

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE –ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

OPTION : Irrigation et Drainage

THEME :

**ETUDE DU PERIMETRE D'OULED FADHEL ,400
ha, WILAYA DE BATNA.**

Présenté par :

M^{lle} : DOUHA Meriem

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M^{me} SAADOUNE Samra	M.C.B	Examinatrice
M^{me} MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Examinatrice
M^r KOLAIA Djaffar	Assistant	Examineur
M^r BENKACI Ali Tarik	M.C.B	Promoteur

Juin 2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille,

Ainsi qu'à tous mes amis de l'ENSH.

DOUHA Meriem

Remercîment

Avant tout, je remercie le bon Dieu qui m'a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage et de bonne volonté pendant tout mon cursus universitaire et pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon promoteur Mr BENKACI Ali Tarik pour ces conseils judicieux afin d'avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse.

Je remercie infiniment tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail, particulièrement ma mère DOUHA Kheira mon frères Nabil et mes très chers amis ZADI Asma , MESSAOUDI Imene et Nafa Izzedine.

Je remercie tout ma famille et mes amies TABTOUKIA Sarah , HANAFI Manel et MARICHE Widad.

Mes remerciements vont également à Mes enseignants et tout le personnel de l'E.N.S.H pour leurs contributions à ma formation d'ingénieur d'état en Hydraulique.

Enfin, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier notre travail.

Enfin, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin je leurs dis merci.

DOUHA Meriem

ملخص

يندرج الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة هذه، ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات الزراعية المسقية، وتحديد أبعاد شبكة تزويد وتوزيع المياه لمنطقة " أولاد فاضل"، الواقعة بإقليم ولاية باتنة، التي تقدر مساحتها بـ 400 هكتارا. وهذا بعد القيام بدراسة خصائص المنطقة كالمناخ، نوعية التربة والموارد المائية.

الغرض من هذه الدراسة هو رفع المردودية الفلاحية وذلك باستخدام تقنيات الري الاقتصادية والفعالة والتسيير الأمثل للموارد المائية.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire est l'aménagement d'un périmètre irrigué et l'étude des réseaux d'irrigation dans la commune de Ouled Fadhel, située dans la wilaya de Batna qui s'étend sur une superficie de 400 ha. Cette étude a été basée sur une analyse des caractéristiques climatiques, pédologiques, et des ressources en eau.

Le but de cette étude est d'augmenter le rendement agricole par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation et une meilleure gestion des ressources en eau.

Abstract:

The aim of our thesis is a part of the actual policy of the irrigated areas management in a way to dimension the agricultural perimeter of Ouled Fadhel , extending over an area of 400 ha ,This after, elaborating a study of climate characteristics , soil nature, and water resources.

The study targets to increase agricultural yield by applying the optimal irrigation systems and the ideal management of water resources .

Tables des matières

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des planches	
Introduction générale	1

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

I.1.Introduction :	2
I.2. Situation géographique de la wilaya de Batna :	2
I.3.Topographie :	3
I.4. Présentation du périmètre d'étude :	3
I.5. Etude géologique :	4
I.6. Géomorphologie :	4
I.7.Etude climatologique :	4
I.7.1. Choix de la station de référence :	4
I.7.2.Pluies mensuelles :	5
I.7.3.Les températures :	5
I.7.4.L'évaporation :	6
I.7.5. L'humidité relative :	6
I.7.6 Le vent :	7
I.7.7. Le Sirocco :	7
I.7.8. Durée d'insolation :	8
I.7.9.La grêle et la neige :	8
I.7.10.Calcul des indices Agro-météorologiques :	8
I.7.10.1.L'indice d'aridité de Martonne :	8

I.7.10.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger :	9
I.7.10.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :	10
I.8. Etude Socio-économique :	11
I.8.1. Argumentation du projet d'aménagement de mise valeur du périmètre:	11
I.8.1.1. Situation actuelle :	11
I.8.1.2. Situation projetée :	11
I.9. Conclusion :	12

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

II.1. Introduction :	13
II.2. Ressources en sol :	13
II.2.1. But de l'étude pédologique :	13
II.2.2. Levé pédologique :	13
II.2.3. Description et classification des sols du périmètre :	14
II.2.4. Le profil pédologique :	14
II.2.4.1. Description morphologique des profils :	14
II.2.5. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :	18
II.2.6. Détermination des aptitudes culturales des sols :	19
II.3. Ressources en eau :	20
II.3.1. Ressources en eau du périmètre :	20
II.3.2. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :	20
II.3.3. Classification des eaux pour l'irrigation :	21
II.3.3.1. Sodicité et Alcanisation :	22
II.4. Calcul de la pluie de projet :	23
II.4.1. Choix de la station :	23
II.4.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle :	24

II.4.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	25
II.4.3.1. Teste de Wilcoxon :	25
II.4.4. Ajustement statistique des pluies :	26
II.4.4.1. Ajustement à la loi Normale :	27
II.4.4.2. Ajustement à la loi log-Normale :	28
II.4.4.3. Test de validité d'un ajustement :	28
II.4.5. Détermination de l'année de calcul :	29
II.5. Conclusion :	29

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.1. Introduction :	30
III.2. Besoins en eau des cultures :	30
III.2.1. Calcul de l'évapotranspiration :	30
III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET ₀) :	30
II.2.2.1. Formule Modifiée de Penman_Monteith :	31
III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :	32
III.2.4. Les Coefficients culturaux (K _c) :	33
III.3. Besoins en eau d'irrigation :	33
III.3.1. Détermination de la pluie efficace :	34
III.3.2. Choix des cultures :	34
III.3.2.1. Cultures proposées :	34
III.3.2.2. Identification des principaux types d'assolement :	35
III.3.2.3. Avantages de la rotation des cultures :	36
III.3.3. Cycle végétatif des cultures :	36
III. 4. Calcul des besoins en eau des cultures :	37
III.4.1. Calcul du débit spécifique :	50
III.4.2. Evaluation du débit caractéristique :	50
III.4.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	51
III.5. Conclusion:	52

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1. Introduction :	54
IV .2. Alimentation en eau du périmètre :	54
IV.3. Organisation et structure du périmètre :	54
IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation :	54
IV.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :	54
IV.3.4. Choix du diamètre et du type des bornes :	55
IV.3.4.1. Secteur 1 :	56
IV.3.4.2. Secteur 2 :	57
IV.3.4.3. Récapitulation des nombres d'ilots et de borne de chaque secteur :	58
IV.4. Description de l'aménagement du périmètre :	58
IV.4.1. Choix de la variante d'aménagement :	58
IV.4.1. 1. La variante 1 :	59
IV.4.1.2. La variante 2 :	59
IV.4.1.3. Choix de la variante :	59
IV.5. Etude de système de pompage :	59
IV.5.1. Les pompes :	59
IV.5.2. Calculs hydrauliques du système d'adduction :	60
IV.5.3. Détermination de la hauteur d'élévation calculée :	60
IV.5.3.1. Hauteur manométrique totale :	60
IV.5.3.2. Calcul des pertes de charge totales :	61
IV.5.3.3. Calcul du diamètre économique :	62
IV.5.3.4. Choix des pompes et nombre des pompes :	64
IV.5.3.5. Bâtiments de la station :	66
VI.5.3.5.1. Hauteur du bâtiment :	67
IV.5.3.5.2. Longueur du bâtiment :	68
IV.5.3.5.3. Largeur du bâtiment :	68
IV.5.3.6. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :	68
IV.6. Etude du système d'adduction-distribution :	69
IV.6.1. Dimensionnement du réseau de distribution :	69
IV.6.1.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :	69
IV.6.1.2. Vitesses admissibles :	69

IV.6.1.3. Choix du matériau des conduites :.....	70
IV.6.1.4. Calcul des diamètres :.....	70
IV.6.1.5. Estimation des pertes de charge :.....	71
IV.7. Conclusion :.....	74

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

V.1.Introduction :.....	75
V.2.Choix des techniques d'irrigation :.....	75
V.3. Les différentes techniques d'arrosages :.....	75
V.3.1. Irrigation gravitaire :.....	75
V.3.1.1. L'irrigation par ruissellement :.....	76
V.3.1.2. L'arrosage par infiltration (à la raie) :.....	76
V.3.1.3. L'arrosage par submersion :.....	76
V.3.1.4. Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :.....	77
V.3.2. L'irrigation par aspersion :.....	77
V.3.2.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :.....	77
VI.3.2.2. Différentes installations à la parcelle :.....	78
VI.3.2.3. Couverture totale et couverture intégrale :.....	78
V.3.3. L'irrigation localisée (Goutte à Goutte) :.....	78
V.3.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :.....	78
V.4.Choix de la technique d'arrosage :.....	79
V.5.Conclusion :.....	80

Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte et par aspersion

VI.1. Introduction :.....	81
----------------------------------	-----------

VI.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :	81
VI.2.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :	81
VI.2.1.1. Influence du taux de couverture du sol :	81
VI.2.1.2. Dose nette pratique :	82
VI.2.1.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):	83
VI.2.1.4. Calcul de la dose (brute) :	83
VI.2.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :	83
VI.2.1.6. Durée d'arrosage effective :	83
VI.2.1.7. Nombre de poste :	83
VI.2.1.8. Surface du poste :	84
VI.2.2. Calculs hydrauliques :	84
VI.2.3. Dimensionnement des canalisations du réseau :	84
VI.2.3.1. Pour les rampes :	85
VI.2.3.2. Pour le porte rampe :	86
VI.2.3.3. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire:	87
VI.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	87
VI.3.1. Dose pratique : RFU :	88
VI.3.2. Le diamètre de l'ajutage :	88
VI.3.3. Calcul de la portée du jet (L) :	88
VI.3.4. Ecartements entre les rampes et arroseurs :	88
VI.3.5. Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :	89
VI.3.5.1. Débit de l'asperseur :	89
VI.3.5.2. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :	89
VI.3.6. Paramètres d'arrosage :	89
VI.3.6.1. Calcul du tour d'eau :	89
VI.3.6.2. Nombre d'irrigation par mois :	89
VI.3.6.3. Calcul de la dose réelle :	89
VI.3.6.4. Calcul de la dose brute :	90
VI.3.6.5. Temps d'arrosage :	90
VI.3.6.6. Calcul de l'unité d'arrosage :	90
VI.3.6.7. Calcul du débit d'équipement :	90
VI.3.6.8. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :	90
VI.3.6.9. Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :	90
VI.3.6.10. Nombre d'asperseurs (à acheter) Nombre d'asperseur requis :	90
VI.4. Calculs hydrauliques :	90
VI.4.2. Dimensionnement hydraulique des rampes :	90
VI.4.2.1. La longueur de la rampe :	90
VI.4.2.2. Nombre d'asperseurs/rampe :	91
VI.4.2.3. Nombre de rampes :	91

VI.4.3.Dimensionnement de la rampe:.....	91
VI.4.3.1.Le débit de la rampe :.....	91
VI.4.3.2.Nombre de position des rampes :.....	91
VI.4.3.3.Calcul du Diamètre de la rampe :.....	91
VI.4.4.Dimensionnement de la porte rampe:.....	92
VI.4.4.1.Longueur de la porte Rampe :.....	92
VI.4.4.2.Débit de porte rampe :.....	92
VI.4.4.3.Calcul du Diamètre de la porte rampe :.....	92
VI.4.5.Calcul des pertes de charge:.....	92
VI.4.5.1.les pertes de charge de la rampe :.....	93
VI.4.5.2.les pertes de charge de la porte rampe :.....	93
VI.4.6.Calcul de la pression en tête du réseau :.....	93
IV.5.Conclusion:.....	94

Chapitre VII : Etude technico-économique

VII.1 . Introduction :.....	95
VII.2. Exécution des travaux de pose des canalisations :.....	95
VII.2.1Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :.....	98
VII.2.2. Frais des travaux sur réseau d'irrigation :.....	100
VII.2.2.1. Calcul des volumes de remblai et de déblai :.....	100
VII.3. Conclusion :.....	102
Conclusion générale.....	103
Références et bibliographie	104
Annexes.....	105

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Batna.....	2
Figure I.2 : Carte de situation de la commune de Ouled Fadhel	3
Figure I.3 : Répartition des températures moyennes (Station de Touffana).....	6
Figure. I.4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	10
Figure I.5 : Diagramme ombrothermique de Gaussen	11

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Figure II.1 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	23
Figure II.2 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normale.....	27
Figure II.3 : Ajustement des pluies annuelles par la loi log-normale.....	28

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

Figure IV.1 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression.....	58
Figure IV.2 : Graphe du bilan en fonction diamètre.....	62
Figure IV.3 : Courbe caractéristique de la pompe.....	64
Figure IV.4 : Schéma de la variante d'aménagement d'irrigation.....	68

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

Figure V.1 : Systèmes d'irrigation.....	76
---	----

Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte et par aspersion

Figure VI.1 : Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.....	82
Figure VI.2 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.....	91

Chapitre VII : Etude technico-économique

Figure VII.1 : Une pelle mécanique.....	97
Figure VII.2 : Pose de canalisation.....	98
Figure VII.3 : Disposition de la conduite dans une tranchée.....	100

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : Caractéristiques géographiques la station étudiée.	5
Tableau I.2 : les pluies moyennes mensuelles à la station de Touffana (1994-2013).	5
Tableau I.3 : Répartition des températures moyennes interannuelles (station de Batna).....	5
Tableau I.4 : L'évaporation moyenne mensuelle à la station de Batna .Source ONM Alge....	6
Tableau I.5 : Humidité relative à la station de Batna.....	7
Tableau I.6 : Vitesse du vent moyenne mensuelle.....	7
Tableau I.7 : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Batna.....	7
Tableau I.8 : Durée moyenne mensuelle de l'insolation à la station de Batna.....	8
Tableau I.9 : Classification du climat selon de Martonne.....	9

Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

Tableau.II.1 : Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 1	16
Tableau II.2 : Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 2.....	18
Tableau II.3 : Propriétés hydrodynamiques des sols.....	19
Tableau II.4 : Caractéristiques du barrage Koudiat Meddouar.....	20
Tableau II.5 : Caractéristiques chimique de l'eau d'irrigation.....	21
Tableau II.6 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	22
Tableau II.7 : Classification des eaux en fonction de SAR.....	22
Tableau II.8 : Caractéristiques principales de la station pluviométrique.....	24
Tableau II.9 : Répartition mensuelle des précipitations (mm).....	24
Tableau II.10 : Caractéristiques de la série pluviométrique.....	25
Tableau II.11 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique.....	26
Tableau II.12 : Test de validité des deux ajustements.....	28
Tableau II.13 : Résultat de l'ajustement.....	29
Tableau II.14 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche ($f_{req}= 80\%$).....	29

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III.1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0.....	32
Tableau III.2 : Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.....	34
Tableau III.3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre	34
Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures.....	35
Tableau III.5 : Les assolements proposés.....	36

Tableau III.6 : Cycle végétatif des cultures.....	37
Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau du Blé dur.....	38
Tableau III.8 : calcul des besoins en eau de l'orge grain.....	38
Tableau III .9 : Calcul des besoins en eau de la luzerne.....	39
Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau de l'ail/oignon vert.....	39
Tableau III.11 : calcul des besoins en eau du pomme de terre (s).....	40
Tableau III.12 : calcules des besoins en eau de la pomme de terre (as).....	40
Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau de la tomate.....	41
Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau du chou.....	41
Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau de la courgette.....	42
Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau du l'orge en vert.....	42
Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau de betterave.....	43
Tableau III.18 : Calcul des besoins en eau du Blé.....	43
Tableau III.19 : Calcul des besoins en eau de la tomate.....	44
Tableau III.20 : Calcul des besoins en eau du haricot.....	44
Tableau III.21 : Calcul des besoins en eau de l'oignon vert.....	45
Tableau III.22 : Calcul des besoins en eau du petits pois.....	45
Tableau III.23 : calcule des besoins en eau de l'ail.....	46
Tableau III.24 : Calcul des besoins en eau des oliviers.....	46
Tableau III.25 : Calcul des besoins en eau des pommiers.....	47
Tableau III.26 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.....	48
Tableau III.27 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement II.....	49
Tableau III.28 : volume d'eau d'irrigation.....	51

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

Tableau IV. 1 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	54
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.....	55
Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.....	56
Tableau IV.4 : Nombre d'irrigation du chaque secteur.....	57
Tableau IV.5 : Calcul du bilan total.....	62
Tableau IV.6 : Choix de Nombre de pompes.....	63
Tableau IV.7 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.....	63
Tableau IV.8 : pression atmosphérique en fonction de la cote.....	65
Tableau IV.9 : Pression de vapeur en fonction de la température.....	65

Tableau IV.10 : Choix du type de bâtiment.....	66
Tableau IV.11 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	70
Tableau. IV.12 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	71

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

Tableau V.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	79
--	----

Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte et par aspersion

Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques.....	87
Tableau VI.2 : Résultat de calcul pratique d'aspersion.....	93

Chapitre VII : Etude technico-économique

Tableau VII.1 : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.....	97
Tableau VII.2 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	98
Tableau VII.3 : Cout des équipements de protection du réseau de distribution.....	99
Tableau VII.4 : Calcul des différents volumes.....	101
Tableau VII.5 : Coût des travaux de terrassement.....	101

Liste des planches.

Planche n°1 : Plan de masse ;

Planche n°2 : Plan du réseau d'adduction et de distribution ;

Planche n°3 : profil en long ;

Planche n°4 : plan du réseau d'irrigation goutte à goutte ;

Planche n°5 : plan de système d'aspersion.

Introduction générale

L'Algérie est confrontée aujourd'hui à des enjeux majeurs de développement, l'explosion démographique et l'étalement urbain exercent une pression sans équivalent sur les ressources naturelles. L'eau étant le pilier de toute croissance économique, nous nous trouvons l'urgence de mettre en place des stratégies efficaces, de gestions, de conservation et de mise en valeur de cette ressource, afin de répondre aux besoins croissant de tous les secteurs économiques sans pour autant compromettre les capacités régénératives des milieux naturels.

En effet, dans les régions arides, le problème d'approvisionnement en eau s'accroît, et la garantie d'un approvisionnement en eau capable de maintenir les activités agricoles de plus en plus importante, demande l'usage de nouvelles techniques et procédés d'arrosage, qui permettraient de rationaliser les quantités d'eau utilisées. Il est donc question de réaliser un plan de gestion environnemental qui s'occupera en premier lieu de l'étude des sols et des réserves d'eau superficielles.

Le présent mémoire a été établie pour l'étude d'aménagement du périmètre d'**Ouled Fadhel** dans la wilaya de Batna, qui est alimenté à partir de barrage **Koudiet Meddour**. Pour cela nous sommes basés sur l'étude des caractéristiques de la zone d'étude, les paramètres climatiques et pédologiques et la qualité d'eau de barrage, afin de déterminer les besoins en eau des cultures et de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution avec son système de pompage et réservoir, et en fin choisir les cultures à implanter pour dimensionner le système d'arrosage qui convient.

A la fin de ce travail il est nécessaire de faire une estimation technico-économique du coût total de projet pour une bonne réalisation des travaux.

Le but étant la diversification des cultures et l'augmentation du rendement agricole, pour améliorer l'approvisionnement alimentaire, ainsi que la croissance économique liée à l'agriculture dans la région de BATNA.

Chapitre I

Analyse des Conditions Naturelles

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I.1.Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter notre zone d'étude, c'est-à-dire la situation géographique, les caractéristiques climatiques et socio-économiques, afin de permettre de caractériser la zone, et de mieux valoriser les potentialités du périmètre étudié.

La zone d'étude concerne le périmètre d'Ouled Fadhel situé dans la wilaya de Batna.

I.2. Situation géographique de la wilaya de Batna :

La wilaya de Batna est située au Nord-Est de l'Algérie, dans la région des Aurès, localisée entre les longitudes " 4° et 7° " Est, et les latitudes Nord " 35° et 36° ", d'une superficie de 12192 km² elle est délimitée par :

- Au nord, par la wilaya de Mila ;
- Au nord-est, par la wilaya d'Oum-El-Bouaghi ;
- À l'est, par la wilaya de Khenchela
- Au sud, par la wilaya de Biskra ;
- À l'ouest, par la wilaya de M'Sila ;
- Au nord-ouest, par la wilaya de Sétif.

Administrativement la wilaya de Batna est composée de 21 daïra et 61 communes.

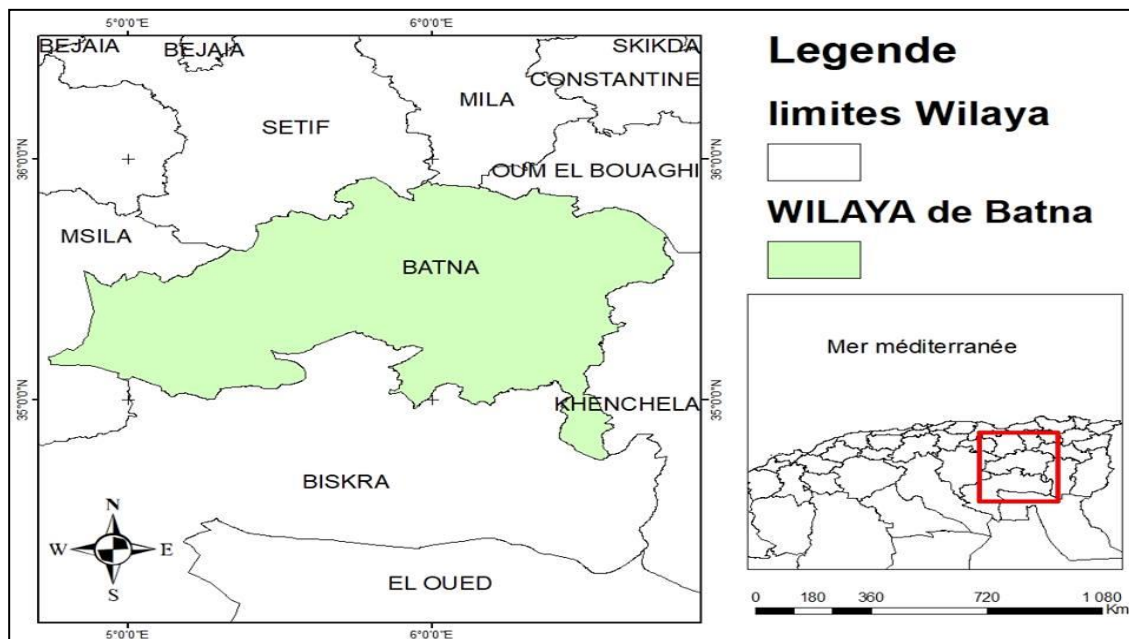


Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Batna.

I.3. Topographie :

Du point de vue topographique, c'est une zone légèrement ondulée avec des dénivelées faiblement accentuées culminant entre 850m et 950m environ. Les surfaces sont mises en culture en partie. L'alimentation en eau pour l'agriculture et pour l'élevage est assuré par prélèvements d'eaux souterraines au moyen de forages verticaux tubés exécutés sur cette aire d'étude.

I.4. Présentation du périmètre d'étude :

Le périmètre d'étude est situé dans la région Est du pays et se rattache administrativement à deux wilayas : celles de Khenchla et de Batna. Il fait partie de la plaine de Chemora qui appartient à la zone des hautes plaines telliennes à vocation agricoles, s'étend sur une superficie de 262.72 km² et se situe au Nord de la wilaya de Batna.

Plus précisément le périmètre se situe dans la commune de Ouled Fadel, qui est limitée par :

- Au nord par la commune de Chemora ;
- Au Sud par Taouziane ;
- A L'Est par Remila ;
- A l'Ouest par la commune de Timgad.

Le périmètre a une surface de 400 ha, et divisé en deux secteurs : S1 et S2.



Figure I.2: Carte de situation de la commune de Ouled .

I.5. Etude géologique :

La plaine de Chemora forme une vaste dépression d'environ 60km sur 20 km de large, comblée de dépôts plioquaternaires. Les massifs qui l'encadrent sont :

Au sud, djebels Chelia, à l'ouest, djebel Amrane et au Nord, djebel Fedjoudj.

Les affleurements constitués essentiellement par de calcaires à Lithothamniées eux-mêmes surmontés d'un poudingue à ciment calcaire sont, dans la zone étudiée, constitués par des marnes gréseuses et des blanc de grés, reposant directement sur le conglomérant de base.

Les formations du miocène marin (stade marin terminé avec la transgression marine du Burdigalien-Helvétien) ont été recouvertes par un important dépôt continental d'argiles rouges gypseuses (première phase de sédimentation).

I.6. Géomorphologie :

La plaine de Chemora se situe à des altitudes qui varient entre 870 et 1010 mètres. Le relief est en général favorable à l'utilisation agricole en irrigué : topographie plane, pente ne dépassant pas 2 à 3%.

Les principales formes de relief rencontrées dans la plaine sont les suivantes : les terrasses actuelles situées dans les lits majeurs des oueds qui sont constituées de matériaux grossiers, les terrasses récentes constituées de sols peu évoluées.

I.7. Etude climatologique :

Dans un projet d'irrigation, les facteurs climatiques les plus déterminants sont les températures, l'humidité relative, l'intensité de gelée et de sirocco; ils constituent un ensemble d'éléments décisifs.

I.7.1. Choix de la station de référence :

Dans notre étude, nous nous sommes basés sur les stations climatologiques les plus proches du périmètre, pour avoir une bonne précision des paramètres climatiques afin de bien caractériser le climat de notre zone d'étude. Pour cela, nous avons exploité les données de la station météorologique Aéroport de Batna.

Pour la pluviométrie, nous avons exploré une série d'observation de 20 ans relevée à partir de la station de Touffana.

Tableau I.1: Caractéristiques géographiques la station étudiée

Nom de la station	code	coordonnées		Altitude	Période d'observation	Nbre d'années d'observer
		X(m)	Y(m)			
Touffana	070605	856.1	249.75	1040	1994-2013	20
A.Batna	-	858.4	277.55	859	-	-

(source :ANRH d'Alger).

I.7.2.Pluies mensuelles :

La connaissance des pluies mensuelles permet de connaître le régime pluviométrique saisonnier et leurs fluctuations ce qui est indispensable en irrigation.

Les pluies mensuelles sont présentées dans le tableau I.2.

Tableau I.2 : les pluies moyennes mensuelles à la station de Touffana (1994-2013).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P _{moy}	38.1	32.8	23.3	21.5	28.3	20.7	23.0	32.6	30.3	15.3	4.9	12.1	282.9
P _{moy} saison	94.2			70.5			85.9			32.3			282.9
%	33.30			24.92			30.36			11.42			100

(source :ANRH d'Alger).

I.7.3.Les températures :

La température de l'air permet la détermination du climat, elle influe sur la croissance des plantes et elle conditionne l'évaporation et le cycle végétatif des cultures (photosynthèse et de la respiration).

Les relevés mensuels moyens des températures sur une période de 13 ans de (2000 à 2013) sont donnés par le tableau I.3 :

Tableau I.3: Répartition des températures moyennes interannuelles (station de Batna).

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Tmin°C	0,1	0,3	2,9	6,2	10,7	14,9	17,5	17,7	14,1	10,1	4,6	1,4
Tmoy°C	6,2	7	10,3	13,5	18,6	23,6	26,8	26,4	21,6	17,2	10,7	6,9
Tmax°C	12,3	13,6	17,7	20,9	26,5	32,3	36	35,1	29	24,3	16,7	12,4

Source : ONM Alger

Avec : Tmin: moyenne de tous les minima observés pour chaque mois,
 Tmax: moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois,
 Tmoy: moyenne mensuelle.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

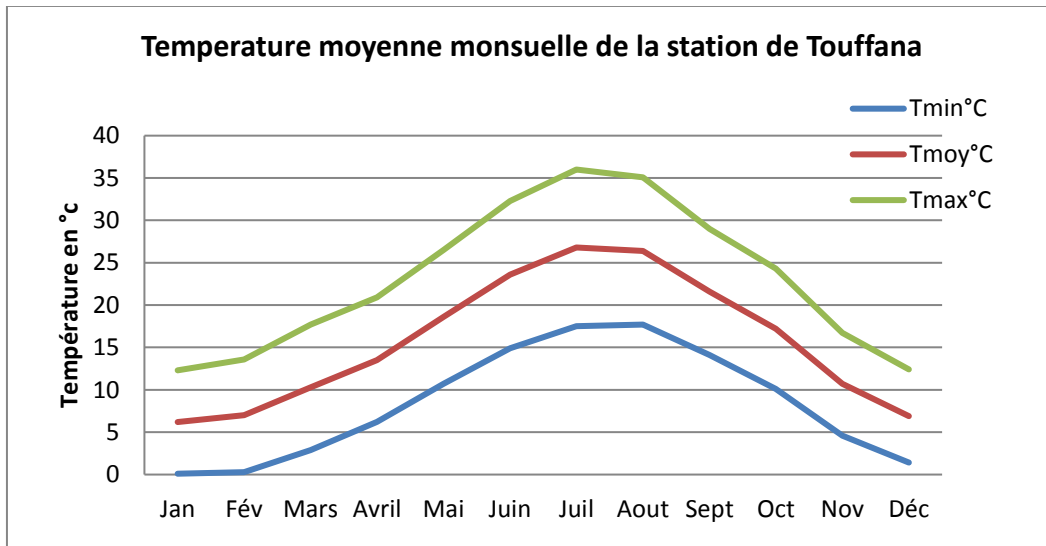


Figure I.3 : Répartition des températures moyennes (Station de Touffana).

D’après le tableau I.3 on remarque que la période la plus chaude correspond au mois de juillet et Aout avec une température moyenne de 26.6 °C, tandis que la période la plus froide correspond au mois de décembre et janvier avec une température moyenne de 6.6 °C.

I.7.4.L'évaporation :

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux, son effet est de réduire la température de l'environnement.

Tableau I.4: L'évaporation moyenne mensuelle à la station de Batna .Source ONM Alger

mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	Déc
Evaporation (mm)	56.6	68.1	109	144.3	184.9	261.9	313.5	289.5	176.6	134.4	86.7	55.3

I.7.5. L'humidité relative :

C'est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à celle que pourrait contenir s'il était saturé à la même température.

L'humidité relative de l'air moyenne annuelle (station météorologique de Batna) s'élève dans la région à 59%.

Tableau I.5: Humidité relative à la station de Batna.

mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	Déc
Humidité (%)	73	68	60	59	60	59	55	59	57	60	67	74

(source : ONM Alger).

L'analyse du tableau I.5 fait ressortir l'humidité moyenne annuelle qui est de 60% pour les mois les plus secs. Les mois de Décembre et Janvier sont les plus humides, avec une moyenne de 73 %.

I.7.6 Le vent :

C'est un facteur déterminant pour le choix du système d'irrigation. Les valeurs présentées dans le tableau I.6 représentent la vitesse moyenne du vent.

Tableau I.6: Vitesse du vent moyenne mensuelle.

mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	Déc
Vitesse de vent (m/s)	2.0	2.4	2.6	3.1	2.8	2.9	2.8	2.4	3.2	2.5	2.3	2.56

(source : ONM Alger).

Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année. La moyenne annuelle est de 3.5 m/s.

I.7.7. Le Sirocco :

C'est un vent saharien violent , très sec et tres chaud qui souffle sur l'Afrique du Nord , il a un effet négatif sur les cultures car il influe sur l'évapotranspiration des plantes. Le nombre de jours moyen de siroco (1996 – 2008), est indiqué dans le tableau I.7 :

Tableau I.7: Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Batna.

Mois	jan	Fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	Déc
sirocco	0	0	0	0	0	1.0	2.0	1.0	0	0	0	0

(Source : ONM Alger).

I.7.8. Durée d'insolation :

L'insolation est un paramètre climatique dépend de la latitude, de l'époque de l'année, de l'exposition solaire et de la nébulosité, ce qui explique les variations des valeurs d'un site à l'autre. que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle ET0. La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de l'ONM Alger.

Tableau I.8 : Valeurs moyennes des durées d'insolation journalières en Heure/jour de la station de Batna .

mois	jan	Fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	Déc
L'insolation (h/jour)	5.8	6.5	7.6	8.3	9.2	10.3	11.2	10.2	8.4	7.6	6.1	5.1

Source ONM Alger.

La durée d'insolation varie irrégulièrement durant l'année. Elle augmente en été et atteint son maximum en Juillet avec une moyenne mensuelle de 11.2 h/j. Puis elle descend progressivement jusqu'à l'hiver ou elle atteint une valeur minimale de 5.1 h/j en Décembre.

I.7.9.La grêle et la neige :

Ce sont des phénomènes très localisés. Nous disposons du nombre de jours de neige et de grêle à la station de Batna.

Le nombre de jours de grêle est de 9 jours/an, avec un maximum au mois de Septembre (2 jours) Donc on peut considérer que la grêle est peu fréquente dans cette région.

I.7.10.Calcul des indices Agro-météorologiques :

Pour déterminer le type du climat et l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes, nous avons deux facteurs essentiels : la pluviométrie et la température. Les indices les plus connus sont ceux de De Martone et le quotient ombrothermique d'Emberger.

I.7.10.1.L'indice d'aridité de Martonne :

L'indice d'aridité de Martonne est un paramètre qui permet la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, cet indice nous renseigne sur la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat :

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

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Les limites des climats d'après l'indice climatique de De Martonne sont données dans le tableau I.11.

Tableau I.9: Classification du climat selon de Martonne

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

Dans notre cas, nous avons

$P=282.9\text{mm}$ et $T=15.73^\circ\text{C}$, on trouve donc :

$$I_A = \frac{282.9}{15.73+10} = 10.99$$

Selon l'indice d'aridité De Martonne, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime de climat sec, et que l'irrigation est souvent indispensable.

I.7.10.2. Quotient Ombrothermique d'Emberger :

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique :

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

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : $P=282.9\text{mm}$; $M=23.07^\circ\text{C}$ et $m=8.38^\circ\text{C}$

$$Q = \frac{2.1000.P}{M^2-m^2} = \frac{2.1000.282.9}{(23.07+273.15)^2 - (8.38+273.15)^2} = 66.67$$

D'où $Q=66.67$

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (6.2°C), on peut confirmer que notre

région se situe dans :

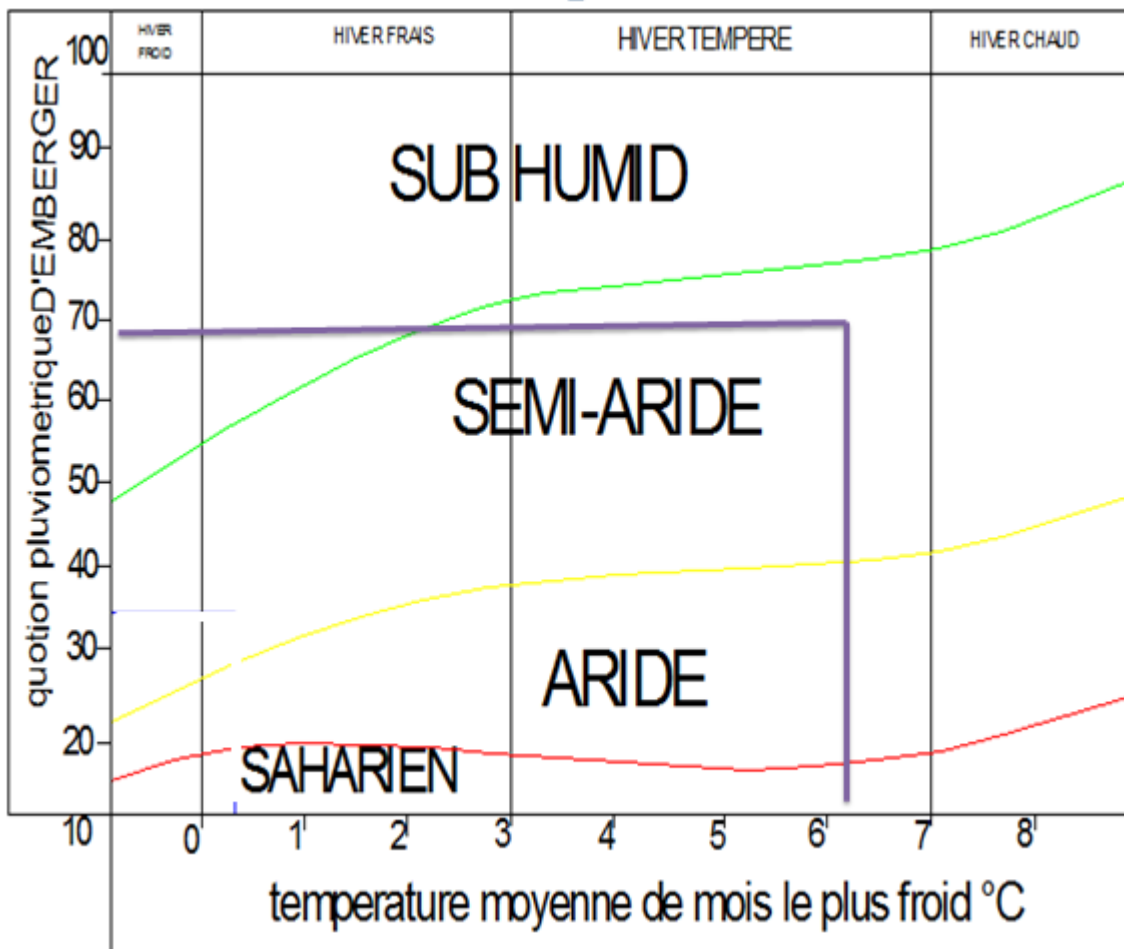


Figure. I.4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

-l'étage bioclimatique : Semi-aride

I.7.10.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme Ombrothermique de F.Bagnouls et H.Gaussen permet de faire ressortir la période sèche au cours de l'année. Dans ce diagramme, on considère un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en °C ($P \leq 2T$), c'est-à-dire quand la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures.

La période s'étalant entre les abscisses des points de l'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche.

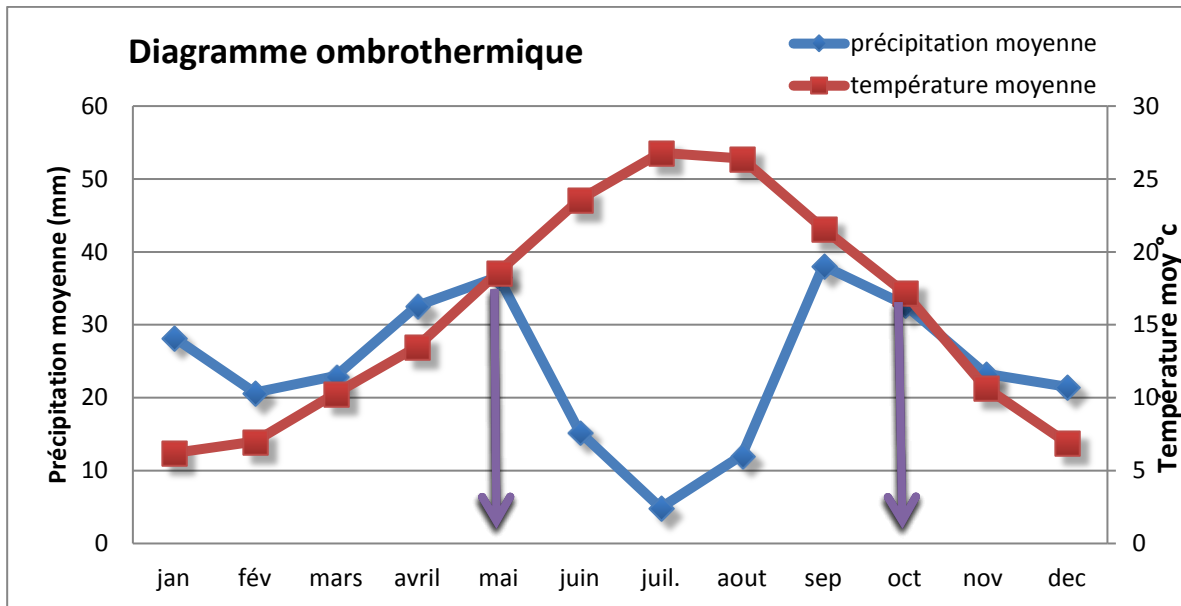


Figure I.5 : Diagramme ombrothermique de Gausse .

Description du graphe :

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison ; donc :

- La saison humide est de (6) mois allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai.
- La saison sèche est plus marquée, s'étalé sur Cinq (5) mois, allant du mois de mai jusqu'au fin de mois de Septembre.

I.8. Etude Socio-économique :

La plaine de Chemora, qui s'étale sur 6.000 ha sur l'axe Batna-Ain Touta avec une surface de 2.000 hectares à Ouled Fadhel, elle présente un potentiel agricole important. Ces surfaces seront irriguées à partir du barrage de Koudiet Meddouar de Timgad (Batna), lui-même alimenté par le grand barrage de Béni Haroun dans le cadre du système des grands transferts hydriques.

I.8.1. Argumentation du projet d'aménagement de mise valeur du périmètre :

I.8.1.1. Situation actuelle :

La situation actuelle de la wilaya de Batna connaît l'implantation des cultures à faible rendement suivi par l'utilisation d'un système d'irrigation gravitaire.

I.8.1.2. Situation projetée :

L'objectif de la mise en irrigation est de transformer à moyen terme l'actuel système agraire biennal (céréales – jachère) en un système de polyculture encourageant les cultures

intensives (maraîchères et arboriculture) et les cultures fourragères afin d'augmenter le taux d'occupation du sol. Ceci a comme principal objectif d'accroître les revenus des agriculteurs et de moderniser le secteur agricole dans la wilaya de Batna.

I.9. Conclusion :

A travers ce chapitre, qui est basé principalement sur l'étude des données pluviométriques et climatiques du périmètre d'étude, nous avons estimé que le périmètre de Ouled Fadhel est caractérisé par un climat chaud en été et frais en hiver, et par une moyenne pluviométrique de l'ordre de 283 mm/an qui tombe essentiellement durant la période Novembre –Avril.

L'agriculture constitue la principale activité de la zone, ce qui importe son développement, en implantant des cultures à haut rendement.

Cependant vu les potentialités agro-pédologiques de la zone d'étude, l'introduction de l'irrigation s'avère donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans cette zone semi-aride.



Chapitre II

Ressources en sol et ressources en eau

Chapitre II: Ressources en sol et ressources en eau

II.1.Introduction :

Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre résultant de l'altération de la roche mère sous l'action du climat et des organismes vivants. Le sol est dans l'ensemble hétérogène constitué de composantes minérales, qui ont été décomposé avec le temps, à partir d'une roche mère due aux facteurs climatiques (**Gobat et Al, 1998**).

Sa composition doit permettre un bon approvisionnement en éléments nutritifs (N,P,K), en eau et en oligo-éléments, sa couleur foncée traduit sa richesse en carbone.

L'étude pédologique du sol d'un périmètre a pour but :

- ✓ apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation ;
- ✓ fournir les données fondamentales caractérisant les relations eau-sol.

II.2. Ressources en sol :

II.2.1. But de l'étude pédologique :

L'étude pédologique a pour but de :

- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié pour assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement. Les aptitudes culturales sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles ;
- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer ;
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion; goutte à goutte; submersion).

II.2.2. Levé pédologique :

Le levé pédologique examine les constituants de la terre (minéraux, matières organiques), leur agencement (granulométrie, structure, porosité), leurs propriétés physiques (transfert de l'eau et de l'air), leurs propriétés chimiques (rétention des ions, pH).

Elle porte des diagnostics sur les types de sol (classification). Elle en déduit des applications (fertilité).

Ces levés ont été réalisés par le biais de profils creusés mécaniquement et par l'observation des coupes naturelles existantes.

II.2.3. Description et classification des sols du périmètre :

La pédologie s'intéresse à la couche superficielle de l'écorce terrestre qui grâce à sa structure meuble et à sa composition physico-chimique est susceptible d'assurer un développement normal des végétaux cultivés. Vu cette importance de la pédologie, on se propose d'élargir notre étude pour se pencher sur la classification du sol de la zone d'étude

A partir de l'analyse des échantillons au laboratoire ont permis de reconnaître deux classes du sol qui sont :

- La classe des sols calcimagnésiques,
- La classe des sols peu évolués.

II.2.4. Le profil pédologique :

Le profil pédologique permet de caractériser en temps réel de l'état d'un sol, à partir d'une observation visuelle, complétée par quelques déterminations analytiques en tenant compte de l'environnement.

L'examen du profil pédologique permet de découvrir la succession des couches ou l'horizon expliquant la formation et évolution du sol, sa pédogenèse permet de classer le sol d'après son type pédologique. Les profils décrits et analysés ont été réalisés par l'ANRH (2005).

II.2.4.1. Description morphologique des profils :

1) Profil n°1:

- Lieu: Ouled Fadhel (w.Batna) ;
- Coordonnées : X= 287.857km, Y= 3931.023km ;
- Pente : 3% environ ;
- Géomorphologie : terrasse alluviale ;
- Aspect de surface : 5% environ de cailloux et blocs en surface.
- Drainage externe : bon ;
- Signe d'érosion : néant ;
- Culture en place : céréales.

2).1.Classification : (selon le CPCS 1967)

- Classe: sol peu évolué ;
- Sous classe : non climatique ;
- Groupe: d'apport alluvial ;
- Sous-groupe: modal.

1).2Description macro morphologique:

H1: 0 - 27 cm : frais à légèrement humide; couleur brune (7,5 YR 5/3,5), texture argileuse à argilo-limoneuse; structure polyédrique fine et subangulaire à grumeleuse, forte effervescence à l'HCL, apparemment organique, poreux, meuble, friable, collant, plastique; quelques racines fines, transition nette.

H2:27 - 63 cm: sec, couleur 7,5YR 4/4; texture argileuse; structure massive à tendance prismatique grossiers; 2 % environ de cailloux et graviers, quelques débris de coquilles; forte effervescence à l'HCL; apparemment non organique; peu poreux, compacte, non fragile, plastique; collant; pas de racines; transition nette.

H3:63 - 100 cm : sec, couleur 7,5 YR 3/3.5, texture argileuse, structure massive, rares éléments grossiers; quelques débris de coquilles; forte effervescence à l'HCL, apparemment non organique; très compacte; non fragile; plastique, pas de racines.

H4:> 100 cm : Présence d'un niveau caillouteux graveleux.

Tableau.II.1 : Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 1.

Profondeur (cm)		0 - 27	27 - 63	63 - 100	> 100
	Argile %	42	40	44	Niveau graveleux
	Limons fin %	30	30	25	
	Limons grossier %	14	13	12	
	Sables fins %	10	12	9	
	Sables grossiers %	4	3	10	
	C%	1,2	0,9	0,7	--
	MO%	1,9	1,3	1,3	--
	N%	0,13	0,11	0,07	--
	C/N	9	8	10	--
Calcaire total %		8	12	16	--
Calcaire actif %		2	3	5	--
Ph		7,6	7,3	7,3	--
ce dS/m		0,2	0,2	0,3	--
	Ca	14	15	16	--
	Mg	4	6	7	--
	K	3	3	2	--
	Na	1	2	1	--
	S	22	26	26	--
	T	22	26	26	--
	s/t	100	100	100	--
P2o5 assimilable (ppm)		15	-	-	--
K assimilable cmol/kg		3	-	-	--

2)-Profil n°2:

- Lieu :Ouled Fadhel ;
- Coordonnées : X= 287546m, Y= 3933271m ;
- Pente : 1 % ;
- Géomorphologie : terrasse alluviale ;
- Aspect de surface : pas d'éléments grossiers ;
- Drainage externe : bon ;
- Signe d'érosion : néant ;
- Culture en place : céréale.

2).1.Classification : (CPCS 1967)

- Sol peu évolué d'apport alluvial vertiques ;
- Classe : sol peu évolué ;
- Sous classe : non climatique ;
- Groupe : d'apport alluvial ;
- Sous groupe : à caractères vertiques.

2).2.Description macro-morphologique:

H1:0 - 22 cm : frais; couleur (10YR 5,5/4), texture argileuse; structure polyédrique moyenne à fine, pas éléments grossiers; forte effervescence à l'HCL, apparemment organique, poreux, meuble, friable, collant, plastique; quelques racines fines, transition nette.

H2: 22 - 95 cm : Sec ; couleur 10YR 6/4; texture argileuse; structure massive; pas éléments grossiers; forte effervescence à l'HCL; apparemment non organique; compacte, non fragile, plastique; très collant; rare racine fines.

H2: 22 - 95 cm : frais ; couleur 10YR 6/4; texture argileuse; structure massive; pas éléments grossiers; forte effervescence à l'HCL; non organique; très compacte, non friable, pas de racines.

Tableau II.2.Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 2.

Profondeur (cm)		0 -22	22- 95	> 95
	Argile %	45	48	49
	Limons fin %	34	32	28
	Limons grossier %	10	8	9
	Sables fins	6	4	8
	Sables grossiers %	5	8	7
	C%	1,3	0,9	0,9
	MO%	1,9	1,3	1,3
	N%	0,11	0,09	0,07
	C/N	9	8	10
Calcaire total %		14	8	21
Calcaire actif %		5	4	6
Ph		7,3	7,4	7,2
CE dS/m		0,3	0,6	0,8
	Ca	17	15	16
	Mg	8	12	11
	K	3	4	3
	Na	2	2	2
	S	30	32	32
	T	30	32	32
	s/t	100	100	100
P2o5 assimilable (ppm)		28	--	--
K assimilable cmol/kg		3	--	--

Interprétation :

D'après les profils, le sol est de texture argileux-limoneuse à limoneux-argileuse, et faible en matières organiques, avec une salinité moyenne. Cependant, le taux de calcaire est moyen. Les capacités de rétention en eau des sols sont bonnes 25 à 30%.

II.2.5. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

Un sol se caractérise par un certain nombre de paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres sont généralement fonctions à la fois de la structure et de la texture du sol, sans toutefois leur être rigoureusement liés.

Les paramètres hydrodynamiques, qui interviennent entre autres dans le calcul de la dose d'irrigation sont résumés dans le tableau II.3 :

Tableau II.3 : Propriétés hydrodynamiques des sols.

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	28
Point de flétrissement (%)	17
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7mm/h
Densité apparente	1.35

II.2.6. Détermination des aptitudes culturales des sols :

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractères morphologiques des sols (profondeur essentiellement) et leur position topographique sans tenir compte de la ressource en eau. Ainsi la détermination est établie en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité :

a) Arboriculture :

De façon générale, les sols présentent de bonnes aptitudes pour les espèces suivantes : l'olivier, l'amandier, le figuier. Certains sols présentent des aptitudes moyennes (voir mauvaises) pour l'arboriculture fruitière irriguée tels que le pommier, le poirier et la vigne.

b) Cultures industrielles :

Les cultures industrielles peuvent être introduites dans le périmètre étudié, en particulier la tomate industrielle et la betterave sucrière, dont les sols présentent de bonnes aptitudes culturales.

c) Cultures céréalières et fourragères :

Les sols présentent de bonnes aptitudes à moyennes pour les cultures suivantes : La luzerne, le bersim, le Sorgho, le maïs, le blé et l'orge.

d) Cultures maraichères :

De façon générale, les sols présentent de bonnes aptitudes pour les cultures telles que : la tomate, la pomme de terre. La carotte, le navet, le chou-fleur, les cucurbitacées, le piment, le poivron, l'ognon et l'ail.

e) Légumineuses :

Leur irrigation permet une augmentation de rendements, les sols du périmètre ne présentent aucune restriction à ces cultures.

II.3. Ressources en eau :

L'eau représente le premier élément nécessaire pour la végétation, il constitue pour la plante un support, une réserve d'eau et d'éléments nutritifs. L'analyse des ressources en eau sera axée sur la mobilisation des ressources en eau suffisantes et la qualité de l'eau d'irrigation ainsi que la détermination de l'année de calcul ou la pluie de projet.

II.3.1. Ressources en eau du périmètre :

Le Barrage de Béni Haroun est situé à environ 40 kilomètres au nord de la ville de Constantine et à 350 kilomètres à l'Est d'Alger dans le nord-est de l'Algérie sur l'Oued Kébir.

L'ouvrage constitue la clé du projet de transfert des ressources en eaux mobilisées par le barrage de Béni Haroun vers les Six (06) Wilayas : Batna, Kenchela, Mila, Oum El Bouaghi, Constantine et Jijel. Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable de la ville de Mila et Constantine
- L'irrigation d'environ 30000 hectares dans les plaines de Teleghma Chemoura et Tafouna.

Le Barrage de Koudiat Meddouar sur l'Oued Chemora se situe à l'Ouest du périmètre de la commune de Ouled Fadhel au pied des monts Mahmel, Bou Tlarmine et Ichemoul, fait partie du grand transfert de barrage Beni Haroun et il est destiné pour l'irrigation et il alimente la plaine de Chemoura et donc alimente notre périmètre Ouled Fadhel.

Le bassin versant est relativement montagneux avec une hydrographie bien développée. Dans sa partie amont, il porte une couverture végétale.

Les parties aval du bassin au-dessous de la cote 1300 sont à pentes plus douces, sans couverture végétale. La topographie et les conditions climatiques sur le bassin versant sont à l'origine de faibles écoulements de surface et de leur distribution temporelle et spatiale qui n'est pas uniforme. Les principales caractéristiques du barrage sont résumées comme suit:

Tableau II.4: Caractéristiques du barrage Koudiat Meddouar.

Dénomination	Valeurs
Capacité brute	69.0 Hm ³
Capacité utile	68.38 Hm ³
Volume annuel régularisable	20.0 Hm ³
Superficie de la retenue	6.7km ²
Cote de la retenue normale	981m
Cote de la retenue minimale	970.0m
Cote de la retenue maximale	992.0m

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

Il est nécessaire d'étudier la qualité d'eau d'irrigation avant tout projet d'aménagement agricole .pour cela il faut vérifier certains facteurs plus importants qui sont :

- Le pH ;
- Risque de Salinité ;
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR) ;
- Carbonate et bicarbonates Ca, Mg ;
- Anions toxiques.

Les données sur le tableau II.5 sont déterminées par l'ANRH à partir des prélèvements effectués à la station hydrométrique.

Tableau II.5 : Caractéristiques chimique de l'eau d'irrigation.

Paramètres	valeurs
CE(mmhos/cm)	0.74
Ca (mg/l)	1558.9
Cl(mg/l)	241.68
Na (mg/l)	157.48
Mg (mg/l)	1521.9
K(mg/l)	21.91
SO4 (mg/l)	275.68
Rs105 (mg/l)	673.17
T(°C)	17.83
PH	8.24
HCO3 (mg/l)	362.58
MES105 (mg/l)	27.83

II.3.3. Classification des eaux pour l'irrigation :

Dans notre thèse, nous nous sommes basées sur la classification américaine des eaux d'irrigation qui est basée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

La conductivité électrique : permet d'avoir rapidement l'ordre de la minéralisation globale de l'eau, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

On distingue quatre classes d'eau :

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

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

II.3.3.1.Sodicité et Alcanisation :

Le sodium contenu dans une eau peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors un risque défloculation.

Pour diminuer ce risque il est nécessaire de comparer entre la concentration des cations Na^+ avec celle de Mg^{++} et Ca^{++} , donc on parle de l'indice du SAR qui est :

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

Na : Sodium en mg équiv/l ;

Ca : Calcium en mg équiv/l ;

Mg : Magnésium en mg équiv/l .

Et donc : **SAR = 4.7meq/l.**

On distingue quatre classes de danger d'alcalinisation qui sont montrées dans le tableau II.7:

Tableau II.7 : Classification des eaux en fonction de SAR.

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

Interprétation :

Puisque l'eau du barrage a un SAR de 4.7 meq/l, et une $CE=0.74$ mmhos/cm, et en se référant, sur le diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut dire que notre eau est caractérisée par une salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible (C2-S1), donc il y'a un risque moyen de salinité.

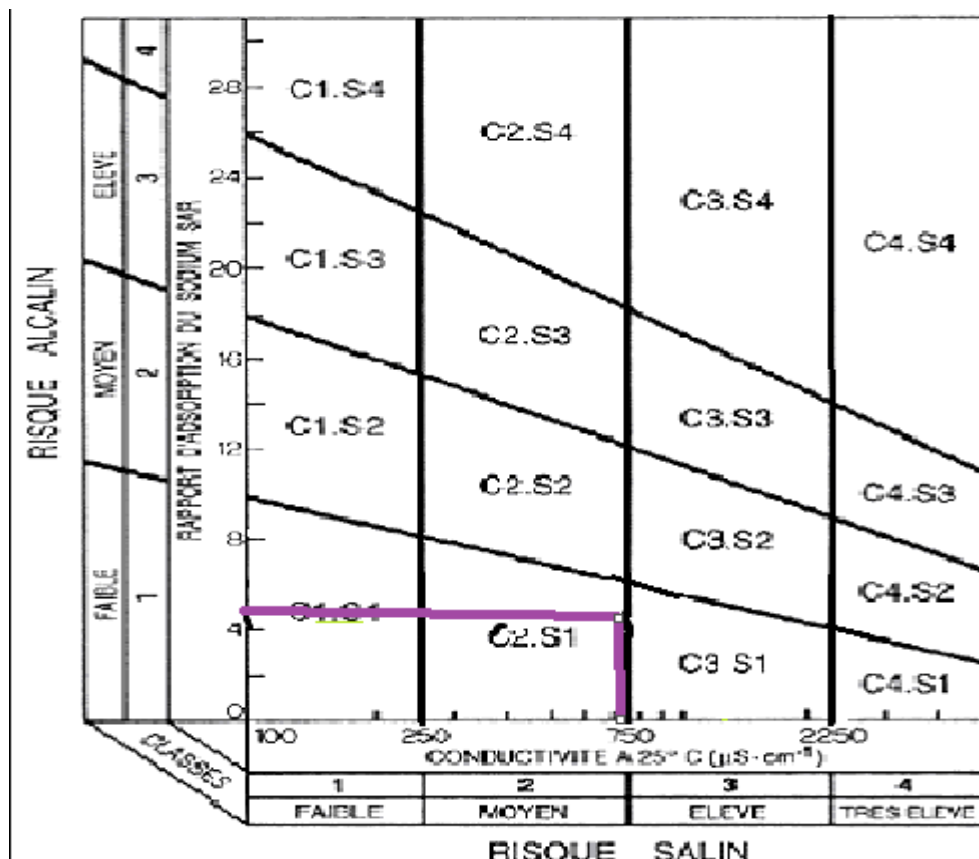


Figure II.1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

II.4. Calcul de la pluie de projet :

Le calcul de la pluie de projet est nécessaire, puisqu'elle intervient dans l'estimation dans les besoins en eau des cultures projetées dans le périmètre.

II.4.1.Choix de la station :

En tenant compte de la position de notre périmètre le choix de la station se fait en vérifiant les conditions suivantes :

- Localisation géographique proche au périmètre ;

- Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable ;

Tableau II.8: caractéristique principales de la station pluviométrique (ANRH Alger).

Nom de la station	Code	coordonnées		Altitude	Période d'observation	Nbre d'années d'observer
		X(m)	Y(m)			
Touffana	070605	856.1	249.75	1040	1994-2013	20

II.4.2.Répartition de la pluie moyenne annuelle :

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique Touffana (1997-2013) est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau II.9 : Répartition mensuelle des précipitations (mm).

Année	Sept	Oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Annuel(mm)
1994	16.3	52.5	0	7.3	45.1	1.5	45.2	19.9	14.4	46.2	16.8	3.1	268.30
1995	35.5	23.5	0	13.7	98	103.1	76.4	33.3	19.5	8.6	0	9.3	420.90
1996	14.4	0	0	4.9	13.9	0	13.3	24.8	4.2	13.7	0	22.1	111.30
1997	53.3	16.5	61.3	21.5	0.0	12.4	22.3	53.8	28.8	19.4	0.0	0.0	289.30
1998	25.3	21.4	21.6	9.9	43.7	13.0	9.5	0.0	9.6	23.3	0.0	7.5	184.80
1999	23.1	31.5	38.6	62.2	9.7	0.0	3.2	0.0	87.7	29.0	0.0	22.2	307.20
2000	33.0	21.7	4.6	15.2	13.9	0.0	0.0	33.3	39.8	0.0	0.0	7.3	168.80
2001	33.3	13.5	24.9	3.7	0.0	2.3	6.8	27.9	18.2	0.0	0.0	48.3	178.90
2002	0.0	11.6	51.0	15.9	23.8	26.5	17.0	52.8	9.1	14.3	0.0	5.4	227.40
2003	90.8	34.7	34.4	25.3	7.5	20.9	35.3	20.9	40.9	17.6	2.3	7.3	337.90
2004	52.9	0.0	81.4	95.9	10.5	13.7	19.3	14.8	0.0	51.0	31.3	0.0	370.80
2005	5.2	29.8	10.3	25.0	67.9	33.7	0.0	60.5	40.9	42.0	0.0	0.0	315.30
2006	28.4	35.5	18.0	64.0	8.1	20.7	33.6	48.9	12.8	0.0	0.0	0.0	270.00
2007	184.2	10.3	0.0	16.0	29.5	2.2	15.8	11.8	52.6	5.8	29.4	34.9	392.50
2008	32.2	86.1	11.3	9.5	74.3	8.0	24.3	61.8	51.9	0.0	0.0	18.1	377.50
2009	65.4	28.4	0.7	2.8	48.4	8.0	15.5	33.5	11.3	1.6	9.0	0.0	224.60
2010	0.0	35.5	26.9	4.9	0.0	66.9	63.1	52.9	88.7	1.6	0.0	5.3	345.80
2011	31.5	178.1	11.0	7.8	2.8	55.5	11.2	35.4	1.2	1.6	0.0	8.8	344.90
2012	20.7	1.3	26.9	1.3	13.3	20.9	24.2	32.6	36.9	15.3	5.0	29.8	228.20
2013	16.1	23.7	43.6	24.0	56.2	4.0	24.2	33.1	36.9	15.3	5.0	12.2	294.30
Moyenne(mm)	38.1	32.8	23.3	21.5	28.3	20.7	23.0	32.6	30.3	15.3	4.9	12.1	282.9

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II.10: Caractéristiques de la série pluviométrique.

moyenne	282.9mm
Ecart type	83.71
cv	0.309
p _{min}	111.3
p _{max}	420.9

II.4.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon:

II.4.3.1. Teste de Wilcoxon :

Ce test repose sur un procédé simple, permettant de tester l'homogénéité d'une série de données, sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation.

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

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 unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

La série est homogène avec une probabilité de 95% , si la relation ci-dessous est vérifiée .

$$\text{Avec : } W_{\min} < W_x < W_{\max} \quad ; \quad W_x = |Rang|_x$$

$$W_x : \text{Somme des rangs de sous séries} = 150$$

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 \times \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right) \right]^{1/2}$$

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

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau II.11: Test d'homogénéité de la série pluviométrique

rang	annuel	série Y	Série X	trier	X Union Y
1	268.30	268.3	227.4	111.3	Y
2	420.90	420.9	337.90	168.8	Y
3	111.30	111.3	370.8	178.9	Y
4	289.30	289.3	315.30	184.8	Y
5	184.80	184.8	270	224.6	X
6	307.20	307.2	392.5	227.4	X
7	168.80	168.8	377.5	228.2	X
8	178.90	178.9	224.6	268.3	Y
9	227.40		345.8	270	X
10	337.90		344.9	289.3	Y
11	370.80		228.2	294.3	X
12	315.30		294.3	307.2	Y
13	270.00			315.3	X
14	392.50			337.9	X
15	377.50			344.9	X
16	224.60			345.8	X
17	345.80			370.8	X
18	344.90			377.5	X
19	228.20			392.5	X
20	294.30			420.9	Y

A.N : $W_{\min}=100.09$, et $W_{\max}=151.91$

100.09 < W_x =150 < 151.91

La condition d'homogénéité de Wilcoxon est **vérifiée**, donc les pluies annuelles de la station de Touffana sont homogènes.

II.4.4.Ajustement statistique des pluies :

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre cas, on utilise pour celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale ;
- Loi de Galton ou loi log–normale.

II.4.4.1. Ajustement à la loi Normale :

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du \quad (\text{Fréquence au non dépassement})$$

u : Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par $u = \frac{x-\mu}{\sigma}$

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de TOUFFANA sont les suivantes :

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ;
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées ;
- Calculer la fréquence expérimentale ;
- Variable réduite de gauss u ;
- Les caractéristiques empiriques ;
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien ;

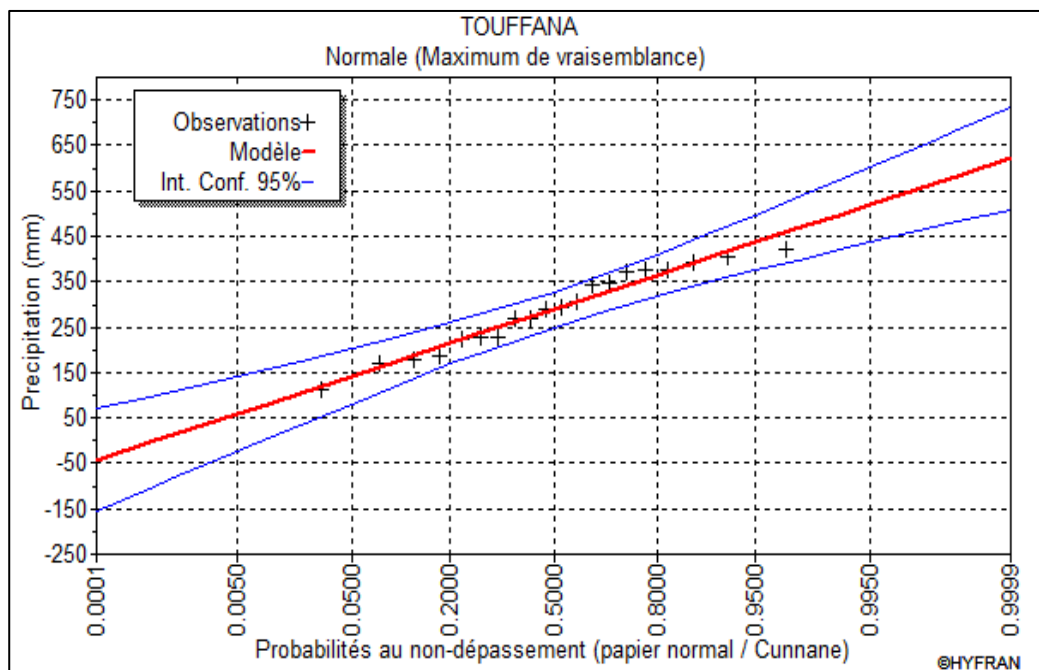


Figure II.2 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normale.

II.4.4.2. Ajustement à la loi log-Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Touffana sont :

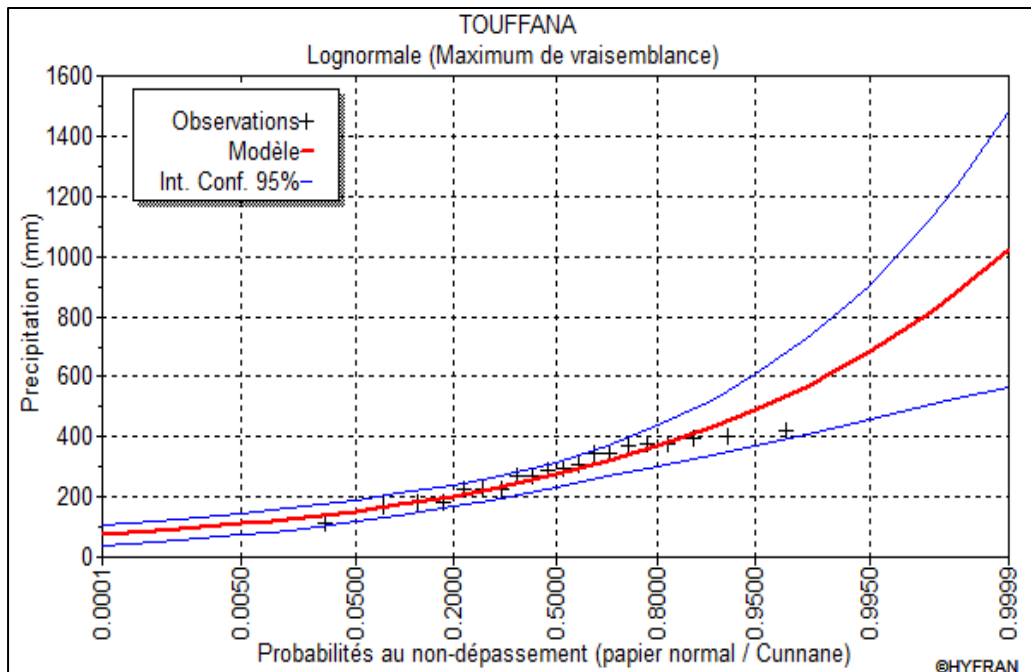


Figure II.3 : Ajustement des pluies annuelles par la loi log-normale.

II.4.4.3. Test de validité d'un ajustement :

Après ajustement des données par la loi, Il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin d'adopter le meilleur ajustement. Dans notre cas, nous avons utilisé le test de Khi carrée χ^2 . Touaibia, B., (2004)

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

$$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}} \text{ (voir annexe 1)}$$

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

Tableau II.12 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{\text{calculé}}=1.7$	$\chi^2_{\text{calculé}}=1.6$
Degrés de liberté =3	
$\chi^2_{\text{théorique}}=7.815$	

II.4.5. Détermination de l'année de calcul :

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

Tableau II.13: Résultat de l'ajustement.

T	q	Xt	Intervalle de confiance
10	0.9	432	340 -523
2	0.5	274	232 -317
1.25	0.2	204	167 -241

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

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

$$P_{\text{théorique (80\%) annuelle}} = 204$$

$$P_{\text{théorique (50\%) annuelle}} = 274$$

$$P_{\text{moy 80\%}} = \frac{204}{274} \times P_{\text{moy de chaque mois}} = 0.74 \times P_{\text{moy de chaque mois}}$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

Tableau II.14: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche ($f_{\text{req}} = 80\%$).

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	aout
P_{moy} (mm/mois)	38.1	32.8	23.3	21.5	28.3	20.7	23.0	32.6	30.3	15.3	4.9	12.1
$P_{\text{moy 80\%}}$ (mm/mois)	28.18	24.26	17.26	15.94	20.96	15.29	17.03	24.12	22.40	11.33	3.66	8.94

II.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons obtenu que notre zone d'étude constituée de deux classes : sol calcimagnésique et sol peu évolués.

D'une manière générale la zone étudiée est composé principalement d'un sol plutôt argileux-Limoneux dont la matière organique est inexistante avec un taux faible de calcaire et sa conductivité électrique varie entre 0.3- 0.8 ds/m.

Concernant l'analyse des ressources en eau de barrage Koudiet Meddouar nous avons déduit que notre eau appartient à la classe **C2-S1** avec une alcalinité faible et une salinité moyenne, et nous avons estimé les pluies mensuelles de l'année de calcul, nécessaire au calcul du bilan hydrique de chaque culture.



Chapitre III

Besoins en eau des cultures

Chapitre III : Besoins en eau des cultures**III.1. Introduction :**

Pour satisfaire les besoins en eau des cultures, il convient de les mettre dans des conditions hydriques optimales afin d'atteindre les objectifs de hauts rendements. Ces conditions peuvent être déterminées grâce à une bonne connaissance des besoins en eau de la culture (Evapotranspiration), des stocks d'eau dans le sol et des apports d'eau extérieurs (pluie, irrigation) au cours des divers stades de croissance de ces cultures.

III.2. Besoins en eau des cultures :

Selon Doorenbos et Pruitt (1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la quantité d'eau nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établit dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitant du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données ».

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite une bonne connaissance des plantes et aussi les données climatique et pédologique de la région pour pouvoir estimer la réserve en eau utile du sol 'RU' et la réserve facilement utilisable par la plante 'RFU'.

III.2.1. Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Sous le nom l'évapotranspiration, englobe la totalité de la consommation d'eau d'une plante mise en place, pour éviter le stress hydrique.

On distingue l'évapotranspiration de référence (ET_0), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)

Décrit le transport de l'eau depuis la surface vers l'atmosphère, ou la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal en pleine croissance ; l' ET_0 caractérise la demande en fonction des conditions climatiques exprimé en mm/j.

Il existe deux méthodes pour estimer l'ET₀ :

- Les méthodes directes « instruments et appareils » ;
- Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

- ✓ Formule de Turc (1960) ;
- ✓ Formule de Thornthwaite (1955) ;
- ✓ Formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- ✓ Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948) ;
- ✓ Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO ;

La formule de Penman-Monteith est la méthode la plus utilisée sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, qui sont rarement toutes disponibles sur une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée d'estimation de ET₀.

II.2.2.1. Formule Modifiée de Penman_Monteith

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Avec:

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

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]

u₂ : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

e_a : pression de vapeur réelle [kPa],

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

D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$],

g : constante psychrométrique [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Batna :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0. Les résultats trouvés pour la station de Batna sont récapitulés dans le tableau III-1.

Tableau III-1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0

Mois	Températures moy $^\circ\text{C}$	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Radiation $\text{MJ/m}^2\cdot\text{jour}$	ET_0 -penman mm/mois
Janvier	6.2	73	3.0	5.8	9.8	40.28
Février	7.0	68	3.4	6.5	12.6	50.54
Mars	10.3	60	3.6	7.6	16.8	88.12
Avril	13.5	59	4.1	8.3	20.4	114.25
Mai	18.6	60	3.8	9.2	23.2	149.29
Juin	23.6	59	3.9	10.3	25.3	180.58
Juillet	26.8	55	3.8	11.2	26.3	215.50
Août	26.4	59	3.4	10.2	23.5	190.86
Septembre	21.6	57	3.2	8.4	18.7	141.69
Octobre	17.2	60	3.5	7.6	14.6	108.04
Novembre	10.7	67	3.3	6.1	10.5	60.55
Décembre	6.9	74	3.5	5.1	8.5	40.96
Moy	15.7	63	3.5	8.0	17.5	1380.66

III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'Evapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et elle dépend aussi des conditions pédologiques et climatiques.

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

$$ETM = Kc \cdot ET_0 .$$

III.2.4. Les Coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) (voir annexe 2) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la vitesse du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », **F.A.O N°24**.

III.3. Besoins en eau d'irrigation :

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$Bi = ETM - (Pe_{eff} + K \cdot RFU_{i-1})$$

Avec :

- ✓ ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois) ;
- ✓ Pe_{eff} : pluie efficace en mm ;
- ✓ RFU : Réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;
- ✓ **K** est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.

Le calcul de la RFU se fait comme suit

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z ;$$

Avec :

- ✓ Y : degré de tarissement ;
- ✓ Da : densité apparente (1.35) ;
- ✓ Z : profondeur d'enracinement mm ;
- ✓ H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (28%) ;

✓ H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (17%).

➔ L'irrigation est faite lorsque Bi (bilan hydrique) > 0

III.3.1. Détermination de la pluie efficace :

La pluie efficace correspond à la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration réelle de la culture. L'eau des précipitations efficaces est répartie, au niveau du sol, en deux fractions : l'écoulement superficiel et l'infiltration.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer P_{eff} ici on va utiliser celle de pourcentage fixe (80%) :

Pluies efficaces (en mm/mois) = 80% × Pluies moyennes mensuelles (80%) (mm/mois)

Tableau III-2 : calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	aout
P _{moy80%} (mm/mois)	28.18	24.26	17.26	15.94	20.96	15.29	17.03	24.12	22.40	11.33	3.66	8.94
P _{eff} (mm/mois)	22.54	19.41	13.81	12.75	16.77	12.23	13.62	19.30	17.92	9.07	2.92	7.15

III.3.2. Choix des cultures :

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

III.3.2.1. Cultures proposées :

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau III.3 :

Tableau III.3: Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
1	70	15	10	5	100
2	45	15	30	10	100
3	35	15	35	15	100
4	30	10	35	25	100

Dans notre mémoire on propose le scénario 3 qui est un scénario équilibré. La gamme des cultures proposée relatives aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau III.4.

Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures.

Les cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
La céréaliculture : <ul style="list-style-type: none">▪ Blé dur▪ Ble tendre▪ Orge grain	35	140
Les cultures fourragères : <ul style="list-style-type: none">▪ Orge en vert▪ Luzerne	15	60
Le maraîchage : <ul style="list-style-type: none">▪ Pomme de terre▪ Ail /Oignon vert▪ Tomate▪ courgette▪ Choux▪ Betterave▪ Haricot▪ Oignon vert▪ Ail▪ Petit pois	35	140
L'arboriculture : <ul style="list-style-type: none">▪ Olivier▪ Pommiers	15	60
Total	100	400

III.3.2.2. Identification des principaux types d'assolement :

La pratique des assolements a pour but principal de maximiser les revenus et minimiser les risques de fluctuation de la fertilité de sol, d'une année à l'autre, elle permet l'association et la combinaison des grandes classes de cultures, à savoir : les maraîchages,

arboriculture, céréaliculture, fourragères suivant la taille des exploitations, les moyens financiers, les capacités techniques et de la gestion des agriculteurs.

L'assolement proposé est détaillé dans le tableau III.5:

Tableau III.5 : Les assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Blé dur	Orge en vert
Orge grain	Betterave
Luzerne	Blé
Ail + Oignon vert	Tomate
Pomme de terre (s)	Haricot
Pomme de terre (As)	Tomate
Tomate (as)	Oignon vert
Chou	Petits pois
Courgette	Ail
hors assolement : Arboriculture Olivier et Pommiers	hors assolement : Arboriculture Olivier et Pommiers

III.3.2.3. Avantages de la rotation des cultures :

La rotation culturale a un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes.

- Réserves minérales : la rotation permet aux plantes selon leur exigence et la zone de développement des racines d'exploiter au mieux les ressources minérales.
- Propriétés des sols : certaines plantes tendent à détériorer la structure du sol, d'autres plantes sécrètent des toxines racinaires, mais il existe par contre des cultures améliorantes.
- La rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites.

III.3.3. Cycle végétatif des cultures :

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau III.6:

Tableau III.6: Cycle végétatif des cultures.

cultures	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	
blé													
orge													
luzerne													
Ail+oignon													
Pomme de terre (s)													
Pomme de terre (as)													
tomate													
choux													
courgette													
betterave													
haricot													
oignon													
Petit pois													
ail													
Oliviers													
pommiers													

III. 4. Calcul des besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau sont calculés comme suit :

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau du Blé dur.

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69		0	–			
Oct	24.26	19.41	108.04		0	–			
Nov	17.26	13.81	60.55	0.30	29.7	9.705	0.40	24.22	0.0
Déc	15.94	12.75	40.96	0.50	49.5	14.85	0.65	26.62	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.50	49.5	24.75	0.90	36.25	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	0.60	59.4	24.75	1.00	50.54	13.6
Mars	17.03	13.62	88.12	0.60	59.4	29.7	1.05	92.53	49.2
Avril	24.12	19.3	114.25	0.60	59.4	19.8	0.85	97.11	58.0
Mai	22.4	17.92	149.29	0.60	59.4	19.8	0.60	89.57	51.9
Juin	11.33	9.07	180.58	0.60	59.4	0	0.35	63.20	54.1
Juill	3.66	2.92	215.5		0	–			
Août	8.94	7.15	190.86		0	–			

Tableau III-8 : calcul des besoins en eau de l'orge grain.

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55	0.30	29.7	9.705	0.40	24.22	0.0
Déc	15.94	12.75	40.96	0.50	49.5	14.85	0.65	26.624	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.50	49.5	24.75	0.90	36.252	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	0.60	59.4	24.75	0.90	45.486	8.5
Mars	17.03	13.62	88.12	0.60	59.4	19.8	0.90	79.308	45.9
Avril	24.12	19.3	114.25	0.60	59.4	0	0.85	97.1125	77.8
Mai	22.4	17.92	149.29	0.60	59.4	0	0.60	89.574	71.7
Juin	11.33	9.07	180.58	0.60	59.4	0	0.35	63.203	54.1
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III -9 : Calcul des besoins en eau de la luzerne.

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69	0.40	39.6	0	0.65	92.10	69.6
Oct	24.26	19.41	108.04	0.40	39.6	0.0	0.65	70.23	50.8
Nov	17.26	13.81	60.55	0.70	69.3	19.8	0.70	42.39	8.8
Déc	15.94	12.75	40.96	0.90	89.1	34.65	0.80	32.77	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	1.00	99	44.55	0.90	36.25	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	1.20	118.8	49.5	0.95	48.01	0.0
Mars	17.03	13.62	88.12	1.20	118.8	39.6	1.05	92.53	39.3
Avril	24.12	19.3	114.25	1.20	118.8	0	1.05	119.96	100.7
Mai	22.4	17.92	149.29	1.20	118.8	0	1.15	171.68	153.8
Juin	11.33	9.07	180.58	1.20	118.8	0	1.20	216.70	207.6
Juill	3.66	2.92	215.5	1.20	118.8	0	0.80	172.40	169.5
Août	8.94	7.15	190.86	1.20	118.8	0	0.80	152.69	145.5

Tableau III-10 : Calcul des besoins en eau de l'ail/oignon vert.

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04	0.40	39.6	0.000	0.50	54.02	34.6
Nov	17.26	13.81	60.55	0.40	39.6	13.2	0.75	45.41	18.4
Déc	15.94	12.75	40.96	0.40	39.6	19.8	0.95	38.91	6.4
Jan	20.96	16.77	40.28	0.40	39.6	19.8	0.95	38.27	1.7
Fév	15.29	12.23	50.54	0.40	39.6	19.8	0.70	35.38	3.3
Mars	17.03	13.62	88.12						
Avril	24.12	19.3	114.25						
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58						
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-11 : calcul des besoins en eau du pomme de terre (s).

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04	0.40	39.6	0.000	0.50	54.02	34.6
Nov	17.26	13.81	60.55	0.60	59.4	13.2	0.70	42.39	15.4
Déc	15.94	12.75	40.96	0.60	59.4	29.7	1.00	40.96	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.60	59.4	29.7	0.75	30.21	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12						
Avril	24.12	19.3	114.25						
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58						
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-12 : calculs des besoins en eau de la pomme de terre (as).

Mois	P moy(mm)	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55						
Déc	15.94	12.75	40.96						
Jan	20.96	16.77	40.28						
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12	0.4	39.6	4.08	0.75	66.09	48.4
Avril	24.12	19.3	114.25	0.6	59.4	13.2	1.1	125.68	93.2
Mai	22.4	17.92	149.29	0.6	59.4	19.8	1.2	179.15	141.4
Juin	11.33	9.07	180.58	0.6	59.4	0	0.75	135.44	126.4
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

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

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55						
Déc	15.94	12.75	40.96						
Jan	20.96	16.77	40.28						
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12	0.70	69.3	6.12	0.50	44.06	24.3
Avril	24.12	19.3	114.25	0.90	89.1	23.1	0.85	97.11	54.7
Mai	22.4	17.92	149.29	1.20	118.8	29.7	1.15	171.68	124.1
Juin	11.33	9.07	180.58	1.20	118.8	0	0.85	153.49	144.4
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-14 : Calcul des besoins en eau du chou.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69	0.30	29.7	0.000	0.50	70.85	48.3
Oct	24.26	19.41	108.04	0.40	39.6	0	0.70	75.63	56.2
Nov	17.26	13.81	60.55	0.50	49.5	13.2	0.95	57.52	30.5
Déc	15.94	12.75	40.96	0.60	59.4	16.5	0.80	32.77	3.5
Jan	20.96	16.77	40.28						
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12						
Avril	24.12	19.3	114.25						
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58						
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	158.82						

Tableau III-15 : Calcul des besoins en eau de la courgette.

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69	0.6	59.4	0	0.85	120.44	97.9
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55						
Déc	15.94	12.75	40.96						
Jan	20.96	16.77	40.28						
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12						
Avril	24.12	19.3	114.25						
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58	0.4	39.6	0	0.5	90.29	81.2
Juill	3.66	2.92	215.5	0.45	44.55	0	0.75	161.625	158.7
Août	8.94	7.15	190.86	0.5	49.5	0	0.85	162.231	155.1

Tableau III-16 : Calcul des besoins en eau du l'orge en vert.

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55	0.30	29.7	9.705	0.40	24.22	0.0
Déc	15.94	12.75	40.96	0.50	49.5	14.85	0.65	26.62	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.50	49.5	24.75	0.90	36.25	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	0.60	59.4	24.75	0.90	45.49	8.5
Mars	17.03	13.62	88.12	0.60	59.4	19.8	0.90	79.31	45.9
Avril	24.12	19.3	114.25	0.60	59.4	0	0.85	97.11	77.8
Mai	22.4	17.92	149.29	0.60	59.4	0	0.60	89.57	71.7
Juin	11.33	9.07	180.58	0.60	59.4	0	0.35	63.20	54.1
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-17 : Calcul des besoins en eau de betterave.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55	0.5	49.5	6.47	0.4	24.22	3.9
Déc	15.94	12.75	40.96	0.9	89.1	24.75	0.5	20.48	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.9	89.1	44.55	0.7	28.20	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	0.95	94.05	44.55	0.8	40.43	0.0
Mars	17.03	13.62	88.12	0.9	89.1	47.025	0.95	83.71	23.1
Avril	24.12	19.3	114.25	0.7	69.3	0	0.6	68.55	49.3
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58						
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-18 : Calcul des besoins en eau du Blé.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69		0	–			
Oct	24.26	19.41	108.04		0	–			
Nov	17.26	13.81	60.55	0.30	29.7	9.705	0.40	24.22	0.0
Déc	15.94	12.75	40.96	0.50	49.5	14.85	0.65	26.62	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.50	49.5	24.75	0.90	36.25	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	0.60	59.4	24.75	1.00	50.54	13.6
Mars	17.03	13.62	88.12	0.60	59.4	29.7	1.05	92.53	49.2
Avril	24.12	19.3	114.25	0.60	59.4	19.8	0.85	97.11	58.0
Mai	22.4	17.92	149.29	0.60	59.4	19.8	0.60	89.57	51.9
Juin	11.33	9.07	180.58	0.60	59.4	0	0.35	63.20	54.1
Juill	3.66	2.92	215.5		0	–			
Août	8.94	7.15	190.86		0	–			

Tableau III-19 : Calcul des besoins en eau de la tomate.

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55						
Déc	15.94	12.75	40.96						
Jan	20.96	16.77	40.28						
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12	0.70	69.3	6.12	0.50	44.06	24.3
Avril	24.12	19.3	114.25	0.90	89.1	23.1	0.85	97.11	54.7
Mai	22.4	17.92	149.29	1.20	118.8	29.7	1.15	171.68	124.1
Juin	11.33	9.07	180.58	1.20	118.8	0	0.85	153.49	144.4
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-20 : Calcul des besoins en eau du haricot

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69	0.70	69.3	0	0.90	127.52	105.0
Oct	24.26	19.41	108.04	0.70	69.3	0	0.85	91.83	72.4
Nov	17.26	13.81	60.55						
Déc	15.94	12.75	40.96						
Jan	20.96	16.77	40.28						
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12						
Avril	24.12	19.3	114.25						
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58	0.50	49.5	0.00	0.50	90.29	81.2
Juill	3.66	2.92	215.5	0.50	49.5	0	0.65	140.08	137.2
Août	8.94	7.15	190.86	0.70	69.3	0	0.95	181.32	174.2

Tableau III-21 : Calcul des besoins en eau de l'oignon vert

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04	0.5	49.5	7.513	0.4	43.216	16.3
Nov	17.26	13.81	60.55	0.75	74.25	16.5	0.4	24.22	0.0
Déc	15.94	12.75	40.96	0.95	94.05	24.75	0.4	16.384	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.95	94.05	31.35	0.4	16.112	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	0.75	74.25	31.35	0.4	20.216	0.0
Mars	17.03	13.62	88.12						
Avril	24.12	19.3	114.25						
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58						
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-22 : Calcul des besoins en eau du petits pois

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55						
Déc	15.94	12.75	40.96	0.40	39.6	4.603	0.45	18.43	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	0.70	69.3	19.8	0.80	32.22	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	0.70	69.3	34.65	1.00	50.54	3.7
Mars	17.03	13.62	88.12	0.70	69.3	34.65	0.95	83.71	35.4
Avril	24.12	19.3	114.25	0.70	69.3	0	0.50	57.13	37.8
Mai	22.4	17.92	149.29						
Juin	11.33	9.07	180.58						
Juill	3.66	2.92	215.5						
Août	8.94	7.15	190.86						

Tableau III-23 : calcul des besoins en eau de l'ail

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28.18	22.54	141.69						
Oct	24.26	19.41	108.04						
Nov	17.26	13.81	60.55						
Déc	15.94	12.75	40.96						
Jan	20.96	16.77	40.28						
Fév	15.29	12.23	50.54						
Mars	17.03	13.62	88.12						
Avril	24.12	19.3	114.25						
Mai	22.4	17.92	149.29	0.40	39.6	6.43	1.00	149.29	124.9
Juin	11.33	9.07	180.58	0.40	39.6	0	1.05	189.609	180.5
Juill	3.66	2.92	215.5	0.40	39.6	0	1.05	226.275	223.4
Août	8.94	7.15	190.86	0.40	39.6	0	1.05	200.403	193.3

Tableau III.24 : Calcul des besoins en eau des oliviers.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sept	28.18	22.54	141.69	1.5	148.5	0	0.85	120.44	97.9
Oct	24.26	19.41	108.04	1.5	148.5	11.3	0.85	91.83	61.2
Nov	17.26	13.81	60.55	1.5	148.5	9.7	0.75	45.41	21.9
Déc	15.94	12.75	40.96	1.5	148.5	6.9	0.65	26.62	7.0
Jan	20.96	16.77	40.28	1.5	148.5	6.4	0.65	26.18	3.0
Fév	15.29	12.23	50.54	1.5	148.5	8.4	0.65	32.85	12.2
Mars	17.03	13.62	88.12	1.5	148.5	6.1	0.65	57.28	37.5
Avril	24.12	19.3	114.25	1.5	148.5	6.8	0.65	74.26	48.2
Mai	22.4	17.92	149.29	1.5	148.5	9.7	0.65	97.04	69.5
Juin	11.33	9.07	180.58	1.5	148.5	0	0.85	153.49	144.4
Juill	3.66	2.92	215.5	1.5	148.5	0	0.85	183.18	180.3
Août	8.94	7.15	190.86	1.5	148.5	0	0.85	162.23	155.1

Tableau III.25 : Calcul des besoins en eau des pommiers.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sept	28.18	22.54	141.69	1.5	148.5	0	0.7	99.18	76.6
Oct	24.26	19.41	108.04	1.5	148.5	74.25	0.7	75.63	0.0
Nov	17.26	13.81	60.55	1.5	148.5	74.25	0.7	42.39	0.0
Déc	15.94	12.75	40.96	1.5	148.5	74.25	0.7	28.67	0.0
Jan	20.96	16.77	40.28	1.5	148.5	74.25	0.7	28.20	0.0
Fév	15.29	12.23	50.54	1.5	148.5	74.25	0.7	35.38	0.0
Mars	17.03	13.62	88.12	1.5	148.5	74.25	0.8	70.50	0.0
Avril	24.12	19.3	114.25	1.5	148.5	74.25	0.85	97.11	3.6
Mai	22.4	17.92	149.29	1.5	148.5	74.25	0.85	126.90	34.7
Juin	11.33	9.07	180.58	1.5	148.5	0	0.7	126.41	117.3
Juill	3.66	2.92	215.5	1.5	148.5	0	0.7	150.85	147.9
Août	8.94	7.15	190.86	1.5	148.5	0	0.7	133.60	126.5

L'Estimation des besoins en eau pour chaque culture pour chaque assolement est donnée dans les tableaux, tableau III.26 et tableau III.27:

Tableau III.26: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.

Mois	Blé	Orge en grain	Luzerne	Ail+ Oignon vert	Pomme de terre(s)	Pomme de terre(as)	tomate	chou	courgette	olivier	pommier	max	total
Sept			69.6					48.3	97.9	97.9	76.6	97.9	390.3
Oct			50.8	34.6	34.6			56.2		61.2	0	61.2	237.4
Nov	0	0	8.8	18.4	15.4			30.5		21.9	0	30.5	95.0
Déc	0	0	0	6.4	0			3.5		7	0	7.0	16.9
Jan	0	0	0	1.7	0					3	0	3.0	4.7
Fév	13.6	8.5	0	3.3						12.2	0	13.6	37.6
Mar	49.2	45.9	39.3			48.4	24.3			37.5	0	49.2	244.6
Avr	58	77.8	100.7			93.2	54.7			48.2	3.6	100.7	436.2
Mai	51.9	71.7	153.8			141.4	124.1			69.5	34.7	153.8	647.1
Jui	54.1	54.1	207.6			126.4	144.4		81.2	144.4	117.3	207.6	929.5
Juill			169.5						158.7	180.3	147.9	180.3	656.4
Août			145.5						155.1	155.1	126.5	155.1	582.2

Tableau III.27 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement II

Mois	Orge en vert	Betterave	Blé	Tomate	Haricot	tomate	Oignon vert	Petit pois	Ail	oliviers	pommiers	max	total
Sep					105					97.9	76.6	105	279.5
Oct					72.4		16.3			61.2	0	72.4	149.9
Nov	0	3.9	0				0			21.9	0	21.9	25.8
Déc	0	0	0				0	0		7	0	7	7
Jan	0	0	0				0	0		3	0	3	3
Fév	8.5	0	13.6				0	3.7		12.2	0	13.6	38
Mars	45.9	23.1	49.2	24.3		24.3		35.4		37.5	0	49.2	239.7
Avr	77.8	49.3	58	54.7		54.7		37.8		48.2	3.6	77.8	384.1
Mai	71.7		51.9	124.1		124.1			124.9	69.5	34.7	124.9	600.9
Jui	54.1		54.1	144.4	81.2	144.4			180.5	144.4	117.3	180.5	920.4
Juill					137.2				223.4	180.3	147.9	223.4	688.8
Août					174.2				193.3	155.1	126.5	193.3	649.1

III.4.1. Calcul du débit spécifique :

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

$$qs = \frac{Bnet * 10 * 1000}{Nj * Ni * 3600 * Ei} \text{ l/s/ha}$$

Avec:

- ✓ Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- ✓ Ni : nombre des heures d'irrigation=24h ;
- ✓ Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours ;
- ✓ Ei : Efficience d'irrigation=75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement I)

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de Juin,

Bnet =929.5 mm/mois.

➔ **qs=4.78 l/s/ha > 1.5 l/s/ha**

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. Il y'a un risque de surdimensionnement

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

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

Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante (luzerne 207.6mm).

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

➔ **qs = 1.1 l/s /ha** ; ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

III.4.2. Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

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

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

S : la superficie nette à irriguer = 400 ha

$$\rightarrow Q_{car} = q_s \cdot S = 1.1 \cdot 400 = 440 \text{ l/s.}$$

III.4.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

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

Le volume des besoins en eau = le besoin de la culture (m³) * la surface de la culture.

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau III-28.

Tableau III.28 : volume d'eau d'irrigation.

Type des cultures	Surface (Ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m ³ /ha)	Besoins en eau brut (m ³ /ha)	Besoins brut totaux (m ³)
La céréaliculture	140Ha				
-Blé tendre	70	226.8	2268	3024	211680
Luzerne	70	945.5	9455	12606.7	882469
Les fourragères	60ha				
-Orge en vert	60	258	2580	3440	206400
Le maraichage	140Ha				
Ail +oignon vert	30	64.419	644.19	858.92	25767.6
Pomme de terre (s)	30	50	500	666.7	20001
Pomme de terre (as)	20	409.4	4094	5458.7	109174
tomate	20	347.5	3475	4633.3	92666.7
chou	20	138.6	1386	1848	36960
courgette	20	492.9	4929	6572	131440
Les arboricultures	60ha				

oliviers	30	543.9	5439	7252	217560
pommiers	30	498.1	4981	6641.3	199239
				Besoins total	2133357.3m³

On remarque que le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre de 2.2 Hm³. Et comme le barrage d'alimentation est de capacité de 14 Hm³ ce qui explique qu'on peut extraire ce volume à partir du barrage Koudiet Medouar.

III.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons choisi les cultures qu'on va planter dans notre périmètre et nous avons déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante à cause des contraintes agricoles et agronomiques. En deuxième lieu, nous avons calculé les besoins en eau totaux du périmètre et déduit que la capacité de la retenue (Barrage Koudiet Medouar) suffit largement pour irriguer le périmètre de Ouled Fadhel.



Chapitre IV

Etude du système d'adduction

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1. Introduction :

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système.

Le système d'adduction est la première tâche à laquelle doit se préoccuper l'ingénieur, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

IV .2. Alimentation en eau du périmètre :

Le périmètre d'Ouled Fadhel dont la superficie est de 400 Ha, sera irrigué à partir du barrage de Koudiet Medouar qui a une capacité initiale de 14Hm^3 .

IV.3. Organisation et structure du périmètre :

L'organisation du périmètre est la première contrainte dans l'aménagement d'un périmètre d'irrigation.

Le périmètre d'Ouled Fadhel est situé à l'aval de barrage de Koudiet Meddour, il englobe 31 ilots organisés en deux secteurs, la surface totale est de 400 ha.

IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation :

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles...etc.

On admet généralement que l'implantation des bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations doivent répondre aux critères suivants :

- Une prise par ilot d'exploitations ;
- Quatre (04) prises maximum sur une même borne ;
- Bornes implantées en limites d'ilots ou au centre pour les grands ilots.

IV.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'ilot ;
- Régler la pression ;
- Encaisser les suppressions accidentelles ;
- Compter les volumes distribués par la prise.

IV.3.3. Calcul hydraulique aux bornes :

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S_i ;$$

Avec :

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

IV.3.4. Choix du diamètre et du type des bornes :

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

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

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

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80,100$	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	2 Entrée $\Phi 80,100$	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22) l/s	2 Entrée $\Phi 80,100,125$	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33) l/s	2 Entrée $\Phi 80,100,125$	1 Entrée $\Phi 150$

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont détaillés comme suit :

IV.3.4.1. Secteur 1 :

Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.

îlots	superficies (ha)	parcelles	superficies	Q (l/s/ha)	Q _b (l/s)	Matériau	Corp de régulation(mm)	Borne type
I1	8.98	P1	1.95	2.145	9.88	fonte	65	Type A4
		P2	1.36	1.496				
		P3	2.71	2.981				
		P4	2.96	3.256				
I2	22.68	P7	1.41	1.551	24.95	fonte	80	Type B
		P5	21.27	23.397				
I3	13.83	P6	0.94	1.034	15.21	fonte	80	Type A4
		P8	2.42	2.662				
		P9	4.59	5.049				
		P11	5.88	6.468				
I4	17.86	P10	17.86	19.646	19.65	fonte	80	Type B
I5	8.26	P12	3.2	3.52	9.09	fonte	65	Type A4
		P13	3.1	3.41				
		P14	1.96	2.156				
I6	17.98	P16	0.81	0.891	19.78	fonte	65	Type B
		P17	1.3	1.43				
		P18	3.55	3.905				
		P26	12.32	13.552				
I7	17.98	P27	3.75	4.125	19.78	fonte	80	Type B
		P24	2.6	2.86				
		P25	4.47	4.917				
		P28	7.16	7.876				
I8	9.42	P29	0.87	0.957	10.36	fonte	65	Type A2
		P30	8.55	9.405				
I9	17.21	P31	2.28	2.508	18.93	fonte	80	Type B
		P32	3.21	3.531				
		P33	5.67	6.237				
		P34	6.05	6.655				
I10	23.70	P35	1.99	2.189	26.07	fonte	80	Type B
		P37	3.23	3.553				
		P36	6.23	6.853				
		P38	12.25	13.48				
I11	9.41	P15	0.57	0.627	10.35	fonte	65	Type A2
		P19	8.84	9.724				
I12	28.23	P20	3.72	4.092	31.05	fonte	80	Type B
		P21	7.95	8.745				
		P22	10.19	11.209				
		P23	6.37	7.01				

IV.3.4.2. Secteur 2 :

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

îlots	superficies (ha)	parcelles	superficies	Q (l/s/ha)	Q _b (l/s)	Materiel	Corp de regulation	Borne type
I13	14.45	P39	8.52	9.37	15.90	fonte	80	Type B
		P40	2.73	3.00				
		P41	1.96	2.16				
		P42	1.24	1.36				
I14	6.60	P44	2.44	2.68	7.26	fonte	65	Type A4
		P43	1.63	1.79				
		P46	0.98	1.08				
		p45	1.55	1.71				
I15	34.17	P48	34.17	37.59	37.59	fonte	80	Type B
I16	7.28	P50	2.47	2.72	8.01	fonte	65	Type A4
		P51	1.69	1.86				
		P52	1.47	1.62				
		P49	1.65	1.82				
I17	7.54	P53	0.67	0.74	8.29	fonte	65	Type A4
		P54	4.42	4.86				
		P55	2.45	2.70				
I18	8.33	P56	1.72	1.89	9.16	fonte	80	Type A4
		P57	1.74	1.91				
		P58	3.78	4.16				
		P59	1.09	1.20				
I19	7.78	P60	3.58	3.94	8.56	fonte	65	Type A4
		P62	2.26	2.49				
		P61	1.93	2.12				
I20	10.12	P64	6.34	6.97	11.13	fonte	65	Type A2
		P63	3.78	4.16				
I21	4.55	P65	4.55	5.01	5.01	fonte	65	Type A2
I22	9.78	P66	2.66	2.93	10.76	fonte	65	Type A4
		P67	4.10	4.51				
		P68	3.01	3.31				
I23	17.05	P72	6.01	6.61	18.76	fonte	80	Type B
		P71	4.69	5.16				
		P70	1.85	2.04				
		P69	4.50	4.95				
I24	6.70	P73	6.70	7.37	7.37	fonte	65	Type A2
I25	6.29	P76	1.60	1.76	6.92	fonte	65	Type A4
		P75	2.99	3.29				
		P74	1.7	1.87				

I26	8.38	P77	5.15	5.67	9.22	fonte	65	Type A2
		P78	3.23	3.55				
I27	13.29	P79	4.12	4.53	14.62	fonte	80	Type B
		P80	5.9	6.49				
		P81	3.27	3.60				
I28	11.14	P82	3.50	3.85	12.25	fonte	80	Type A4
		P84	3.81	4.19				
		P85	1.15	1.27				
		P83	2.68	2.95				
I29	5.16	P86	2.47	2.72	5.68	fonte	65	Type A2
		P87	2.69	2.96				
I30	13.06	P89	7.68	8.45	14.37	fonte	80	Type B
		P88	5.38	5.92				
I31	10.88	P90	3.38	3.72	11.97	fonte	80	Type A2 DN65
		P91	7.50	8.25				

IV.3.4.3. Recapéculatión des nombres d'ilots et de borne de chaque secteur.

Tableau IV.4 : Nombre d'irrigation du chaque secteur.

Secteur	Superficie (ha)	Nombre d'ilots	Nombre de Bornes	Nombre d'irrigants	Sup. moy. /lot (ha)	Q. spécifique (l/s/ha)
I	200	12	12	12	16.67	1.1
II	200	19	19	19	10.53	
Total	400	31	31	31	12.9	

IV.4. Description de l'aménagement du périmètre :

Lors de l'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau et on choisit la variante adéquate pour alimenter notre périmètre.

IV.4.1. Choix de la variante d'aménagement :

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate se fait après étude des deux variantes d'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des pertes de charge minimales et le meilleur tracé (tracé économique).

IV.4.1. 1. La variante 1 :

La variante 1 est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Une conduite enterrée en PEHD part de la chambre des vannes vers la station de tête (ST), qui alimentera le périmètre. Après analyse, cette variante a été écartée du fait des faibles pressions obtenues.

IV.4.1.2. La variante 2 :

La variante 2 consiste à alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage pour garantir les pressions adéquates (généralement à 2 bars) au niveau des bornes.

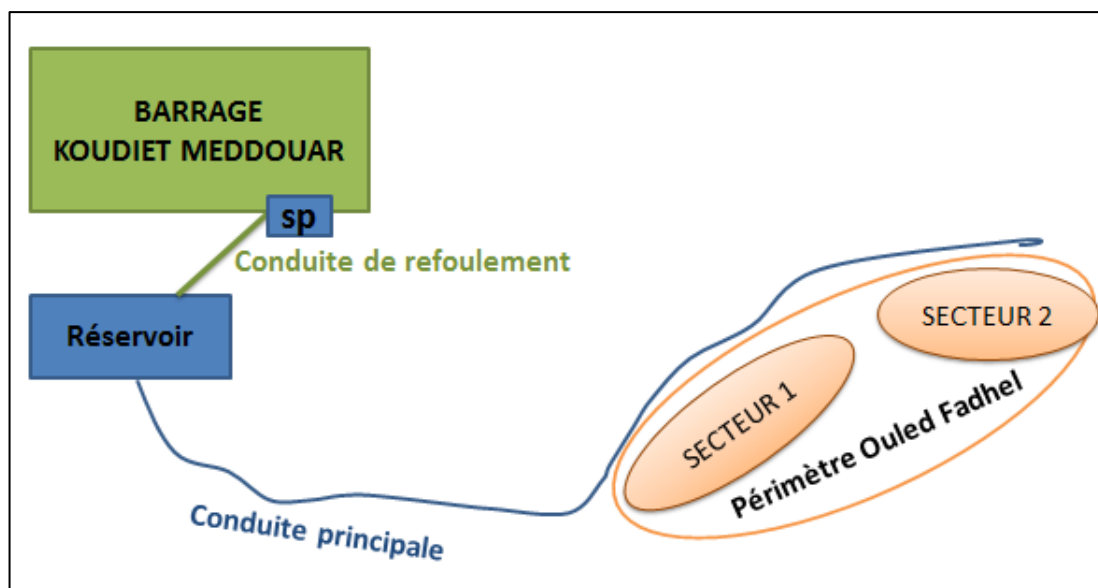


Figure IV.1 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression.

IV.4.1.3. Choix de la variante :

Suivant les besoins de notre étude nous avons opté pour la variante 2 : variante avec système de pompage qui paraît la plus adéquate.

IV.5. Etude de système de pompage :

IV.5.1. Les pompes :

➤ Les turbopompes

Les pompes axiales, à écoulement radial ; les pompes semi axiales :

➤ Les pompes à écoulement radial :

Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croît avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.

- **Les pompes axiales** : Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.
- **Les pompes semi axiales** :

Pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes. Les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

IV.5.2. Calculs hydrauliques du système d'adduction :

Pour les besoins des calculs hydrauliques du système d'adduction nous avons les données suivantes:

- ✓ niveau maximal de la retenue Koudiat Medaour992m
- ✓ niveau minimal de la retenue Koudiat Medaour.....970m
- ✓ niveau maximal d'eau dans le Réservoir1030m
- ✓ niveau minimal d'eau dans le Réservoir1025m

Le niveau moyen de la retenue est calculé comme suit :

$$N_{\text{moy}} = (N_{\text{max}} + N_{\text{min}}) / 2 ;$$

$$N_{\text{moy}} = (992 + 970) / 2 = \mathbf{981m}$$

IV.5.3. Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{\text{cal}} = H_g + \sum h_p (\text{asp}) + \sum h_p (\text{ref}) + P_{\text{exh}}$$

Avec :

- ✓ H_g : Hauteur géométrique (m) ;
- ✓ $\sum h_p (\text{asp})$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;
- ✓ $\sum h_p (\text{ref})$: Pertes de charges au refoulement (m) ;
- ✓ P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur), $P_{\text{exh}} = (1,0 \div 1,5) \text{ m}$;

On prend $P_{\text{exh}} = 1 \text{ m}$.

IV.5.3.1. Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$H_{\text{MT}} = H_g + \Delta h_p ;$$

Avec :

- ✓ H_{MT} : Hauteur Manométrique Totale en (m) ;
- ✓ H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_a - h_r$;

✓ H_a : hauteur d'aspiration.

On a :

✓ $N_{moy} = 981 \text{ m}$

✓ h_r : cote du réservoir = 1030m

✓ le débit caractéristique : $Q_c = 440 \text{ l/s}$.

donc : Le débit à refouler :

$$Q_{rf} = Q_c * (1.05 - 1.1);$$

$$Q_{rf} = 1.05 * Q_c = 462 \text{ l/s} = \mathbf{0.462 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\longrightarrow H_g = 1025 - 981 = \mathbf{44 \text{ m}}.$$

IV.5.3.2. Calcul des pertes de charge totales :

a) Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g};$$

Avec :

✓ L : longueur du tronçon en (m).

✓ V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).

✓ ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m) ;

✓ I : gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = (1,14 - 0,86Ln \frac{\xi}{D})^{-2} \quad (\text{Formule de Nikuradzé})$$

ξ : Rugosité absolue pour la fonte = 0,003 mm.

b) Pertes de charge singulières :

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets...) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou conduite longue.

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l;$$

Les résultats des pertes de charge sont représentés dans **l'annexe 3**.

Donc $H_{MT} = 46.10 \text{ m}$.

IV.5.3.3. Calcul du diamètre économique :

Le diamètre des conduites de refoulement est approché par la loi de Bonin comme suit:

$$D = \sqrt{Q_{\text{ref}}};$$

Avec :

- ✓ Q_{ref} : le débit de refoulement en m³/s ;
- ✓ D : diamètre de la conduite (m).

Donc : $D = \sqrt{0.462} = 0.680 \text{ m} = \mathbf{680\text{mm}}$.

Ce diamètre est approximatif on doit établir une analyse technico-économique pour le choix du diamètre optimale de la conduite de refoulement.

Le dimensionnement de la conduite d'adduction s'établit en cherchant le diamètre économique qui permet de donner un coût de revient minimum entre les dépenses de fonctionnement et celle d'investissement, une étude technico-économique s'avère donc indispensable.

➤ **Puissance absorbée par la pompe :**

C'est la puissance fournie la pompe, définie comme suit :

$$P = \frac{\rho g * Q * HMT}{\eta};$$

- ✓ η : rendement de la pompe en (%) ($\eta=80\%$) ;
- ✓ Q : débit refoulé par la pompe en (m³/s) ;
- ✓ g : pesanteur (9.81 m/s²) ;
- ✓ ρ : masse volumique de l'eau (kg/ m³).

➤ **Energie consommée par la pompe**

$$E = P * t * 365 \text{ [Kwh]};$$

Avec :

- ✓ t : c'est le temps de pompage par jour en (heure); dans notre cas t =22h.
- ✓ P : puissance de la pompe en (kW).

➤ **Frais d'exploitation**

Les frais d'exploitation sont définis comme suit :

$$F_{\text{ex}} = E * e \text{ [DA]}$$

Avec : E : énergie consommée par la pompe en (Kw H) ;

- ✓ e : prix unitaire d'un Kwh imposé par la SONELGAZ (e=4,69DA).

➤ Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont donnés comme suit :

$$F_{am} = P_{rc} * A \text{ [DA]}$$

Avec : P_{rc} : prix de la conduite en (DA)

✓ A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad ;$$

✓ i : Taux d'annuité annuel, $i = 8 \%$;

✓ n : nombre d'années d'amortissement, $n = 29$ ans.

$$A = \frac{0.08}{(0.08+1)^{29}-1} + 0.08 = 0.0896$$

$A=8.96 \%$

Les frais d'exploitation et d'amortissement sont présentés dans **l'Annexe 3**.

Les résultats sont résumés dans le tableau IV.8:

Tableau IV.5 : Calcul du bilan total.

D (mm)	Amortissement	Exploitation	Bilan
600	3678192	10379877.5	14058069.5
700	4149180	9835814.0	13984994.0
800	4999201.2	9613921.5	14613122.7
1000	5920992	9460303.6	15381295.6

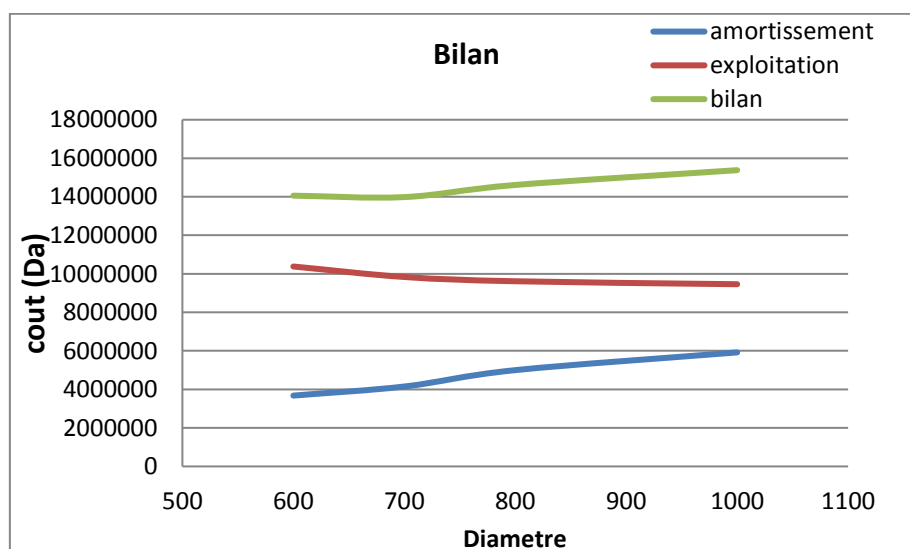


Figure IV.2 : Graphe du bilan en fonction diamètre.

D'après le graphe du bilan, on remarque que le diamètre économique est de 700 mm correspond à une H_{MT} de l'ordre de 49 m.

IV.5.3.4. Choix des pompes et nombre des pompes :

Les Critères du choix du nombre de pompes sont les suivants :

- ✓ Nombre minimal de pompes;
- ✓ Puissance absorbée minimale;
- ✓ $(NPSH)_r$ minimal;
- ✓ Meilleur rendement;

Les intervalles des nombres de pompes sont présentés dans le Tableau IV.6:

Tableau IV.6 : Choix de Nombre de pompes.

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
$N_p \leq 4$	1 pompe de secours
$4 < N_p \leq 6$	2 pompes de secours
$N_p \geq 6$	3 pompes de secours

D'après les données recueillies et le choix du diamètre économique, nous avons :

- Le débit d'équipement qui est de 462 l/s ;
- La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction elle est de 49 m ;
- La conduite de refoulement a un linéaire de 2520m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau IV. Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau IV.7 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.

Nombre de pompe	Q (l/s)	H _{MT} (m)	Type de pompe	η %	N (tr/mn)	P _{ab} (kw)	NPSH _r (m)	\varnothing mm
1	-	-	-	-	-	-	--	-
2	228	49.0	E18S64/2DE+M12230	72.3	2900	150	15.8	445
3	175	49.0	E14S64/1B+M10150	81.4	2900	101	10.8	352
4	128	49.0	E14S55/1A+M10125	77.7	2900	79.8	12.6	342
5	87.6	49.0	E14S50/2E+MC880	76.1	2900	59	8.61	342

Après la comparaison entre les caractéristiques des différents nombre de pompe, et pour des raisons technico-économiques, on a choisi la variante de 5 pompes identiques (+2 pompes de secours) qui portent les caractéristiques suivantes.

1. Rendement 76.1 %
2. Puissance absorbée 59 Kw
3. NPSHr minimal 8.61. voir (Annexe 4)

La courbe caractéristique de la pompe est comme suit

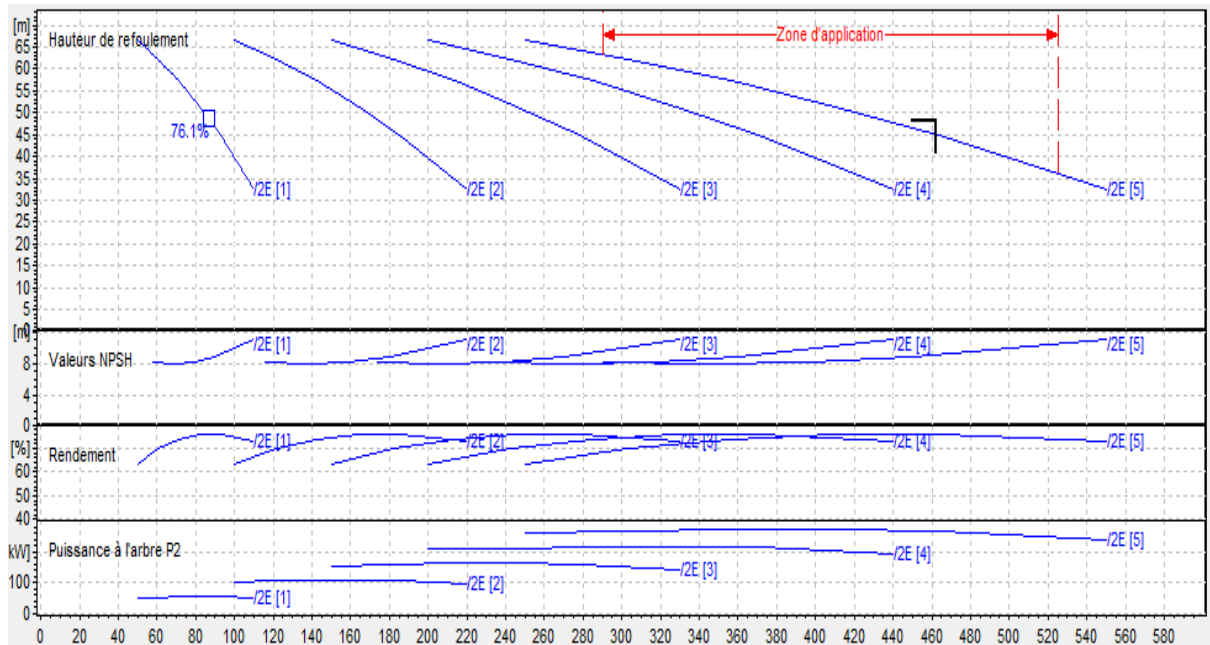


Figure IV.3 : Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)

IV.5.3.5. Protection contre de la cavitation :

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en fonctionnement, cela se produit pour à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

La condition suivante doit être vérifiée :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d ;$$

- ✓ (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.

La relation qui permet de calculer le $(NPSH)_d$ est la suivante :

$$(NPSH)_d = \frac{pa}{\rho g} - ZE - \Delta Ha - \frac{Pv}{\rho g}$$

Avec :

- ✓ $\frac{pa}{\rho g}$: en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de l'emplacement de la station de pompage

Tableau IV.8 : pression atmosphérique en fonction de la cote.

H(m)	-50	0	100	300	500	1500	200
$\frac{pa}{\rho g}$	10.86	10.33	10.2	10.06	9.7	8.6	8.4

Dans notre cas la station de pompage est sur la côte de 970m, donc on pose que $\frac{pa}{\rho g} = 9.18$.

- ✓ Pv : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante.

Tableau IV.9 : Pression de vapeur en fonction de la température.

T°(c)	5	10	20	30	40	50	80	100
$\frac{Pv}{\rho g}$	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.24	4.82	10.33

Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est commande de prendre Pv=20

hPa, soit $\frac{Pv}{\rho g} = 0.22m$

Z_E : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.

- ✓ ΔH_a : perte de charge à l'aspiration.

Les pertes de charge sont calculées par la formule de Williams-Hazen :

$$\Delta H \left(\frac{m}{100m} \right) = 1.23 \times 10^{12} \times \frac{Q^{1.85}}{C_{wh} D^{4.87}}$$

$$(NPSH)_d = \frac{pa}{\rho g} - Z_E - \Delta H_a - \frac{Pv}{\rho g}$$

$$= 9.18 - 0.142 - 8.35 \times 10^{-7} - 0.22 = 8.81m.$$

$$(NPSH)_d = 8.81m.$$

Interprétation :

On remarque que $(NPSH)_d > (NPSH)_r$, ce qui explique que les pompes sont protégées contre la cavitation.

IV.5.3.5. Bâtiments de la station :

Il existe différents types de bâtiment pour une station de pompage :

- ✓ Bâtiment type bloc.
- ✓ Bâtiment type bâche sèche.
- ✓ Bâtiment type bâche mouillée.
- ✓ Bâtiment de type semi-enterré et sur sol.

On choisit le type de bâtiment en fonction des paramètres mentionnés dans le tableau suivant

Tableau IV.10 : Choix du type de bâtiment.

Paramètres	Type du bâtiment			
	Bloc	Bâche sèche	Bâche mouillée	Sur sol ou semi-enterré
Q m ³ /s	>2	<2	<6	<1,5
Type de pompe	Axiale à axe vertical ou horizontal	Pompe centrifuge	Axiale noyée à axe verticale	Pompe centrifuge
Hauteur admissible à l'aspiration (m)	<0 (en charge)	<0 >0	<0 <0	>0 (en aspiration)
ΔH : variation du plan d'eau de la rivière (m)	1 à 2	1 à 3	N'importe	importante

On choisit le bâtiment de type sur Bâche mouillée car on a une pompe immergé et $Q < 6 \text{ m}^3/\text{s}$

VI.5.3.5.1. Hauteur du bâtiment :

Elle est calculée comme suit : $H_b = H_5 + H_6 + H_7 + H_8 + H_9$

Où :

$$H_5 = H_p + H_{rf} + H_r$$

H_p : hauteur de la pompe, $H_p = 2.292 \text{ m}$;

H_{rf} : hauteur à la sortie de la pompe, $H_{rf} = 0,5 \text{ m}$

H_r : hauteur de réserve $H_r = 0,5 \text{ m}$;

$$\text{A.N : } H_5 = 2.292 + 0,5 + 0,5, \text{ d'où : } H_5 = 3.292 \text{ m}$$

H_6 : hauteur réservée à l'homme, $H_6 = 2,2 \text{ m}$;

H_7 : hauteur du chariot, $H_7 = 0,3 \text{ m}$;

H_8 : hauteur profilée, $H_8 = 0,8 \text{ m}$;

H_9 : hauteur de sécurité, $H_9 = 0,5 \text{ m}$;

$$\text{A.N : } H_b = 3.292 + 2,2 + 0,3 + 0,8 + 0,5 \Rightarrow H_b = 7.092 \text{ m.}$$

Les hauteurs du bâtiment étant normalisées (3,6 ; 4,2 ; 4,8 ; 5,5 ; 9m) on prend comme hauteur du bâtiment $H_b = 9 \text{ m}$.

IV.5.3.5.2. Longueur du bâtiment :

Elle est donnée en fonction des paramètres suivant :

$$L_b = n \times L + L_{int} + L_{pf} + L_r + L_p + L_m + L_{pm} ;$$

- ✓ n: nombre de pompes, $n = 7$ (tenant compte de la pompe de secours) ;
- ✓ L : longueur de la pompe et celle du moteur ($L = 0.234$ m) ;
- ✓ L_{int} : distance entre deux pompes voisines, $L_{int} = (0,8-1,2)$ m. On prend : $L_{int} = 0.9$ m ;
- ✓ L_{pf} : longueur de la plate-forme de montage, $L_{pf} = 3$ m ;
- ✓ L_r : longueur de l'armoire électrique, $L_r = (2-3)$ m ; On prend : $L_r = 2.5$ m ;
- ✓ L_p : longueur du bureau du personnel, On prend : $L_p = 4$ m ;
- ✓ L_m : épaisseur du mur, on prend : $0,6$ m ;
- ✓ L_{pm} : distance entre pompe et mur, on prend : $0,3$ m.

$$A.N : L_b = 7 \times 0.234 + 0.9 \times 6 + 3 + 2.5 + 4 + 0,6 + 0,3 \Rightarrow L_b = 17.44 \text{ m.}$$

On opte pour une longueur de **18 m**.

IV.5.3.5.3. Largeur du bâtiment :

Elle est donnée par la relation :

$$l_b = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 2.s ;$$

- ✓ s : épaisseur du mur, $s = 0,3$ m ;
- ✓ l_1 : distance entre mur et premier organe de la pompe, $l_1 = 0,3$ m ;
- ✓ l_2 : largeur pompe moteur, $l_2 = 0.342$ m ;
- ✓ l_3 : longueur des accessoires d'aspiration,
- ✓ l_4 : longueur des accessoires de refoulement, $l_3 + l_4 = 3.25$ m
- ✓ l_5 : longueur des collecteurs de refoulement, $l_5 = 2$ m.
- ✓ l_6 : distance entre mur et escalier, $l_6 = 1$ m.

Finalement la largeur totale est de : **7.5 m**.

IV.5.3.6. Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :

Etant donné la superficie importante, on opte pour un réservoir rectangulaire (ou bassin).

Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Q_c \times T_{nf}$$

Avec:

- ✓ V: Volume d'eau d'irrigation (m^3).
- ✓ Q_c : débit caractéristique (m^3/h), $Q_c = 1663 m^3/h$.
- ✓ T_{nf} : temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

On trouve donc $V = 1663 \times 2 = 3326 \text{ m}^3$.

On prend un volume de $V = 3000 \text{ m}^3$.

Vu le volume de régulation nous optons pour 2 variantes de réservoirs :

1. Reservoir circulaire :

Les dimensions finales du bassin sont : $6.5 \times 25 = 3350 \text{ m}^3$.

2. Bassin rectangulaire :

Les dimensions finales du bassin sont : $10 \times 25 \times 13.5 = 3350 \text{ m}^3$.

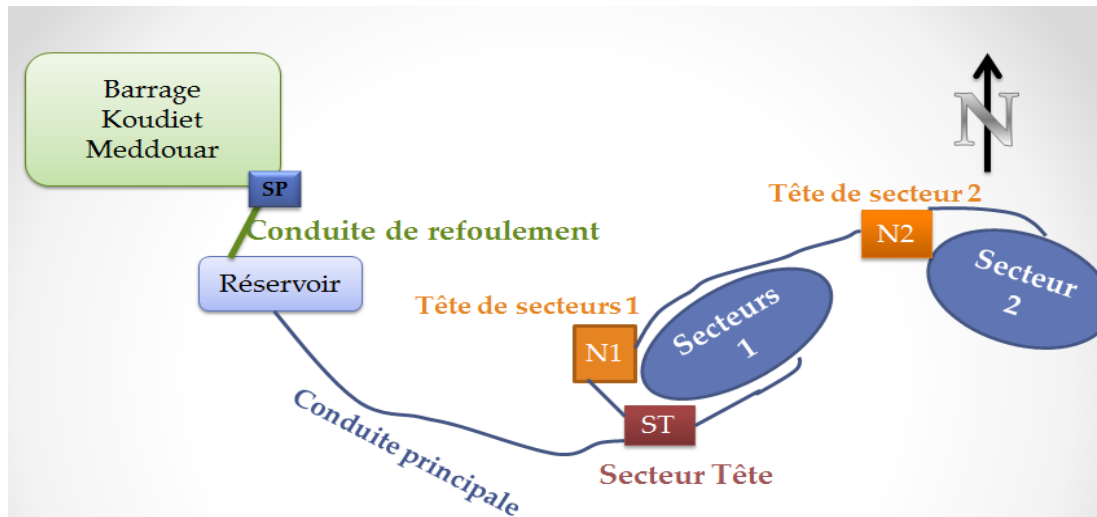


Figure IV.4 : Schéma de la variante d'aménagement d'irrigation.

IV.6. Etude du système d'adduction-distribution :

Dans notre étude nous avons une conduite principale qui alimente les têtes des secteurs 1 et 2 (N1, N2) et une autre conduite parallèle à celle d'avant alimente les ilots (I2, I4, I12) pour éviter la traversée de l'oued. Ce tracé est un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

IV.6.1. Dimensionnement du réseau de distribution :

IV.6.1.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

IV.6.1.2. Vitesses admissibles :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

IV.6.1.3. Choix du matériau des conduites :

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et la surtout la disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC etc.

a)- Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

- ✓ Bonne résistance aux forces internes ;
- ✓ Bonne résistance à la corrosion ;
- ✓ Très rigides et solides.

Leur inconvénient est :

- ✓ Coût relativement important.

b)- Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- ✓ Sont les plus légers et faciles à couper ;
- ✓ Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- ✓ Disponible sur le marché ;
- ✓ Une pose de canalisation facile ;
- ✓ Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

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

c)- Conduite en PRV : Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, et en fonte dans le cas contraire (> 400mm).

IV.6.1.4. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

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

Avec :

- ✓ Q : débit exprimé en m³/s, D :diamètre exprimé en mm;
- ✓ V_{ad}: vitesse admissible =1.5 m/s.

IV.6.1.5. Estimation des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ h_{pu}: Pertes de charge unitaire en m/m ;
- ✓ L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations ;
- ✓ C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :

$$J=L \times Q^M/D^N$$

Tableau IV.11 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.

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

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : L=1.15 M=1.89 N=5.01.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD.

Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau qui suivra.

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

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

Où h₁ et h₂ sont les hauteurs de pressions

V₁ et V₂ sont les vitesses d'écoulement dans A et B

Z₁ et Z₂ sont les côtes du terrain naturel.

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

Les calculs sont détaillés dans le tableau IV.7.

Tableau. IV.12 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.

N° tronçon	Long L(m)	L(km)	Surface (Ha)	débit (m3/S)	Diamètre (mm)	D.Norm (mm)	Matériau de canalisation	V(m/s)	P.charge (m/m)	C. terrain Z(m)	C.piézo (m)	Pression (m)	Pression (bars)
R-ST	6380	6.38	400	0.440	611.3	700	Fonte	1.14	9.28	942.00	1020.7	78.7	7.9
ST-N1	300	0.3	400	0.440	611.3	700	Fonte	1.14	0.44	941.80	1020.3	78.5	7.8
N1-R1	325	0.33	8.98	0.010	91.6	110	PEHD	1.04	3.85	941.5	1016.4	74.9	7.5
R1-B1	39	0.04	8.98	0.010	91.6	110	PEHD	1.04	0.46	941.5	1016.0	74.5	7.4
R1-R3	548	0.55	13.83	0.015	113.7	125	PEHD	1.24	7.73	941.5	1008.7	67.2	6.7
R3-B3	38	0.04	13.83	0.015	113.7	125	PEHD	1.24	0.54	941.5	1015.4	73.9	7.4
R3-R5	484	0.484	8.26	0.009	87.9	90	PEHD	1.43	13.38	941.3	995.3	54.0	5.4
R5-B5	34	0.034	8.26	0.009	87.9	90	PEHD	1.43	0.94	941.3	994.4	53.1	5.3
R5-B11	270	0.27	9.41	0.010	93.8	110	PEHD	1.09	3.49	942	991.8	49.8	5.0
R5-R6	387	0.387	17.98	0.020	129.6	160	PEHD	0.98	2.60	943	992.7	49.7	5.0
R6-B6	34	0.034	17.98	0.020	129.6	160	PEHD	0.98	0.23	943	992.5	49.5	4.9
R6-R7	740	0.74	17.98	0.020	129.6	160	PEHD	0.98	4.98	943	987.7	44.7	4.5
R7-B7	185	0.185	17.98	0.020	129.6	160	PEHD	0.98	1.24	943	986.5	43.5	4.3
R7-R8	285	0.285	9.42	0.010	93.8	110	PEHD	1.09	3.69	942	984.0	42.0	4.2
R8-B8	44	0.044	9.42	0.010	93.8	110	PEHD	1.09	0.57	942	983.5	41.5	4.1
R8-R9	572	0.572	17.21	0.019	126.8	160	PEHD	0.94	3.54	941	980.5	39.5	4.0
R9-B9	40	0.04	17.21	0.019	126.8	160	PEHD	0.94	0.25	941.5	980.3	38.8	3.9
R9-R10	553	0.553	23.7	0.026	148.8	160	PEHD	1.30	6.27	941.5	974.2	32.7	3.3
R10-B10	123	0.123	23.7	0.026	148.8	160	PEHD	1.30	1.39	940	972.8	32.8	3.3
ST-R2	460	0.46	22.68	0.025	145.6	160	PEHD	1.24	4.80	941.8	1015.9	74.1	7.4
R2-B2	74	0.074	22.68	0.025	145.6	160	PEHD	1.24	0.77	941.8	1015.1	73.3	7.3
R2-R4	523	0.523	17.86	0.020	129.2	160	PEHD	0.98	3.48	941.9	1012.4	70.5	7.1
R4-B4	63	0.063	17.86	0.020	129.2	160	PEHD	0.98	0.42	941.5	1012.0	70.5	7.1

R4-R11	490	0.49	28.23	0.031	162.4	200	PEHD	0.99	2.53	942	1009.9	67.9	6.8
R11-B12	248	0.248	28.23	0.031	162.4	200	PEHD	0.99	1.28	942	1008.6	66.6	6.7
R10-N2	3063	3.063	200	0.440	611.3	700	Fonte	1.14	4.46	925	969.8	44.8	4.5
N2-R12	408	0.408	14.45	0.016	116.2	125	PEHD	1.30	6.26	924.9	966.2	41.3	4.1
R12-B13	232	0.232	14.45	0.016	116.2	125	PEHD	1.30	3.56	924.5	962.7	38.2	3.8
R12-R13	132	0.132	6.6	0.007	78.5	90	PEHD	1.14	2.39	924.9	963.8	38.9	3.9
R13-B14	631	0.631	6.6	0.007	78.5	90	PEHD	1.14	11.41	924.5	952.4	27.9	2.8
R13-R14	255	0.255	34.17	0.038	178.7	200	PEHD	1.20	1.89	925	961.9	36.9	3.7
R14-B15	40	0.04	34.17	0.038	178.7	200	PEHD	1.20	0.30	924.5	961.6	37.1	3.7
R14-R15	419	0.419	61.67	0.068	240.0	250	PEHD	1.38	3.10	924	958.8	34.8	3.5
R15-B25	103	0.103	6.29	0.007	76.7	90	PEHD	1.09	1.70	924.5	957.1	32.6	3.3
B25-B19	141	0.141	7.78	0.009	85.3	90	PEHD	1.35	3.48	923	953.7	30.7	3.1
B19-B16	263	0.263	7.28	0.008	82.5	90	PEHD	1.26	5.72	922	947.9	25.9	2.6
B16-B17	144	0.144	7.54	0.008	83.9	90	PEHD	1.30	3.35	921	944.6	23.6	2.4
B17-B18	122	0.122	8.33	0.009	88.2	90	PEHD	1.44	3.42	919	941.2	22.2	2.2
B18-B20	35	0.035	10.12	0.011	97.2	110	PEHD	1.17	0.52	919	940.7	21.7	2.2
B20-B22	456	0.456	9.78	0.011	95.6	110	PEHD	1.13	6.34	913	934.3	21.3	2.1
B22-B21	44	0.044	4.55	0.005	65.2	75	PEHD	1.13	0.98	913	933.3	20.3	2.0
R15-R16	438	0.438	8.38	0.009	88.5	90	PEHD	1.45	12.43	923	949.2	26.2	2.6
R16-B26	40	0.04	8.38	0.009	88.5	90	PEHD	1.45	1.14	922.5	948.1	25.6	2.6
R16-R17	175	0.175	47.95	0.053	211.6	250	PEHD	1.08	0.80	922	948.4	26.4	2.6
R17-B24	450	0.45	6.7	0.007	79.1	90	PEHD	1.16	8.37	916	940.0	24.0	2.4
B24-B28	107	0.107	11.14	0.012	102.0	110	PEHD	1.29	1.90	914	938.1	24.1	2.4
B28-B23	260	0.26	17.05	0.019	126.2	160	PEHD	0.93	1.58	911	936.6	25.6	2.6
B23-B30	116	0.116	13.06	0.014	110.5	125	PEHD	1.17	1.47	910	935.1	25.1	2.5
R17-R18	218	0.218	13.29	0.015	111.4	125	PEHD	1.19	2.85	918	945.6	27.6	2.8
R18-B27	221	0.221	13.2	0.015	111.0	125	PEHD	1.18	2.86	918	942.7	24.7	2.5
R18-R19	38	0.038	16.04	0.018	122.4	125	PEHD	1.44	0.71	913	944.8	31.8	3.2

R19-B29	53	0.053	5.16	0.006	69.4	75	PEHD	1.29	1.50	919	943.3	24.3	2.4
B29-B31	90	0.09	10.88	0.012	100.8	110	PEHD	1.26	1.53	912	941.8	29.8	3.0

IV.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction ainsi que les calculs hydraulique des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 31 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 400 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de refoulement et d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

Ces pressions sont généralement satisfaisantes et dans certains cas supérieures à 2.5 bars, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

Chapitre V

Etude des techniques d'irrigation

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

V.1.Introduction :

Le choix du système d'irrigation est le problème le plus délicat pour la bonne répartition des eaux, provenant de différentes sources, sur le sol de façon que les plantes puissent tirer le maximum d'eau.

Dans ce chapitre on va étudier les différentes techniques d'irrigation puis on va choisir la celle qui correspond le mieux avec les caractéristiques de notre périmètre.

V.2.Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et site celle-ci :

- La pente du terrain à irriguer;
- Le débit dont on dispose ;
- Nature du sol (perméabilité) ;
- Nature des cultures ;
- Rentabilité de l'opération.

V.3. Les différentes techniques d'arrosages :

Les techniques d'arrosage ont été classées en trois classes.

1. L'irrigation gravitaire ou de surface ;
2. L'irrigation par aspersion ;
3. L'irrigation par micro-irrigation (goutte à goutte). **Tiercelin,1998.**

V.3.1. Irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration.

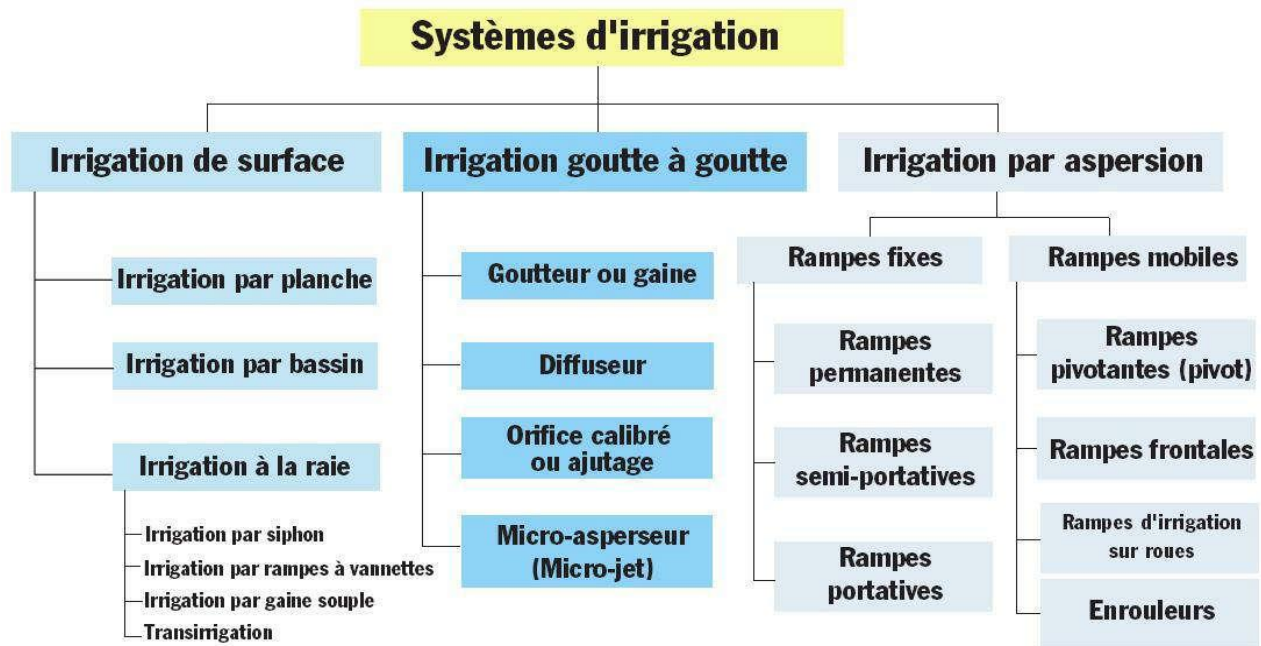


Figure V.1 : Systèmes d'irrigation.(AQUAG à Marrakech).

V.3.1.1. L'irrigation par ruissellement :

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.

V.3.1.2. L'arrosage par infiltration (à la raie) :

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

V.3.1.3. L'arrosage par submersion :

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre une réserve d'eau indispensable au développement des cultures.

V.3.1.4. Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :

a) Avantages :

- ✓ Coût d'investissement relativement faible.
- ✓ Besoins en énergie faibles ou nul.
- ✓ Insensible au vent.
- ✓ Bonne adaptation aux eaux usées.
- ✓ Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

b) Inconvénients :

- ✓ Perte importantes d'eau.
- ✓ Temps d'irrigation important.
- ✓ Nécessité de nivellement du terrain.
- ✓ Main d'œuvre importante.

V.3.2. L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion projette l'eau et tombe à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes.

C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou de buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fines gouttes à la surface du sol.

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

a) Avantage :

- ✓ Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation ;
- ✓ elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie ;
- ✓ elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation ;
- ✓ elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée ;
- ✓ Elle met à la disposition des exploitations des conditions d'arrosage très souples ;
- ✓ Possibilité d'automatisation ;
- ✓ Bonne adaptation à tous les types de sol.

b) Inconvénients :

- ✓ Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication ;
- ✓ Elle favorisait l'évaporation et le développement des mauvaises herbes ;
- ✓ L'eau donnée en pluie passe le sol et provoqué la formation d'un croute superficielle.

VI.3.2.2. Différentes installations à la parcelle :

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

- L'installation totalement fixe,
- L'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixe, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixés de façon, permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

VI.3.2.3. Couverture totale et couverture intégrale :

Dans la couverture totale, qui est le dispositif le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés.

Dans le cas d'une couverture totale la parcelle à arroser est entièrement couverte par des conduites et des arroseurs à poste fixé, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

V.3.3. L'irrigation localisée (Goutte à Goutte) :

La micro irrigation ou « irrigation localisé », appelée aussi goutte à goutte consiste à distribuer par un réseau de canalisations sous faible pression, apportant l'eau à un voisinage immédiat des plantes cultivées.

V.3.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :**a) Avantages :**

- ✓ Rendement des cultures importants ;
- ✓ Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;
- ✓ Très faible besoin de main d'œuvre ;
- ✓ Insensibilité au vent ;
- ✓ Economie d'engrais ;

- ✓ Compatible à l'automatisation

b) Inconvénients :

- ✓ Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;
- ✓ Coût très élevé du matériel ;
- ✓ Risque d'obstruction des goutteurs ;
- ✓ Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés ;
- ✓ Incompatible avec les cultures en plein champ.

V.4.Choix de la technique d'arrosage :

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage. Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée.

Tableau V.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation Localisée
-Evaporation	+	+ +	+ + +
-Vent (1.9 m/s)	+ + +	+	+ + +
-Texture (argileux-limoneuse)	+ +	+ +	+ + +
-Perméabilité (bonne)	+ +	+ + +	+ + +
-Pente	+	+ +	+ + +
-Qualité d'eau (moyenne)	+ +	+ +	+
-Cultures :			
• Maraîchage	+ + +	+ + +	+ + +
• Céréales	x	+ + +	x
• Arbres	+ + +	x	+ + +
-Contraintes économiques:			
• économie d'eau	x	+ +	+ + +

Remarque :

x: inadéquat ou déconseillé ;

+: Adapté avec réserve;

+ + : Adapté ;

+ + + : Très Adapté .

V.5.Conclusion :

En vu des conditions climatiques de la zone d'étude, le type de substrat et des préférences écologiques (intervalles écologiques des cultures disponibles, et les quantités d'eau disponible). Nous pouvons opter pour des techniques d'irrigation par goutte à goutte et par aspersion.

Chapitre VI

Dimensionnement de l'irrigation goutte
à goutte et par aspersion

Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte et par aspersion

VI.1. Introduction :

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion et par réseau goutte à goutte, en considérant les différents paramètres pour atteindre des rendements optimaux en économisant de l'eau, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment.

Pour ce projet, nous avons choisi l'Olivier comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte et la Pomme de terre pour le dimensionnement de l'aspersion.

VI.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

Le réseau d'irrigation goutte à goutte est installé sur la parcelle P51 ; dont la surface est de 1.7 ha; alimentée par la borne **B16** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 2.6 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Données générales :

Culture : Olivier

Besoin de pointe : 180 mm (Juillet)

Organisation du réseau : Avec un écartement de 4*4m, et un espacement des goutteurs 4 m,

- surface : **1.7ha** ;
- Longueur : **80** m ;
- Largeur : **72** m.

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4l/h et pression nominale : 10 m.c.e ;
- Espacement des goutteurs : 2 m ;
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2.

VI.2.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

VI.2.1.1. Influence du taux de couverture du sol :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol. On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction « K_r » dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes.

Kr peut être calculé par la formule proposée suivantes.

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

On prendra un coefficient $Kr = 0.80$

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

$$B_{jl} = (180/30) * 0.8 = 4.8 \text{ mm/j}$$

VI.2.1.2. Dose nette pratique :

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau 'P' :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P\% = RFU \times P\%$$

Avec :

- ✓ H_{cc} : (28%), H_{pf} : (17%), $d_a = 1.35$ et Y : (2/3) ;
- ✓ Z : P. racines (1500 mm),
- ✓ P : Pourcentage du sol humidifié

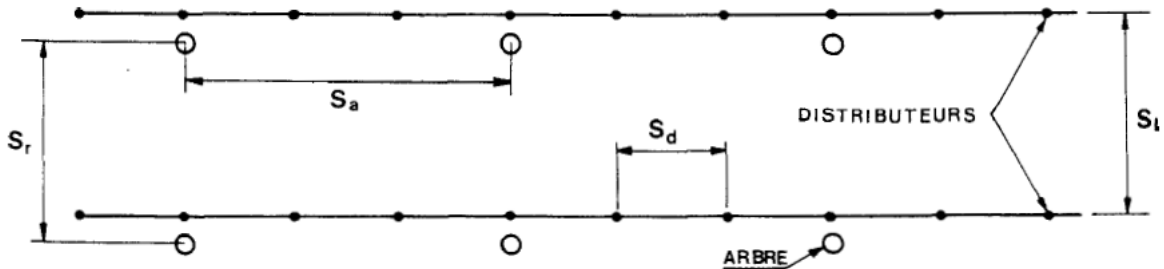


Figure VI.1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.

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

Avec :

- ✓ P : Volume du sol humidifié ;
- ✓ N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre = 2 ;
- ✓ S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre = (2m) ;
- ✓ S_h : Largeur de la bande humidifiée (tirée de la table) = 1m (arbres) ;
- ✓ S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4m) ;
- ✓ S_a : espacement des arbres sur les rangs (4m).

$$P\% = \frac{2.2.1}{4.4} = 25\%$$

$$D_p = \frac{(28-17)}{100} \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1.35 \times 0.25 \text{ on trouve } \mathbf{D_p=37.12 \text{ mm.}}$$

VI.2.1.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

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

$$Fr = \frac{\text{Dose pratique}}{Bjl} = \frac{37.1}{4.83} = 7.73 \text{ jours}$$

Donc on prend une fréquence de **7 jours**.

VI.2.1.4. Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose pratique :

$$D_p' = Fr. Bjl = 7 \times 4.83 = 33.6 \text{ mm}$$

$$D_{brute} = \frac{33.6}{Ef.Cu} ,$$

Avec :

- ✓ Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90% ;
- ✓ Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%.

$$D_{brute} = \frac{Dr}{Cu * eff} = \frac{33.6}{0.9 * 0.9} = 41.50 \text{ mm donc } 42 \text{ mm}$$

VI.2.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{D_{br} * Sa * Sr}{n * Qg} ;$$

Avec : Sr et Sd espacement entre rang et distributeur,

- n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$= \frac{42 * 2 * 4}{2 * 4} = 42h/mois$$

VI.2.1.6. Durée d'arrosage effective :

- soit on prend un débit de 8 l/h donc on obtient $\theta=21 \text{ h}$;
- soit on augmente le nombre de goutteurs à 4 goutteur/arbre.

VI.2.1.7. Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = 1 \text{ On prend 1 poste.}$$

VI.2.1.8. Surface du poste :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.7}{1} = 1.7 \text{ ha}$$

$$N_{\text{bre de goutteurs}} = S_p = \frac{\text{Surface totale}}{S_r \times S_{pd}} = \frac{1.7 \times 10000}{4 \times 4} = 2125 \text{ goutteurs}$$

VI.2.2. Calculs hydrauliques :

- ✓ S=1.7 ha,
 - ✓ La longueur de la rampe: 72 m
 - ✓ La longueur de la porte rampe: 80m
 - ✓ La longueur de la conduite secondaire : 10m,
 - ✓ S irriguée = 1.15ha.
1. La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

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

2. La variation maximale de la pression :

$$q = K.H^x \quad \text{avec : } x=0.5 \text{ (caractéristique du goutteur)}$$

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

Avec : q(g) : débit nominal du goutteur

$$\Delta H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ mce.}$$

Donc selon la règle de Christainsen 10% ΔH singulières = 0.2 m

- Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m ;
- Donc pour les rampes = $2/3 \times 1.8 = 1.2$ m ;
- Pour le porte rampe = $1/3 \times 1.8 = 0.6$ m.

VI.2.3. Dimensionnement des canalisations du réseau :

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

➤ Les rampes

Ils sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations ou l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

➤ **Porte-lampes**

C'est la conduite qui alimente les rampes, ils sont généralement en polyéthylène (PEHD). Le diamètre des rampes ainsi que du porte- rampe est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

- Pdc(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 ;
- $\varnothing r(cal)$: le diamètre de rampes ;
- $\varnothing pr(cal)$: le diamètre de porte rampe.

VI.2.3.1. Pour les rampes : L=72 m

1) **Le nombre d'arbres par rampe:**

$$N_{arbres} = Lr/Ea = 72/4 = 18 \text{ arbres.}$$

2) **Nombre des goutteurs par rampe:**

$$N_g = N_{arbres} * n = 18 * 2 = 36 \text{ goutteurs.}$$

3) **Débit de la rampe :**

$$Q_r = N_g \times Q_g$$

$$Q_r = 4 \times 36 = 144 \text{ l/h}$$

$$P_{dc} = 1.2 \text{ m}$$

4) **Diamètre de la rampe :**

$$Q_r = 144 \text{ l/h ;}$$

$$P_{dc} = 1.2 \text{ m ;}$$

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

D_rampe = 10.22 mm, on prend **DN = 16 mm** .

5) Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm

Perte de charge selon Hazen-williams.

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Avec : L : la longueur de la conduite ;

✓ Q : débit (m³/s) et D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

On a : C_w= 130 (PE), L=72m, D= 0.016m, Q= 0.00004m³/s

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.4 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$ (vérifiée).

VI.2.3.2. Pour le porte rampe :**1) Le nombre des rampes:**

$N_r = L_{pr}/E_r = 2 \times 80/4 = 40$ rampes.

2) Débit du porte rampe:

$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 144 \times 40 = 5760 \text{ l/h}$;

3) Diamètre de la porte rampe :

$Q_{pr} = 5760 \text{ l/h}$;

$P_{dc} = 0.6 \text{ m}$;

$$\varnothing_{pr(cal)} = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Donc : $D_{pr} = 47.1$ on prend 63 mm.

4) Vérification des pertes de charges :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

$C_w = 130$ PEBD, L=80m, D= 0.063m, Q= 0.0016 m³/s

$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.485 \text{ m} < 0.6 \text{ m}$ (vérifiée)

Donc les pertes de charges sur rampes et porte-rampe sont :

$\Delta H_{\text{rampe+porte rampe}} = 0.858 \text{ m} < 1.8 \text{ m}$ (Règle de Christiansen Vérifiée).

VI.2.3.3.Calcul des diamètres de la conduite tertiaire:

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

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

Avec :

- ✓ Q : débit de la conduite considérée (m³/s);
- ✓ V : vitesse d'écoulement (m/s).

on prend **D= 63mm.**

5) Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution

Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques.

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	72	80	116
Diamètre(m)	16	63	63
Débit (m³/s)	0.00004	0.0016	0.0016
Pertes de charge(m)	0.3730	0.485	0.70

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable :

$$P(m) = 10+0.4+0.485+0.7= \mathbf{11.6 m= 1.16 bar}$$

Donc la pression requise est nettement inférieure à celle de la borne.

VI.3.Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

Le réseau d'irrigation par aspersion est installé sur la parcelle P41 ; dont la surface est de 2 ha; alimentée par la borne **B13** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.8 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.(**Paul Audoye,Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat,2007**).

Données générales :

- ✓ **Choix de la culture** : pomme de terre (as)
- ✓ **Choix du mode de couverture** : couverture totale.

- ✓ **Temps de travail** : 20 heures par jour, et 26 jours par mois
- ✓ **Besoins en de pointes** : 142 mm/mois pour le mois de mai.
- ✓ **Perméabilité du sol** : le sol est de type argileux- limoneux estimée de : $K= 7$ mm/h.

VI.3.1.Dose pratique : RFU :

elle est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z = 59.4 \text{ mm}$$

VI.3.2.Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $k= 7$ mm/h. pluviométrie admissible.

On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul, par la relation :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04} ; P \text{ en mm.}$$

$$d = \frac{p \times 1.04}{1.5} \text{ D'où : } d = \frac{7 \times 1.04}{1.5} = 4.85 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot (Annexe 6), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

VI.3.3.Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet se calcule par l'équation suivante :

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

Ou : d : diamètre de la buse (mm)

- ✓ h : pression à la buse (m), dans notre cas $P=2.5$ bars, $h=25$ m.

$$L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 25^{0.25} = 14.70 \text{ m}$$

D'après le catalogue (voir annexe I), pour le diamètre de la buse de 4,8mm à une pression minimale de 2.5 bars la portée sera de 14.5m.

VI.3.4.Ecartements entre les rampes et arroseurs :

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- ✓ E_l entre les lignes d'arrosage : 1,25 (vent faible) à 1,02 L (vent fort).
- ✓ E_a entre les asperseurs sur la rampe : 0,8 (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Notre zone d'étude présente des vitesses pour des de vents faibles de l'ordre de 3.5 m/s, donc on prend les valeurs suivantes :

$$El = 1.25 \times 14.70 = 18.4\text{m} \quad ; \text{d'apres Perrot: } El = 1.25 \cdot 14.5 = 18.1\text{m}$$

$$Ea = 0.8 \times 14.70 = 11.8\text{m} \quad ; \text{Perrot } Ea = 0.8 \cdot 14.5 = 11.6\text{m}$$

On prend les valeurs normalisées des écartements multiple de 6 :

$$El = 18\text{m}, \quad Ea = 12\text{m}.$$

VI.3.5. Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :

VI.3.5.1. Débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur se calcule, par la relation suivante :

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \sqrt{2 \times g \times h} = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8 \times 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \times 25}$$

Avec q débit de l'asperseur (m³/s). = 0.00038 m³/s = 1.37 m³/h

VI.3.5.2. Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation : ou q (m³/h)

$$p = \frac{q}{El \times Ea}$$

$$\text{D'où } p = \frac{q}{El \times Ea} = 6.35 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K = 7.0 \text{ mm/h}$.

VI.3.6. Paramètres d'arrosage :

VI.3.6.1. Calcul du tour d'eau :

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose}_{\text{RFU}} \cdot N_j}{B_{\text{mp}}}$$

Dose_{RFU} = 59.4 mm, N_j = 26, B_{mp} = 142 mm

T_{eau} = (59.4 × 26) / 142 mm = 10.88 jours, On prend un T_{eau} = 10 jours.

VI.3.6.2. Nombre d'irrigation par mois :

donc on irrigue 30/10 = 3 fois.

VI.3.6.3. calcul de la dose réelle :

Dose_{reelle} = T_{eau} × la dose journaliere = Dose_{reelle} = 10 × 4.73 mm = 47.3 mm .

VI.3.6.4.Calcul de la dose brute :

$$\text{Dose brute} = \frac{Dr}{0.75} = 63 \text{ mm.}$$

VI.3.6.5.Temps d'arrosage :

Temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul comme suit :

$$T = \frac{\text{Dose-brute}}{k \text{ pluviométrie}} = \frac{63}{6.34} \approx 9 \text{ heures}$$

Donc on pourra adopter deux positions par jour pour un asperseur, sans dépasser 22 heures.

VI.3.6.6.Calcul de l'unité d'arrosage

$$Su = \frac{S}{T\text{-eau} \times N} = \frac{2}{10 \times 2} = 0.1 \text{ ha}$$

VI.3.6.7.Calcul du debit d'equipement :

Il se calcule comme suit :

$$Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{Ta \times n \times Nj} = \frac{2 \times 142 \times 10}{9 \times 2 \times 26 \times 0.75} = 8.1 \text{ m}^3/h$$

VI.3.6.8.Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

$$V = Q_{asp} \times N_p \times T_a \times N_j ;$$

$$V = 1.37 \times 2 \times 9 \times 26 = 642 \text{ m}^3.$$

VI.3.6.9.Calcul du volume a epandre en un mois sur toute la parcelle :

$$V_t = (B_{mp} \times L_r \times L_{ar}) / 1000 = (142 \times 152 \times 108) / 1000 = 2331.1 \text{ m}^3.$$

VI.3.6.10.Nombre d'asperseurs (à acheter) Nombre d'asperseur requis

$$N_{asp} = (\text{surface unitaire à arroser (m}^2\text{)}) / (\text{implantation}) ;$$

$$N_{asp} = \frac{Su \times 10000}{El \times Ea} = \frac{0.1 \times 10000}{12 \times 18} = 4.63 = 5 \text{ asperseurs.}$$

VI.4.Calculs hydrauliques :**VI.4.2.Dimensionnement hydraulique des rampes :**

- ✓ La longueur du terrain est de 152m,
- ✓ La largeur du terrain est de 108 m.

VI.4.2.1.La longueur de la rampe :

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :

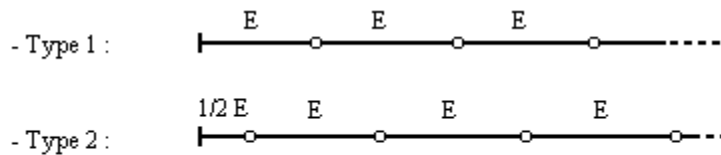


Figure VI.2: Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est donc :

- Pour le type 1 : $L = n.E$;
- Pour le type 2 : $L = (n-0,5).E$.

D'où :

$$L_r = \frac{\text{largeur de terrain}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

$$L_r = \frac{108}{2} - \frac{12}{2} = 48\text{m}$$

VI.4.2.2. Nombre d'asperseurs/rampe :

$$N_{\text{asp/R}} : \frac{L_r}{Ea} = \frac{48}{12} = 4 \text{ asperseurs.}$$

VI.4.2.3. Nombre de rampes :

On travaille avec une rampe et 4 asperseurs.

VI.4.3. Dimensionnement de la rampe:

VI.4.3.1. Le débit de la rampe :

Le débit de la rampe = le débit de l'asperseur \times le nombre d'asperseur/ rampe.

$$Q_r = 1,37 \times 4 = 5,48 \text{ m}^3/\text{h.} = 1,52 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} ;$$

VI.4.3.2. Nombre de position des rampes :

$$N_{\text{position rampe}} = \frac{L_r}{El} \approx 8,44$$

Avec :

- ✓ L_r : longueur du terrain = 152 m, et El : espacement entre les rampes (=18m).

Le nombre de rampes égale à 20.

VI.4.3.3. Calcul du Diamètre de la rampe :

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} ;$$

Avec :

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

On suppose que $v=1.5$ m/s et on calcule D_r

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 1.52 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.036 \text{ m} = 36 \text{ mm}.$$

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants:

50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200 mm.

Donc le diamètre de la rampe normalisé = 50 mm se qui permet de calculer la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 1.52 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.05^2} = 0.78 \text{ m/s} \leq V_{adm}.$$

VI.4.4. Dimensionnement de la porte rampe:

VI.4.4.1. Longueur de la porte Rampe :

La longueur de la porte rampe est calculée par :

$$L_{pr} = L - \frac{El}{2} = 144 \text{ m} ;$$

VI.4.4.2. Débit de porte rampe :

$$Q_{P-r} = Q_{asp} \times N_{asp/rampe} \times N_{rampe} ;$$

$$Q_{P-r} = 1.83 \times 10^{-3} \times 4 \times 1 = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}.$$

VI.4.4.3. Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$\text{Diamètre de la porte-rampe : } D_{p-r} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} ;$$

Avec : V : vitesse de l'écoulement à travers la porte-rampe ou $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.5 : 2.5]$ m/s.

On suppose que $v=1.5$ m/s et on calcule D_{p-r} .

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 1.5 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.036 \text{ m} = 36 \text{ mm} ;$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{P-r}=50$ mm). donc la nouvelle vitesse sera :

VI.4.5. Calcul des pertes de charge:

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

$$J = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} ;$$

Avec : J = Perte de charges linéaire en m ;

- ✓ C_H : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- ✓ D : Diamètre en m ;
- ✓ L : longueur de la conduite en m.

VI.4.5.1.les pertes de charge de la rampe :

on a $L_{rampe}=48\text{m}$; $D_r=0.05\text{ m}$; $Q_r=0.00152\text{ m}^3/\text{s}$.

Donc $\Delta H_{rampe}=0.82\text{m}$;

VI.4.5.2.les pertes de charge de la porte rampe :

On a : $L_{pr}=144\text{m}$; $D_{pr}=0.05\text{ m}$; $Q_{pr}=0.0015\text{ m}^3/\text{s}$.

Donc $\Delta H_{rampe}=2.44\text{m}$, la perte de charge est importante.

On prend donc le diamètre du porte-rampe de 63, les pertes de charges sont donc de **0.8 m**.

Les résultats sont présentés dans le tableau VI.2 :

Tableau VI.2: Résultat de calcul pratique d'aspersion.

Conduites	Rampe	Porte Rampe	C.tertiaire
Longueur (m)	48	144	10
Diamètre (mm)	50	63	63
Débit (m ³ /h)	0.0015	0.0015	0.0015
Vitesse (m/s)	0.78	0.6	0.6
Perte de charge totale (m)	0.82	0.8	0.053

$\Delta H_t=0.8+0.82+0.05=1.67\text{ m}$ de perte de charge (<10%), la règle de Christiansen est vérifiée.

VI.4.6.Calcul de la pression en tête du réseau :

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

$$H=H_1+ H_2+ H_3$$

Avec :

- ✓ H : pression à la tête de la parcelle.
- ✓ H_1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5bar).
- ✓ H_2 : perte de charge totale.
- ✓ H_3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

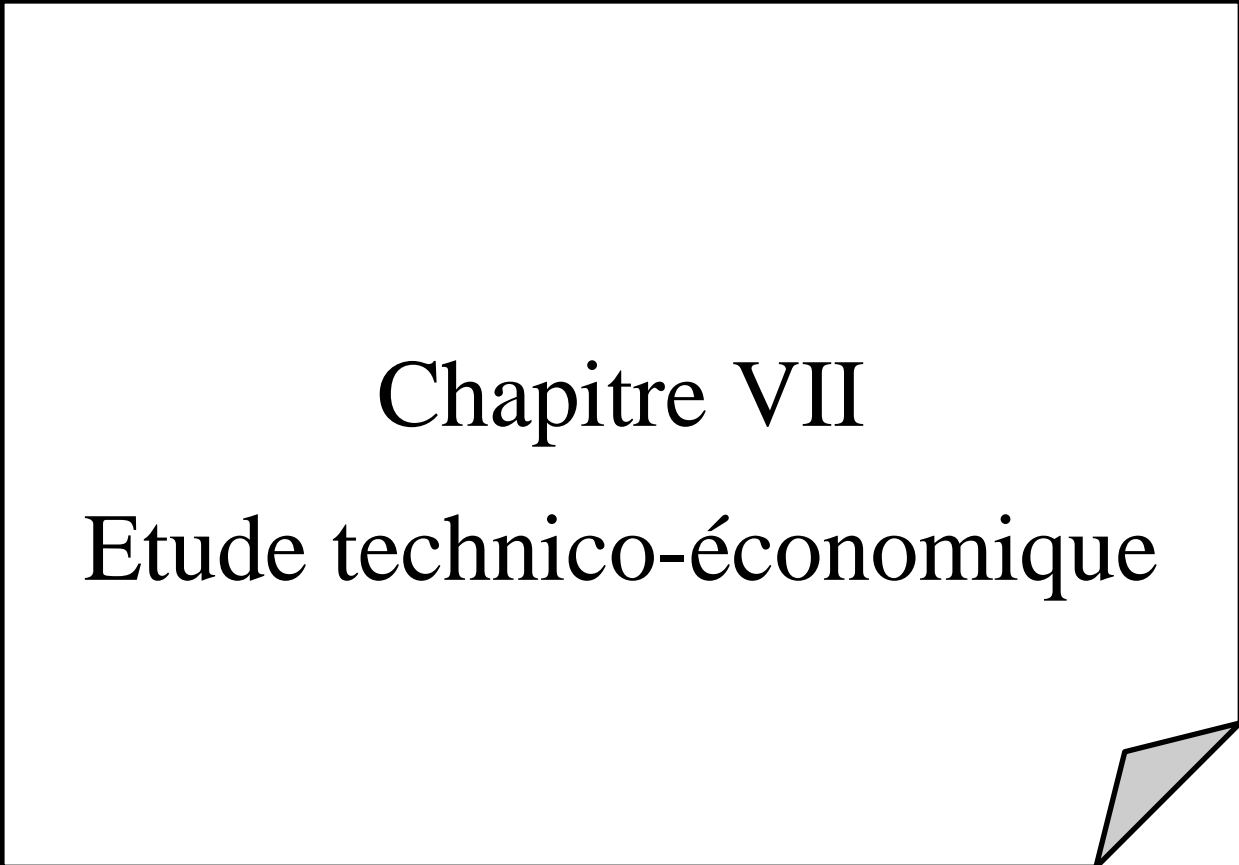
$$H=25+1.67+0=26.70\text{ m.}$$

Donc la pression =2.7 bars ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 3.8bars.

IV.5.Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte, pour la culture l'olivier et un réseau d'aspersion pour la culture de pomme de terre (as).

L'utilisation de ces systèmes a pour but d'économiser l'eau d'irrigation, et aussi d'améliorer les rendements des cultures, ce qui permettra d'intensifier les cultures dans la wilaya de Batna.



Chapitre VII

Etude technico-économique

Chapitre VII : Etude technico-économique.

VII.1 .Introduction :

Le but de ce chapitre est l'évaluation du cout estimatif pour une meilleure réalisation et l'exécution des travaux de notre projet d'irrigation.

Ces travaux constituent :

- ✓ Le système d'adduction ;
- ✓ le réseau de distribution ;
- ✓ la station de pompage.

VII.2. Execution des travaux de pose des canalisations :

1. Exécution des tranchées :

C'est une opération de terrassement dépend des caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement (pelle mécanique). La profondeur minimale de la tranchée à excaver est de 1 m, la largeur de la tranchée doit être telle qu'un homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place. L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive.

2. Pose du lit de sable :

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, il y a donc lieu de poser les tuyaux de manière à ce qu'il n'y ait ni appui linéaire, ni appui ponctuel. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Respecter les côtes du profil en long ;
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Dans notre cas on a une épaisseur de 20 cm.

3. Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;

- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol ;
- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

4. Assemblage des conduites en PEHD:

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être livrées en barres de 6 à 12 m ou en couronnes par longueurs de 50 à 100 m. Pour le raccordement de ces conduites, deux procédés sont employés :

1-Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboîtement.

2-Raccord électrosoudables : les raccords électrosoudables en PEHD à emboîtement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

Les deux extrémités de cette résistance sont reliées à des plots situés à l'entrée de chaque emboîtement. Le temps de soudage est de l'ordre d'une minute et celui du refroidissement est d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires en polyéthylène doivent être assurés par des positionneurs.

Ce procédé d'assemblage des tuyaux présente l'avantage d'éviter la mise en place des butées, d'où une économie d'exécution, à laquelle s'ajoute celle d'encombrement du sous-sol.

5. Contrôle du compactage des tranchées :

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement influe directement sur la répartition des charges à la périphérie du tuyau donc sur la stabilité de celui-ci.

Il est nécessaire de vérifier la qualité de réalisation de cette opération. Le contrôle peut utilement être réalisable à l'aide d'un outil peu coûteux, pratique et très rapide à mettre en œuvre que l'on appelle « Sonde battus ». Cet appareil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol.
- De déceler rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

VII.3.Choix des engins du chantier:

Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau VII.1.

Tableau VII.1 .Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions.
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai.
Un compacteur à rouleau lisse	Compacter la couche de sable de 20 cm.
Un camion	Evacuer les déblais.
Appareil de soudure	Assurer l'assemblage des conduites.
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées.
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.



Figure VII.1.Une pelle mécanique.



Figure VII.2. pose de canalisation.

VII.2.1 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution :

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

Tableau VII.2 . Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 75	PEHD	ml	44	193.61	8518.84
Ø 90	PEHD	ml	2982	278.35	830039.7
Ø 110	PEHD	ml	1651	416.1	686981.1
Ø 125	PEHD	ml	1635	530.1	866713.5
Ø160	PEHD	ml	4014	868.3	3485356.2
Ø 200	PEHD	ml	1033	1 358.50	1403330.5
Ø 250	PEHD	ml	419	2 109.00	883671
Ø700	Fonte	ml	9743	18500	180245500
Total (HT)					188410110.8
TVA (19%)					35797921.06
Total (TTC)					152612189.8

Tableau VII.3 .Cout des équipements de protection du réseau de distribution.

	unité de mesure	Quantité	prix unitaire(DA)	Montant(DA)
les bornes d'irrigation	U	31	50 000	1550000
Ventouses Ø80	U	1	3800	3800
vidange Ø100	U	1	2500	2500
vanne Ø350	U	6	14000	84000
vanne Ø160	U	7	12000	84000
vanne Ø110	U	7	100000	700000
matériaux d'irrigation localisée				
les goutteurs	u	2125	31	65875
les rampes Ø16	ml	2880	30.64	88243.2
les portes rampes Ø63	ml	80	450.62	36049.6
conduite tertiaire Ø63	ml	535	200	107000
vanne	u	1	14000	14000
matériaux d'irrigation aspersion				
les asperseurs		5	600	3000
les rampes Ø16	ml	960	30.64	29414.4
les portes rampes Ø63	ml	143	450.62	64438.66
conduite tertiaire Ø63	ml	205	200	41000
vanne	u	1	1400	1400
Total				2874720.86
TVA 19%				546956.963
TCC				3425677.82

VII.2.2. Frais des travaux sur réseau d'irrigation :

Il s'agit des frais des travaux exécutés pour la réalisation des tranchées et autres emplacements pour la pose de canalisations :

VII.2.2.1 .calcul des volumes de remblai et de déblai :

✓ La longueur du fond de tranchée :

La longueur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3) ;$$

Avec : D : le diamètre de la conduite en (m).

✓ Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0.8 + e ;$$

e = hauteurs du lit de pose (m).

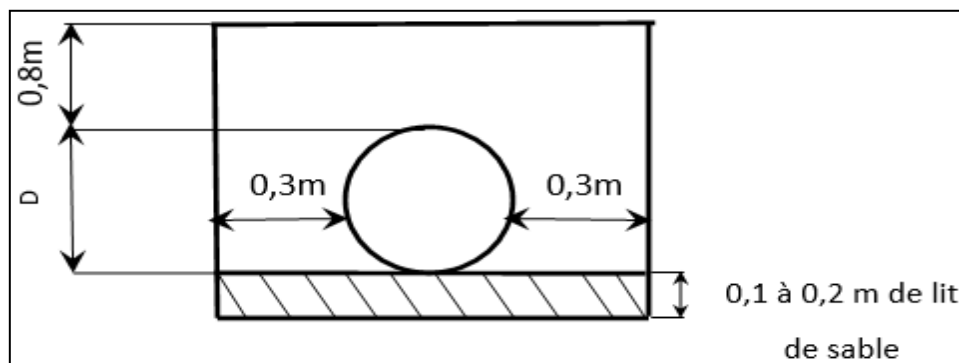


Figure VI.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

✓ Volume de déblai :

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$S = B \times H.$$

$$V_{\text{déblai}} = V_d - V_c - V_s ;$$

V_d : volume de déblai (m^3) ;

V_s : volume du sable (m^3) ;

V_c : volume occupé par la conduite (m^3). $V_c = L \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right)$.

✓ Volume de lit de sable :

Ce lit correspond à une couche de sable de 12 cm sur le fond de la tranchée.

$$V_s = e \times B \times L ;$$

Tableau VII.4. Calcul des différents volumes.

conduite	la longueur	la largeur	la hauteur	V déblai	V sable	V conduite	V remblai
conduite de refoulement							
Ø700 Fonte	2331	7.6	8	5151.5	606.1	897.1	3648.4
conduite de distribution							
Ø 75 PEHD	44	1.35	1.75	31.93	5.94	0.19	25.79
Ø 90 PEHD	2982	1.5	1.9	2242.76	411.52	18.97	1812.28
Ø 110 PEHD	1651	1.7	2.1	1301.15	234.44	15.69	1051.02
Ø 125 PEHD	1635	1.85	2.25	1333.55	237.08	20.06	1076.41
Ø160 PEHD	4014	2.2	2.6	3538.74	610.13	80.71	2847.91
Ø 200 PEHD	1033	2.6	3	991.68	165.28	32.45	793.95
Ø 250 PEHD	419	3.1	3.5	445.19	71.23	20.57	353.39
Ø700 Fonte	9743	7.6	8	21532.03	1266.59	3749.55	16515.89
			la somme	36568.54	3608.26	4835.27	28125.01

Tableau VII.5. Coût des travaux de terrassement.

volumes	unité de mesure	quantités	prix unitaire (DA)	montant (DA)
Déblai	m3	36568.53958	1000	36568539.58
Pose du lit de sable	m4	3608.261	1100	3969087.1
Remblai de la tranchée	m5	28125.01281	600	16875007.69
Evacuation de terres	m6	8443.52676	500	4221763.38
			total	61634397.74
			TTC	73344933.32

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de :
CT = 109689811 DA

VII.3.Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et déterminé les engins nécessaires pour faciliter l'opération de pose. Une pose bien faite influe positivement sur la canalisation qui va devenir un excellent outil de transport, sûr, économique et durable.

En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs. Le cout total du projet (TTC) est de l'ordre de : **cent-neuf million six-cent quatre-vingt-neuf mille huit-cent-onze dinars Algérien**

Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons abordé l'aménagement hydro agricole du périmètre d'Ouled Fadhel, de superficie 400 Ha, wilaya de Batna, qui a effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

L'étude climatique nous a indiqué que la région jouit d'un étage bioclimatique semi-aride. En ce qui concerne la pédologie, elle convient à la majorité de cultures, l'irrigation de notre périmètre est assuré par le Barrage Koudiet Meddouar de capacité 14 Hm³ qui contient une eau moyennement salé.

Dans le but d'améliorer le rendement agricole de la wilaya il est préalable d'implanter de nouvelles cultures comme les cultures fourragères, maraichères, et arboricoles.

Après le choix des cultures nous avons déterminé les besoins en eau totaux du périmètre ainsi de chaque ilots pour permettre de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution.

Pour l'alimentation du périmètre à partir de barrage l'installation d'une station de pompage et d'un réservoir sont indispensables pour assurer une pression acceptable au niveau de chaque borne d'irrigation qui va alimenter les parcelles en installant des techniques d'arrosage modernes tel que le goutte à goutte et l'aspersion .

La réalisation de ce projet permettra d'améliorer les conditions socio-économiques des agriculteurs de la commune de Ouled Fadhel dans ce sens nous suggérons l'adoption de cultures ayant un meilleur rendement et moderniser les systèmes d'arrosages, Aussi l'introduction de technologie innovante de distribution et de gestion de l'eau (smarte green hose) pourra réduire les pertes en eau (évapotranspiration) et améliorer la gestion de cette ressource et permettre aussi les techniques supplémentaires non conventionnelle tels que hydroponie et la culture hors sols.

Les abréviations

ANRH Alger. Agence Nationale des ressources Hydraulique.

ONM Alger. Office Nationale de la Météorologie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANRH Alger. Les données pluviométriques.

Doorenbos et puill, (1976). Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures.

Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.

FAO N°24. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975 (A C* E F).

Gobat et al ,1998. Gobat, J.M., & Matthey , W.1998.Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols.

ONM Alger. les données climatiques.

Paul Audoye,Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat. Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Lavoisier paris, 2007.

Tiercelin,1998. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.

Touibia, B,(2004). Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.

Annexe

Annexe 1

Table de χ^2 théorique

$\alpha \backslash \gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

Annexe

Annexe 2

Coefficient culturel Kc

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Banancier tropical subtropical	0.4 -0.5 0.5 -0.65	0.7 -0.85 0.8 -0.9	1.0 -1.1 1.0 -1.2	0.9 -1.0 1.0 -1.15	0.75-0.85 1.0 -1.15	0.7 -0.8 0.85-0.95
Haricot vert sec	0.3 -0.4 0.3 -0.4	0.65-0.75 0.7 -0.8	0.95-1.05 1.05-1.2	0.9 -0.95 0.65-0.75	0.85-0.95 0.25-0.3	0.85-0.9 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 grain	0.3 -0.5 0.3 -0.5*	0.7 -0.9 0.7 -0.85*	1.05-1.2 1.05-1.2*	1.0 -1.15 0.8 -0.95	0.95-1.1 0.55-0.6*	0.8 -0.95 0.75-0.9*
Oignon sec vert	0.4 -0.6 0.4 -0.6	0.7 -0.8 0.6 -0.75	0.95-1.1 0.95-1.05	0.85-0.9 0.95-1.05	0.75-0.85 0.95-1.05	0.8 -0.9 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

Kc	Initial	développement	saison	de saison	Récolte	Total
Haricots verts	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Haricots secs	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
Vigne	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Maïs doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Maïs 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
Pois	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Patates	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
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	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
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
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

Annexe

Annexe 3

Calcul des pertes en charge.

D_int (mm)	L (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Re	λ	ΔHl (m)	ΔHt (m)	Hg (m)	Hmt (m)
600	2520	462	1.63	980891.72	0.0074	4.22	4.65	44	48.65
700	2520	462	1.20	840764.33	0.0072	1.91	2.10	44	46.10
800	2520	462	0.92	735668.79	0.0071	0.96	1.06	44	45.06
1000	2520	462	0.59	588535.03	0.0069	0.31	0.34	44	44.34

Calcul des frais d'exploitation.

TABLEAU EXPLOITATION						
Diamètre (mm)	Q (m3/h)	Hmt (m)	Puissance (KW)	E KWh annuels	Prix du Kwh (DA)	Fexploitation (DA)
600	1663.2	48.65	275.62	2213193.499	4.69	10379877.5
700	1663.2	46.1	261.17	2097188.495	4.69	9835814.0
800	1663.2	45.06	255.28	2049876.651	4.69	9613921.5
1000	1663.2	44.34	251.20	2017122.297	4.69	9460303.6

Calcul des frais d'amortissement.

TABLEAU AMORTISSEMENT						
D (mm)	Prix ML(TTC)	prix de pose	L (m)	Prix (DA)	ANNUITE	FAmort (DA)
600	15500	900	2520	41328000	0.089	3678192
700	17500	1000	2520	46620000	0.089	4149180
800	21000	1290	2520	56170800	0.089	4999201.2
1000	24000	2400	2520	66528000	0.089	5920992

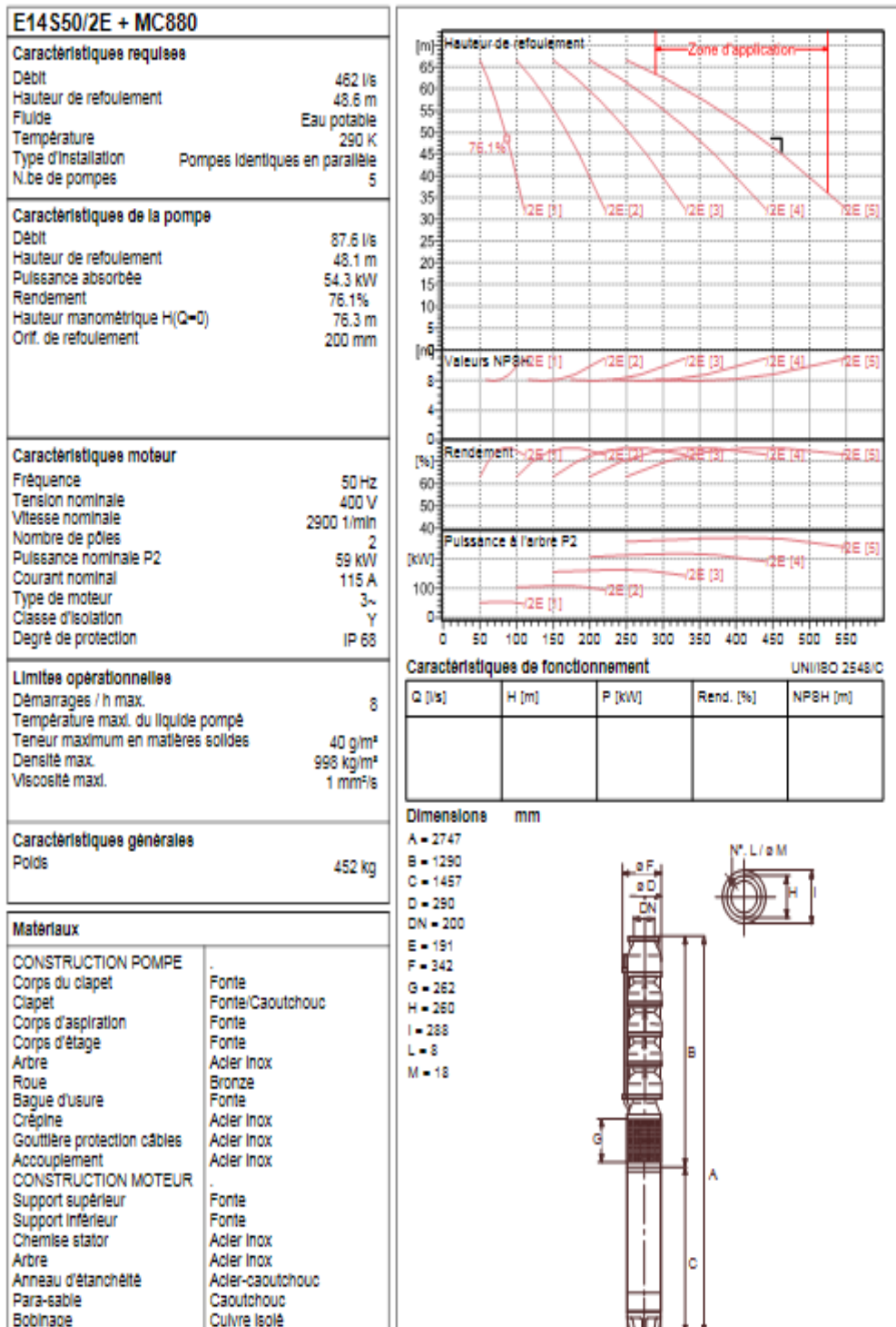
Annexe

Annexe 4

Les caractéristiques de la pompe choisie.

Modena - Italy

ISO 9001



Annexe

Annexe 5


Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur

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

Annexe 6

Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

Ø de la buse mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,6
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	6,2

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)