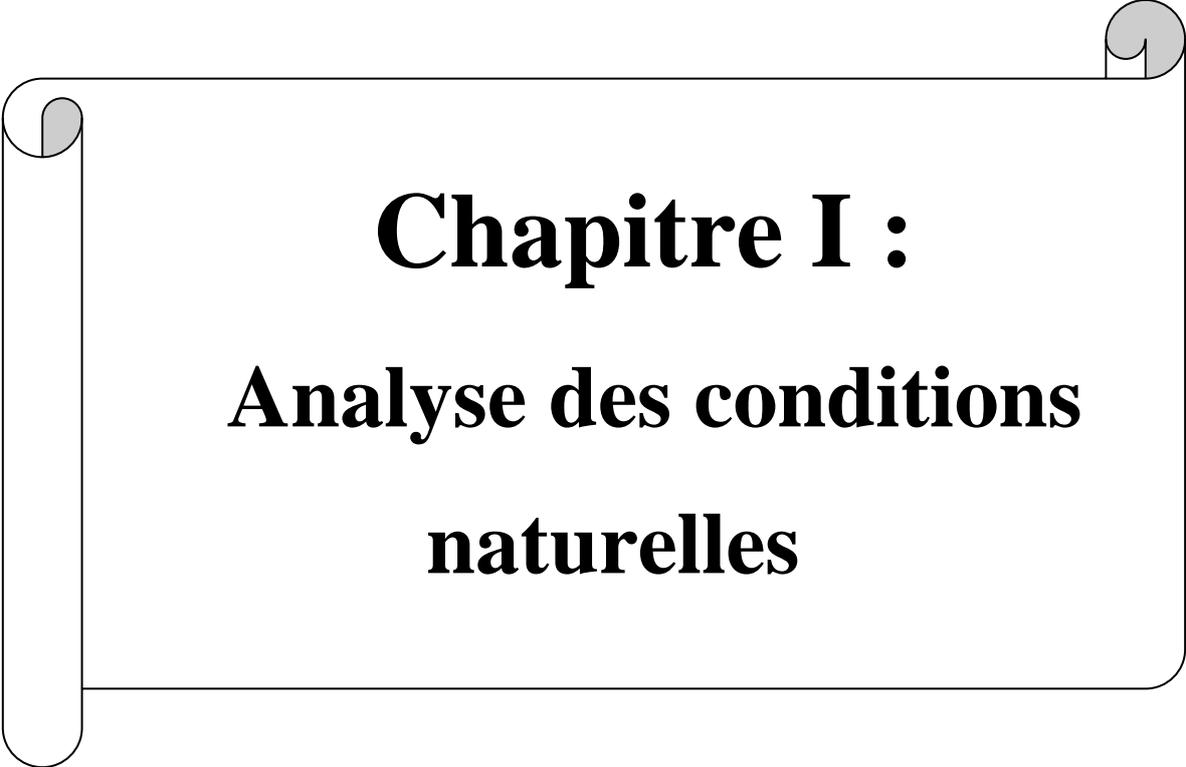
Introduction générale

Introduction générale

L'eau joue un rôle crucial dans la croissance des plantes. Quand le sol ne reçoit pas assez d'eau par la pluie, il est nécessaire d'intégrer des arrosages pour combler ce déficit. Le choix d'un système d'irrigation est influencé par le type de sol et, surtout, par les exigences de chaque type de culture. Il est essentiel de sélectionner le système d'irrigation adéquat afin de favoriser le développement optimal de notre type de culture.

Le Moyen Chélif, situé au centre-Ouest du Nord de l'Algérie, est considéré parmi les plus anciennes plaines intérieures et occidentales les plus fertiles en Algérie et aussi le plus grand cours d'eau du nord de l'Algérie. La source de ce grand oued se trouve dans l'Atlas saharien, dans le Djebel Amour. Il arrose près de 4 wilayas : Médéa, Ain-Defla, Chlef, Mostaganem. La vallée du Moyen Cheliff est la principale source d'eau d'irrigation dans la plaine, elle se caractérise par une activité importante de l'agriculture portée surtout sur le maraîchage. Il constitue le pôle économique le plus attractif de la région. Cependant, le réseau d'irrigation de type gravitaire est vétuste, et les ouvrages hydrauliques obsolètes, de plus certaines terres du moyen Cheliff ne disposent pas d'un réseau d'irrigation, ce qui freine l'intensification des cultures, dans ce cas la réhabilitation des périmètres en réseau sous pression devient une nécessité pour intégrer des systèmes d'irrigation efficaces et accroître les rendements.

Dans ce contexte, ce mémoire se concentre sur l'aménagement hydro-agricole de l'extension de la plaine du Moyen Cheliff, secteur E, qui couvre une superficie totale de 160 ha. Cette zone est principalement irriguée par le barrage d'Oum Drou. Ce mémoire vise principalement à augmenter les rendements agricoles de la région en instaurant un réseau d'irrigation sous pression et en utilisant des méthodes modernes comme l'aspersion et le système goutte-à-goutte.



Chapitre I :
Analyse des conditions
naturelles

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

I. Introduction

Avant de concevoir une étude d'irrigation, une analyse détaillée des paramètres climatiques doit être réalisée pour évaluer les besoins en eau et de dimensionner adéquatement le système hydraulique. Ce chapitre se concentre sur la définition des différentes situations naturelles de la zone d'étude "Oued Sly", wilaya de Chlef. L'objectif est de mieux connaître les spécificités de la zone afin d'adapter au mieux le réseau d'irrigation et aussi d'optimiser tout aménagement hydro-agricole.

I.1 Situation géographique de la wilaya de Chlef

La wilaya de Chlef est située au nord-ouest de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 4 074 Km². Son chef-lieu de wilaya éponyme est situé à 200 km à l'ouest de la capitale Alger. Elle se divise en 13 daïras et 35 communes.

➤ Limites géographiques : La wilaya est limitée par :

- Au nord, la mer Méditerranée
- Au sud, la wilaya de Tissemsilt.
- A l'ouest, les wilayas de Mostaganem et de Relizane.
- A l'est, les wilayas d'Ain Defla et de Tipaza.

Notons aussi que la topographie de la wilaya de Chlef, comme pour l'ensemble des régions telliennes, est marquée par deux principaux caractères morphologiques, elle est à la fois contrastée et très accidentée :

- Contrastée, par le nombre d'ensembles topographiques et de paysages morphologiques et morpho dynamiques. C'est une wilaya qui se trouve partagée entre reliefs montagneux, plaines, vallées intramontagnardes et littoraux dont la répartition, l'organisation, l'alignement et l'agencement sont condamnés et guidés par la structuration des reliefs telliens.

- Accidentée, par l'importance des altitudes, des pentes et surtout par l'importance des dénivellations entre le haut des reliefs et le bas fond des oueds et des vallées composant cette wilaya.

Les grands ensembles topo morphologiques de la wilaya de Chlef :

- Un premier ensemble de reliefs montagneux, appelé Dahra, se localisant entre littoraux au nord et le bassin du Chélif au sud. Cet ensemble est formé de reliefs à caractère montagneux,

- Le grand bassin néogène du Chélif au centre, encadré par le Dahra au nord et l'Ouarsenis au sud,



Figure I.1 : Situation et limites administratives de la wilaya de Chlef.

Source : Monographie Wilaya de Chlef.

I.2 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude (Oued Sly) est située dans la partie Nord-est de la Daïra de BOUKADIR, à 10 Km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya (Chlef). Elle est traversée aussi par la R.N.N°4 reliant Chlef à la Daïra de Boukadir.

Notre périmètre d'étude est irrigué, à partir du barrage d'Oum Drou (Braihiyine)

La commune d'OUED SLY est limitée comme suit :

- Au Nord par la commune de CHETTIA.
- Au Sud par la commune d'OULED BEN AEK.
- A l'Ouest par la commune de SOBHA.
- A l'Est par la commune de SENDJAS.

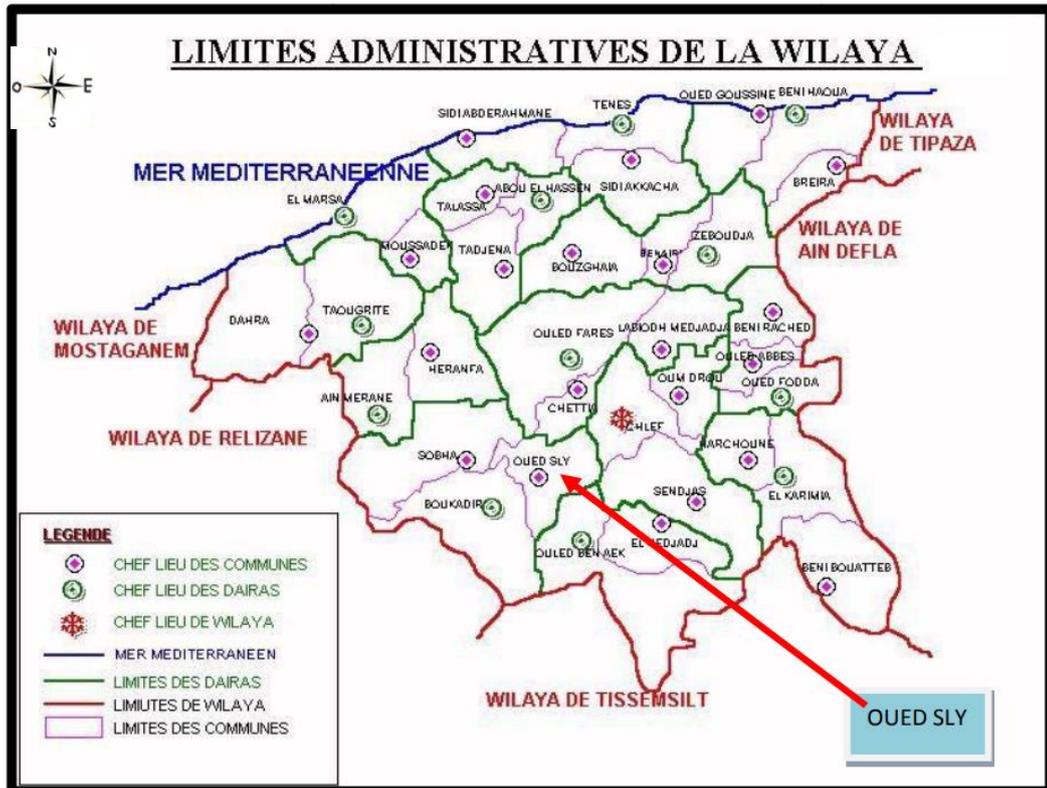


Figure I.2 : Situation et Limites administratives de la zone Oued Sly. (Source : Direction du Commerce Chlef)

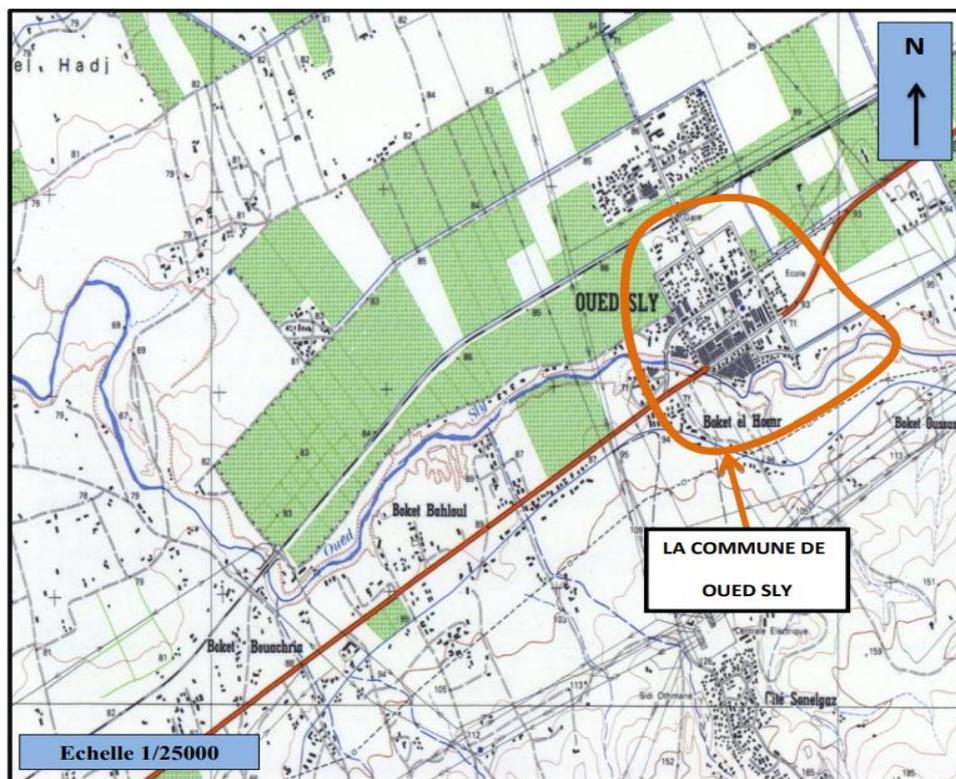


Figure I.3 : Localisation de la zone d'étude Oued Sly.

I.3 Présentation générale du périmètre du Moyen Chélif

Le périmètre du Moyen Chélif (P.M.C) est situé au centre Ouest du Nord de l'Algérie, s'étend entre l'oued TIKEZAL (El-Attaf, W d'Ain Defla) et le Barrage de Boukadir (W de Chlef), avec une surface totale de 21600 ha, sur une longueur de 60 km (Est-Ouest) et de largeur (Nord-Sud) de 10 km environ. Il est découpé en deux zones indépendantes.

- Zone A : alimentée par l'oued El Fodda (4576 ha)
- Zone B : alimentée par l'oued Chélif (5100 ha)

En vue d'une organisation plus facile de la production agricole, chaque zone est découpée en secteurs, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.1 : Les zones du moyen Chélif.

ZONE OUED CHELIFF (B)		ZONE OUED FODDA (A)	
Réseau	SURFACE (Ha)	Réseau	SURFACE (Ha)
C	145	A	1436
D	305	B	3140
E	2339		
F	1358		
G	883		
H	70		
TOTAL	5100		4576

Pour notre cas d'étude, on se trouve dans le secteur E

Entre les monts du Dahra au nord et les monts de l'Ouarsenis au sud s'étale un vaste bassin néogène appelé « Bassin du Chélif »

Parmi les caractères les plus marquants de ce bassin, surtout en ce qui concerne ses bordures, c'est le passage brutal vers le domaine montagneux du Dahra au nord et de l'Ouarsenis au sud.

Notons aussi que la présence de quelques reliefs isolés au sein de ce bassin, ex de Dj. Temoulga à l'Est de l'agglomération de l'oued Fodda, rend la plaine du Chélif plus étroite localement.

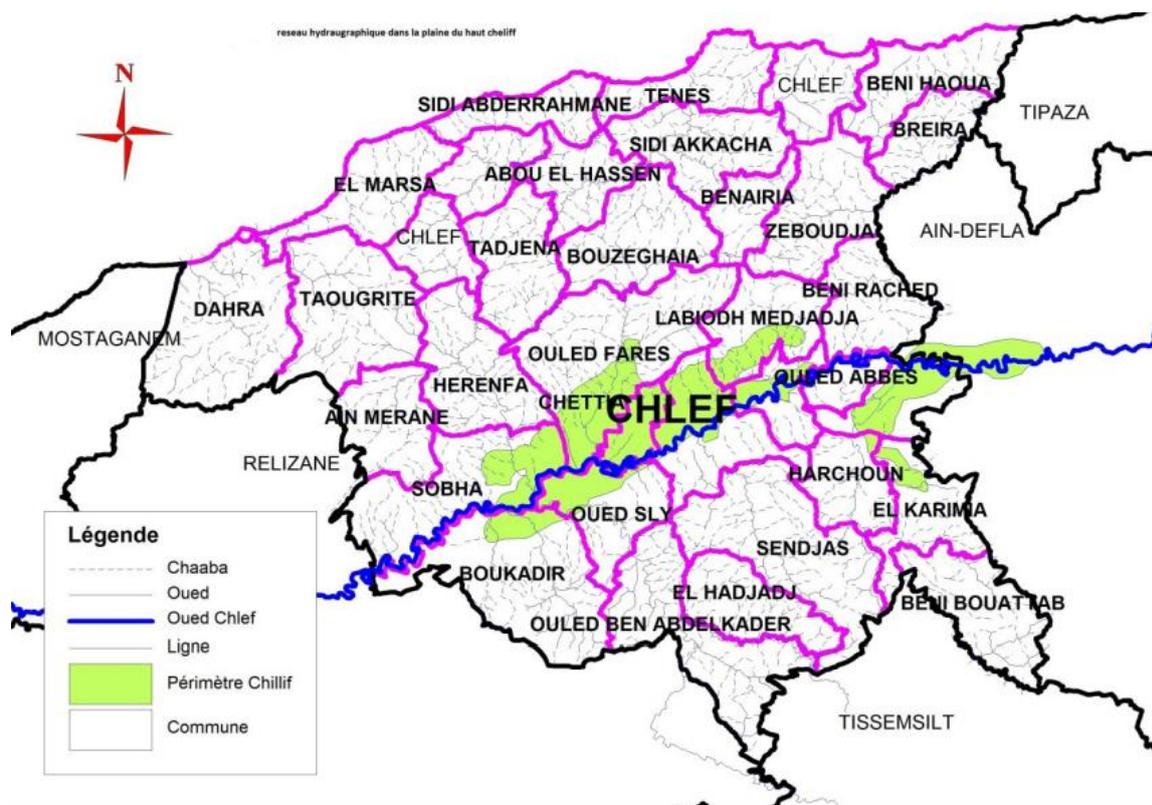


Figure I.4 : Le moyen Chélif. (Source : Les ressources en eaux dans la plaine du Moyen Cheliff).

I.4 Analyse de la situation physique de la région

I.4.1 Contexte géologique

La géologie de la wilaya de Chlef, comme pour le reste des régions telliennes, est l'une des plus complexes de l'Algérie du nord, elle chevauche sur plusieurs domaines structuraux des Maghrébides, avec :

- Un domaine interne qui ne concerne que les reliefs littoraux du Dahra au nord, c'est un domaine qui concerne les reliefs de la façade littorale et particulièrement ceux développés autour de l'agglomération de Ténès,
- Un domaine externe qui couvre l'essentiel des reliefs du Dahra et de l'Ouarsenis, un domaine qui concerne les reliefs montagneux, les reliefs de liaison et ceux des piémonts. Les terrains appartenant à ce domaine sont variés et exotiques et dont la plupart sont nappés.

I.5 Etude climatologique

Le climat est un facteur primordial qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. Le climat de la wilaya de Chlef est d'une façon générale méditerranéen de type sub-humide sur la façade Nord à semi-aride au centre et au Sud. Il est caractérisé par des étés chauds et secs peu orageux et des hivers doux et humides, la wilaya appartient au bioclimat semi-aride moyen tempéré. Les précipitations sont irrégulières dans le temps et dans l'espace avec des zones extrêmes : Le Littoral avec une moyenne annuelle d'environ 600 mm et la plaine (Sud de Chlef) avec une moyenne annuelle d'environ 380 mm. La saison pluvieuse s'étale sur 09 mois (de Septembre à Mai) avec un maximum enregistré entre Février et Mars

I.5.1 Choix de la station de référence

Les données climatiques de la région, où le périmètre est situé, sont recueillies par la station météorologique de l'ONM, également localisée dans cette région. (Les données climatiques illustrées ci-après sont collectées, auprès de l'ANRH Blida).

Tableau I.2 : Coordonnées de la station météorologique de Chlef.

Nom de la station	Code station	Coordonné X	Coordonné Y	Altitude
Chlef ANRH	012219	378,65	320,5	110

I.5.2 La pluviométrie

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 26 ans (1996 à 2022) sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau I.3 : Précipitation moyennes mensuelles (mm) période (1996/2022).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
P _{moy}	18,9	26,1	57,31	42,42	45,28	39,6	39,95	40,12	28,25	6,25	0,69	3,1	347,941

Source (ANRH Blida)

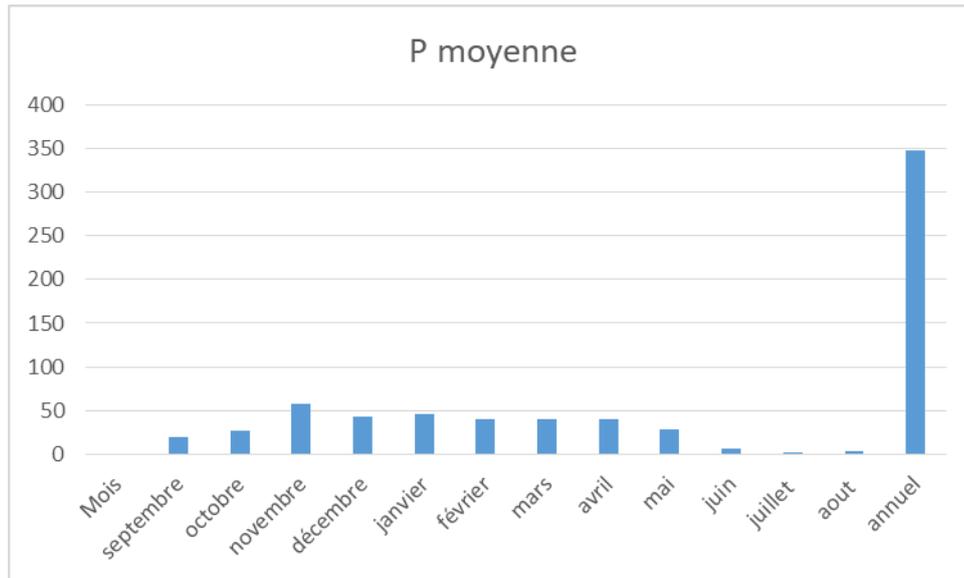


Figure I.6 : Répartition de pluie moyenne mensuelle en mm.

I.5.3 La température

La température de l’air a une importance majeure dans la détermination des apports de l’eau d’irrigation ainsi que dans le choix de type et du système d’irrigation, car elle a un impact direct sur les plantes et elle influe sur le processus d’évapotranspiration. La température de l’air varie considérablement au cours de l’année, elle est de 38° en été et 06° en hiver, Les mois les plus froids sont janvier et février avec des relevés extrêmes de 0.8°C, il gèle en moyenne 27 jours par année, et on note en moyenne annuelle 38 jours de sirocco.

Tableau I.4 : Températures moyennes de l’air de la wilaya de Chlef.

Mois T°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T° moy	9	11,5	14,5	16,5	20,5	26,5	29,5	29	25,5	21	15	11,5	19,16
T° min	2	6	8	10	14	19	22	21	19	15	10	7	12,75
T° max	16	17	21	23	27	34	37	37	32	27	20	16	25,58

Avec : $T_{moy} = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2}$ **I.1**

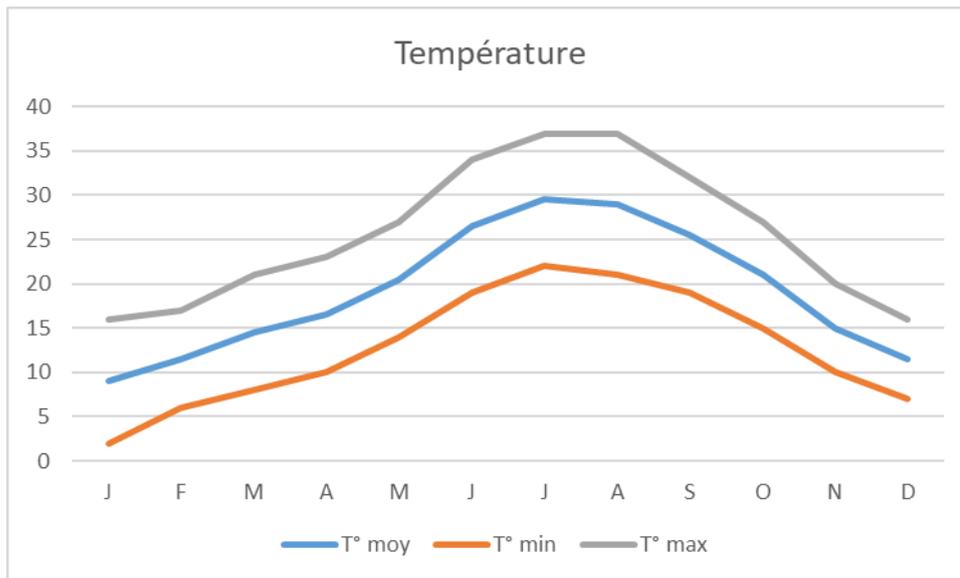


Figure I.7 : Evolution des températures mensuelles de l'air.

I.5.4 Humidité relative de l'air

Il s'agit du quotient entre la tension de vapeur réelle et la tension de vapeur saturante.

La proximité de la mer au Nord fait augmenter l'humidité de l'air, en particulier durant la période hivernale. L'évolution de l'humidité de l'air sur une période de (1996-2005) est présentée dans le tableau suivant :

Tableau I.5 : humidité relative de l'air de la wilaya de Chlef.

Mois H(%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Humidité moy mensuelle	77,3	68,3	64,4	60,2	56,4	50	50	51,1	57	63,3	73,7	73,5	62

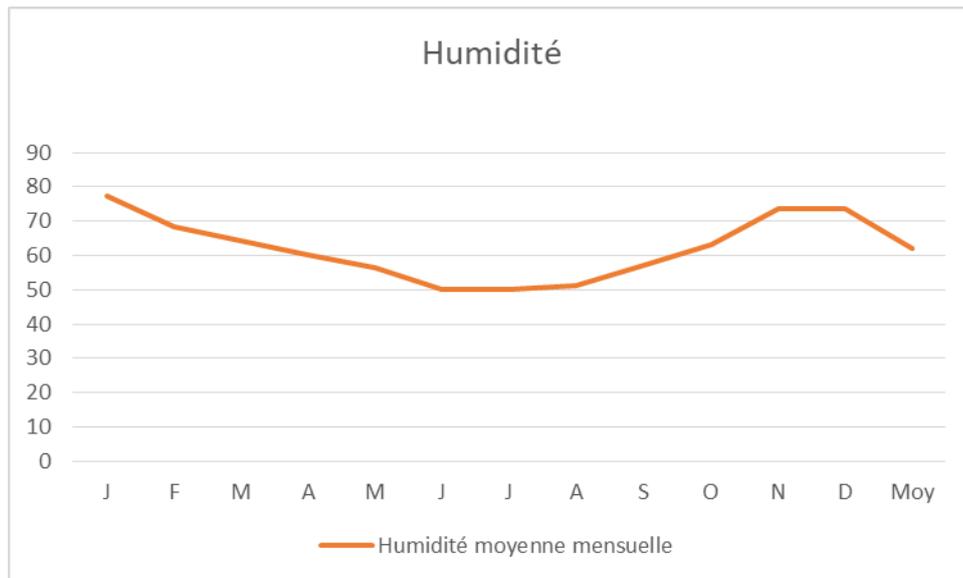


Figure I.8 : Evolution de l'humidité moyenne mensuelle en (%).

I.5.5 Le vent

Le vent représente l'un des composants les plus essentiels du climat, il engendre un stress hydrique des cultures. En l'absence de pluies, les forts déplacements d'air accentuent la transpiration foliaire des plantes tout en accélérant le processus d'évaporation de l'eau présente dans le sol.

Tableau I.6 : La répartition mensuelle des vitesses des vents (m/s).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne annuelle
Vitesse moyenne du vent (m/s)	2.6	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.5	2.7	3	2.6	3.1	3	2.5

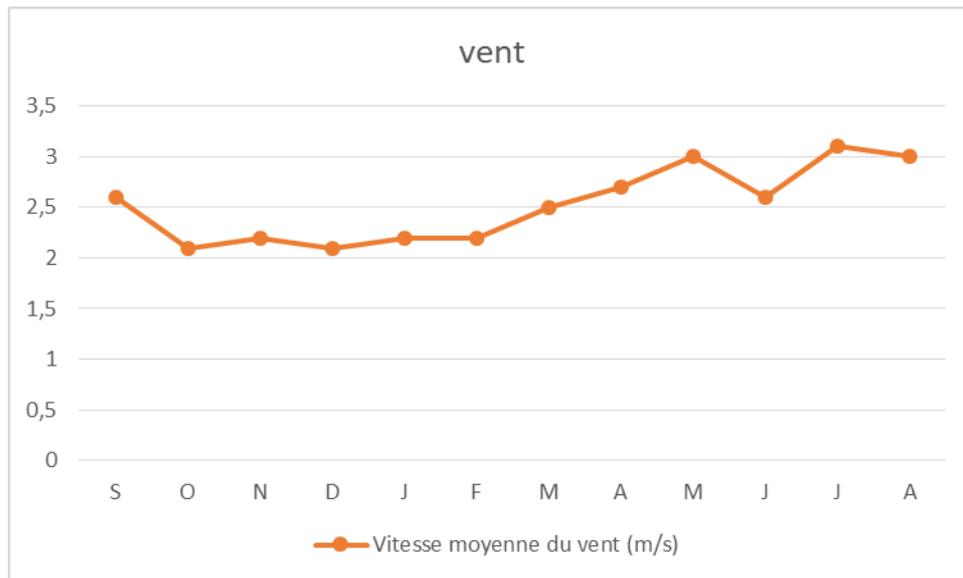


Figure I.9 : Les vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s).

- La vitesse maximale est de 3.1 m/s, elle est observée au mois de Juillet.
- La vitesse minimale est de 2.1 m/s, elle est observée les mois d'Octobre et Décembre.

I.5.6 L'insolation

L'insolation dite aussi radiation solaire globale est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol. Elle dépend de la latitude, de la saison, de l'orientation géographique par rapport au soleil et des niveaux de couverture nuageuse.

Tableau I.7 : Insolations moyennes mensuelles.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Insolation (heures)	8,9	7,2	6,2	5,5	5,5	6,5	7,4	8,7	9,9	10,9	11,7	11,1

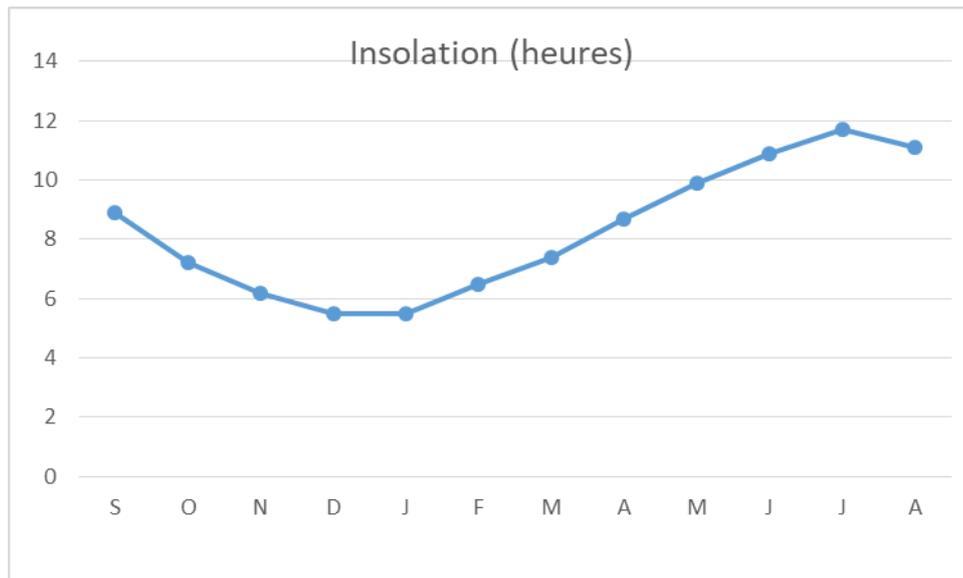


Figure I.10 : Variation de l'insolation moyenne mensuelle en heures.

I.6 Calcul des indices Agro-météorologiques

Pour déterminer le type du climat et l'interférence des différentes variables de ce climat et leurs actions sur les plantes, nous avons deux facteurs essentiels : la pluviométrie et la température. Dans notre étude on distingue les trois indices suivants :

I.6.1 Indice d'aridité de Martonne

L'indice d'aridité de Martonne, noté I_A . Cet indice permet de déterminer le degré d'aridité d'une région et la nécessité de l'irrigation par rapport au climat, il est donné par la relation suivante :

$$I_A = \frac{P}{T+10} \quad \text{I.2}$$

Avec :

- I_A : Indice d'aridité de Martonne.
- P : Précipitation moyenne annuelle (mm).
- T : Température moyenne annuelle (°C).

Tableau I.8 : Classification du climat selon l'indice d'aridité de Martonne.

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

Dans notre cas, nous avons :

$$P = 347,9 \text{ mm/an}$$

$$T = 19,16^\circ\text{C}$$

On aura :

$$I_A = \frac{347,9}{19,16+10} = 11,93$$

Alors, la région d'Oued Sly à un climat sec et l'irrigation est souvent indispensable.

I.6.2 Quotient pluviométrique d'emberger

La formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger a pour but de déterminer l'étage bioclimatique, il est calculé comme suit :

$$Q = \frac{1000}{\left[\frac{(M+m) \times (M-m)}{2} \right]} = \frac{(2000 \times P)}{(M^2 - m^2)} \quad \text{I.3}$$

Avec :

➤ Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

➤ P : précipitation moyenne annuelle (mm).

➤ M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

➤ m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Dans notre cas, nous avons :

$$M = 273,15 + 37 = 310,15 \text{ K}$$

$$m = 273,15 + 2 = 275,15 \text{ K}$$

D'où :

$$Q = \frac{2000 \times 347,9}{(310,15)^2 - (275,15)^2} = 36,5$$

Le diagramme bioclimatique d'Emberger est représenté dans la figure suivante :

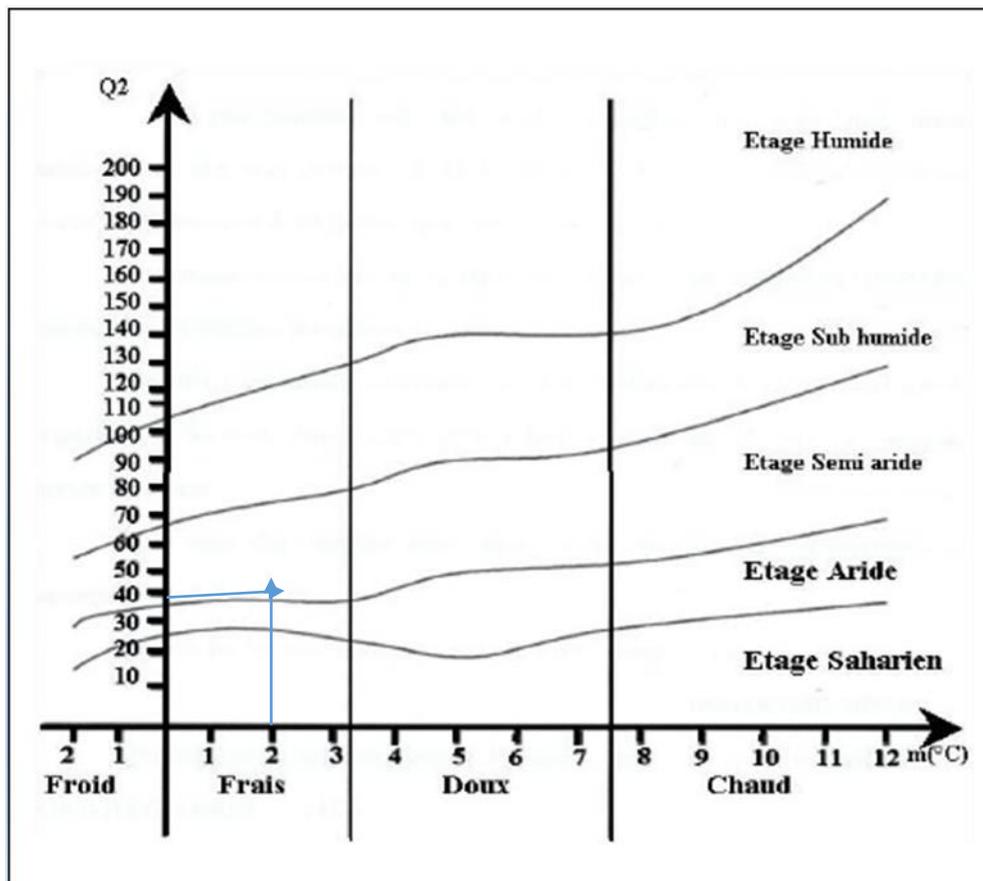


Figure I.11 : le digramme bioclimatique d'Emberger.

D'après le diagramme bioclimatique, et en utilisant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger et en se basant sur la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre périmètre jouit d'un climat semi-aride caractérisé par des hivers frais.

I.6.3 Indice de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de F.Bagnouls et Gaussen permet de faire ressortir la période sèche au cours de l'année. Les mois secs sont définis lorsque la courbe des précipitations se situe en-dessous de celle des températures moyennes.

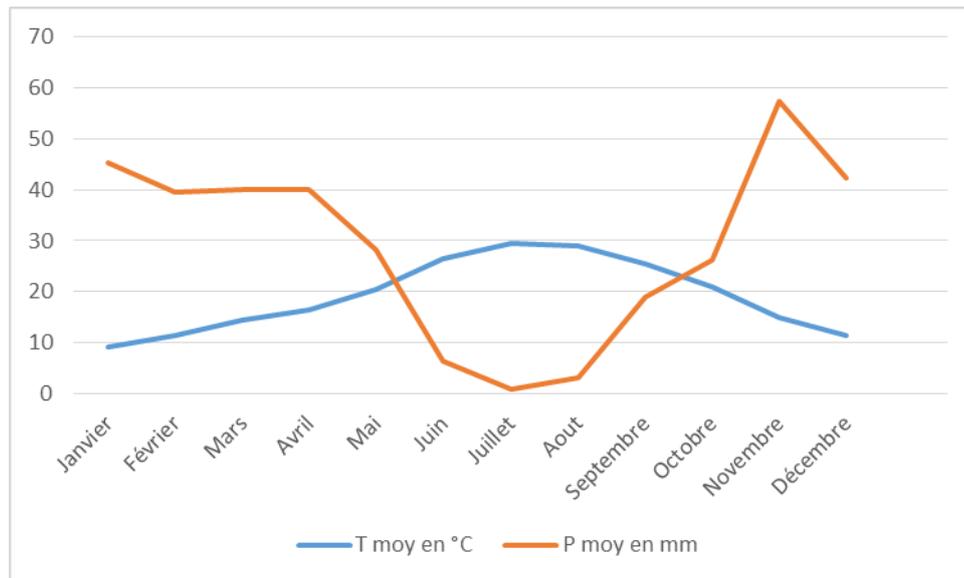


Figure I.12 : digramme ombrothermique de Gausсен.

Dans notre cas, la période sèche commence en mai et se termine à la mi- Septembre, La saison humide allant d'Octobre jusqu'à début Mai.

I.7 Etude socio-économique

I.7.1 Potentialités hydrauliques

La wilaya de Chlef est traversée par l'oued Cheliff d'est en ouest. Le débit de cet oued est très irrégulier et il est souvent sec en été. La région du Cheliff est une région semi-aride. Les précipitations sont irrégulières dans le temps et dans l'espace avec des zones extrêmes, le littoral et l'Ouarsenis avec une moyenne annuelle d'environ 600 mm et la plaine incluse entre ces deux (02) zones présente une moyenne annuelle d'environ 400 mm.

L'alimentation en eau potable est assurée en grande partie par les eaux souterraines à partir de 155 forages ainsi que par les eaux de surface à partir du barrage de Sidi Yacoub.

La wilaya dispose de :

- 13 sources.
- 02 grands barrages (Oued Fodda et Sidi Yakoub).
- 03 petits barrages (Harchoun, Hadjadj et Dohra).
- 05 retenues collinaires.

Ces ressources sont destinées à :

- L'alimentation domestique des localités de la wilaya (56,72 Hm³).
- L'irrigation du périmètre du moyen Cheliff (119,94 Hm³).
- L'industrie (01,13 Hm³).

I.7.2 Population de la wilaya (2018)

La population totale de la wilaya est estimée à 1 268 212 habitants en 2018, soit une densité de 303 habitants/Km². (Monographie wilaya de Chlef, 2018)

I.7.3 La population de la région

La population totale de la commune d'Oued Sly est à 47248, avec une densité qui dépasse les 508,8 habitant/Km².

I.7.4 Potentialités agricoles

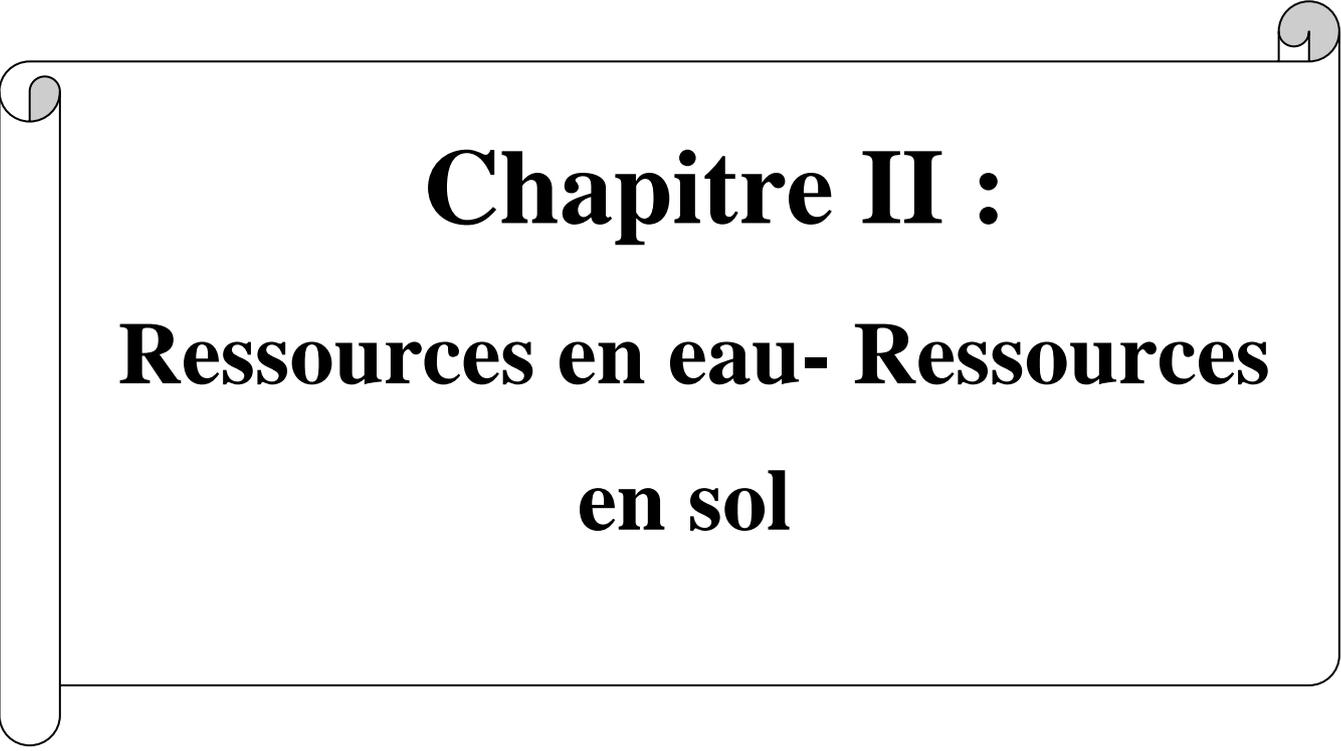
La wilaya de Chlef est caractérisée par une vocation agricole portée par sa situation sur la plaine du moyen Cheliff et l'existence de ressources hydriques importantes (barrages d'Oued Fodda et Sidi Yakoub).

- Superficie agricole totale : de **262 511 ha**, soit **64,39%** de la superficie totale de la wilaya.
- Superficie agricole utile : de **203 230 ha**, soit **77%** de la superficie agricole totale.
- La superficie irriguée : **23,379 ha**.
- Les pâturages et parcours : **25,714 ha**.
- Les terres improductives : **33,567 ha**.

(Monographie wilaya de Chlef, 2018).

Conclusion

Nous avons présenté au terme de ce chapitre la présentation générale de la zone d'étude, afin de mieux connaître le périmètre, pour cela nous avons commencé par la localisation de la zone d'étude, après nous avons abordé quelques caractéristiques générales du périmètre comme le climat qui est semi-aride caractérisé par des hivers frais et des étés chauds et sec donc l'irrigation est souvent indispensable. La répartition des précipitations au cours de l'année est caractérisée par : une période humide allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai, et une période sèche allant du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre. Ceci nous permet de choisir les types de cultures ainsi que les périodes d'irrigation.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and rounded corners at the top and bottom. The text is centered within this border.

Chapitre II :
Ressources en eau- Ressources
en sol

Chapitre II : Ressources en eau- Ressources en sol

Introduction

Lorsqu'on envisage d'établir un projet d'irrigation, il est important de prendre en compte les ressources en eau et en sol. Cela nécessite une analyse de la structure et de la texture du sol, ainsi que l'eau d'irrigation et de la salinité du sol. Ces caractéristiques influencent directement sur le choix des cultures et du système d'irrigation, contribuant ainsi à augmenter les rendements environnants.

Ce chapitre a pour objectif de déterminer les propriétés physiques du sol de la zone d'étude, ainsi que les caractéristiques de l'eau destinée à l'irrigation de la zone de l'Oued Sly.

II.1 Ressources en sol

La pédologie est une science qui étudie les caractéristiques du sol, elle est donc une phase primordiale dans tout projet d'aménagement agricole. Les propriétés du sol et leur implantation influencent le choix des cultures.

La prospection pédologique des sols de notre périmètre (moyen Cheliff-Oued Sly) a permis de mettre en évidence deux classes de sols (classification française : CPCS, France 1967) réparties comme suit :

- Classe des sols peu évolués.
- Classe des sols calcimagnésiques.

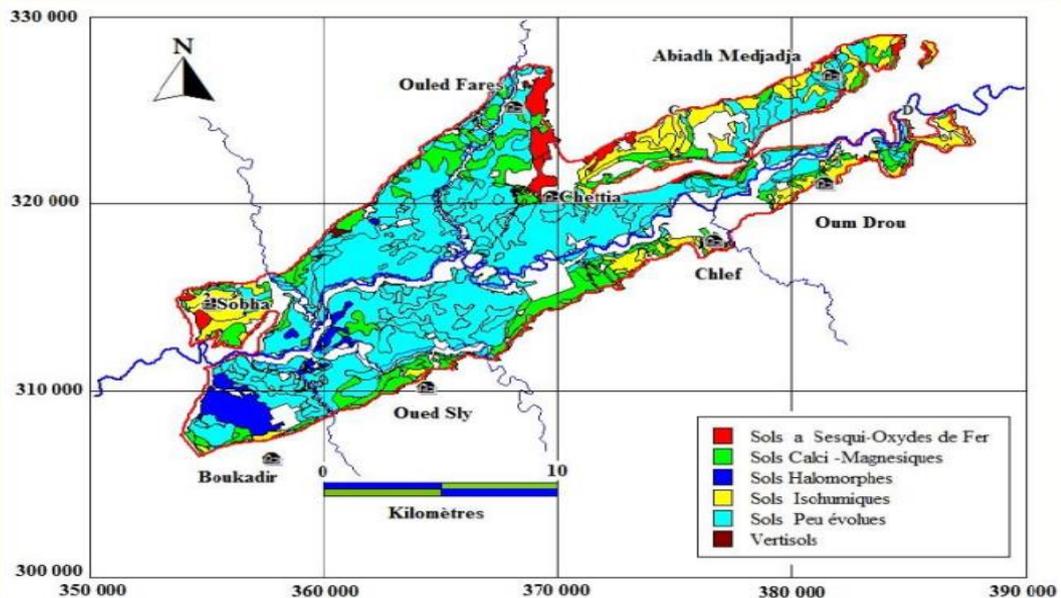


Figure II.1 : La carte pédologique de la zone d'étude du Moyen Chélif

(Source : ANRH Blida).

II.1.1 Classe des sols Calcimagnésiques

Les sols calcimagnésiques sont les prédominants dans le périmètre, ils sont riches en carbonates de calcium (Ca) et de magnésium (Mg). Ils sont présents dans la majeure partie du périmètre avec ses deux groupes.

A) Profil N° 1 :

Caractéristique morphologique :

- Classe : Sols Calcimagnésiques.
- Sous classe : sols carbonatés.
- Groupe : sols rendzines.
- Sous-groupe : Modal.
- Famille : Peu épais.
- Situation : sud-est du périmètre.
- Pente : 1-2 % Sud-Nord.
- Occupation du sol : céréales.

II.1.2 Analyses physico-chimiques des sols

L'analyse physico-chimique des sols est une étude approfondie des propriétés physiques et chimiques du sol qui s'intéresse à la granulométrie, la matière organique, les réserves minérales, le complexe absorbant et la solution du sol. Les résultats des analyses physico-chimiques du périmètre de moyen Cheliff ont révélé la présence de différentes caractéristiques le long de la plaine.

Les résultats des analyses physico-chimiques du notre périmètre ont révélé la présence de différentes caractéristiques le long de la plaine, comme indiqué dans les tableaux suivants :

Tableau II.1 : Résultats des analyses physico-chimiques du Moyen Chélif.

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35	35-80	80-120
Granulométrie	Argile %	40,26	40,22	31,29
	Limon %	46,53	44,30	46,83
	Sable %	10,34	12,03	24,31
Matière organique	Matière organique %	1,28	0,91	2,36
	Calcium Ca (meq/100g)	3,99	2,82	1,80
	Sodium Na (meq/100g)	6,56	6,05	5,45
	Magnésium Mg (meq/100g)	1,82	1,38	0,80

Solution de sol	PH	7,85	7,87	8,12
	CEC (meq/100g)	19,98	18,32	17,13
Réserves minérales	CaCO ₃ TOTAL %	18,29	19,67	21,35
	HCO ₃ (meq/100g)	0,189	0,188	0,187

Source : ONID Chlef

II.1.2.1 Analyse de la texture des sols

L'estimation de la texture du sol est importante pour planifier la gestion agricole et déterminer les cultures qui s'adaptent à notre zone, de plus elle permet le calcul de la dose d'irrigation.

Pour déterminer la texture du sol, l'outil utilisé est le triangle des textures de l'USDA. La texture du sol est définie par la proportion relative de sable, de limon et d'argile dans un sol particulier.

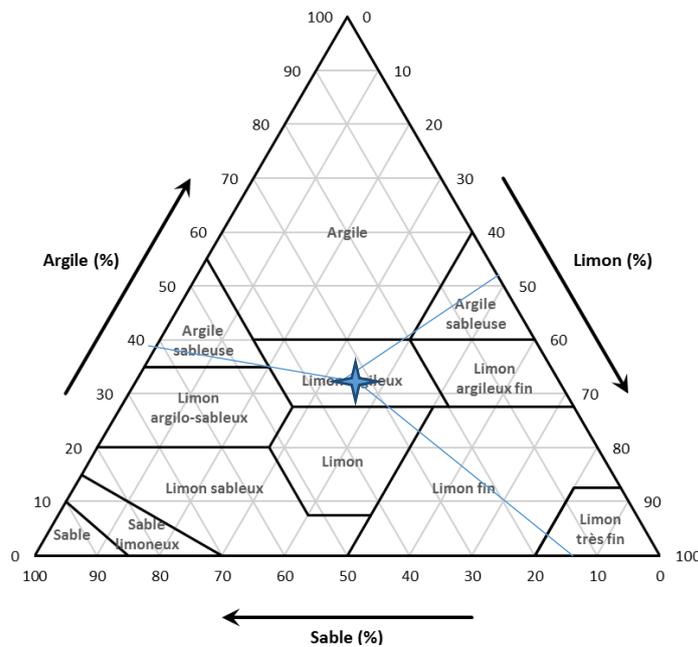


Figure II.2 : Classification du sol dans le triangle de texture (USDA).

D'après la projection sur le triangle des textures de sol, on peut dire que notre sol a une texture limono- argileuse.

II.1.3 Les paramètres hydrodynamiques des sols

Tableau II.2 : Les caractéristiques hydrodynamiques des sols.

Paramètres	Valeur moyennes
Texture	limono- argileuse
Densité apparente	1,4

Perméabilité K en	7×10^{-6} m/s
Humidité à la capacité au champ H_{pf} (%)	15
Humidité au point de flétrissement H_{cc} (%)	27

II.1.4 Etude des aptitudes culturales

Les aptitudes culturales ont pour but d'estimer la capacité du sol à soutenir la progression des cultures, cette dernière a été établie en tenant comptes des paramètres suivants :

- La profondeur du sol.
- La texture du sol (selon la profondeur des racines de la culture).
- La structure des horizons en fonction de l'enracinement de la culture
- La salinité du sol.
- Le calcaire.

Vu le type de sols et ses caractéristiques, on peut dire que notre sol ne présente pas de restrictions majeures, ce qui a permis d'envisager les spéculations agricoles suivantes :

- **La céréaliculture et fourragères** : Blé, orge grain, orge en vert et l'avoine.
- **Le maraîchage** : Pomme de terre, oignon, petit pois, ail, tomate, fèves, haricot, courgette et légumes d'hiver.
- **L'arboriculture** : l'oranger, olivier, et vigne.

II.2 Ressources en eau

Avant tout projet d'irrigation il est essentiel de s'occuper de la ressource en eau, sur le plan qualitatif et quantitatif.

II.2.1 Alimentation en eau du périmètre : le barrage d'Oum Drou

Il est important de disposer d'une quantité suffisante d'eau, qui doit être de bonne qualité pour l'utiliser pour l'irrigation, pour cela elle doit être analysée pour évaluer ses différentes propriétés avant de l'utiliser autrement dit pour rechercher les excès d'éléments pouvant endommager les cultures. Ces analyses peuvent déterminer la qualité de l'eau et son aptitude à un usage agricole.

II.2.2 Caractéristiques du barrage Oum Drou

Le Barrage d'Oum Drou est un barrage poids déversant comportant un radier en moellons d'appareil et un couronnement en pierre. La section transversale de ce barrage présente une configuration de trapèzes superposés. Le côté amont du barrage affiche un fruit uniforme de 1/20.

Les caractéristiques du barrage d'Oum Drou sont détaillées comme suit :

Tableau II.3 : Caractéristiques du barrage d'Oum Drou.

Barrage	Oum Drou
Hauteur	12m
Largeur à la base	11.8 m
Largeur au couronnement	2,5 m
Niveau de plus hautes eaux	170 m
Niveau normale de retenue	158 m
Volume total de la retenue	5,7 hm ³
Volume utile de la retenue	2,3 hm ³

II.2.3 Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation

Les résultats de l'analyse de la qualité de l'eau du barrage d'Oum Drou sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.4 : Résultats d'Analyse de l'eau brute de l'Oued Chélif.

Paramètre	Résultat
T° de l'eau	18,9 °C
Conductivité (CE)	1,1 mmhos/cm
Calcium (Ca ²⁺)	124,5 mg/l
Magnésium (Mg ²⁺)	91,63 mg/l
Sodium (Na ⁺)	167,15 mg/l
Potassium (k ⁺)	5,2 mg/l
Chlorures (Cl ⁻)	263,2 mg/l
Sulfates (SO ₄ ⁻²)	332,7 mg/l
Carbonates	248,2 mg/l
Nitrites (NO ₂)	0,5 mg/l
Ammonium	2 mg/l
pH à 25°C	7,9
MES	194,5 mg/l
DCO	46,9 mg/l
DBO	11,7 mg/l

Source : ANRH Blida

II.2.3.1 Classification des eaux d'irrigation (Classification d'USSL 1954)

USSL : United States Salinity Laboratory

Cette méthode de classification des eaux d'irrigation est basée sur la teneur en sels dissous. Cette dernière peut avoir des effets négatifs sur la croissance des plantes et sur la qualité des sols. La classification est basée sur deux paramètres le premier est le taux de salinité, mesuré par la conductivité électrique (CE) de l'eau en déci siemens par mètre (dS/m), et on a le taux de sodium, exprimée par la valeur de SAR (sodium absorption ration).

Tableau II.5 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique. (USSL, 1954).

CE 25°C < 0,25	Classe C1 : Eau de faible salinité utilisable pour irriguer la plupart des cultures sur la plupart des sols sans grand risque de salinisation du sol.
0,25 < CE25°C ≤ 0,75	Classe C2 : Eaux de salinité moyenne qualifiées de peu dangereux, convient pour les plantes modérément tolérantes aux sels
0,75 < CE25°C ≤ 2,25	Classe C3 : Eaux dont la salinité est qualifiée de forte, inutilisables pour les sols drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôles de salinité nécessaires et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent pousser.
CE25°C > 2,25	Classe C4 : Eaux de salinité très forte, normalement inutilisables pour l'irrigation. Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols Très perméables avec un lessivage intense. Les plantes très tolérantes aux sels pour être cultivées.

D'après le tableau de classification des eaux en fonction de la conductivité électrique, notre eau appartient à la catégorie C3, ce qui indique une forte salinité d'eau, donc un risque élevé (contrôle de salinité nécessaire).

Le SAR est le taux de sodium par rapport à celui du calcium et le magnésium, donné par la relation suivante :

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

$$\text{Na}^+ \text{ (méc/l)} = 7,6 \text{ méq/l}$$

$$\text{Ca}^{++} \text{ (méc/l)} = 6,22 \text{ méq/l}$$

$$\text{Mg}^{++} \text{ (méc/l)} = 7,63 \text{ méq/l}$$

$$\text{SAR} = \frac{7,6}{\sqrt{\frac{6,22 + 7,63}{2}}} = 2,9$$

En utilisant le diagramme d’USSL 1954 :

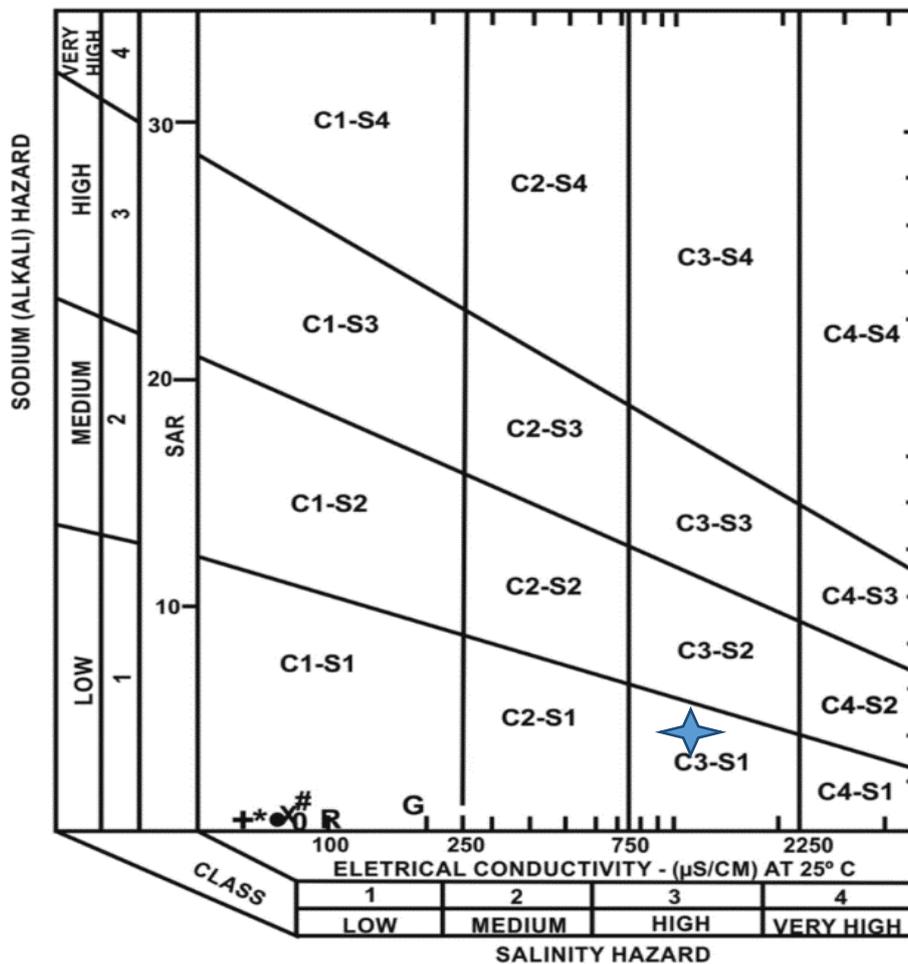


Figure II.3 : Diagramme USSL 1954 de classification des eaux.

D’après le diagramme, les eaux du barrage d’Oum Drou sont de la classe C3S1 : alcalinité faible avec une salinité d’eau relativement élevée. Cependant, étant donné que les sols présentent un bon drainage, on peut utiliser cette eau avec des plantes relativement tolérantes à la salinité.

II.3 Calcul de la pluie de projet

L’apport pluviométrique est un élément crucial dans la planification et la gestion d’un projet d’irrigation durable, car il permet de déterminer la quantité d’eau naturelle disponible pour l’irrigation et de réduire les coûts.

II.3.1 Choix de la station pluviométrique

L’observation des précipitations de la zone de l’Oued Sly se fait par la station Chlef gérée par l’ANRH de Chlef qui a les caractéristiques suivantes :

Tableau II.6 : Caractéristiques de l'ANRH.

Nom station	Code station	Coordonné X (Geograph)	Coordonné Y (Geograph)	Altitude	Année d'observation	Nombre d'années observées
ANRH CHLEF	012219	378,65	320,5	110	1996 - 2022	26

Source : ANRH Blida

II.3.2 Données de précipitation : Les données pluviométriques de l'ANRH de Blida est de la durée de 1996 - 2022 sont présentés dans l'annexe I.

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II.7 : Caractéristiques de la série des pluies annuelles.

Paramètre	Résultat (mm)
Moyenne	348
Médiane	342
Ecart-type	81
Coefficient de variance	0,23
Pluie moyenne annuelle maximale	492
Pluie moyenne annuelle minimale	229

II.3.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique test de Mann-Whitney

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Mann-Whitney, dont la méthode est détaillée comme suit :

On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N1 et N2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N1 > N2$:

- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

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

Avec :

$$W_x = \sum |Rang|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous-séries.

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2}$$

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

Tableau II.8 : Test de Mann-Withney.

Rang	Série X (mm)	Série Y (mm)	Trie (mm)	X U Y
1	350.5	492.1	229.1	X
2	396.4	507	252.2	X
3	271.2	403.5	254.2	Y
4	229.1	399.7	270.3	Y
5	368.7	289.3	271.2	X
6	275.8	315.2	275.8	X
7	347	318.9	289.3	Y
8	342.1	303.5	300.4	Y
9	252.2	565.3	301.6	X
10	378.8	300.4	303.5	Y
11	343.7	317.1	315.2	Y
12	301.6	270.3	317.1	Y
13	383.1	417.7	318.9	Y
14		254.2	342.1	X
15			343.7	X
16			347	X
17			350.5	X
18			368.7	X
19			378.8	X
20			383.1	X
21			396.4	X
22			399.7	Y
23			403.5	Y
24			417.7	Y
25			492.1	Y
26			507	Y
27			565.3	Y

En se basant sur le test de Wilcoxon, on obtient :

$$W_x = 163, \quad W_{\min} = 141.6 ; \quad W_{\max} = 222.4$$

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

La condition de Mann-whitney est vérifiée, les pluies annuelles de la station Chlef sont donc homogènes.

II.3.4 L'ajustement des pluies annuelles

Cette étape est très importante dans l'analyse de la pluviométrie, car elle permet de corriger les séries chronologiques de données de précipitations afin d'éliminer les effets des inhomogénéités. L'ajustement a été étudié par deux lois : la loi normale et la loi log-normale, en utilisant le logiciel HYFRAN.

II.3.4.1 L'ajustement par la loi normale (Gauss)

Une loi normale permet d'approcher d'autres lois et ainsi de modéliser de nombreuses études scientifiques comme des mesures d'erreurs ou des tests statistiques. La formule mathématique de cette loi est la suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} \quad \text{II.3}$$

Avec :

$$U : \text{variable réduite de Gauss égale à } U = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad \text{II.4}$$

II.3.4.2 L'ajustement par la loi log normale (Galton)

La loi log-normale est utilisée pour représenter la distribution d'une variable aléatoire qui résulte de la multiplication d'un grand nombre de petits effets indépendants entre eux.

La formule mathématique de cette loi est la suivante :

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

Avec :

$$U = a \log (x - x_0) + b \quad \text{II.6}$$

Le résultat d'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles par HYFRAN est donné par la figure suivante :

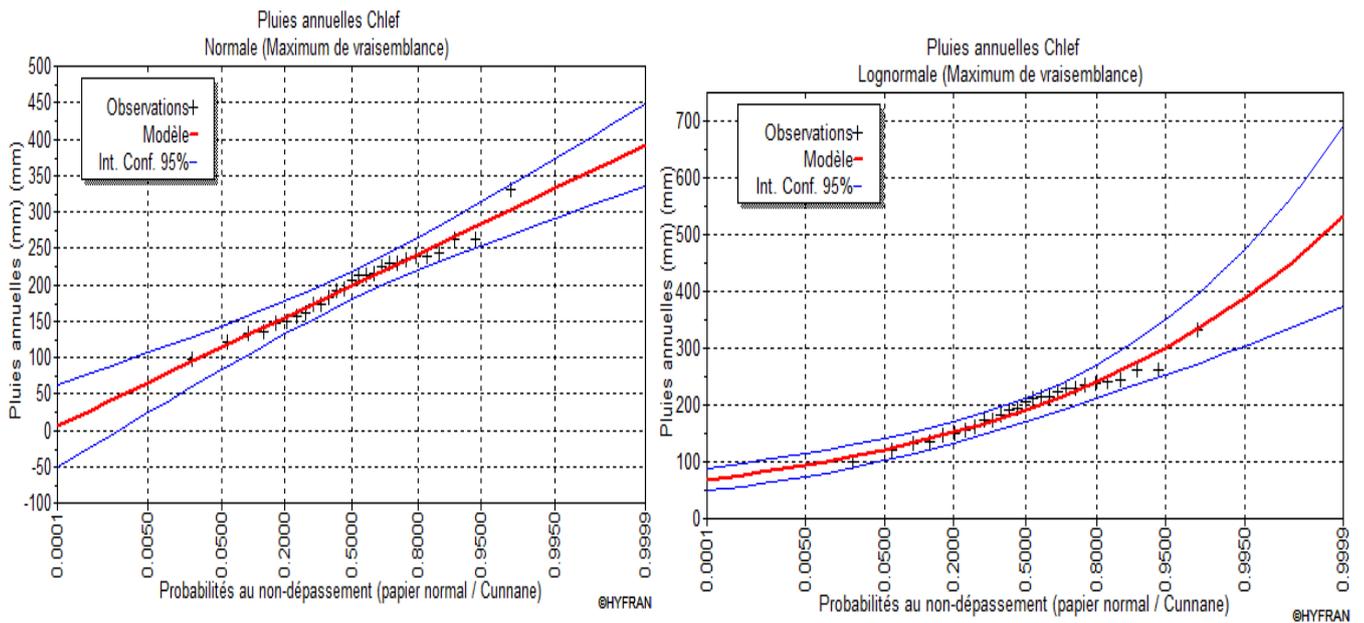


Figure II.5 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normale et log-normale.

II.3.5 Test de fiabilité des ajustements

Afin de choisir l'excellente loi d'ajustement pour les précipitations annuelles, il est indispensable que les deux ajustements soient validés. Notre étude a pour but d'utiliser le test du KHI carré (χ^2) pour un risque de $\alpha=5\%$.

Les résultats se trouvent sur le tableau suivant :

Tableau II.9 : les paramètres de test de KHI carré.

Paramètre	La loi normale	La loi log-normale
KHI carré χ^2 calcul	1,78	1,75
Probabilité $p(\chi^2)$	0,776	0,7
Degré de liberté	4	4

Le test de khi-carrée (χ^2) montre que les deux lois présentent une même adéquation car la valeur P (calculée χ^2) est supérieure à 5 %, On a opté pour la loi log-normale, puisque la valeur du χ^2 carré calculé est la plus faible.

II.3.6 Détermination de l'année de calcul

La détermination de l'année de calcul c'est en calculant les pluies moyennes mensuelles de quatre années sur cinq ou de fréquence 80%.

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

$$P_{\text{moy 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique 80\% annuelle}}}{P_{\text{théorique 50\% annuelle}}} \quad \text{II.7}$$

Les résultats de l'ajustement par la loi log-normal est donné par le tableau suivant :

Tableau II.10 : Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi de log-normal.

T	q	Xt	Intervalle de confiance
2	0,5	339	311-368
1,25	0,2	282	254-309

$$P_{\text{moy } 80 \% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{282}{339} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times 0,83$$

Les pluies moyennes mensuelles 80% sont calculées comme suit :

Tableau II.11 : les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche.

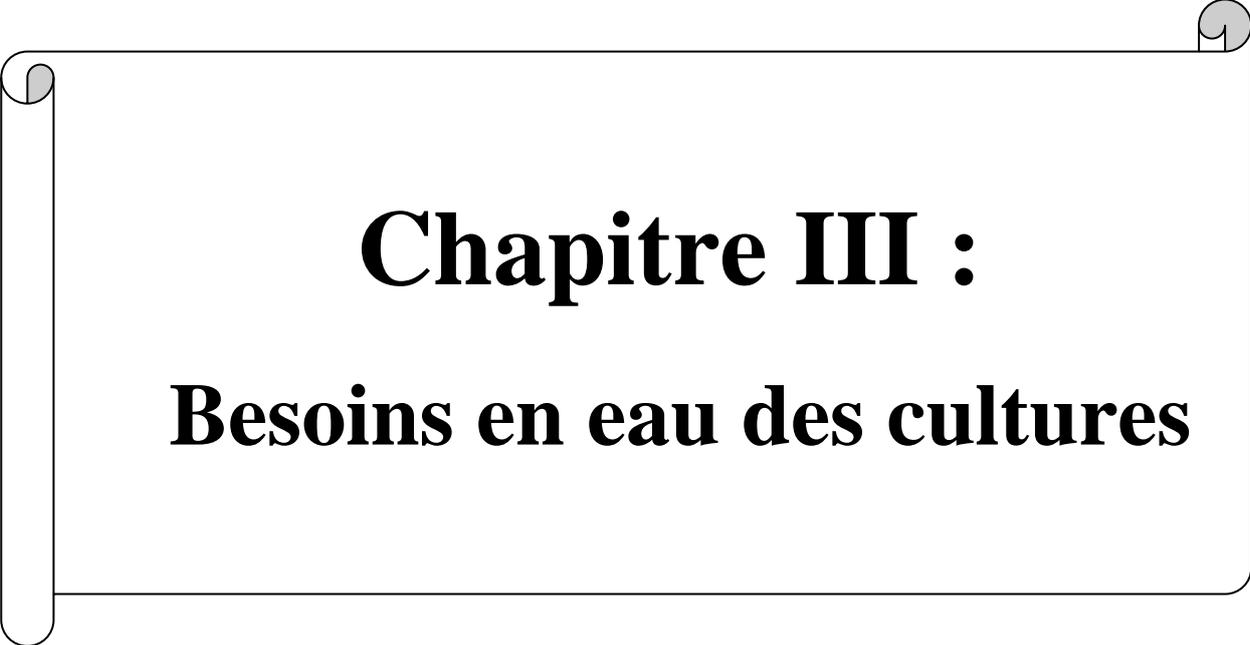
Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout
Pmoy (mm)	18,9	26,1	57,3	42,4	45,3	39,6	39,9	40,1	28,3	6,3	0,7	3,1
P80% (mm)	15,7	21,7	47,7	35,3	37,7	32,9	33,2	33,4	23,5	5,2	0,6	2,6

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons consacré notre étude aux ressources en sols et en eau, indispensable à tout aménagement hydro-agricole d'un périmètre.

Sur le plan pédologique, les sols sont majoritairement de type calcimagnésiques, se caractérisent par une réserve minérale et en matière organique importante, leur texture est limono-argileuse avec un bon drainage, sans aucune restriction en irrigation. Les eaux du barrage d'Oum Drou vont alimenter le périmètre en irrigation.

Pour ce qui est des aptitudes culturales des sols, ces derniers ne présentent pratiquement aucune restriction, et peuvent être exploités pour une large gamme de cultures.



Chapitre III :
Besoins en eau des cultures

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Introduction

La gestion de l'eau d'un périmètre est un processus complexe qui implique la collecte, le stockage et la distribution de l'eau de manière équilibrée et durable c'est pour cela qu'il est crucial d'estimer les besoins en eau afin de mieux comprendre et répondre aux demandes en eau de manière efficace. Cela permet de planifier et de gérer efficacement les ressources hydriques pour répondre aux besoins.

Dans ce chapitre, nous allons estimer les besoins en eau de différentes cultures dans le cadre de notre périmètre.

III.1 Estimation des besoins hydriques pour l'irrigation

III.1.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation

Le bilan hydrique d'une culture spécifique peut être défini comme la différence entre les besoins en eau de cette culture, (qui sont influencés par le climat et les caractéristiques de la plante (ETM)), et la somme des apports réels provenant des précipitations.

$$B_i = ETM_i - (P_{eff} + R_{s_{i-1}}) \quad \text{III.1}$$

ETM : L'évapotranspiration maximale ou besoins des cultures en mm ($ETM = ET_0 \times k_c$)

K_c : Coefficient culturel de la culture considérée.

P_{eff} : La précipitation utile (efficace)

RFU : Réserve utile

L'irrigation est faite lorsque B (bilan hydrique) > 0 (il y a un déficit d'irrigation)

III.1.2 Calcul de l'évapotranspiration référence (ET₀)

L'évapotranspiration potentielle (ET₀), décrit le transport de l'eau depuis la surface du sol vers l'atmosphère, elle englobe l'évaporation directe de l'eau du sol et la transpiration par les plantes (processus physique ou physiologique).

Elle est calculée de deux méthodes principales : directement sur terrain ou indirectement calculée par des formules mathématiques ne dépend que des conditions météorologiques.

III.1.2 .1 Méthode directe :

L'évapotranspiration est mesurée à l'aide d'un appareil appelé lysimètre. Il s'agit d'un réservoir souterrain à parois verticales, ouvert en surface et partiellement rempli de terre d'épaisseurs variables (généralement entre 0,5 et 2 m). Les conditions environnementales, y compris la teneur en humidité et la végétation, restent aussi similaires que possible à celles du terrain environnant. Il y a un dispositif au fond du lysimètre pour collecter les eaux de drainage. L'évaporation de la surface terrestre est calculée en observant les changements dans

le stock d'eau, y compris les pertes par percolation ou drainage. Les données de précipitations des pluviomètres à proximité sont également prises en compte.

III.1.2 .2 Méthodes indirectes :

Les méthodes indirectes sont permises de calculer l'ET₀ par des formules empiriques à partir de données climatiques telles que la température, l'humidité de l'air, l'insolation et la vitesse du vent.

Dans notre cas, pour estimer l'évapotranspiration de référence nous avons utilisé la formule modifiée de Penman-Monteith qui est recommandée par la FAO. Cette formule est détaillée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,34 u_2)} \quad \text{III.2}$$

Dans notre mémoire, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT pour calculer l'évapotranspiration de référence en utilisant la méthode de Penman et Monteith. Nous avons alimenté le logiciel avec les données mensuelles suivantes :

Température : les températures minimales et maximales mensuelles (°C).

Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).

Insolation journalière : mesurée en heures d'insolation.

Vitesse du vent : la vitesse du vent, qui peut être introduite en mètres par seconde (m/s).

Tableau III.1 : Calcul de l'Evapotranspiration de référence par le logiciel CROPWAT.

Mois	Temp Moy (°C)	Humidité %	Vent (m/s)	Insolation (heures)	Ray (MJ/m ² /jour)	ET ₀ (mm/mois)
Janvier	9.0	77	2.2	6.8	10.5	37.09
Février	11.5	68	2.2	7.5	13.5	53.21
Mars	14.5	64	2.5	8.2	17.4	90.58
Avril	16.5	60	2.7	9.2	21.6	117.88
Mai	20.5	56	3.0	9.7	23.9	157.58
Juin	26.5	50	2.6	10.6	25.7	191.72
Juillet	29.5	50	2.5	9.9	24.3	207.84
Août	29.0	51	2.5	9.3	22.2	194.16
Septembre	25.5	57	2.5	8.5	18.7	147.38

Octobre	20.0	63	2.0	7.6	14.5	95.83
Novembre	15.0	73	2.2	7.1	11.2	55.81
Décembre	11.5	73	2.1	6.5	9.5	42.23

Selon les résultats obtenus, on observe que l'évapotranspiration de référence ET_0 est élevée dans le mois de juillet, atteignant 207.84 mm. Cela indique que les cultures ont un besoin accru en eau pendant cette période, (les besoins en eau des cultures augmentent pendant les mois d'été).

III.1.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM)

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif, dans des conditions climatiques données, prise en compte par l' ET_0 . C'est une correction de l' ET_0 en fonction du couvert végétal.

$$ETM = Kc \times ET_0 \quad \text{III.3}$$

Kc : Coefficient cultural qui dépend de la culture et du stade végétatif.

ET_0 : Evapotranspiration de référence.

III.1.4 Estimation des coefficients culturaux (Kc)

Le coefficient Kc peut varier selon le développement cultural, présentant des valeurs différentes et ils ont été établis en se basant sur divers paramètres tels que le stade de croissance de la plante, la vitesse du vent, et l'humidité moyenne de l'air dans notre zone d'étude.

III.1.5 Calcul de la pluie efficace

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture. Elle dépend de la nature du sol et du climat. Il existe plusieurs méthodes pour calculer les pluies. Dans notre étude, nous avons utilisé la méthode du pourcentage fixe :

$$P_{\text{eff}} \text{ (mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)} \quad \text{III.4}$$

A : coefficient de pertes (0,7).

Tableau III.2 : Calcul des pluies efficaces.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{\text{moy}80\%}$ (mm/mois)	15,7	21,7	47,7	35,3	37,7	32,9	33,2	33,4	23,5	5,2	0,6	2,6
P_{eff} (mm/mois)	10.99	15.19	33.39	24.71	26.39	23.03	23.24	23.38	16.45	3.64	0	0

Lorsque les précipitations utiles sont inférieures à 3 mm, elles sont considérées comme nulles.

III.1.6 Calcul de la réserve en eau du sol

C'est la quantité d'eau présente dans la zone du sol explorée par les racines, elle dépend de la capacité du sol à retenir l'eau et de la profondeur des racines.

$$RS_i = K \times RFU_{i-1} \quad \text{III.5}$$

Avec :

$$RFU = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \quad \text{III.6}$$

Y : Degré de tarissement, estimé à 2/3.

Da : Densité apparente = 1.4.

Z : Profondeur d'enracinement (mm).

Hcc : Humidité à la capacité au champ, On prend (27%).

Hpf : Humidité au point de flétrissement, On prend (15%).

Le coefficient K peut prendre les valeurs suivantes : 1 dans le cas de mois humide, 1/2 pour l'arboriculture, 1/3 pour les céréaliculture et maraîchage ou 0 dans le cas du mois sec.

III.2 Choix des cultures

Le périmètre du moyen Cheliff est riche en cultures variées et ces cultures sont souvent utilisées pour la consommation locale ainsi que pour l'exportation. Il est reconnu pour ses cultures maraichères et arboricoles en particulier les agrumes.

Les cultures sélectionnées pour notre zone sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.3 : Les cultures proposées pour le périmètre du moyen Chélif.

Type de culture	Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en ha
La céréaliculture :	- Blé - Orge grain - Orge en vert	25%	100 ha
Les cultures fourragères :	- Avoine	15%	20 ha

Le maraîchage :	Le maraîchage :	30%	70 ha
	<ul style="list-style-type: none"> - Pomme de terre (S) - Pomme de terre (AS) - Oignon - Oignon vert - Petit pois - Ail - Tomate - Fèves - Haricot - Courgette 		
L'arboriculture :	<ul style="list-style-type: none"> - Orangers 	30%	10 ha
Total		100%	200ha

III.2.1 Assolement des cultures

La rotation des cultures se construit en alternant la culture de familles végétales diversifiées sur une même parcelle, dans un cycle de saisons de culture qui se répète. Ce cycle se répète dans le temps et diffère selon les parcelles de l'exploitation. L'ensemble de ces cycles sur la totalité de l'exploitation ou du territoire s'appelle l'assolement.

Tableau III.4 : Assolement proposé pour le périmètre du moyen Chélif.

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Avoine	Orge graine
Orge	Fèves
Ail	Tomate
Oignon vert	Tomate
Pomme de terre (S)	Haricot

Pomme de terre (AS)	Haricot
Tomate	Oignon
Courgette	Petits pois
Hors assolement : Orangers	Hors assolement : Orangers

III.2.2 Les cycles végétatifs des cultures

L'ensemble des phases de croissance d'une plante qui se répètent chaque année, y compris la phase de repos, constitue le cycle végétatif. Cependant, en viticulture, le cycle végétatif de la vigne est souvent compris comme une période sans période de repos.

Tableau III.5 : calendrier d'occupation des sols pour le périmètre du moyen Chélif.

Cultures	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé			_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____		
Orge grain			_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____		
Orge en vert			_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____		
Avoine			_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____		
P-D-T (S)						_____	_____	_____	_____	_____		
P-D-T (AS)	_____	_____	_____	_____	_____							
Oignon		_____	_____	_____	_____	_____	_____					
Oignon vert				_____	_____	_____	_____					
Petit pois		_____	_____	_____	_____							
Ail	_____	_____	_____	_____	_____							
Tomate							_____	_____	_____	_____	_____	
Fève		_____	_____	_____	_____							
Haricot	_____	_____								_____	_____	_____
Courgette	_____	_____	_____	_____	_____							
Orangers	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

III.3 Calcul des besoins en eau d'irrigation

Les besoins en eau sont calculés comme suit :

III.3.1 Besoins des Céréales :**Tableau III.6 :** Besoins en eau de blé.

mois	Eto	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Th	RSI-1	Kc	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99						
Oct	95,83	21,7	15,19						
Nov	55,81	47,7	33,39	0,30	33,768	0	0,40	22,3	
Déc	42,23	35,3	24,71	0,50	56,28	0	0,70	29,6	4,9
Jan	37,09	37,7	26,39	0,50	56,28	0	0,85	31,5	5,1
Fév	53,21	32,9	23,03	0,60	67,536	0	0,95	50,5	27,5
Mars	90,58	33,2	23,24	0,60	67,536	22,51	1,05	95,1	49,4
Avril	117,88	33,4	23,38	0,60	67,536	22,51	0,95	112,0	66,1
Mai	157,58	23,5	16,45	0,60	67,536	22,51	0,75	118,2	79,2
Juin	191,72	5,2	3,64	0,60	67,536	22,51	0,45	86,3	60,1
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.7 : Besoins en eau de l'orge.

mois	Eto	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	Kc	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99						
Oct	95,83	21,7	15,19						
Nov	55,81	47,7	33,39	0,30	33,77	0,00	0,35	19,5	
Déc	42,23	35,3	24,71	0,50	56,28	11,26	0,65	27,4	
Jan	37,09	37,7	26,39	0,50	56,28	0,00	0,80	29,7	3,3
Févr	53,21	32,9	23,03	0,60	67,54	0,00	0,95	50,5	27,5
Mars	90,58	33,2	23,24	0,60	67,54	22,51	1,00	90,6	44,8
Avril	117,88	33,4	23,38	0,60	67,54	22,51	0,85	100,2	54,3
Mai	157,58	23,5	16,45	0,60	67,54	22,51	0,75	118,2	79,2
Juin	191,72	5,2	3,64	0,60	67,54	22,51	0,40	76,7	50,5
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.8 : Besoins en eau de l'avoine.

mois	Eto	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	Kc	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99						
Oct	95,83	21,7	15,19						
Nov	55,81	47,7	33,39	0,30	33,77	0,00	0,45	25,1	
Déc	42,23	35,3	24,71	0,50	56,28	11,26	0,75	31,7	
Jan	37,09	37,7	26,39	0,50	56,28	18,76	0,85	31,5	
Fév	53,21	32,9	23,03	0,80	90,05	18,76	0,95	50,5	8,8
Mars	90,58	33,2	23,24	0,80	90,05	30,02	1,10	99,6	46,4
Avril	117,88	33,4	23,38	0,80	90,05	30,02	0,95	112,0	58,6
Mai	157,58	23,5	16,45	0,80	90,05	0,00	0,85	133,9	117,5
Juin	191,72	5,2	3,64	0,80	90,05	0,00	0,45	86,3	82,6
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

III.3.2 Besoins des cultures maraichères :

Tableau III.9 : Besoins en eau de pomme de terre AS.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99	0,20	22,51	0,00	0,50	73,7	62,7
Oct	95,83	21,7	15,19	0,40	45,02	0,00	0,70	67,1	51,9
Nov	55,81	47,7	33,39	0,50	56,28	15,01	1,00	55,8	7,4
Déc	42,23	35,3	24,71	0,50	56,28	18,76	0,75	31,7	0,0
Jan	37,09	37,7	26,39						
Fév	53,21	32,9	23,03						
Mars	90,58	33,2	23,24						
Avril	117,88	33,4	23,38						
Mai	157,58	23,5	16,45						
Juin	191,72	5,2	3,64						
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.10 : Besoins en eau de la tomate.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99						
Oct	95,83	21,7	15,19						
Nov	55,81	47,7	33,39		0,00				
Déc	42,23	35,3	24,71		0,00				
Jan	37,09	37,7	26,39		0,00				
Fév	53,21	32,9	23,03		0,00				
Mars	90,58	33,2	23,24	0,40	45,02	15,01	0,50	45,3	7,0
Avril	117,88	33,4	23,38	1,25	140,70	15,01	0,85	100,2	61,8
Mai	157,58	23,5	16,45	1,25	140,70	0,00	1,15	181,2	164,8
Juin	191,72	5,2	3,64	1,25	140,70	0,00	0,85	163,0	159,3
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.11 : Besoins en eau de petit pois.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99					0	0
Oct	95,83	21,7	15,19	0,25	28,14	0,00	0,5	47,915	26,215
Nov	55,81	47,7	33,39	0,5	56,28	9,38	0,7	39,067	0
Déc	42,23	35,3	24,71	0,5	56,28	0,00	1	42,23	6,93
Jan	37,09	37,7	26,39	0,5	56,28	18,76	0,75	27,8175	0
Fév	53,21	32,9	23,03						
Mars	90,58	33,2	23,24						
Avril	117,88	33,4	23,38						
Mai	157,58	23,5	16,45						
Juin	191,72	5,2	3,64						
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.12 : Besoins en eau de l'ail.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99	0,5	56,28	0,00	0,5	73,69	57,99
Oct	95,83	21,7	15,19	0,5	56,28	0,00	0,75	71,8725	50,1725
Nov	55,81	47,7	33,39	0,5	56,28	18,76	0,95	53,0195	-13,44
Déc	42,23	35,3	24,71	0,5	56,28	18,76	0,9	38,007	0
Jan	37,09	37,7	26,39						
Fév	53,21	32,9	23,03						
Mars	90,58	33,2	23,24						
Avril	117,88	33,4	23,38						
Mai	157,58	23,5	16,45						
Juin	191,72	5,2	3,64						
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.13 : Besoins en eau de la courgette.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,4	15,7	10,99	0,40	45,02	0,00	0,40	58,952	43,252
Oct	95,83	21,7	15,19	0,50	56,28	0,00	0,50	47,915	26,215
Nov	55,81	47,7	33,39	0,60	67,54	0,33	0,80	44,648	-3,3853
Déc	42,23	35,3	24,71	0,60	67,54	0,33	0,95	40,118	4,485166
Jan	37,09	37,7	26,39						
Fév	53,21	32,9	23,03						
Mars	90,58	33,2	23,24						
Avril	117,9	33,4	23,38						
Mai	157,6	23,5	16,45						
Juin	191,7	5,2	3,64						
Juillet	207,8	0,6	0						
Août	194,2	2,6	0						

Tableau III.14 : Besoins en eau de fèves.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99					0	0
Oct	95,83	21,7	15,19	0,6	67,54	0,00	0,4	38,332	16,632
Nov	55,81	47,7	33,39	0,7	78,79	0,00	0,6	33,486	-14,21
Déc	42,23	35,3	24,71	0,7	78,79	26,26	0,7	29,561	
Jan	37,09	37,7	26,39	0,7	78,79	26,26	0,95	35,235	
Fév	53,21	32,9	23,03						
Mars	90,58	33,2	23,24						
Avril	117,88	33,4	23,38						
Mai	157,58	23,5	16,45						
Juin	191,72	5,2	3,64						
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.15 : Besoins en eau de l'oignon.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99						
Oct	95,83	21,7	15,19	0,20	22,51	0,00	0,40	38,332	16,632
Nov	55,81	47,7	33,39	0,40	45,02	0,00	0,75	41,8575	-5,842
Déc	42,23	35,3	24,71	0,40	45,02	15,01	0,95	40,1185	-10,19
Jan	37,09	37,7	26,39	0,40	45,02	15,01	0,90	33,381	
Fév	53,21	32,9	23,03	0,40	45,02	15,01	0,70	37,247	
Mars	90,58	33,2	23,24						
Avril	117,88	33,4	23,38						
Mai	157,58	23,5	16,45						
Juin	191,72	5,2	3,64						
Juillet	207,84	0,6	0						
Août	194,16	2,6	0						

Tableau III.16 : Besoins en eau des haricots.

Mois	ETo	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU th	RSI-1	Kc	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99	0,7	78,792	0,00	0,9	132,6	121,7
Oct	95,83	21,7	15,19	0,7	78,792	0,00	0,85	81,5	66,3
Nov	55,81	47,7	33,39						
Déc	42,23	35,3	24,71						
Janr	37,09	37,7	26,39						
Fév	53,21	32,9	23,03						
Mars	90,58	33,2	23,24						
Avril	117,88	33,4	23,38						
Mai	157,58	23,5	16,45						
Juin	191,72	5,2	3,64	0,5	56,28	0,00	0,5	95,9	95,9
Juillet	207,84	0,6	0	0,5	56,28	0,00	0,65	135,1	135,1
Aout	194,16	2,6	0	0,7	78,792	0,00	0,95	184,5	184,5

III.3.3 : Les arboricultures :

Tableau III.17 : Besoins en eau de l'oranger.

mois	Et0	P80% (mm)	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet (mm)
Sep	147,38	15,7	10,99	1,50	168,84	0,00	0,75	110,535	94,835
Oct	95,83	21,7	15,19	1,50	168,84	0,00	0,75	71,8725	50,1725
Nov	55,81	47,7	33,39	1,50	168,84	0,00	0,35	19,5335	0
Déc	42,23	35,3	24,71	1,50	168,84	84,42	0,35	14,7805	0
Jan	37,09	37,7	26,39	1,50	168,84	84,42	0,35	12,9815	0
Fév	53,21	32,9	23,03	1,50	168,84	84,42	0,35	18,6235	0
Mars	90,58	33,2	23,24	1,50	168,84	84,42	0,35	31,703	0
Avril	117,88	33,4	23,38	1,50	168,84	0,00	0,35	41,258	7,858
Mai	157,58	23,5	16,45	1,50	168,84	0,00	0,35	55,153	31,653
Juin	191,72	5,2	3,64	1,50	168,84	0,00	0,55	105,446	100,246
Juillet	207,84	0,6	0	1,50	168,84	0,00	0,75	155,88	155,28
août	194,16	2,6	0	1,50	168,84	0,00	0,75	145,62	143,02

III.4 Besoins en eau pour les assolements (1) et (2)

Tableau III.18 : Besoins en eau nets de l'assolement 1.

Mois	Blé	Avoine	Orge	Ail	Oignon vert	PDT S	PDT AS	Oignon	Tomate	Courgette	Orangers	TOTAL
Sep				57,99			62,7			43,252	94,835	258,8
Oct				50,1725			51,9	16,632		26,215	50,1725	195,1
Nov				-13,4			7,4	-5,8		-3,38	0	-15,3
Déc	4,9							- 10,1895		4,4852	0	-0,8
Janv	5,1		3,3								0	8,4
Fév	27,5	8,8	27,5		5,302	-6,295					0	62,8
Mars	49,4	46,4	44,8		33,314	22,702			45,3		0	241,9
Avril	66,1	58,6	54,3			65,72			100,2		7,858	352,8
Mai	79,2	117,5	79,2			75,925			181,2		31,653	564,7
Juin	60,1	82,6	50,5						163		100,246	456,4
Juil											155,28	155,3
Aout											143,02	143

Tableau III.19 : Besoins en eau nets de l'assolement 2.

Mois	Orge en vert	Orge graine	Fèves	Tomate	Oignon	Haricot	Petits pois	Orangers	TOTAL
Sep						121,7		94,835	94,835
Oct			16,632		16,632	66,3	26,215	50,1725	231,3515
Nov			-14,21		-5,842			0	46,2435
Déc					- 10,1895		6,93	0	-3,2595
Janv		3,3						0	3,3
Fév		27,5						0	27,5
Mars	44,8	44,8		7				0	96,6
Avril	89,7	54,3		61,8				7,858	213,658
Mai	125,4	79,2		164,8				31,653	401,053
Juin		50,5		159,3		95,4		100,246	405,446
Juil						135,1		155,28	288,58
Aout						184,5		143,02	327,52

III.5 Calcul de débit spécifique

Le débit spécifique est défini en fonction des besoins en eau de chaque culture, du mois du pointe et permet le dimensionnement du réseau d'adduction et se calcule par la formule suivante :

$$qs = \frac{B_{net} \times 1000 \times 100}{N_i \times N_j \times E_i} \quad \text{III.7}$$

Avec :

- Bnet : Besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- Ni : Nombre des heures d'irrigation = 22 h.
- Nj : Nombre de jours du mois de pointe = 30 jours.
- Ei : Efficience d'irrigation que nous avons estimée à 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 1), d'où les besoins de pointe correspondent au mois de Mai :

$$B_{\text{net}} = 564,7 \text{ mm/mois.}$$

$$q_s = 3,1689 \text{ l/s/ha} > 1,5 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique obtenu dépasse 1,5 l/s/ha, cela présente un risque de surdimensionnement des conduites de refoulement ou gravitaire.

Dans notre cas, nous prenons le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe, qui est celle de l'haricot en Aout (184,5 mm/mois).

Le débit spécifique corrigé est : $q_s = 1 \text{ l/s/ha} < 1,5 \text{ l/s/ha}$.

III.6 Calcul de débit caractéristique

Le débit caractéristique se calcul comme suit :

$$q_{\text{car}} = q_s \times S \quad \text{III.8}$$

- q_s : Débit spécifique de mois de pointe en l/s/ha.
- S : La superficie nette à irriguer = 160 ha.

$$q_{\text{car}} = q_s \times S = 1 \times 160 = 160 \text{ l/s.} = 0.16 \text{ m}^3/\text{s.}$$

III.7 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Le volume des besoins en eau égale le besoin brut de la culture en m^3 multiplié par la surface de la culture.

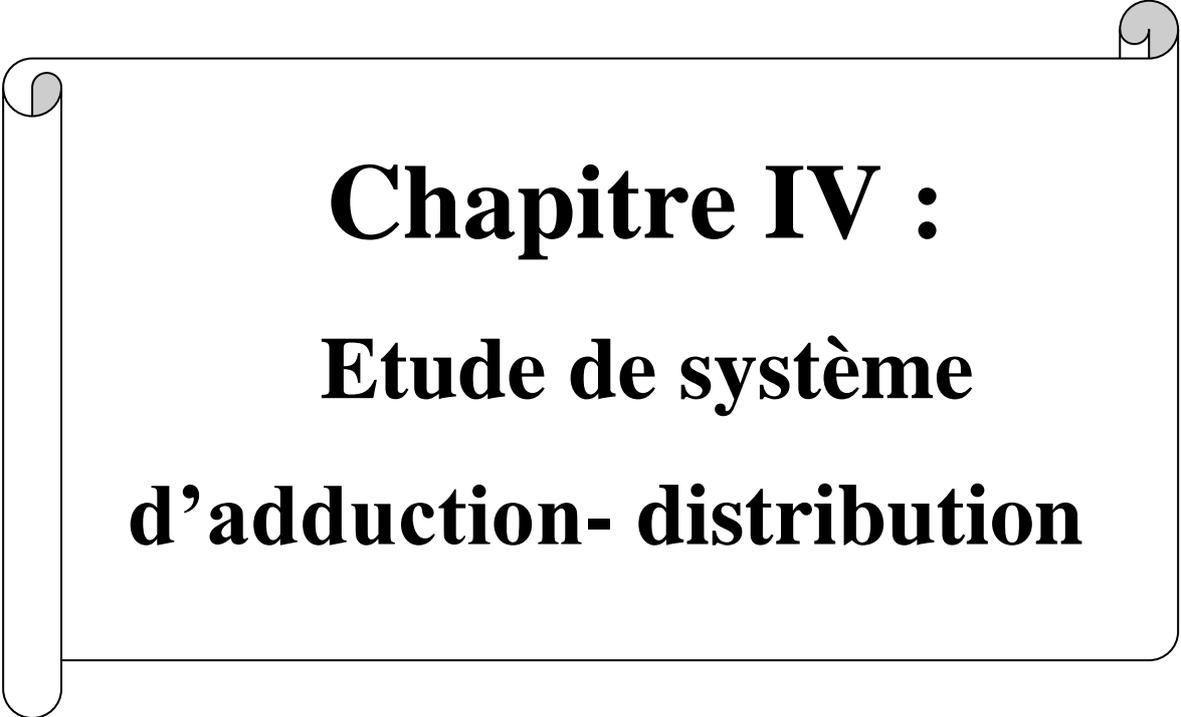
Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau III.20 : Volumes d'eau d'irrigation.

Type de culture	Surface (%)	Surface (ha)	Besoins bruts (m3 /ha)	Besoins totaux (m3)
Blé	10	16	3897,33	62357,33
Orge grain	5	8	3462,59	27700,75
Orge en vert	5	8	3465,33	27722,67
Avoine	4	6,4	4185,33	26786,13
P.D.T (AS)	10	16	1626,67	26026,67
P.D.T (S)	10	16	2107,36	33717,76
Oignon sec	5	8	8	64
Oignon vert	5	8	514,88	4119,04
Petit pois	4	6,4	441,93	2828,37
Ail	4	6,4	1262,96	8082,94
Tomate	8	12,8	5239,21	67061,93
Fèves	4	6,4	32,24	206,34
Haricot	4	6,4	8044	51481,6
Courgette	4	6,4	940,89	6021,7
Oranger	18	28,8	7774,19	223896,77
Total	100	160	43002,931	568074,0018

Conclusion

Dans ce chapitre, nous examinons une étape critique d'un projet d'irrigation, à savoir la détermination des besoins en eau des cultures. À l'aide du logiciel Cropwat 8.0, nous avons calculé les taux d'évapotranspiration et les besoins en eau de différentes cultures afin d'en déduire les débits spécifiques requis pour déterminer la taille du réseau de zone d'irrigation. Évidemment, toutes les cultures ont une forte demande en eau. En outre, la culture des haricots est la plus importante, les besoins en eau sont très élevés, avec 184,5 mm d'irrigation nécessaires en août. Sur la base des résultats de l'analyse, nous concluons que la demande totale en eau dans la zone d'irrigation est de **568074,0018** mètres cubes.



Chapitre IV :
Etude de système
d'adduction- distribution

Chapitre IV : Etude de système d'adduction- distribution

Introduction

L'étude des systèmes d'adduction-distribution est essentielle pour assurer une gestion efficace de l'eau. Elle consiste à analyser les besoins en eau, à concevoir et à optimiser les réseaux de canalisations et de conduites pour fournir de l'eau aux utilisateurs de manière fiable et efficace. Cela comprend la planification des tracés, la sélection des matériaux appropriés, la prise en compte des pertes d'eau et la mise en place de dispositifs de contrôle et de mesure.

Dans ce chapitre on examine tous les éléments du réseau d'irrigation de notre périmètre, et aussi le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et les canalisations enterrées du réseau d'adduction et de distribution jusqu'aux parcelles.

IV.1 Alimentation en eau du périmètre

Le périmètre du Cheliff est alimenté à partir de plusieurs barrages, pour notre extension du moyen Cheliff, le secteur E est alimenté à partir du barrage d'Oum Drou avec une conduite jusqu'à la jonction de l'oued Sly qui alimente le réservoir RSPE, d'où part une conduite de refoulement de 13000m qui permet de maintenir en charge la nouvelle extension du secteur E jusqu'aux parcelles.

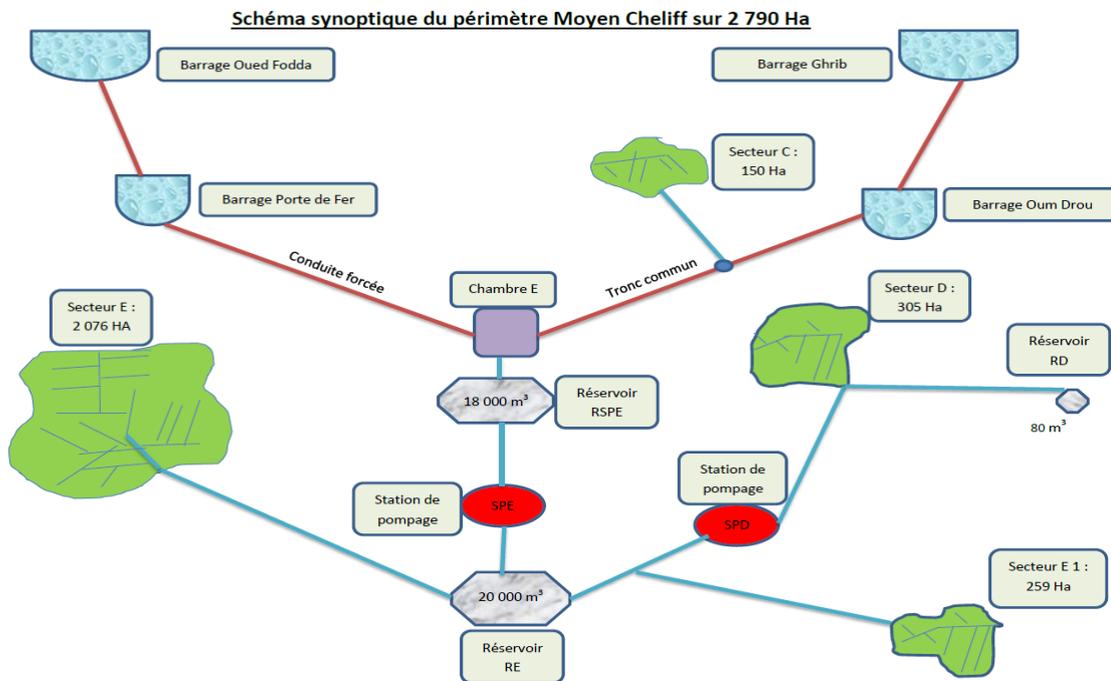


Figure IV.1 : Schéma d'alimentation du périmètre Moyen Cheliff extension du Secteur E.

Source : ONID Chlef.

IV.2 Structure et organisation du périmètre d'étude

Pour une meilleure gestion de l'eau de notre périmètre, nous l'avons discrétisé en plusieurs îlots, soit au total 26 îlots qui ont des superficies allant de 2,23 à 15.4 hectares, ce qui représente une superficie totale de 160 hectares.

IV.3 Ilots et bornes d'irrigation

Les îlots et bornes d'irrigation jouent un rôle crucial dans l'optimisation de l'irrigation agricole. Ils permettent de diviser les parcelles de cultures en zones plus petites, facilitant ainsi la distribution de l'eau de manière ciblée. De plus, les bornes d'irrigation permettent de contrôler et de réguler le débit d'eau, offrant ainsi une gestion plus précise de l'irrigation. C'est un système efficace pour maximiser les rendements et minimiser les coûts liés à l'eau.

Pour que le périmètre d'irrigation soit organisé, la division en îlots doit se faire de la manière suivante :

- La topographie de périmètre.
- Les facteurs technico-économiques de réseau d'irrigation.
- Les facteurs organisationnels.
- Le foncier.

Les bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations doivent généralement répondre aux critères suivants :

- Une prise par îlot d'exploitation.
- Quatre prises au maximum sur une même borne.
- Bornes implantées en limites des îlots ou au centre pour les grands îlots.

Chaque borne, voire chaque sortie, doit exécuter toutes les fonctions d'une prise, c'est-à-dire :

- Régler le débit.
- Régler la pression, et encaisser les suppressions accidentelles.
- Compter les volumes distribués par la prise.

IV.3.1 Calcul hydraulique des bornes

Le débit de chaque borne est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s \times S_i \qquad \text{IV.1}$$

Avec :

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

IV.3.2 Choix du diamètre et du type des bornes

Les diamètres des bornes d'irrigation dépendent des débits exigés pour chaque ilot comme il est illustré dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit de la borne.

Débit de l'ilot	Diamètre de l'entrée de la borne (mm)
$Q < (40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s})$	$D = 65 - 80$
$(40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s}) < Q \leq (80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s})$	$D = 100$
$(80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s}) < Q \leq (120 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 33.33 \text{ l/s})$	$D = 100 - 150$

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles.

Généralement, on admet :

- Pour les ilots qu'ont un nombre de parcelle entre [4 -8], et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à quatre prise (Borne de type A4).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelles et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
- Pour les grands ilots ($S > 50 \text{ ha}$) on prévoit des bornes de type C.

Tableau IV.2 : Types des bornes selon les parcelles.

Nombre de parcelles	Type	Entrées	Sorties
2	A2	Une entrée Ø 65, 80mm	2 sorties Ø 65 mm
4-8	A4	Une entrée Ø 80, 100, 125 mm	4 sorties Ø 65 mm
$2 \approx 20 \text{ ha}$	B2	Une entrée Ø 80, 100, 125 mm	2 sorties Ø 100 mm
1	C	Une entrée 100, 125, 150 mm	Une sortie Ø 150 mm Une sortie Ø 100 mm

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

Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type des bornes.

N ° Ilot	Surface (ha)	Débit (l/s)	Nombre de parcelle	Type de borne	Diamètre (mm)	Type du matériau
1	3,66	3,66	2	A2	65	FONTE
2	3,33	3,33	2	A2	65	FONTE
3	3,42	3,42	2	A2	65	FONTE
4	3,4	3,4	2	A2	65	FONTE
5	4,55	4,55	4	A4	65	FONTE
6	4,94	4,94	4	A4	65	FONTE
7	2,23	2,23	2	A2	65	FONTE
8	2,43	2,43	2	A2	65	FONTE
9	9,74	9,74	4	A4	65	FONTE
10	5,62	5,62	4	A4	65	FONTE
11	7,47	7,47	4	A4	65	FONTE
12	6,65	6,65	4	A4	65	FONTE
13	4,2	4,2	4	A4	65	FONTE
14	13,75	13,75	4	A4	100	FONTE
15	3,55	3,55	2	A2	65	FONTE
16	2,93	2,93	2	A2	65	FONTE
17	3,81	3,81	2	A2	65	FONTE
18	10,5	10,5	4	A4	65	FONTE
19	12,27	12,27	4	A4	100	FONTE
20	5,45	5,45	4	A4	65	FONTE
21	4,5	4,5	4	A4	65	FONTE
22	5,65	5,65	4	A4	65	FONTE
23	5,7	5,7	4	A4	65	FONTE
24	3	3	2	A2	65	FONTE
25	15,4	15,4	4	B2	100	FONTE
26	11,6	11,6	4	A4	100	FONTE

IV.4 Description de l'aménagement du périmètre

A partir de la chambre des vannes, une conduite principale passe en premier lieu en rive gauche de l'oued d'Oum Drou, puis traverse l'oued et alimente la rive droite, où la conduite est scindée en deux conduites permettant d'alimenter les parcelles de part et d'autre des rives de l'oued et donc l'ensemble du périmètre jusqu'à un point situé en aval.

IV.4.1 Variante 1 : Etant donné, que le périmètre est situé en aval du barrage, cette variante retenue est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Cette variante a été écartée du fait des faibles pressions faibles (ou mêmes négatives) obtenues, ce qui ne permet pas d'irriguer tout le périmètre en sous pression.

IV.4.2 La variante 2 : qui consiste à alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage sur la rive gauche du périmètre. Cette variante sera testée, pour voir si les pressions de service au niveau des bornes sont suffisantes.

Dans notre cas, il faut prendre en considération la variante 2, car après vérification des calculs de la variante 1, on a trouvé que cette dernière n'est pas valable.

IV.5 Etude du système de pompage

L'étude des systèmes de pompage est essentielle pour garantir un fonctionnement efficace et fiable des pompes. Cela implique d'évaluer les besoins en termes de débit, de pression et de type de fluide à pomper. On examine également les caractéristiques du site, comme la distance de refoulement, la hauteur de refoulement et les pertes de charge. L'étude comprend également le choix du type de pompe le plus approprié en fonction des besoins spécifiques du système.

IV.5.1 Généralités sur les pompes

Les pompes sont des dispositifs utilisés pour déplacer des fluides, tels que l'eau, en créant une pression qui les propulse. Les pompes jouent un rôle essentiel dans le transfert d'eau d'un endroit à un autre, que ce soit pour l'irrigation des cultures, l'alimentation en eau potable ou d'autres applications. Elles sont un élément clé des systèmes d'adduction-distribution d'eau.

IV.5.1.1 Les pompes volumétriques : les pompes volumétriques sont un type de pompe qui fonctionne en utilisant des cavités ou des chambres de volume variable pour déplacer les fluides. Elles sont conçues pour aspirer et refouler un volume constant de liquide à chaque cycle.

Les pompes volumétriques sont souvent utilisées dans des applications où un débit précis et constant est nécessaire. Elles offrent une grande précision de dosage et sont adaptées pour manipuler des fluides visqueux ou corrosifs.

IV.5.1.2 Les turbopompes : les turbopompes sont des turbomachines réceptrices dont la rotation de la roue, ou rotor, produit un régime de pression et de vitesse qui détermine la circulation d'un liquide dans un circuit, la grandeur du débit circulant résultant de l'équilibre entre l'énergie massique utile délivrée par la pompe et l'énergie massique résistant du circuit.

IV.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

La hauteur manométrique totale est donnée par la formule suivante :

$$\text{HMT} = H_g + \Delta H_{R-I} + P_{NS} + \Delta H_P \quad \text{IV.2}$$

Avec :

- HMT : Hauteur manométrique totale en (m).
- H_g : Hauteur géométrique en (m).
- ΔH_{R-I} : La perte de charge totale (m).
- P_{NS} : pression nominal de service (cas de l'asperseur) = 2,5 bars.
- ΔH_P : perte de charge au niveau de la parcelle (de la borne jusqu'au dernier asperseur).

IV.5.2.1 Calcul de la hauteur géométrique H_g

La hauteur géométrique est donnée par la formule suivante :

$$H_g = H_b - H_r \quad \text{IV.3}$$

Avec :

- H_r : Cote du réservoir = 109m.
- H_b : la borne la plus éloignée = 110,5m.

$$H_g = 110,5 - 109 = 1,5\text{m} \sim 2\text{m}.$$

IV.5.2.2 Calcul des pertes de charge totales

Pour calculer les pertes de charge totales dans un système hydraulique, il est essentiel de prendre en compte les pertes de charges linéaires et singulières. Elle est donnée par la formule suivante :

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S \quad \text{IV.4}$$

IV.5.2.2.1 Pertes de charge totales linéaires

Les pertes de charges seront calculées selon la formule de Hazen-Williams :

$$\Delta H_L = J = \left(\frac{3.592}{C_{HW}}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \quad \text{IV.5}$$

Avec :

- J : Perte de charge en m.
- C_{HW} : Coefficient de Hazan-Williams = 130.
- L : Longueur de la conduite, L = 13371 m.
- D : Diamètre de refoulement.
- Q : Le débit de refoulement m^3/s .

IV.5.2.2.2 Calcul des pertes de charge singulière

Les pertes de charges singulières seront calculées d'après les pertes de charge linéaires selon la formule suivante :

$$\Delta H_s = 0.15 \times \Delta H_L \quad \text{IV.6}$$

IV.5.2.3 Calcul du débit de refoulement

Il est obtenu comme suit :

$$Q_{\text{forcé}} = 1,05 \times Q_r \quad \text{IV.7}$$

$$Q_r = Q_s \times S_T = 1 \times 160 = 0.16 m^3/s$$

$$\text{Donc } Q_{\text{forcé}} = 1,05 \times 0,16 = 0,168 m^3/s.$$

IV.5.2.4 Calcul du diamètre approximatif

Il est obtenu selon la loi de Bonin :

$$D = \sqrt{Q_{ref}} \quad \text{IV.8}$$

$$D = \sqrt{0,16} = 0.41 = 410 \text{mm.}$$

Dans notre cas le diamètre approximatif est de 400mm Cependant, on doit établir une analyse technico-économique pour obtenir le diamètre optimal.

Les résultats du calcul des hauteurs manométriques pour différents diamètres sont dans le tableau IV.4 :

Tableau IV.4 : Résultats du calcul de la HMT pour différents diamètres.

Débit	Diamètre (mm)	V (m/s)	Linéaire (m)	PDC lin	PDC sing	PDC tot	HMT (m)
0,168	300	2,38	13371	224,55	22,46	247,01	279,01
0,168	400	1,34	13371	55,32	5,53	60,85	92,85
0,168	500	0,86	13371	18,66	1,87	20,53	52,53
0,168	600	0,59	13371	7,68	0,77	8,45	40,45
0,168	700	0,44	13371	3,62	0,36	3,99	35,99

IV.6 Analyse technico-économique

L'analyse technico-économique est très importante pour évaluer la faisabilité et la rentabilité d'un projet, elle prend en compte à la fois les aspects techniques et économiques qui nous permettent de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

IV.6.1 Calcul des frais d'investissement

La formule des frais d'investissement est la suivante :

$$F_{am} = A \times Prc \quad \text{IV.9}$$

Avec :

- P : Prix de la conduite en (DA).
- A : Amortissement annuel

$$A = \frac{i}{1-(i+1)^n} \quad \text{IV.10}$$

i : Taux intérêt, i=8 %.

n : Durée de l'amortissement de la conduite.

$$A.N : A = \frac{0,08}{1-(0,08+1)^{30}} = 0.08883$$

Tableau IV.5 : Calcul de frais d'investissement.

Diamètre (mm)	Prix de pose (DA)	Prix de MI (DA)	L (m)	Prix tot (DA)	A	F inv(DA)
300	500	6500	13371	93597000	0,08883	8314221,51
400	650	7490	13371	108839940	0,08883	9668251,87
500	880	9300	13371	136116780	0,08883	12091253,57
600	950	12000	13371	173154450	0,08883	15381309,79
700	1100	15700	13371	224632800	0,08883	19954131,62

IV.6.2 Calcul des frais d'exploitation

La formule des frais d'exploitation est la suivante :

$$F_{exp} = e \times E \quad \text{IV.11}$$

Avec:

- F_{exp} : Frais d'exploitation (DA).
- E : Énergie totale dépensée par la pompe (KWH)
- e : Prix unitaire d'un KWH imposé par SONELGAZ ($e = 4,67DA$).

La formule de la puissance absorbée par la pompe est la suivante :

$$P_u = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta} \quad \text{IV.12}$$

Avec :

- P : Puissance absorbée par la pompe (KwH).
- g : Accélération de la pesanteur (m/s^2).
- $Q_{forcé}$: Débit à refoulé (m^3/s).
- HMT : Hauteur manométrique totale (m).
- η : Rendement du pompage (75 %).

La formule de l'énergie consommée par la station de pompage est la suivante :

$$E = P \times t \times 365 \quad \text{IV.13}$$

Avec :

- E : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kWh).
- P : Puissance absorbée (KwH).
- t : Temps de pompage (heure) on prend $t = 22h$.

Tableau IV.6 : Calcul des frais d'exploitation.

Diamètre (mm)	HMT	P (Kwh)	P (Kwh/an)	Fexp (DA)
300	279,01	605,03	4 858 417,09	22 688 807,79
400	92,85	201,35	1 616 813,03	7 550 516,85
500	52,53	113,90	914 649,97	4 271 415,38
600	40,45	87,71	704 311,02	3 289 132,46
700	35,99	78,04	626 653,69	2 926 472,72

IV.6.3 Bilan total des frais

Pour calculer le bilan total des frais qui nous permet de déterminer le diamètre économique de refoulement, il faut prendre en compte tous les couts liés à l'exploitation et à l'investissement,

$$S = \text{coût d'investissement} + \text{coût de l'exploitation.} \quad \text{IV.14}$$

Tableau IV.7 : Bilan total des frais.

Diamètre (mm)	Fexp (DA)	Finv (DA)	Bilan (Da)
300	22 688 807,79	8314221,51	31003029,3
400	7 550 516,85	9668251,87	17218768,72
500	4 271 415,38	12091253,57	16362668,95
600	3 289 132,46	15381309,79	18670442,26
700	2 926 472,72	19954131,62	22880604,34

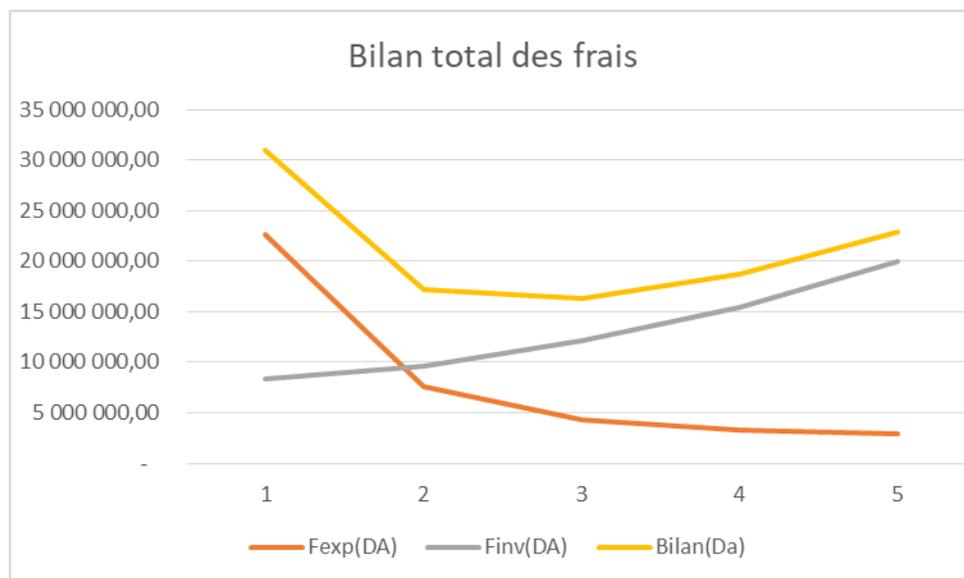


Figure IV.2 : Bilan total des frais en fonction des diamètres.

D'après l'étude technico-économique nous trouvons que le diamètre économique est de 500mm, le débit à refouler $Q = 0,168\text{m}^3/\text{s}$, avec une HMT = 53m.

IV.7 Choix de nombre et de type de pompe

Il faut que notre choix respect certaines conditions qui sont :

- ❖ Nombre de pompe minimal.
- ❖ Rendement maximal et Puissance absorbée minimale.
- ❖ La pompe doit assurer le débit et la HMT.
- ❖ La pompe sera installée en série.

❖ $NPSH_r$ minimal.

Afin de déterminer le type et le nombre de pompes qui répondent aux conditions ci-dessus, nous utilisons le logiciel Caprari et les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

D'après l'étude de l'analyse technico-économique on déduit que :

- HMT, La hauteur manométrique totale est de 38,63m.
- Le débit à refouler est 0,168 m³/s.

Tableau IV.8 : Résultats de choix de pompe par le logiciel Caprari.

Nbr des pompes	Débit requis (l/s)	HMT demandé (m)	Type pompe	Qp (l/s)	HMT	puissance (KW)	Rendement (%)	NPSHr (m)
1	168	53	-	-	-	-	-	-
2	168	53	PM150	168	52.7	109	79,4	3,22
3	168	53	PM125	168	54.2	137	66.2	4.24
4	168	53	MEC260	168	51.0	103	80.1	4.27

D'après les résultats obtenus par le logiciel Caprari, nous avons opté pour une variante comprenant 2 pompes identiques de type PM150 (+1 pompe de secours).

IV.7.1 Protection contre cavitation

La cavitation est un problème très courant dans les pompes, en particulier les pompes centrifuges, car cet état est directement lié au fonctionnement de l'impulseur de la pompe. Le $NPSH_d$ est l'énergie nécessaire pour pousser le liquide dans la pompe. Un $NPSH$ insuffisant peut être dû à un certain nombre de conditions : la pompe fonctionne trop vite, le diamètre du flexible d'aspiration utilisé est trop petit ou la pompe est placée trop loin ou trop haut par rapport à la source de liquide. Pour que les pompes soient protégées contre ce phénomène, il est obligé de vérifier la condition suivante :

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r \quad \text{IV.15}$$

Avec :

- $(NPSH)_r$: Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.
- $(NPSH)_d$: Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

$$(NPSH)_r = \frac{P_{atm}}{w} - \frac{P_v}{w} - (ha^{adm} + \Delta h_{pasp}) - \frac{V_{asp}^2}{2g} \quad \text{IV.16}$$

Avec :

- $\frac{P_{atm}}{w}$: La hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de w qui est l'emplacement de la station de pompage. Il est égal à 10.33 m.
- P_v : Elle est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, $P_v = 20\text{hPa} = 0.24\text{m}$.
- Δh_{asp} : Perte de charge à l'aspiration, $\Delta H_{asp} = 0,016\text{m}$.
- ZE : La différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.
- V : Vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration, $V = 3,42 \text{ m/s}$.

A.N :

$$NPSHd = 10,33 - 0,24 - 2 - 0,016 - \frac{5,35^2}{2 \times 9,81} = 6,62 \text{ m} > 2,32 + 0,5\text{m} = 3,22 \rightarrow \text{Condition}$$

vérifiée.

IV.8 Dimensionnement du réservoir de stockage

Un réservoir de stockage est essentiel dans un système hydraulique, car il permet de stocker l'eau pour répondre aux variations de demande. Le volume de l'ouvrage de stockage est donné comme suivant :

$$V_{\text{réservoir}} = Q_{\text{forcé}} \times T_{\text{nf}} \quad \text{IV.17}$$

Avec :

- $V_{\text{réservoir}}$: Volume de réservoir, dans notre cas est circulaire (m^3).
- $Q_{\text{forcé}}$: Débit forcé (m^3/h).
- T_{nf} : Temps de non fonctionnement, égale à 1 h.

$$V_{\text{réservoir}} = 0.168 \times 3600 \times 1 = 604,8 \text{ m}^3$$

Pour notre périmètre (160ha) On prend un volume de 800 m^3 et on fixe la hauteur de réservoir égale à 4 m :

$$D_{\text{réservoir}} = \frac{4 \times V}{\pi \times h} = 16 \text{ m.}$$

Pour le bon fonctionnement du système d'irrigation, le réservoir de stockage qui présente une forme circulaire avec une coupole avec les dimensions suivantes :

- Volume = 800 m^3 .
- Hauteur = 4m.
- Diamètre = 16 m.

IV.9 Etude du système d'adduction-distribution

L'alimentation des ilots du périmètre se fait en utilisant un système de pompage depuis le réservoir de stockage jusqu'au dernier point du périmètre constitué de conduites, dont le matériau est choisi en fonction de plusieurs paramètres.

IV.9.1 Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau des conduites dans un système hydraulique est crucial pour assurer la durabilité, la résistance et la performance du système, il dépend de la pression supportée, de l'érosion des sols et le coût et disponibilité du marché local et de sa production en Algérie. Chaque matériau a ses propres avantages et inconvénients en termes de cout, de résistance à la corrosion, de flexibilité, de durabilité et de compatibilité avec les fluides écoulés.

Les matériaux couramment utilisés pour les conduites hydrauliques comprenant :

- Les conduites en fonte qui ont une bonne résistance aux forces internes et à la corrosion, elles sont très rigides et solides, leur inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, et relativement chers.
- Les conduites en PEHD peuvent résister à des pressions élevées et ont la capacité de résister aux contraintes (choc, écrasement), Ils ont une bonne flexibilité.

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si leur diamètre est inférieur à 315mm, et en fonte dans le cas contraire.

IV.9.2 Calculs hydrauliques

Le calcul hydraulique est le dimensionnement du réseau de canalisations, comprenant : la détermination du diamètre et du matériau des canalisations, les mesures de pression des nœuds et des bornes, ainsi que leurs pressions.

Le diamètre des conduites est calculé selon la formule de continuité de type Chezy :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{1,5 \times \pi}} \quad \text{IV.18}$$

IV.9.3 Calcul des pressions des nœuds et des bornes

Le calcul des pressions est basé sur le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre 2 points :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \quad \text{IV.19}$$

Z_1 et Z_2 sont respectivement les cotes terrain amont et aval, P_1 , P_2 sont les pressions amont et avales, ΔH est la perte de charge totale entre les deux points 1 et 2.

Les pertes de charges totales sont les pertes de charges linéaires (selon la formule de Lechapt-Calmon) majorées de 10% pour prendre en compte les pertes de charges singulières.

$$J = L \times \frac{Q^M}{D^N} \times \frac{l}{1000} \quad \text{IV.20}$$

Avec :

- J : Perte de charge linéaire en m,
- Q : Débit en m³/s.
- D : Diamètre en m.
- l : Longueur du tronçon en km.

L, M et N : Coefficients dépendants de la rugosité pour le cas du PEHD on a :

$$L = 1,1 \quad M = 1,89 \quad N = 5,01$$

Les résultats obtenus sont illustré dans le tableau suivant N° IV.9 :

N° du tronçon	Longueu (m)	Longueu (km)	S (ha)	Q (m ³ /s)	D calculé (mm)	Dnor (mm)	Materia u	Vitesse V réelle (m/s)	P.CH (m)	P.CH totales	Cote terrain Z (m)	Cote Piezo (m)	Pressio point P (m)	P (Bar)
R-TS	9800	9,80	160	0,16	451,4	500	Fonte	0,815	10,88	11,97	106,9	137,03	30,08	3,01
TS-N1	3571,6	3,57	160	0,16	451,4	500	Fonte	0,815	3,96	4,361	106	144,64	38,64	3,86
N1-N2	528,8	0,53	160	0,16	451,4	500	Fonte	0,815	0,59	0,646	101	148,35	47,35	4,74
N2-B1	36,93	0,04	3,87	0,004	70,21	75	PEHD	0,876	0,49	0,534	101,4	148,47	47,07	4,71
N2-N3	278,5	0,28	156,1	0,16	445,9	500	Fonte	0,795	0,30	0,325	102,1	148,03	45,93	4,59
N3-B2	42,22	0,04	3,41	0,003	65,87	75	PEHD	0,771	0,44	0,479	102,2	148,52	46,32	4,63
N3-N4	131,1	0,13	152,7	0,15	440,9	500	Fonte	0,778	0,13	0,147	103	147,88	44,88	4,49
N4-B3	47,52	0,05	3,43	0,003	66,07	75	PEHD	0,776	0,50	0,546	106,5	148,45	41,95	4,20
N4-N5	140,6	0,14	149,3	0,15	435,9	500	Fonte	0,760	0,14	0,151	106,5	147,73	41,23	4,12
N5-B4	66	0,07	3,41	0,005	65,85	75	PEHD	0,771	0,68	0,748	106,5	148,25	41,75	4,18
N5-N6	117,3	0,12	145,9	0,15	430,9	500	Fonte	0,743	0,11	0,120	106,0	147,61	41,61	4,16
N6-B5	87,14	0,09	4,55	0,005	76,13	90	PEHD	0,716	0,62	0,686	106,0	148,31	42,31	4,23
N6-N7	111	0,11	141,3	0,14	424,2	500	Fonte	0,720	0,10	0,107	105,9	147,50	41,60	4,16
N7-B6	87,14	0,09	4,94	0,005	79,33	90	PEHD	0,777	0,73	0,801	105,7	148,20	42,50	4,25
N7-N8	50	0,05	136,4	0,14	416,7	500	Fonte	0,695	0,04	0,045	103,0	147,46	44,46	4,45
N8-B7	59,2	0,06	2,24	0,002	53,40	63	PEHD	0,718	0,66	0,728	103,0	148,27	45,27	4,53
N8-B8	56,2	0,06	2,44	0,002	55,71	63	PEHD	0,782	0,74	0,812	106,3	148,19	41,89	4,19
N8-N9	428,7	0,43	131,7	0,13	409,5	500	Fonte	0,671	0,33	0,362	103,6	147,84	44,24	4,42
N9-B9	61,7	0,06	9,48	0,01	109,9	110	PEHD	0,997	0,65	0,711	103,3	148,29	44,99	4,50
N9-B10	55,1	0,06	5,63	0,01	84,65	90	PEHD	0,885	0,59	0,648	105,3	148,35	43,05	4,31
N9-B11	104,8	0,10	7,41	0,01	97,14	110	PEHD	0,780	0,69	0,758	103,9	148,24	44,34	4,43
N9-N11	198,8	0,20	109,2	0,11	372,9	400	Fonte	0,869	0,33	0,361	105	147,48	42,48	4,25
N11-B12	78,3	0,08	6,65	0,01	92,02	110	PEHD	0,700	0,42	0,462	106,2	148,54	42,39	4,24
N11-N14	325	0,33	102,5	0,10	361,3	400	Fonte	0,816	0,48	0,524	105	146,95	41,95	4,20
N14-B13	65,5	0,07	4,20	0,004	73,14	75	PEHD	0,951	1,00	1,104	101,2	147,90	46,75	4,67
N14-B14	53,9	0,05	13,76	0,01	132,4	160	PEHD	0,684	0,17	0,192	102,9	148,81	45,86	4,59

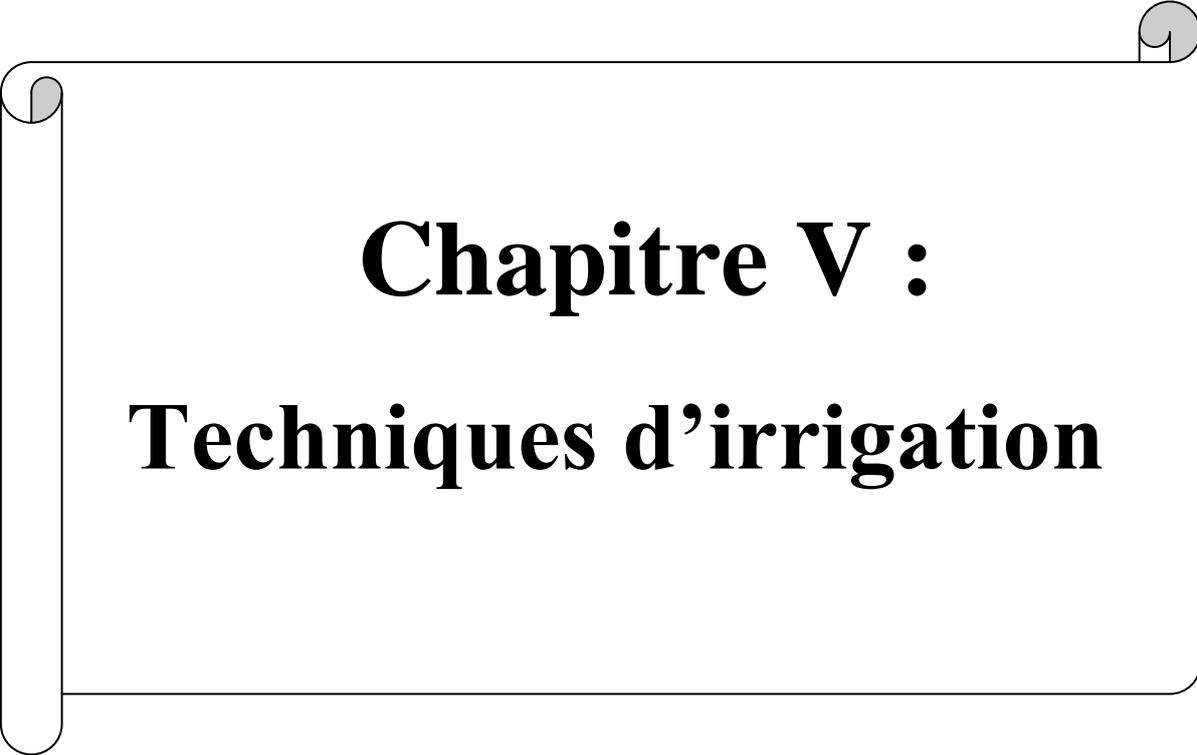
N14-N10	428,9	0,43	84,59	0,08	328,2	400	Fonte	0,673	0,44	0,480	105,0	146,47	41,47	4,15
N10-B15	75,36	0,08	4,32	0,004	74,18	75	PEHD	0,978	1,22	1,341	110,0	147,66	37,66	3,77
N10-N12	205	0,21	80,27	0,08	319,7	400	Fonte	0,639	0,19	0,208	109,0	146,26	37,26	3,73
N12-B16	60,4	0,06	2,93	0,003	61,11	63	PEHD	0,941	1,12	1,237	108,0	147,76	39,76	3,98
N12-N13	155	0,16	77,33	0,08	313,8	315	PEHD	0,992	0,44	0,485	105,8	145,78	39,98	4,00
N13-B17	82,76	0,08	3,81	0,004	69,69	75	PEHD	0,863	1,06	1,163	105,0	147,84	42,84	4,28
N13-N15	191,8	0,19	73,52	0,07	305,9	315	PEHD	0,943	0,50	0,545	105,5	145,23	39,73	3,97
N15-B18	113,8	0,11	11,72	0,01	122,2	160	PEHD	0,583	0,27	0,300	106	148,70	42,70	4,27
N15-N19	400	0,40	61,80	0,06	280,5	315	PEHD	0,793	0,74	0,819	103	144,41	41,41	4,14
N19-B19	99,33	0,10	12,26	0,01	124,9	160	PEHD	0,610	0,26	0,285	101	148,72	47,72	4,77
N19-N22	88,14	0,09	49,54	0,05	251,1	315	PEHD	0,636	0,11	0,119	101	144,30	43,30	4,33
N22-B20	54,1	0,05	5,46	0,01	83,35	90	PEHD	0,858	0,55	0,600	101,1	148,40	47,30	4,73
N22-N24	184,7	0,18	44,08	0,04	236,9	250	PEHD	0,898	0,58	0,636	101,5	143,66	42,16	4,22
N24-B21	63,47	0,06	4,57	0,00	76,29	90	PEHD	0,718	0,46	0,503	102	148,50	46,50	4,65
N24-N18	522,7	0,52	39,51	0,04	224,3	250	PEHD	0,805	1,33	1,463	102,5	142,20	39,70	3,97
N18-B22	71,8	0,07	6,46	0,01	90,70	110	PEHD	0,680	0,36	0,401	102,7	148,60	45,90	4,59
N18-N17	158,5	0,16	33,05	0,03	205,1	250	PEHD	0,673	0,29	0,316	103,0	141,88	38,88	3,89
N17-B23	62,86	0,06	5,70	0,01	85,23	90	PEHD	0,897	0,69	0,758	106	148,24	42,24	4,22
N17-N20	304,4	0,30	27,34	0,03	186,6	200	PEHD	0,870	1,18	1,299	106	140,58	34,58	3,46
N20-B24	57,5	0,06	3,01	0,003	61,94	63	PEHD	0,967	1,13	1,239	106,5	147,76	41,26	4,13
N20-N23	221,3	0,22	24,33	0,02	176	200	PEHD	0,774	0,69	0,758	103,5	139,82	36,32	3,63
N23-B25	91,7	0,09	15,54	0,02	140,7	160	PEHD	0,773	0,37	0,412	102,2	148,59	46,44	4,64
N23-N20	221	0,22	8,79	0,01	105,8	110	PEHD	0,925	2,01	2,206	106,5	137,62	31,12	3,11
N20-B26	74,44	0,07	11,64	0,01	121,8	160	PEHD	0,579	0,18	0,194	110,5	148,81	38,31	3,83

Conclusion

Le système d'adduction est un élément clé dans un projet d'aménagement hydro-agricole, puisque c'est la base hydraulique de son fonctionnement.

Dans ce chapitre, nous avons choisi une variante d'adduction qui consiste à projeter un système de pompage vers notre périmètre, ceci pour maintenir en charge tout le périmètre en aval, avec une conduite de refoulement de diamètre 500mm en PEHD, tandis que la capacité du réservoir de stockage est de 800 mètres cubes.

De façon générale, les pressions obtenues pour l'ensemble du réseau de distribution sont satisfaisantes, variant généralement entre 3,1 et 4,7 bars. Cela facilitera la mise en place de systèmes d'irrigation qui requièrent des niveaux de pression élevées, comme l'irrigation par aspersion.



Chapitre V :
Techniques d'irrigation

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Introduction

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

On va consacrer ce chapitre pour montrer les différentes techniques d'irrigation dans le but ultime d'obtenir une sélection idéale en fonction des spécificités de la zone étudiée.

V.1 Choix des techniques d'irrigation

Pour le choix de la technique d'irrigation à adopter, on doit prendre en considération plusieurs paramètres, en particulier :

- La nature spécifique des cultures.
- La perméabilité et type du sol.
- Le climat, le vent et l'évaporation.
- La qualité de l'eau et sa disponibilité.
- Les contraintes techniques telles que la qualification de main d'œuvre et l'entretien du matériel.
- Les considérations financières doivent être examinées lors du choix de la méthode d'irrigation appropriée.

V.2 Les techniques d'irrigation

Les techniques d'irrigation sont classées en trois grandes catégories : l'irrigation gravitaire (ou de surface), l'irrigation par aspersion, l'irrigation goutte à goutte.

V.2 L'irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface, consiste à amener l'eau sur la surface du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).

V.2.1 Irrigation par ruissellement : Dans L'irrigation par planche, Les parcelles de terrain sont divisées en bandes rectangulaires, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes.

Elles sont aussi appelées calant ou planches d'arrosage. L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons : soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal

d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée.



Figure V.1 : Irrigation par ruissellement.

V.2.2 Irrigation par submersion (par bassin)

L'irrigation par submersion est une méthode d'irrigation qui amène l'eau sur le sol sous la forme d'une nappe d'épaisseur variable et pendant des durées plus ou moins longues, elle est pratiquée dans les terrains à faible pentes (inférieure à 2%), telles que les rizières.



Figure V.2 : Irrigation par submersion.

V.2.3 L'irrigation à la raie ou par sillons

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons. Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes (cultures maraichères ou arboricoles). Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée.



Figure V.3 : Irrigation à la raie.

V.2.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire

❖ **Avantage :**

- Coût abordable, et Facilité d'utilisation.
- L'irrigation par gravité s'adapte à différents types de sols, de cultures et de topographies.
- Aucune consommation d'énergie électrique.

❖ **Inconvénient :**

- Perte importante de l'eau, avec une efficacité d'irrigation faible.
- Le manque de contrôle sur la quantité d'eau distribuée aux cultures.
- Une main-d'œuvre importante, le cycle d'irrigation est de longue durée.

V.3 L'irrigation par aspersion

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle.



Figure V.4 : Irrigation par aspersion.

V.3.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion

❖ **Avantage :**

- Applicable dans la plupart des cultures et terrains.
- Nécessite moins de main-d'œuvre.
- Une économie d'eau importante.
- Possibilité d'automatisation du système.

❖ **Inconvénient :**

- Coût d'installation et d'entretien plus élevé.
- Sensible aux vents.
- Nécessite une maintenance et surveillance régulières du système.

V.4 L'irrigation goutte à goutte

L'irrigation par goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC/PEHD, cette eau est ensuite distribuée par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau.



Figure V.5 : Installation goutte à goutte.

V.4.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte

❖ Avantage :

- Économies d'eau considérables : pas d'évaporation, pas de ruissellement, pas de gaspillage.
- Peut être utilisée dans tous les types de terrain.
- Possibilité d'ajouter des engrais directement dans l'eau.
- Parfait équilibre en apport d'eau, ce qui favorise un développement plus rapide de la plante.

❖ Inconvénients :

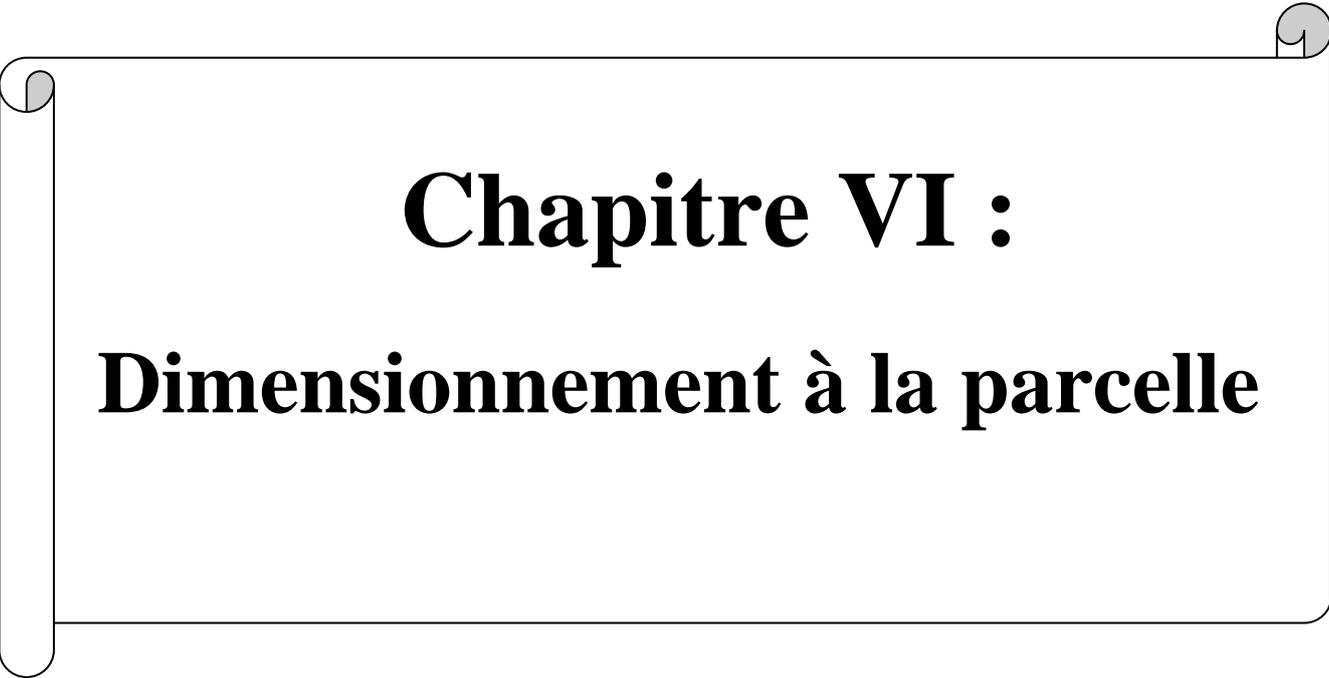
- Coût initial plus élevé.
- Nécessité de filtrer l'eau pour minimiser le risque de colmatage.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les principales techniques d'irrigation, leurs principes, avantages et inconvénients. Une fois que toutes les contraintes sont respectées, le choix de la bonne technique d'irrigation devient plus aisé.

Les techniques d'irrigation goutte à goutte et par aspersion présentent des avantages par rapport aux autres méthodes d'irrigation et répondent efficacement aux besoins de la zone d'étude, pour cela, et vu les conditions climatiques, et pédologiques :

- Pour les cultures céréalières, l'irrigation par aspersion est privilégiée.
- Pour les cultures maraîchères et arboricoles, on opte pour l'irrigation goutte à goutte.



Chapitre VI :

Dimensionnement à la parcelle

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Introduction

Pour l'alimentation en eau des parcelles, il est essentiel de concevoir un système efficace qui répond aux besoins en eau des cultures. Cela implique de calculer les débits nécessaires, de choisir les bons types de conduites, et de planifier la disposition des équipements d'irrigation pour assurer une répartition uniforme de l'eau.

Dans ce chapitre on développe le dimensionnement des systèmes d'irrigation par aspersion des cultures maraichères, et par goutte à goutte des agrumes qui connaissent un engouement important dans le moyen Cheliff.

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

Le dimensionnement d'un réseau par aspersion nécessite la maîtrise des besoins en eau, des pertes de charge, de la pression nécessaire, ainsi que certains paramètres agronomiques liée à la culture et au choix de la parcelle.

VI.1.1 Choix de la culture

Nous avons choisi la culture de la pomme de terre pour l'irrigation par aspersion. La pomme de terre présente un besoin net d'irrigation de pointe de 75,9 mm/mois en Mai. La parcelle choisie est située dans l'ilot N°2 qui présente une pression de 4 bars.

VI.1.2 Choix de parcelle

- Surface : 1,2ha.
- Longueur : 125m.
- Largeur : 90m.
- Alimentation en eau : Borne B.
- Perméabilité du sol : 9mm/h.
- Densité apparente du sol : 1,4.

VI.1.3 Calcul de la dose pratique

La dose pratique est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = (\text{Hcc} - \text{Hpf}) \times \text{Y} \times \text{Da} \times \text{Z} \quad \text{VI.1}$$

Avec :

- Y : Degré de tarissement = 2/3
- Da : Densité apparente = 1.4.
- Z : Profondeur d'enracinement = 50cm.

- Hcc : Humidité à la capacité au champ = 27%.
- Hpf : Humidité au point de flétrissement = 15%.

$$\text{RFU} = (27\% - 15\%) \times \frac{2}{3} \times 1,4 \times 0,05 = 56\text{mm}.$$

VI.1.4 Dimensionnement de l'asperseur

VI.1.4.1 Choix du diamètre de la buse

Le diamètre de la buse des asperseurs est déterminé en prenant en compte le fait que la pluviométrie de ce dernier doit être inférieure à la perméabilité du sol, qui est de 9 mm/h.

- Pour notre part, on prend un diamètre de la buse de type Perrot de 4.8mm.

VI.1.4.2 Calcul de la portée

La distance maximale sur laquelle un asperseur peut projeter de l'eau est appelée la portée des asperseurs, et elle est calculée comme suit :

$$\mathbf{L = 3 \times d^{0,5} \times H^{0,25}} \quad \mathbf{VI.2}$$

Avec :

- d : Diamètre de la buse en mm.
- H : Pression à la buse en m.

$$L = 3 \times 4,8^{0,5} \times 30^{0,25} = 15,38\text{m}$$

VI.1.4.3 Calcul des écartements

Les écartements sont calculés par les relations suivantes :

$$\mathbf{Ea = 0.8 \times L \quad \text{et} \quad El = 1.2 \times L} \quad \mathbf{VI.3}$$

Avec :

Ea : La distance entre les asperseurs de la même rampe : 0,8 (vent faible) à 0,5 (vent fort).

El : La distance entre les rampes : 1,25 (vent faible) à 1,02 (vent fort).

$$Ea = 18,5 \quad \text{et} \quad El = 12,3$$

L'écartement final du réseau d'irrigation par aspersion est : **12m x 18m.**

VI.1.4.4 Calcul du Débit de l'asperseur

Le calcul du débit d'un asperseur s'effectue à l'aide de la relation suivante :

$$\mathbf{q_{asp} = 0,95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times H}} \quad \mathbf{VI.4}$$

$$q_{asp} = 1,5 \text{ m}^3/\text{h} = 0,000417\text{m}^3/\text{s}.$$

VI.1.4.5 Vérification de la pluviométrie de la buse

La pluviométrie de la buse est le rapport du débit de la buse sur l'écartement E_a , E_l :

$$P_{asp} = \frac{q_{asp}}{E_a \times E_l} \quad \text{VI.5}$$

$$P_{asp} = \frac{1,42}{12 \times 18} = 6,57 \text{ mm/h} < K, (K=9 \text{ mm/h}) \text{ notre installation est conforme.}$$

VI.5 Détermination des paramètres d'arrosage**VI.1.5.1 Calcul du tour d'eau**

La durée du tour d'eau correspond à la période requise pour l'arrosage complet de toutes les parcelles.

$$T_{eau} = \frac{N_j \times Dose_{RFU}}{B_{mp}} \quad \text{VI.6}$$

Avec :

- B_{mp} : Besoin net du mois de pointe de la culture choisi.
- N_j : Nombre de jours de travail par mois = 25 jours.

$$T_{eau} = \frac{25 \times 56}{75,9} = 19 \text{ jours,}$$

On prend un tour d'eau de 15 jours, donc on irrigue 2 fois par mois.

VI.1.5.2 La dose réelle

La dose réelle est donnée par la formule suivante :

$$D_r = T_{eau} \times B_j \quad \text{VI.7}$$

$$D_r = T_{eau} \times B_j = 38 \text{ mm.}$$

VI.1.5.3 La dose brute

La dose brute est le volume d'eau qui doit être restituée à la parcelle en prenant en compte les pertes d'eau. On calcule la dose brute en utilisant la relation suivante :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{Eff} \quad \text{VI.8}$$

Avec :

- Eff : Efficacité de l'aspersion = 75%.

$$D_{brute} = 51 \text{ mm.}$$

VI.1.5.4 Le temps d'arrosage

Le temps d'arrosage est le temps nécessaire pour appliquer une dose d'eau par un asperseur sans excéder la capacité d'infiltration. Elle est déterminée en utilisant la relation suivante :

$$T_{arrosage} = \frac{D_{brute}}{P_{asp}} \quad \text{VI.9}$$

$$T_{\text{arrosage}} = \frac{51}{6,57} = 7,8 \text{ heures} \approx \text{on prend un temps d'arrosage de } \mathbf{8 \text{ heures.}}$$

Par conséquent, on adopte 2 postes par jour pour chaque asperseur.

VI.1.6 Dimensionnement hydraulique de la rampe

VI.1.6.1 La longueur de la rampe

On calcule la longueur de la rampe en utilisant la relation suivante :

$$L_r = \text{Largeur du terrain} - \frac{E_a}{2} \quad \mathbf{VI.10}$$

$$L_r = 90 - \frac{12}{2} = 84\text{m.}$$

VI.1.6.2 Nombre des asperseurs par rampe

Nombre des asperseurs par rampe est le rapport entre la longueur de la rampe et l'écartement entre asperseurs :

$$N_{\text{asp/rampe}} = \frac{L_r}{E_a} \quad \mathbf{VI.11}$$

$$N_{\text{asp/rampe}} = \frac{84}{12} = 7.$$

Donc on a 7 asperseurs.

Le nombre des rampes : on travaille avec une seule (1) rampe.

VI.1.6.3 Débit de la rampe

Le débit de la rampe est calculé comme suit :

$$Q_r = q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp/rampe}} \quad \mathbf{VI.12}$$

$$Q_r = 1,42 \times 7 = 9,94 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0028 \text{ m}^3/\text{s.}$$

VI.1.6.4 Diamètre de la rampe

Le diamètre de la rampe est calculé en utilisant la formule suivante :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \quad \mathbf{VI.13}$$

Avec :

- V : La vitesse admissible = 1,5 m/s.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0,0028}{\pi \times 1,5}} = 0,048\text{m} = 48\text{mm}$$

On prend un diamètre normalisé de **50mm**.

VI.1.7 Dimensionnement hydraulique de la porte rampe

On calcule la longueur de la rampe en utilisant la relation suivante :

$$L_{pr} = \text{Longueur du terrain} - \frac{E_l}{2} \quad \mathbf{VI.14}$$

$$L_{pr} = 125 - \frac{18}{2} = 116\text{m.}$$

VI.1.7.1 Débit de la porte rampe

Le débit du porte rampe est calculé avec la relation suivante :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_{rampe} \quad \text{VI.15}$$

$$Q_{pr} = 0,0028 \times 1 = 0,0028 \text{ m}^3/\text{s.}$$

VI.1.7.2 Diamètre de la porte rampe

Le diamètre de la rampe est calculé en utilisant la formule suivante :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \quad \text{VI.16}$$

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0,0028}{\pi \times 1,5}} = \text{On prend un diamètre normalisé de 63mm.}$$

VI.1.8 Vérification des pertes de charge de la rampe et porte rampe

On utilise la formule de Hazen-Williams pour calculer les pertes de charge linéaires dans les conduites :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_{hw}}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{VI.17}$$

Avec :

- L : La longueur de la conduite.
- Q : débit (m³/s).
- D : Diamètre intérieur de la canalisation (m).
- C_w = 140.

Après calcul des pertes de charge, on voit qu'un diamètre de 63 mm ne permet pas de respecter la règle de Christiansen, on prend donc un diamètre de la porte rampe de **75mm**. Les pertes de charge sont de $\Delta H_{pr} = 0,2\text{m}$.

Le tableau récapitulatif du réseau d'irrigation par aspersion est présenté comme suit :

Tableau VI.1 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion.

Conduites	La rampe	Porte rampe	Conduite tertiaire
Longueur (m)	90	116	10
Diamètre (mm)	50	75	75
Débit (m ³ /s)	0,0028	0,0028	0,0028
Pertes de charge (m)	4.2	0.2	0,07

D'après le tableau, on voit que les pertes de charge totales sont de 5.0m, en plus de la pression de service de 3 bars, on conclut soit 18.5% perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée. Donc l'installation du réseau d'aspersion est conforme.

VI.2 Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte

Le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte dépend de plusieurs facteurs tels que la superficie à irriguer, le débit d'eau disponible, la distance entre les goutteurs...etc.

VI.2.1 Choix de culture

Nous avons choisi l'oranger comme culture pour dimensionner le réseau d'irrigation goutte à goutte. L'oranger a besoin d'eau tout au long de l'année, avec un besoin maximum de 155,28 mm/mois en Juillet. L'espacement des arbres de 4 x 4 m² et un espacement de 1,5 m entre les goutteurs.

VI.2.2 Choix de la parcelle

- Surface : 1,4 ha.
- Longueur : 118m.
- Largeur : 88m.

Notre culture est irriguée par un réseau goutte à goutte qui a les caractéristiques suivantes :

- Le nombre de goutteurs par arbre : 2 par arbre
- L'espacement entre les goutteurs : 1,5.m
- Débit des goutteurs : 4 l/h.

VI.2.3 Calcul de l'évapotranspiration corrigée

Dans le cas du goutte à goutte, on doit réduire l'évapotranspiration maximale, car en irrigue seulement la zone proche des racines.

L'Évapotranspiration Modifiée ETM_r est calculée comme :

$$ETM_r = ETM \times K_r \quad \text{VI.18}$$

La valeur de K_r est influencée par le taux de couverture du sol et peut être calculé à l'aide de différentes formules, qui sont :

➤ KELLER et KARMELI : $K_r = \frac{Cs}{0,85}$.

➤ La formule de Decroix (CTGREF) : $K_r = 0.1 + Cs$.

➤ La formule de Freeman et Garzoli : $K_r = Cs + 0.5 (1-Cs)$.

Cs : Taux de couverture des arbres = 60%, donc :

$K_r = 0.7$ Selon Keller et Karmeli et Decroix.

$$ETM_r = 0.7 \times ETM = 0.7 \times \frac{155}{30} = 3,6 \text{ mm/j.}$$

VI.2.4 Calcul de la dose d'irrigation corrigée

$$D_{pc} = RFU \times P = \left(\frac{H_{cc} - H_{pf}}{100} \right) \times Z \times da \times y \times P \quad \text{VI.19}$$

Avec :

- Hcc : Humidité a la capacité au champ, Hcc = 27%.
- Hpf : Humidité au point de flétrissement, Hpf = 15%.
- Y : Degré d'extraction de l'eau du sol, $Y = \frac{2}{3}$.
- Z : P rofondeur d'enracinement, Z = 1500mm.
- Da : La densité apparente du sol, Da = 1.3.
- P : Pourcentage du sol humidifié.

$$P = \frac{n \times S_{dg} \times S_h}{S_a \times S_r} \quad \text{VI.20}$$

Avec :

- n : Nombre de point de goutteurs par arbre = 2.
- Sdg : Distance entre deux goutteurs voisins du même arbre = 1.5m.
- Sh : Largeur de la bande humidifiée = 1m.
- Sr : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.
- Sa : Espacement des arbres sur les rangs = 4m.

$$P\% = 0,2 = 20\%$$

$$D_{pc} = \left(\frac{27-15}{100} \right) \times 1500 \times 1,4 \times \frac{2}{3} \times 0.2 = 33,62\text{mm.}$$

VI.2.5 Paramètres d'arrosage

VI.2.5.1 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)

L'intervalle entre deux d'arrosage (tour d'eau) est donné par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose cor}}{ETM_c} \quad \text{VI.21}$$

Fr = 9,29. Donc on prend un tour = 8 jours.

VI.2.5.2 La dose réelle

La dose réelle est donnée par la formule suivante :

$$D_{réelle} = Fr \times ETM_c \quad \text{VI.22}$$

$$D_{réelle} = 8 \times 3,6 = 28,93\text{mm.}$$

VI.2.5.3 Calcul de la dose brute

La dose brute est donnée par la formule suivante :

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_r}{C_u \times \text{eff}} \quad \text{VI.23}$$

Avec :

- Eff : Efficacité du réseau d'irrigation = 90%.
- Cu : Coefficient d'uniformité = 90%.

$$D_{\text{brute}} = \frac{28,93}{0,9 \times 0,9} = 35,72 \text{mm.}$$

VI.2.5.4 Durée de fonctionnement ou Temps d'arrosage

Le temps d'arrosage se calcul par la formule suivante :

$$\theta = T_f = \frac{D_b \times S_d g \times S_r}{n \times Q_g} \quad \text{VI.24}$$

Avec :

- Sr : Espacement entre les rangs.
- Sd : Espacement entre les distributeurs.
- n : Nombre des goutteurs.
- Qg : Débit des goutteurs = 4 l/h.

$$T_f = \frac{35,72 \times 1,5 \times 4}{2 \times 4} = 26 \text{ heures/jours}$$

VI.2.6 Calculs hydrauliques**VI.2.6.1 Condition de Christensen**

Selon la condition de Christiansen, la variation maximale du débit entre goutteurs ne doit pas dépasser 10%.

$$\frac{\nabla q}{q} = 10\% \quad \text{VI.25}$$

Avec :

- Δq : Variation du débit entre goutteurs.
- q : Débit des goutteurs.

ΔH singulières totale = 10% ΔH_{max} = 0,2 m. et ΔH linéaire totale = 1,8 m

Pour les rampes : ∇H_{lr} = $\frac{2}{3} \times 1,8 = 1,2\text{m}$. Pour le porte rampe on a : ∇H_{lpr} = $\frac{1}{3} \times 1,8 = 0,6\text{m}$.

On a :

- La longueur de la rampe = 120m. et la longueur du porte-rampe = 90m.

VI.2.6.2 Nombre des arbres par rampe

Pour calculer le nombre des arbres par rampe on utilise la formule suivante :

$$\mathbf{Nbr\ arbre/rampe = \frac{L_{rampe}}{E_r} \quad \mathbf{VI.26}}$$

$$\text{Nbr arbre/rampe} = \frac{88}{4} = 22 \text{ arbres.}$$

On trouve 22 arbres par rampes.

VI.2.6.3 Nombre des goutteurs par rampe

Pour calculer le nombre des goutteurs par rampe on utilise la formule suivante :

$$\mathbf{Nbr\ goutteur/rampe = 2 \times Nbr\ arbre/rampe \quad \mathbf{VI.27}}$$

$$\text{Nbr goutteur/rampe} = 2 \times 22 = 44 \text{ goutteurs.}$$

VI.2.6.4 Nombre des rampes

Pour calculer le nombre des rampes on utilise la formule suivante :

$$\mathbf{N_{rampe} = \frac{L_{rampe}}{E_r} \quad \mathbf{VI.28}}$$

Notre parcelle contient 22 rampes.

VI.2.6.5 Les débits

Les débits de la rampe et la porte rampe sont calculés comme suit :

$$\mathbf{Q_r = Q_g \times N_{g/rampe} \quad \mathbf{VI.29}}$$

$$\mathbf{Q_{pr} = Q_r \times N_{rampe} \quad \mathbf{VI.30}}$$

Avec :

- Q_r : Débit de la rampe (l/h).
- Q_{pr} : Débit du porte rampe (l/h).
- Q_g : Débit du goutteur (l/h).
- N_r : Nombre de rampe.
- $N_{g/rampe}$: Nombre de goutteur.

$$Q_r = 4 \times 44 = 176 \text{ l/h} = 4,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q_{pr} = 176 \times 22 = 3872 \text{ l/h} = 0,0012 \text{ m}^3/\text{s.}$$

VI.2.6.6 Diamètres de rampe et la porte rampe

D'après la formule de perte de charge de Hazen-Williams, les formules des diamètres sont :

$$\mathbf{D_r = \left[\frac{P_{dc}(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{-1/4.75} \quad \mathbf{VI.31}}$$

$$\mathbf{D_{pr} = \left[\frac{P_{dc}(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right]^{-1/4.75} \quad \mathbf{VI.32}}$$

Avec :

- $P_{dc}(r)$: La perte de charge dans la rampe.
- $Q(r)$: Le débit de la rampe en l/h.
- $L(r)$: La longueur de la rampe en m.
- \varnothing_r : Diamètre de la rampe.
- \varnothing_{pr} : Diamètre de la porte rampe.

On trouve un diamètre de 11.51 mm, donc un diamètre nominal de 16mm pour les rampes (PEBD), et un $D_{pr} = 44,13\text{mm}$, qu'on normalise à 63 mm pour le porte rampe.

VI.2.6.7 Vérification des pertes de charge

La formule de Hazen-Williams pour calculer les pertes de charge est la suivante :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{VI.33}$$

Avec :

- L : La longueur de la conduite.
- Q : Débit (m³/s).
- D : Diamètre intérieur de la canalisation (m).

$\Delta H_r = 0,57\text{m} < 1,2\text{m}$. Et $\Delta H_{pr} = 0,29\text{m} < 0,6\text{m}$. 0,8

La condition est vérifiée pour les deux cas.

VI.3 Dimensionnement de la conduite tertiaire

Le dimensionnement de la conduite tertiaire est calculé comme suit :

$$D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{ct}}{\pi \times V_{adm}}} \quad \text{VI.34}$$

Avec :

- Q_{ct} : Débit de la conduite tertiaire en m³/s.
- V_{adm} : Vitesse admissible = 1,5 m/s.

$D_{ct} = 45\text{mm}$, on le normalise à 50mm.

Les calculs des différents diamètres avec les pertes de charges sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 : Récapitulatif de réseau d'irrigation goutte à goutte.

Conduites	La rampe	Porte-rampe	Conduite tertiaire
Longueur (m)	120	90	10
Diamètre (mm)	16	63	50
Débit (m ³ /s)	$6,6 \times 10^{-5}$	0,002	0,002
Pertes de charge (m)	0.6	0.3	0,078

$$\Delta H_t = 0,6 + 0,62 + 0,078 = 0,95\text{m}$$

La pression est largement suffisante pour alimenter les goutteurs et assurer leur bon fonctionnement du réseau goutte à goutte.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation à savoir l'aspersion appliqué à la culture de la pomme de terre, et le goutte à goutte pour l'oranger, la conception du système hydraulique est minutieusement étudiée afin de garantir une distribution précise de l'eau tout en réduisant au minimum les pertes de charge.

Après les différents calculs, nous avons obtenu un espacement des arroseurs par aspersion de 18x12m, les diamètres sont de 50mm et 75mm pour les rampes et les portes respectivement.

Pour le système goutte à goutte, nous avons dimensionné une installation pour les orangers, les diamètres sont de 16mm et 63mm pour les rampes et les portes respectivement, avec un espacement de 4x4m entre rangs et arbres.

L'objectif de ces deux méthodes est d'améliorer l'irrigation de nos cultures, assurant ainsi une utilisation plus efficace des ressources en eau sur le terrain.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left side and rounded corners. The text is centered within this border.

Chapitre VII :

Calcul technico-économique

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction

Le calcul technico-économique est un processus essentiel dans la gestion de projets, notamment en ingénierie hydraulique. Il consiste à évaluer les coûts, les bénéfices et les risques associés à un projet afin de prendre des décisions éclairées. Il inclut l'analyse des coûts de construction, de maintenance, des coûts opérationnels, ainsi que des bénéfices attendus.

Ce chapitre vise à estimer les coûts de réalisation de l'aménagement du périmètre du moyen Cheliff.

Pour la réalisation de notre projet d'irrigation, nous avons divisé les travaux à entreprendre en trois différents lots :

L'aménagement de notre périmètre nécessite la réalisation de trois (3) lots :

Lot 1 : Travaux d'adduction et de distribution

Lot 2 : Réalisation d'un réservoir

Lot 3 : Réalisation d'une station de pompage

VII.1 Réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution

La réalisation d'un réseau d'adduction et de distribution d'eau comprend plusieurs phases essentielles, qui a pour but d'assurer une installation adéquate tout en minimisant les conséquences sur l'environnement et en garantissant la sécurité. Les étapes sont :

VII.1.1 Excavation de la tranchée : L'excavation des tranchées consiste à creuser des tranchées pour installer les canalisations. Cette phase nécessite une planification précise pour garantir la profondeur, la largeur et la pente appropriées des tranchées, tout en assurant la sécurité des travailleurs et la protection de l'environnement. On effectue cette étape à l'aide d'une pelle hydraulique et on dépose les déblais à proximité de la tranchée. Le bardage des conduites est réservé de l'autre côté de la tranchée.

VII.1.2 Pose du lit de sable : Ce lit de sable est généralement placé au fond des tranchées avant la pose des canalisations. Il a pour rôle principal d'assurer une base stable et uniforme pour les canalisations, tout en protégeant les canalisations des dommages éventuels dus aux mouvements du sol. Le lit de sable contribue ainsi à garantir la durabilité et la performance du réseau hydraulique. Dans notre cas, ce lit de sable a une épaisseur de 14 cm.

VII.1.3 Installation des conduites : Après avoir réalisé le lit de sable, et avant de descendre dans la fouille les conduites, une sélection est réalisée afin d'éliminer celles qui ont

subi des chocs. Par la suite, les conduites sont progressivement descendues dans le fond de la fouille à l'aide d'un appareil de levage.

Ensuite, les conduites sont installées dans les tranchées, comme il faut s'assurer que les conduites sont correctement positionnées, connectées et protégées pour assurer un fonctionnement optimal du réseau hydraulique.

VII.1.4 Essai de pression et de joints : Une fois les conduites installées, il est essentiel de réaliser des essais de pression et de joints pour garantir l'intégrité du système hydraulique. Les essais de pression permettent de vérifier la résistance des conduites et des raccords en soumettant le réseau à une pression d'eau spécifique (1,8 fois la pression de service attendu) pendant une période déterminée (environ 30 minutes). Les essais de joints sont réalisés pour s'assurer de l'étanchéité des connexions entre les différentes sections de conduites. Ces tests sont cruciaux pour identifier et corriger toute fuite potentielle avant la mise en service du réseau.

VII.1.5 Remblayage de la tranchée : Après avoir réalisé les essais de pression et de joints, on procède au remblayage de la tranchée. Cette étape consiste à remplir la tranchée avec le matériau approprié (les déblais résultant de l'excavation).

VII.1.6 Nivellement et compactage : Après le remblayage de la tranchée, il est essentiel de procéder au nivellement et au compactage du sol. Le nivellement consiste à s'assurer que la surface du sol est uniforme et plane, tandis que le compactage vise à comprimer le sol de manière à réduire les vides et à augmenter sa densité. Un nivellement et un compactage corrects sont cruciaux pour assurer la stabilité des conduites, prévenir les affaissements du sol et garantir un fonctionnement optimal du réseau hydraulique.

VII.2 Calcul des Volumes de terrassement

Ce calcul est crucial pour planifier les travaux, estimer les ressources nécessaires et évaluer les coûts associés à cette phase du projet.

VII.2.1 Dimensions des tranchées

La largeur de la tranchée sera déterminée en fonction du diamètre de la conduite, et elle est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{B = D + 0.6} \quad \mathbf{VII.1}$$

- D : Diamètre de la conduite (m).

VII.2.1.2 Profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit être choisie pour faciliter la réalisation correcte du raccordement spécifique tout en évitant toute interférence avec d'autres conduites. La profondeur de la tranchée est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$H_{tr} = e + D + h \quad \text{VII.2}$$

Avec :

- e : Hauteur du lit de pose = 0,1 à 0,2m.
- D : Diamètre de la conduite (m).
- h : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite = 0,8m.

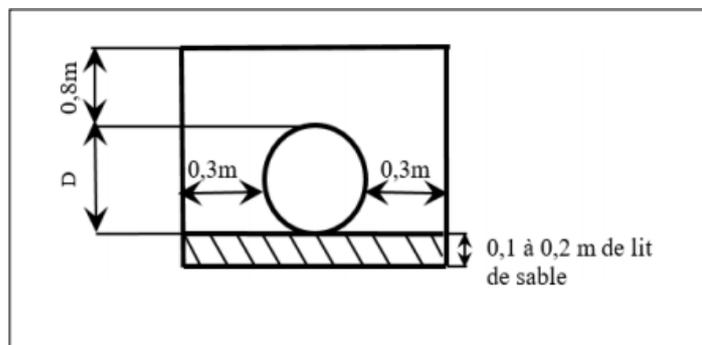


Figure VII.1 : Profil à travers d'une tranchée.

VII.2.1.3 Section de la tranchée

La section du tranché est calculée par la formule suivante :

$$Str = H_{tr} \times B \quad \text{VII.3}$$

Avec :

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

VII.2.1.4 Calcul des volumes des tranchées

Le volume d'une tranchée est calculé par la formule suivante :

$$V_{tr} = Str \times L \quad \text{VII.4}$$

Avec :

- Str : La section de la tranchée (m²).
- L : Longueur de la tranchée (m).

Tableau VII.1 : Le calcul des dimensions de différents diamètres.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Section (m ²)	Volume (m ³)
63	230	0,663	1,013	0,67	154,47
75	415	0,675	1,025	0,69	287,13
90	389	0,69	1,04	0,72	279,15
110	510	0,71	1,06	0,75	383,83
160	412	0,76	1,11	0,84	347,56
200	510	0,8	1,15	0,92	469,20
250	860	0,85	1,2	1,02	877,20
315	798	0,915	1,265	1,16	923,67
400	1150	1	1,35	1,35	1552,50
500	15157,6	1,1	1,45	1,60	24176,37

VII.2.2 Calcul des volumes de terrassement

Le volume de terrassement est nécessaire pour planifier les travaux de manière efficace et pour estimer les ressources nécessaires pour mener à bien le projet.

VII.2.2.1 Volume des déblais

Le volume de déblai correspond à la quantité de sol excavée lors de la réalisation d'une tranchée. Il est donné par la formule suivante :

$$V_{\text{déblai}} = B \times \text{Htr} \times L \quad \text{VII.5}$$

Avec :

- B : Largeur de tronçon (m).
- Htr : Profondeur de tronçon (m).
- L : Longueur de tronçon (m).

VII.2.2.2 Volume de lit de sable

Ce volume assure une bonne installation des canalisations en fournissant un support adéquat, le volume total du sable nécessaire est calculé comme suit :

$$V_{\text{ls}} = e \times B \times L \quad \text{VII.6}$$

Avec :

- e : épaisseur de la couche de lit de sable = 0.15m.
- B : Largeur de tronçon (m).
- L : Longueur de tronçon (m).

VII.2.2.3 Volume occupé par la conduite

Le volume occupé par la conduite est donné par la formule suivante :

$$V_{\text{con}} = S_{\text{con}} \times L = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L \quad \text{VII.7}$$

Avec :

- S_{con} : Section de la conduite(m).
- L : Longueur de tronçon (m).
- D : Diamètre extérieur de la conduite(m).

VII.2.2.4 Volume des remblais

Le remblai est la quantité de terre nécessaire pour remplir une tranchée et la ramener à son niveau initial. Ce volume est donné par la formule suivante :

$$V_{\text{rem}} = V_{\text{déblai}} - (V_{\text{ls}} + V_{\text{con}}) \quad \text{VII.8}$$

Avec :

- $V_{\text{déblai}}$: Volume de déblai (m^3).
- V_{ls} : Volume de lit de sable (m^3).
- V_{con} : Volume occupé par la conduite (m^3).

Tableau VII.2 : Le calcul des volumes de terrassement.

Diamètre (mm)	Volume_{déblai} (m³)	Volume_{lit de sable}	Volume_{conduite}	Volume_{remblai}
63	154,47	22,87	0,56	131,04
75	287,13	42,02	1,44	243,67
90	279,15	40,26	1,94	236,94
110	383,83	54,32	3,81	325,70
160	347,56	46,97	6,51	294,09
200	469,20	61,20	12,58	375,42
250	877,20	109,65	33,16	734,39
315	923,67	109,53	48,84	765,30
400	1552,50	172,50	113,50	1266,50
500	24176,37	2501	2337,49	19337,88

VII.3 Calcul de coût de projet

Les prix des différents remblais, déblais et sables sont estimés comme suit :

- ✦ Le prix du mètre cube de déblais est de 310 DA.
- ✦ Le prix du mètre cube de remblai est de 480DA
- ✦ Le prix du mètre cube de lit de sable est de 2550 DA.

VII.3.1 Coût du réseau d'adduction et de distribution

Le réseau d'adduction débute par une conduite de refoulement et d'une conduite principale de longueur de 13371m.

Le coût du réseau de distribution est l'ensemble des conduites en PEHD mesurant entre 63 mm et 500mm, ainsi que les bornes de distribution des eaux d'irrigation.

Tableau VII.3 : Estimation de coût de réseau d'adduction et de distribution.

Diamètre (mm)	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
63	Ml	200	245	46660,0
75	mL	230	289	95746,7
90	mL	400	490,8	163924,0
110	mL	510	778,6	274176,0
160	mL	1300	1730,6	563121,0
200	mL	510	3190,2	1627002,0
250	mL	860	4580,2	3938972,0
315	mL	798	9600	7660800,0
400	mL	1150	7500	8682750,0
500	mL	15157,6	7800	118229 280,00
Total				141714165,0
TVA 19%				26925691,4
Montant TTC				168 639 856,37

Tableau VII.4 : Estimation de coût des travaux de terrassement.

Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
Déblai	m ³	29581,36	310	9170221,65
Lit de sable	m ³	3177,14	2550	8101714,465
Remblai	m ³	23840,09	480	11443243,1
Total				28715179,21
TVA 19%				5455884,051
Montant TTC				34171063,26

Tableau VII.5 : Estimation du coût des pièces spéciales.

Pièce	Quantité	Prix unitaire	Montant
Borne A2	9	10400	93600,0
Borne A4	8	15600	124800,0
Té	15	970	14550,0
Vanne	6	10600	63600,0
Vanne sectionnement	2	18500	37000,0
Coude 45°	1	890	890,0
Coude 90°	7	987	6909,0
Total			341349
TVA 19%			64856,3
Montant TTC			406 205,31

VII.3.2 Coût de la station de pompage

Le calcul de la station de pompage est essentiel pour évaluer les investissements nécessaires pour mettre en place une station de pompage efficace.

Tableau VII.6 : Estimation de coût de la station de pompage.

Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
Bâtiment	Forfait	1	100000	100000
3 pompes	Unité	3	600 000	1800000
Armoire électrique	Unité	1	100000	100000
Loge gardien	Forfait	1	80000	80000
Aménagement extérieur	Forfait	1	50000	50000
Total				2130000
TVA 19%				404700,0
Montant TTC				2 534 700,00

VII.3.3 Coût total de projet

Le coût total du projet est la somme des différents prix calculés précédemment.

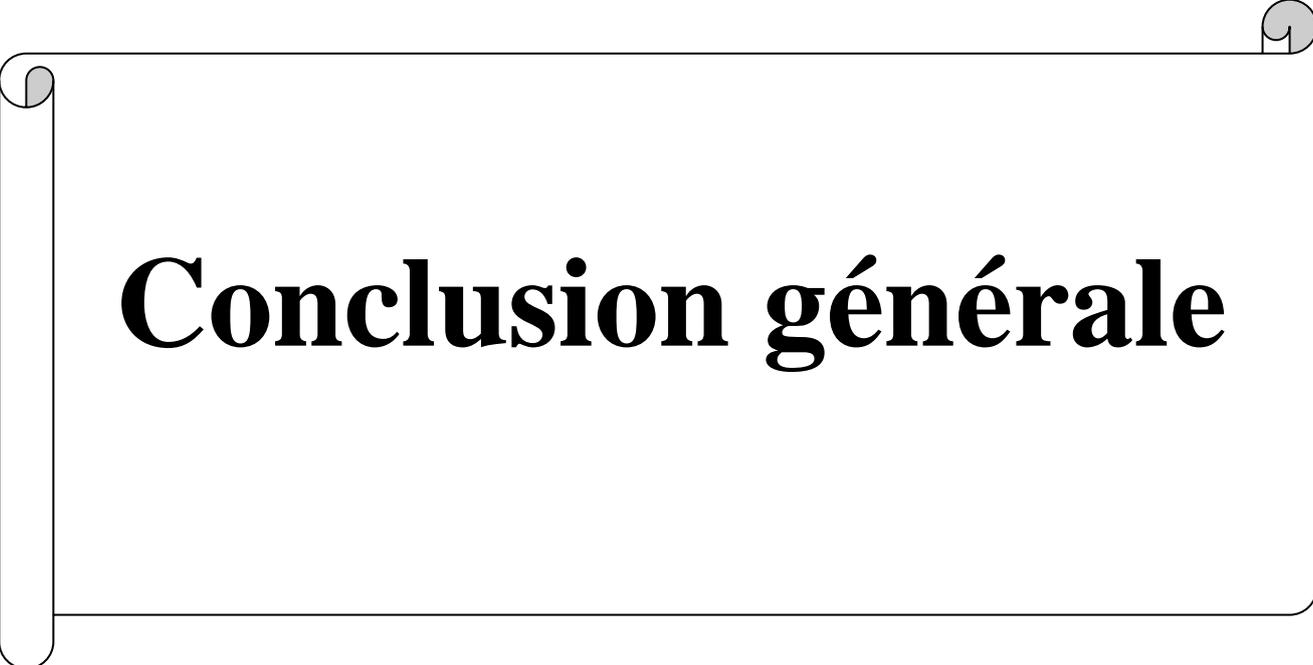
Tableau VII.7 : Coût total du projet.

Désignation de travaux	Montant TTC(DA)
Travaux de terrassement	34 171 063,3
Réseaux adduction/distribution	168 639 856,4
Pièces spéciales	454 603,8
Station de pompage	2 534 700,0
Total TTC	205 800 223,4

Conclusion

La planification d'un chantier est essentielle pour la réalisation d'un réseau d'irrigation. Son objectif principal est de réaliser plusieurs objectifs essentiels : la diminution des dépenses, la réduction de la consommation d'énergie, l'optimisation du temps nécessaire à la réalisation des tâches, et l'amélioration globale de l'efficacité du travail réalisé.

Au cours de ce chapitre, nous avons analysé les dépenses liées à chaque élément utilisé dans notre recherche. Les coûts associés aux volumes de sable, de déblai et de remblai ont été évalués en premier lieu, puis nous avons pris en compte les coûts de toutes les conduites utilisées, le coût de réservoir de stockage et de la station de pompage jusqu'au coût total du projet. Nous avons évalué le coût global du projet, qui s'élève à 205 800 223,4DA.



Conclusion générale

Conclusion générale

L'aménagement hydro-agricole d'un périmètre est une opération nécessitant plusieurs études sur le plan climatologique, agronomique, hydraulique et technico-économique.

À la fin de cette étude menée dans le périmètre de l'Oued Sly, dont l'objectif principal était de répondre aux besoins en eau des cultures établis, il a été observé que la région présente un climat semi-aride, ce qui rend souvent nécessaire l'irrigation en raison de l'insuffisance des précipitations et avec un sol du type limono-argileux.

Pour la variante d'aménagement, nous avons projeté un réseau d'adduction à partir de la conduite provenant du barrage d'Oum Drou, puis vers le réservoir RSPE, où une conduite de refoulement a été projeté vers tout le secteur E du moyen Cheliff oued Sly, ce qui a permis de mettre en charge tout le réseau d'adduction et d'obtenir des pressions adéquates au niveau des bornes jusqu'aux parcelles.

Pour le choix de la méthode d'irrigation, il est projeté en fonction des cultures, telles que l'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et le goutte-à-goutte pour l'arboriculture et le maraîchage. L'importance de cette étude est essentielle pour accroître les rendements agricoles.

Afin de satisfaire aux exigences techniques et économiques, nous avons réalisé une étude technico-économique. Le coût estimé de cette étude est de 226 566 292,2 DA (Dinars Algériens).

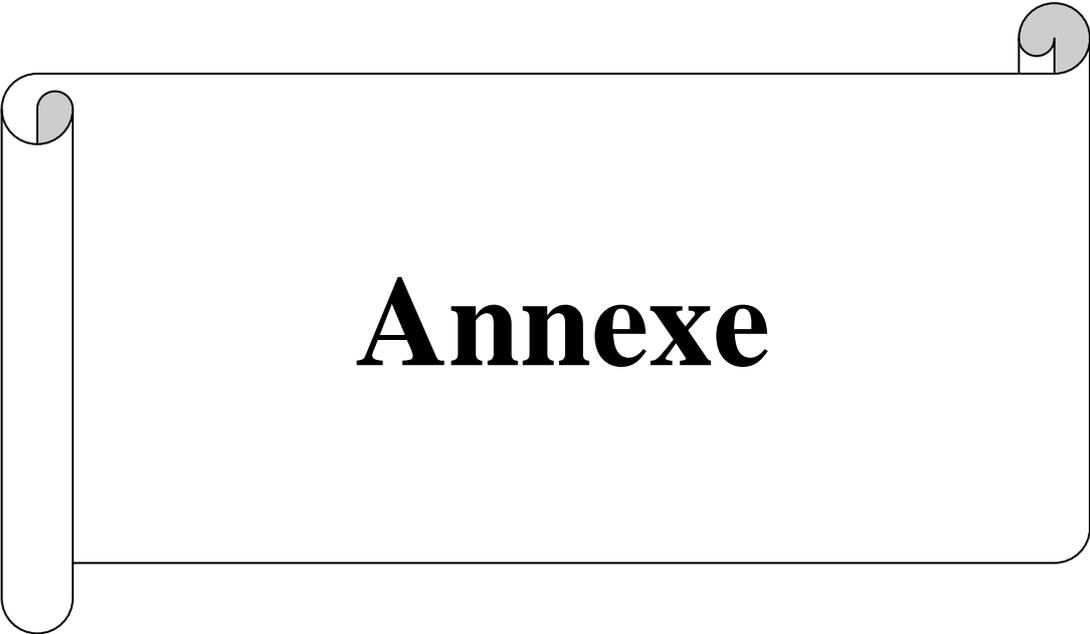
Ce cout relativement élevé due à la longueur des conduites de refoulement et d'adduction, peut être rentabilisé à moyen et à long terme.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ✦ Monographie de la wilaya de Chlef (2018)
- ✦ FAO 1975. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24.
- ✦ Mathieu C, P.Audoye, J.Chossat Bases techniques de l'irrigation par aspersion, Editions Lavoisier France, 2007.
- ✦ Ollier Ch. Poirée m. (1983). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. Paris.455p.
- ✦ Tiercelin, (1998) traité d'irrigation, Lavoisier tec et doc. Paris 1011p.
- ✦ Touaibia 2004 : Manuel d'hydrologie, édition ENSH Blida.



Annexe

Annexe

Annexe I : Précipitation moyenne mensuelles de l'ANRH (1996- 2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	annuel
1996	41,8	20,2	5,1	31,2	65,4	3,5	0	140	16	0,4	7,1	19,8	350,5
1997	32,3	46,1	114,7	29,8	10,1	17,6	5,1	51,9	86,6	0,8	0	1,4	396,4
1998	15,3	15,2	13,1	17,9	60,7	66	70,9	6	6,1	0	0	0	271,2
1999	29,2	14,3	48,7	95,5	2,5	0	22,9	10,3	5,7	0	0	0	229,1
2000	30,3	83,4	68	68,4	56,9	13,5	3,8	32,9	11,5	0	0	0	368,7
2001	16,3	3,4	99,6	32,7	15,2	5,2	33,7	34,3	27,2	0	0	8,2	275,8
2002	0	17,9	60,8	37,7	69,8	57,1	12,5	42,4	42,6	1	0	5,2	347
2003	0	25,3	66,5	49,4	25	46,9	13,2	14,1	97,4	4,3	0	0	342,1
2004	0	37,6	24,8	63,3	17	79,4	27,3	1,5	1	0	0	0,3	252,2
2005	21	36	61,4	54,4	35,5	69,4	15,5	5,2	71,7	7	0,5	1,2	378,8
2006	17,4	0	0	88,2	27,3	60,8	49,2	66,6	34,2	0	0	0	343,7
2007	39,8	31,7	40,7	16,6	21	31,8	34,8	12,6	53,6	11,7	7,3	0	301,6
2008	9,1	35,6	46,2	64,4	61,2	21	51,9	74,4	15,3	2	0	2	383,1
2009	48,1	34,5	47,3	55,6	59,5	103,8	70,2	19,9	12,1	1,3	0	39,8	492,1
2010	22,3	45,1	81,9	27,5	102,5	55,2	21,1	54,1	74,5	22	0,8	0	507
2011	8,4	25,3	73,1	18,3	24,3	96,9	26,3	123,8	7,1	0	0	0	403,5
2012	0	46,8	102,1	7,4	56,3	10,9	72,8	60,6	40	0	1,5	1,3	399,7
2013	17,3	12	44,5	43	45,7	42,7	49,8	3,6	8,7	22	0	0	289,3
2014	45,5	25,2	41,2	40	40,3	81,7	32,5	0	4,6	0	0	4,2	315,2
2015	10,2	16,4	40,6	0	35,5	71,4	102,2	26,4	16,2	0	0	0	318,9
2016	2,5	0	51,1	53	148,5	5,5	30,8	0	3,1	9	0	0	303,5
2017	16	67,4	56,6	63	37,4	65,2	100,3	83,7	25,2	50,5	0	0	565,3
2018	41	35	76,5	19,3	51,7	8,6	32,3	31,5	3	0	1,5	0	300,4
2019	23,5	1,8	72,1	43,7	35,3	0	55	80,4	5,3	0	0	0	317,1
2020	4,5	11,7	16,5	69,9	50,5	8,5	49,7	37,6	16,6	4,8	0	0	270,3
2021	12,2	2,5	165,1	26	4,9	15,4	94,1	69,5	26,4	1,6	0	0	417,7
2022	5,4	14,4	29,1	29,2	62,5	31,3	0,8	0	51,1	30,4	0	0	254,2
Moyenne	18,9	26,1	57,3	42,4	45,3	39,6	39,9	40,1	28,3	6,3	0,7	3,1	347,9

Annexe II : Tableau de calcul de Khi carré théorique.

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

Annexe III : Coefficients culturaux (Kc).

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

Annexe IV : Suite des tableaux des besoins en eau des cultures.

Tableau I : Besoins en eau de pomme de terre S.

mois	Et0	P80	Peff	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet
Sep	147,38	15,7	10,99					0	0
Oct	95,83	21,7	15,19					0	0
Nov	55,81	47,7	33,39					0	0
Déc	42,23	35,3	24,71					0	0
Jan	37,09	37,7	26,39					0	0
Fév	53,21	32,9	23,03	0,20	22,51	0,00	0,50	26,605	-6,295
Mars	90,58	33,2	23,24	0,50	56,28	7,50	0,70	63,406	22,702
Avril	117,88	33,4	23,38	0,50	56,28	18,76	1,00	117,88	65,72
Mai	157,58	23,5	16,45	0,50	56,28	18,76	0,75	118,185	75,925
Juin	191,72	5,2	3,64					0	0
Juillet	207,84	0,6	0,42					0	0
Août	194,16	2,6	1,82					0	0

Tableau II : Besoins en eau de pomme de l'oignon vert.

mois	Et0	P80	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	KC	ETM	Bnet
Sep	147,38	15,7	10,99						
Oct	95,83	21,7	15,19						
Nov	55,81	47,7	33,39						
Déc	42,23	35,3	24,71	0,40	45,02	15,01	0,50	21,115	0
Jan	37,09	37,7	26,39	0,40	45,02	15,01	0,90	33,381	0
Fév	53,21	32,9	23,03	0,40	45,02	15,01	1,00	53,21	5,302
Mars	90,58	33,2	23,24	0,40	45,02	15,01	0,90	81,522	33,314
Avril	117,88	33,4	23,38						
Mai	157,58	23,5	16,45						
Juin	191,72	5,2	3,64						
Juillet	207,84	0	0						
Août	194,16	0	0						

Tableau III : Besoins en eau de pomme de l'orge en vert.

mois	Eto	P80	Peff (mm)	Z (m)	RFU Theo	RSI-1	Kc	ETM	B
Sep	147,38	15,7	10,99						
Oct	95,83	21,7	15,19						
Nov	55,81	47,7	33,39	0,40	45,02	0,00	0,30	16,7	
Déc	42,23	35,3	24,71	0,50	56,28	15,01	0,30	12,7	
Jan	37,09	37,7	26,39	0,50	56,28	18,76	0,50	18,5	
Fév	53,21	32,9	23,03	0,60	67,54	18,76	0,50	26,6	
Mars	90,58	33,2	23,24	0,60	67,54	22,51	1,00	90,6	44,8
Avril	117,88	33,4	23,38	0,60	67,54	22,51	1,15	135,6	89,7
Mai	157,58	23,5	16,45	0,60	67,54	0,00	0,90	141,8	125,4
Juin	191,72	5,2	3,64						
Juillet	207,84	0,6	0,42						
Août	194,16	2,6	1,82						

Annexe V : Fiche technique de la pompe.



PM 150/ 2 B	
Caractéristiques requises	
Débit	168 l/s
Hauteur de refoulement	53 m
Fluide	Eau, claire
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2
Caractéristiques de la pompe	
Débit	83,5 l/s
Hauteur de refoulement	52,7 m
Puissance absorbée	54,5 kW
Rendement	79,4%
Hauteur manométrique H(Q=0)	71 m
Orif. de refoulement	150 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	75 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	363 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	1260 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Chemise	Fonte
Arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile
Roulements à billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

Caractéristiques de fonctionnement UN/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

- A = 2119
- B = 1741
- C = 360
- D = 351
- DNa = 200
- DNm = 150
- E = 241
- F = 300
- G = 1141
- H = 541
- I = 870
- L = 820
- M = 20
- N = 160
- O = 42
- P = 475
- Q = 845
- R = 891
- V = 370

Notes:

Date	Page	Offre n°	Pos.N°
06.06.2024	1		

PumpTutor Version 2.0 - 05.05.2008 (Build 464)

Annexe VI : La fiche technique d'un arroseur de type Perrot.

Diamètres des buses	P (bar)					P (bar) 3,0		P (bar) 4,0		P (bar) 5,0		P (bar) 6,0		P (bar) 7,0		
	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0											
mm	Portées optimales du P1					Distances entre arroseurs P1										
18x7	38,0	42,5	45,0	49,0	52,0	40x35	36x36	44x38	42x42	46x40	44x44	50x44	48x48	56x48	48x48	
20x7	42,0	45,5	48,0	52,0	54,0	44x38	42x42	46x40	44x44	50x44	48x48	56x48	48x48	58x50	51x51	
22x7	43,5	47,0	50,5	53,5	56,0	46x40	42x42	50x44	48x48	56x48	51x51	58x50	51x51	62x54	54x54	
24x7	46,5	49,0	52,5	54,5	57,0	46x40	44x44	56x48	48x48	58x50	51x51	62x54	54x54	-	-	
26x7	49,5	53,0	56,0	59,0	62,0	50x44	48x48	56x48	51x51	62x54	54x54	-	-	-	-	
28x7	51,5	55,0	58,0	62,0	65,0	56x48	51x51	58x50	54x54	-	-	-	-	-	-	
30x7	53,5	57,5	61,0	64,0	67,0	56x48	51x51	62x54	54x54	-	-	-	-	-	-	
32x7	55,0	58,5	63,0	66,0	68,5	58x50	51x51	-	-	-	-	-	-	-	-	
34x7	57,0	60,5	64,5	68,0	70,5	58x50	54x54	-	-	-	-	-	-	-	-	
	consommation d'eau					Précipitations										
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
18x7	22,98	26,54	29,67	32,50	35,11	16,5	17,8	15,9	15,1	16,2	15,4	14,8	14,2	13,1	15,3	
20x7	27,67	31,95	35,72	39,13	42,26	16,6	15,7	17,4	16,6	16,3	15,6	14,6	17,0	14,6	16,3	
22x7	32,84	37,92	42,40	46,45	50,17	17,9	18,7	17,3	16,5	15,8	16,4	16,1	17,9	15,0	17,3	
24x7	38,51	44,47	49,72	54,46	58,83	21,0	19,9	16,6	19,4	17,2	19,2	16,3	18,7	-	-	
26x7	44,67	51,58	57,67	63,18	68,24	20,4	19,4	19,2	19,9	17,3	19,8	-	-	-	-	
28x7	51,33	59,27	66,26	72,59	78,41	19,1	19,8	20,5	20,4	-	-	-	-	-	-	
30x7	58,48	67,52	75,49	82,70	89,32	21,8	22,5	20,2	23,2	-	-	-	-	-	-	
32x7	66,12	76,35	85,36	93,50	101,00	22,8	25,5	-	-	-	-	-	-	-	-	
34x7	74,25	85,74	95,86	105,01	113,42	25,7	25,5	-	-	-	-	-	-	-	-	