



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME:

**ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU
PERIMETRE d'OULED FADHEL 376HA A PARTIR DU
BARRAGE Koudiet Médauwer (W. BATNA)**

Présenté par :

NAIL Omar

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Membre
KERID Rachid	M.C.B	Membre
MOKRANE Wahiba	M.C.B	Promotrice

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille,

Ainsi qu'à tous mes enseignants et mes amis de l'ENSH.

NAIL Omar

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 promotrice M^{me} MOKRANE Wahiba pour ces conseils judicieux afin D'avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse.

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

Je remercie les cadres de l'ONID Alger M^r DAHMANI Rachid et M^{me} ALAOUI Nacera pour m'aider

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

NAIL Omar

ملخص :

إن الغرض من انجاز مذكرة نهاية الدراسة يندرج ضمن السياسة الحالية المرتبطة بتسيير و تنظيم المساحات المسقية لمنطقة اولاد فاضل الواقعة بولاية باتنة، والذي يهدف إلى رفع المردودية الفلاحية، و ذلك باستعمال أفضل التقنيات في مجال السقي، إضافة الى السعي نحو التسيير الأنجع للموارد المائية. وهذا لن يتحقق إلا بتبني أنظمة حديثة للسقي ، التي بينت فعاليتها ميدانيا، كالأنظمة المتطورة الموجهة للسقي، المتميزة باقتصادها المعتبر في استغلال المورد المائي، كنظام السقي عن طريق التقطير ونظام السقي عن طريق الرش .
كلمات مفتاحية:التنقيط ,المساحات المسقية,الموارد.

Résume :

Le but de notre projet de fin d'étude s'inscrit dans la politique actuelle relative à la gestion et à l'organisation des périmètres irrigués de la région d'ouled Fadel, situé dans la wilaya de Batna, qui vise à augmenter les rendements agricoles, en utilisant les meilleures technologies dans le domaine de l'irrigation plus de tendre vers la gestion la plus efficace des ressources en eau. Ceci ne sera réalisé qu'en adoptant des systèmes d'irrigation modernes, qui ont démontré leur efficacité sur le terrain, tels que les systèmes avancés orientés vers l'irrigation, qui se distinguent par leur économie considérable dans l'exploitation de la ressource en eau, comme le système d'irrigation goutte à goutte et aspersion.

Mots clés : goutte à goutte, périmètres irrigués, ressources.

Abstract:

The purpose of this study is within the current policy related to the management and organization of the irrigated areas of the area ouled Fadel, located in the state of Batna, which aims to raise agricultural yields, by using the best technologies in the field of agriculture. Irrigation, in addition to striving towards the most efficient management of water resources. This will only be achieved by adopting modern irrigation systems, which have demonstrated their effectiveness in the field, such as the advanced systems directed at irrigation, which are distinguished by their considerable economy in the exploitation of the water resource, such as the irrigation system by drip and sprinkler irrigation system .

Key words: drip, irrigated areas, resources.

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des planches	

Tables des matières

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. Géologique :	4
I.6. Géomorphologie :	4
I.7. climatologie :	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.3.3. calcul hydraulique aux bornes	55
IV.3.4 . choix du diamtre et du type de borne.....	56
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	68
IV.5.3.7. Dimensionnement du Réservoir d'air :	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

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. Calculs hydrauliques :.....	90
VI.3.2. Dimensionnement hydraulique des rampes :.....	90
VI.3.2.1. La longueur de la rampe :.....	90
VI.3.2.2. Nombre d'asperseurs/rampe :.....	91
VI.3.2.3. Nombre de rampes :.....	91
VI.3.3. Dimensionnement de la rampe:.....	91
VI.3.3.1. Le débit de la rampe :.....	91
VI.3.3.2. Nombre de position des rampes :.....	91
VI.3.3.3. Calcul du Diamètre de la rampe :.....	91
VI.3.4. Dimensionnement de la porte rampe:.....	92
VI.3.4.1. Longueur de la porte Rampe :.....	92
VI.3.4.2. Débit de porte rampe :.....	92
VI.3.4.3. Calcul du Diamètre de la porte rampe :.....	92
VI.3.5. Calcul des pertes de charge:.....	92
VI.3.5.1. les pertes de charge de la rampe :.....	93
VI.3.5.2. les pertes de charge de la porte rampe :.....	93

VI.3.6.Calcul de la pression en tête du réseau :.....	93
IV.4.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 Transfert du complexe de Beni Haroun	23
Figure II.1 Diagramme de classification des eaux d'irrigation	23
Figure II.3 : Ajustement des pluies annuelles par la loi normale.....	29
Figure II.4 : Ajustement des pluies annuelles par la loi lognormale.....	29

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

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

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation

Figure V.1 : Systèmes d'irrigation.....	76
Figure V.2 : L'arrosage par infiltration	76
Figure V.3 : L'arrosage par submersion (irrigazette.com).....	77
Figure V.4: L'arrosage par aspersion.....	78
Figure V.5: L'irrigation localisée Goutte à Goutte (irrigazette.com).....	80

Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte

Figure VI.1 : Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.....	82
--	----

Chapitre VII : Etude technico-économique

Figure VII.1 : Pose de canalisation.....	98
Figure VII.2 : 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 Alger	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 profil1.....	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 blé tendre	38
Tableau III .9 : Calcul des besoins en eau de la luzerne.....	39
Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau de maïs fourrager.....	39
Tableau III.11 : calcul des besoins en eau du bersim	40
Tableau III.12 : calcul des besoins en eau vesce avoine	40
Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau de la tomate.....	41
Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau du courgette.....	41
Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau de la pastèque	42
Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau de pomme de terre s.....	43
Tableau III.18 : Calcul des besoins en eau de oignon.....	43
Tableau III.19 : Calcul des besoins en eau de ail.....	44
Tableau III.21 : Calcul des besoins en eau de piment poivron.....	45
Tableau III.22 : Calcul des besoins en eau de carotte	45
Tableau III.23 : calcul des besoins en eau de pomme de terre as.....	46
Tableau III.24 : Calcul des besoins en eau des pruniers	46
Tableau III.25 : Calcul des besoins en eau des oliviers	47
Tableau III.26 : 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 de bornes d'irrigation du périmètre.....	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

Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques.....	87
---	----

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 : Montants 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
Tableau VII.6 : Estimation du cout du réservoir	102

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 de la conduite d'adduction;

Planche n°4 : plan de l'occupation de sol

Planche n°5 plan de la station du pompage

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 établi 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

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.

I.1.Situation de la zone d'étude

La zone d'étude concerne le périmètre d'OuledFadhel situé dans la wilaya de Batna. La situation

Géographique de cette dernière est présentée ci-après

I.1.1 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 ;

Et 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. (dmeps.com)

I.1.2 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 Taouziante ;
- A L'Est par Remila ;
- A l'Ouest par la commune de Timgad.

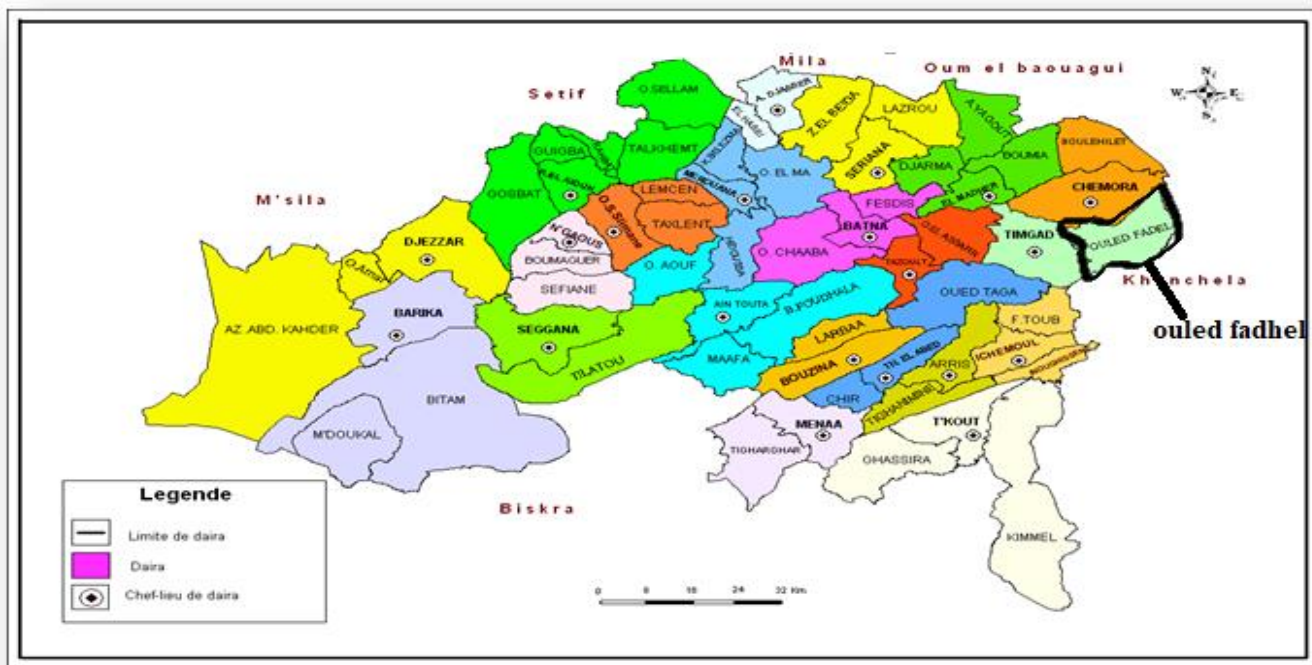


Figure I.2: Carte de situation de la commune d'Ouled fadhel. (dcwbatna.com)

I.2 Topographie :

Du point de vue topographique, c'est une zone légèrement ondulée avec des dénivelées faiblement accentuées culminant entre 850m et 1010m 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.3 Géologie :

La plaine de Remila-Oueld Fadhel forme une vaste dépression d'environ 60Km de long sur 20Km de large, comblée de dépôts pilo-quadernaires.

Les massifs qui l'encadrent sont :

Au Sud, les djebels Chelia, Aidel

A l'Ouest, le djebel Amrane

Au Nord, le djebel Fedjoudj

Ces djebels sont essentiellement crétacés les formations s'étageant du Crétacé moyen (Aptien) au crétacé supérieur (Cénomarien, Turonien, Sénonien).

Grossièrement, le bassin est constitué de deux structures synclinales parallèles, orientées Est-Ouest et séparées par la structure anticlinale du djebel Amrane dont le prolongement vers l'Est est enfoui sous un recouvrement plus récent.

I.4 Géomorphologie :

.Le relief est en général favorable à l'utilisation agricole: 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, de vertisols et de sols calcimagnésiques

I.5. Climatologie :

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

I.5.1 Choix de la station de référence :

Dans notre étude, 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 de Batna et celles 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
.Batna	070502	858.4	277.55	859	2000-2013	13

(source :ANRH d'Alger).

1.5.2 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.5.3 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

Tmin Moyenne de tous les minima observe pour chaque mois,

Tmax: moyenne de tous les maxima observe pour chaque mois,

Tmoy: moyenne mensuelle.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

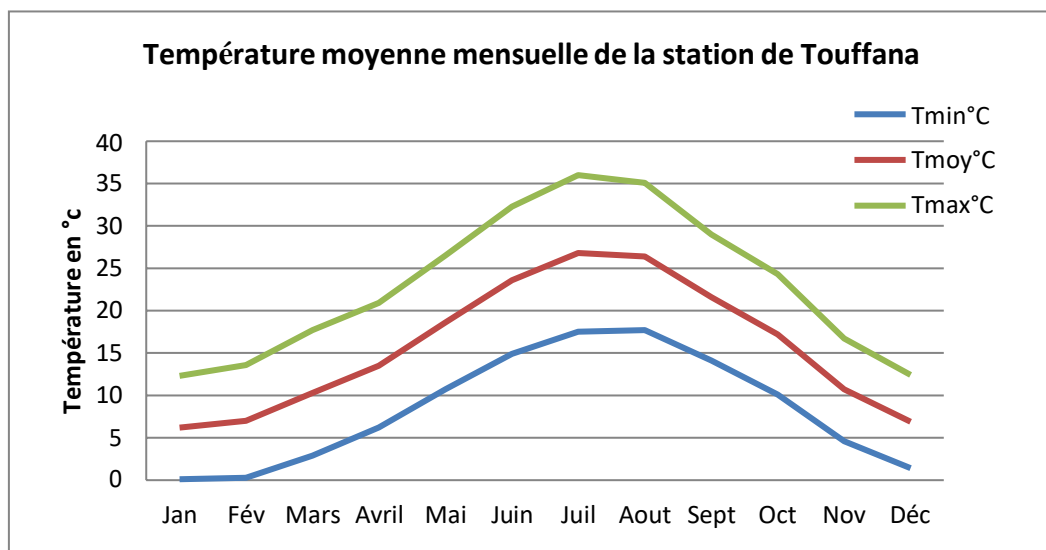


Figure I.3 : Répartition des températures moyennes (Station de Touffana).

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.5.4 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.5.5 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.5.6 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 2,63 m/s.

Le Sirocco :

C'est un vent saharien violent, très sec et très 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.5.7 Durée d'insolation :

L'insolation est un paramètre climatique qui 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.

1.5.8 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 touffana

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.6. 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 Martone et le quotient ombrothermique d'Emberger.

I.6.1 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 clima

$$t : I = P / (T + 10) \quad (I.1)$$

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.11.9

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 :

$$I = \frac{P}{T + 10} = \frac{282,9}{15,73 + 10} = 11$$

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.6.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger :

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

$$Q = \frac{2 * 1000 * P}{(M^2 - m^2)} \quad (\text{I. 2})$$

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : température maximale (Kelvin).

m : température minimale (Kelvin).

Pour : $P=282.9\text{mm}$; $M=36^\circ\text{C}$ et $m=0,1^\circ\text{C}$

$$Q = \frac{2 * 1000 * 282,9}{(309,15^2 - 273,25^2)}$$

D'où $Q=26,9$

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger,

Région se situe dans l'étage bioclimatique : Semi-aride

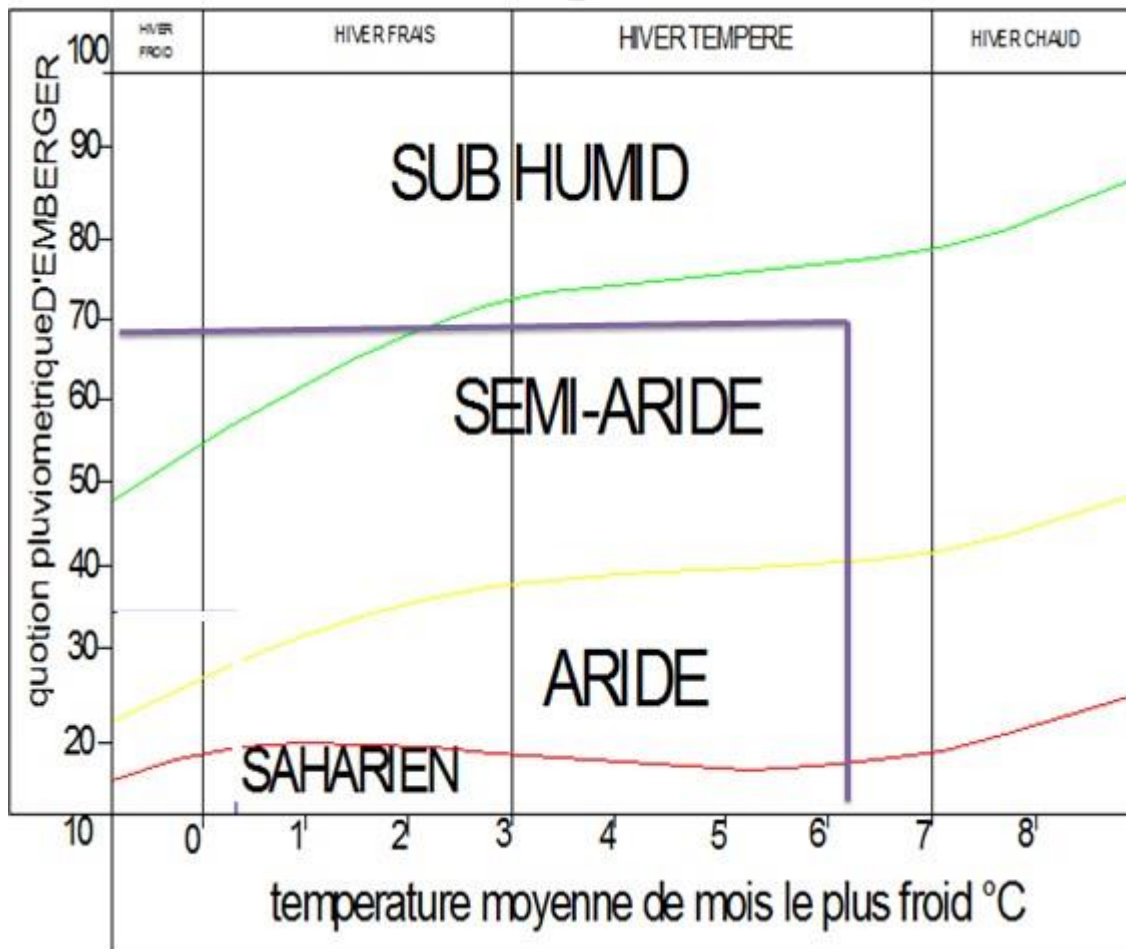


Figure. I.4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

I.7 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.

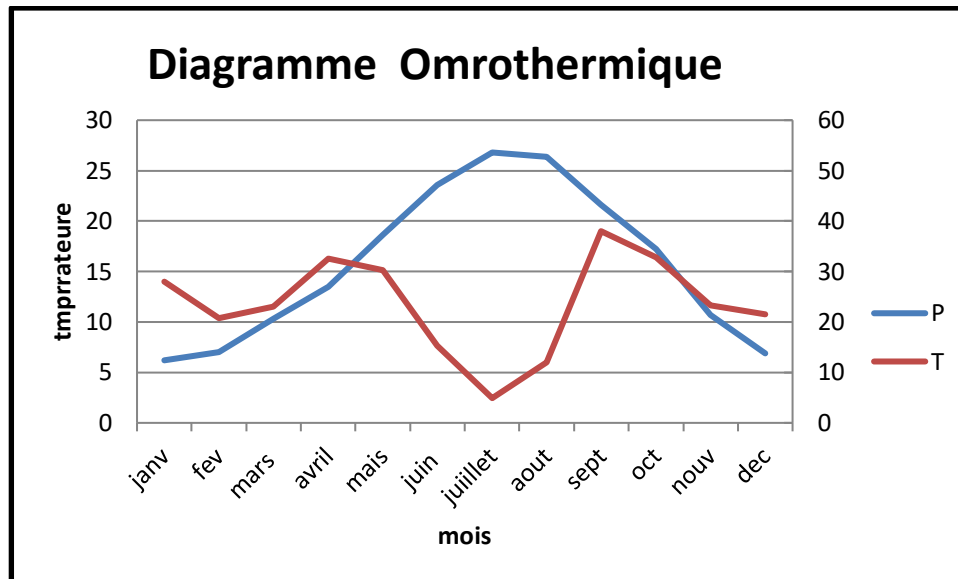


Figure I.5 : de Diagramme Omrothermique Gaussien.

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 RMILA Ouled Fadel 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.

Conclusion :

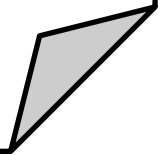
A travers ce chapitre, qui est basé principalement sur l'étude des données pluviométriques et climatiques du périmètre d'étude, nous avons estimé que le périmètre de Rmila Ouled Fadhel est caractérisé par un climat chaud en été et frais en hiver, et par une moyenne pluviométrique de l'ordre de 283 mm/an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

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

II.2 Ressources en sol :

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.2.1 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.2.2 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, deux classes du sol peuvent être distinguées qui sont :

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

II.2.3 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.2.3.1 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 : (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 su angulaire 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 ver tiques ;
- Classe : sol peu évolué ;
- Sous classe : non climatique ;
- Groupe : d'apport alluvial ;
- Sous groupe : à caractères ver tiques.

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 (%)	27
Point de flétrissement (%)	13
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7mm/h
Densité apparente	1.35

II.2.6 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 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 Taffouna.



Figure II.1 Transfert du complexe de Beni Haroun (<https://seaco.over-blog.com/2012>)

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 de grand transfert de barrage Beni Haroun et il alimente la plainede 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 avales 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 (Batna)

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)	241.6
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

.3.3 Classification des eaux pour l'irrigation :

Dans notre travail, 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.

Le tableau II.6 montre les quartes classes d'eau a distinguer :

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 concertation des cations Na^+ avec celle de Mg^{++} et Ca^{++} , donc on parle du l'indice du SAR qui est :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (2.1)$$

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.

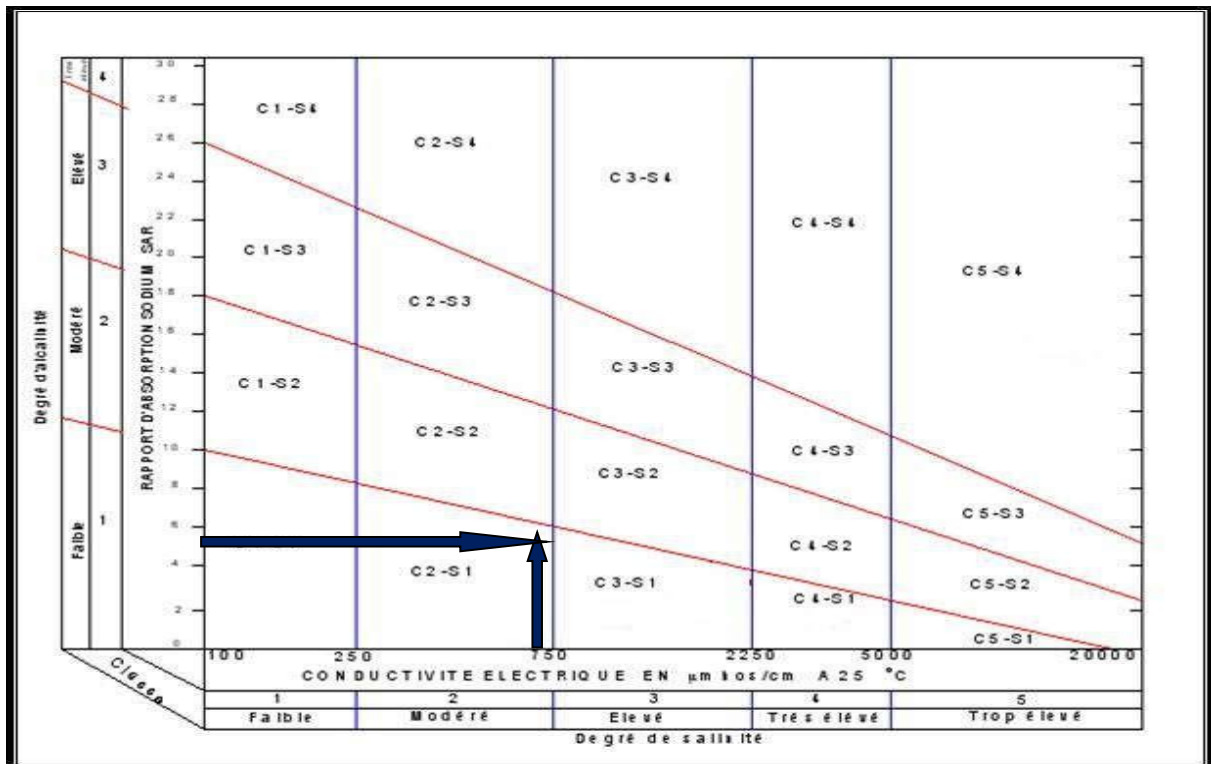


Figure II.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

II.4 Estimation de la pluie de projet :

Pour une évaluation adéquate des besoins en eau des cultures projetées dans le périmètre, il est nécessaire de faire la meilleure estimation de la pluie de projet.

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 du périmètre

- Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observations 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 moyenne annuelle :

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique Touffana (1994-2013) 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(m m)	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
P médiane	292

II.4.3 Homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède par Teste de Wilcoxon:

II.4.3.1. Teste de Wilcoxon :

Il s'agit d'un test non paramétrique qui utilise la série des rangs des observations au lieu de la série de leurs valeurs. 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

Procède ici dessous

- 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
- 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} et W_{max} Sont données par la formule suivante :

$$W_{min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - 1}{2} - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \quad (2.2)$$

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{min}$$

$u_{1-\frac{\alpha}{2}}$: représente la valeur de la variable centré réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1 - \frac{\alpha}{2}$,

Pour notre cas, pour un intervalle de confiance de 95% : $u_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$

L'hypothèse d'homogénéité est rejetée si l'une des deux inégalités précédente n'est pas vérifiée.

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	Ordre	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

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

$F(x)$; Fréquence au non dépassement), avec u la variable réduite de Gauss ; donnée par $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$

u : est la variable réduite de Gauss

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 ;

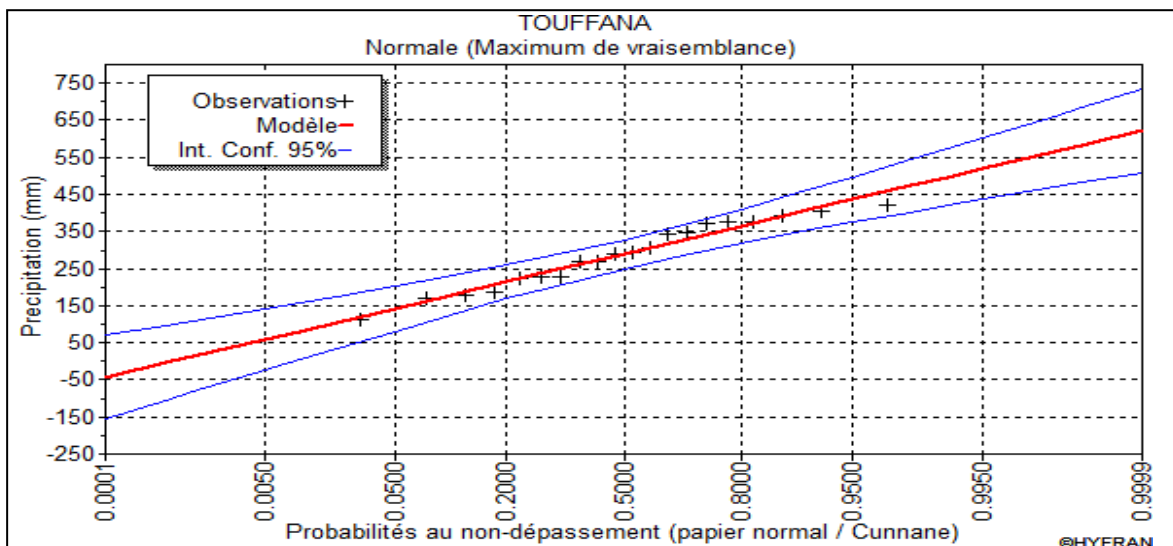


Figure II.3 Ajustement des pluies annuelles par la loi normale

II.4.4.2 Ajustement à la loi log-Normale :

L'ajustement par la loi log-normal se fait comme suit :

- Les données statistiques des pluies sont rapportées à l'échelle log-normale.
- L'équation de la droite de Galton s'écrit comme suit :

$$\ln(Xp\%) = \overline{\ln(X)} + \delta \ln * (Up\%) \quad (2.4)$$

- L'exécution des calculs d'ajustement a été fait par le logiciel Hyfran

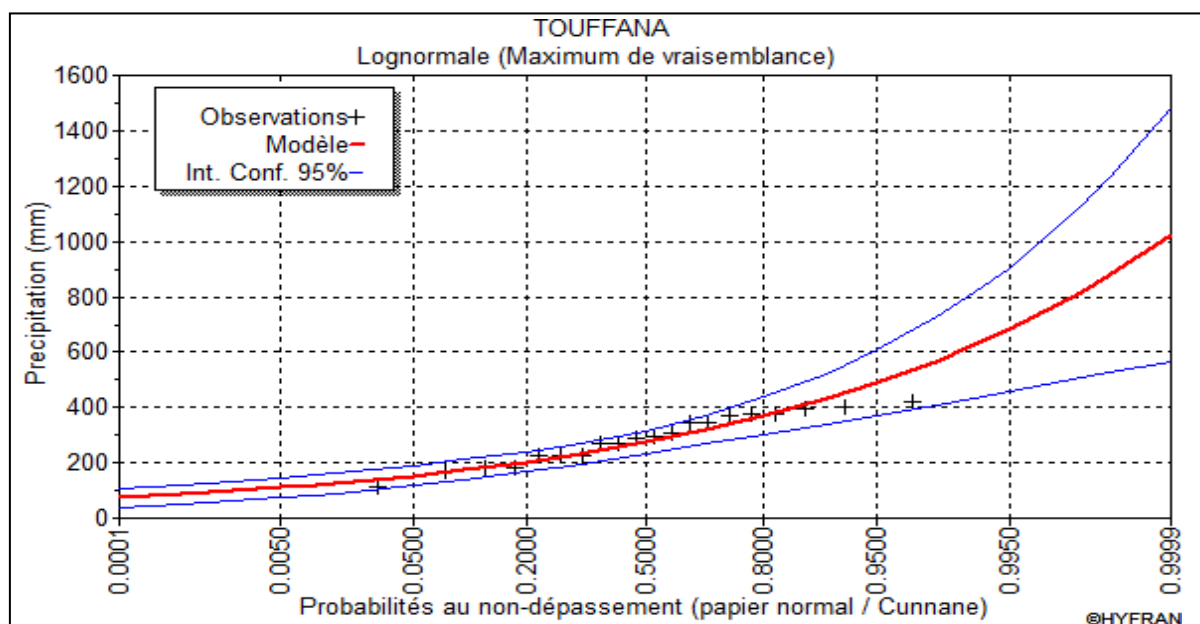


Figure II.4 : Ajustement des pluies annuelles par la loi log-normal

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 a utilisé le teste 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 %.

$$P_{\text{mo 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moye de chaque mois}} * \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}} \quad (\text{II. 5})$$

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

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

$$P_{\text{moy80\%}} = \frac{204}{274} \times P_{\text{moydechaquemois}} = 0,74 \times P_{\text{moy de chaquemois}}$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit:

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

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
$P_{moy80\%}$ (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

II.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons déduit 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 :

Après avoir évalué les ressources en sol et en eau, nous allons nous intéresser, dans ce chapitre, à la quantification de la demande en eau des cultures.

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, établi 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 des données climatique et pédologiques 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 et la transpiration de la couverture végétale. 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'ET₀ caractérise la demande en fonction des conditions climatiques exprimée 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.

III.2.3. Formule Modifiée de Penman_Monteith

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

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + Y \frac{Cte}{T+273} U_2 (es-ea)}{\Delta + Y(1+0,34 U_2)} \quad (III.1)$$

Avec :

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

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

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

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

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

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

e_a : pression de vapeur réelle [kPa],

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

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

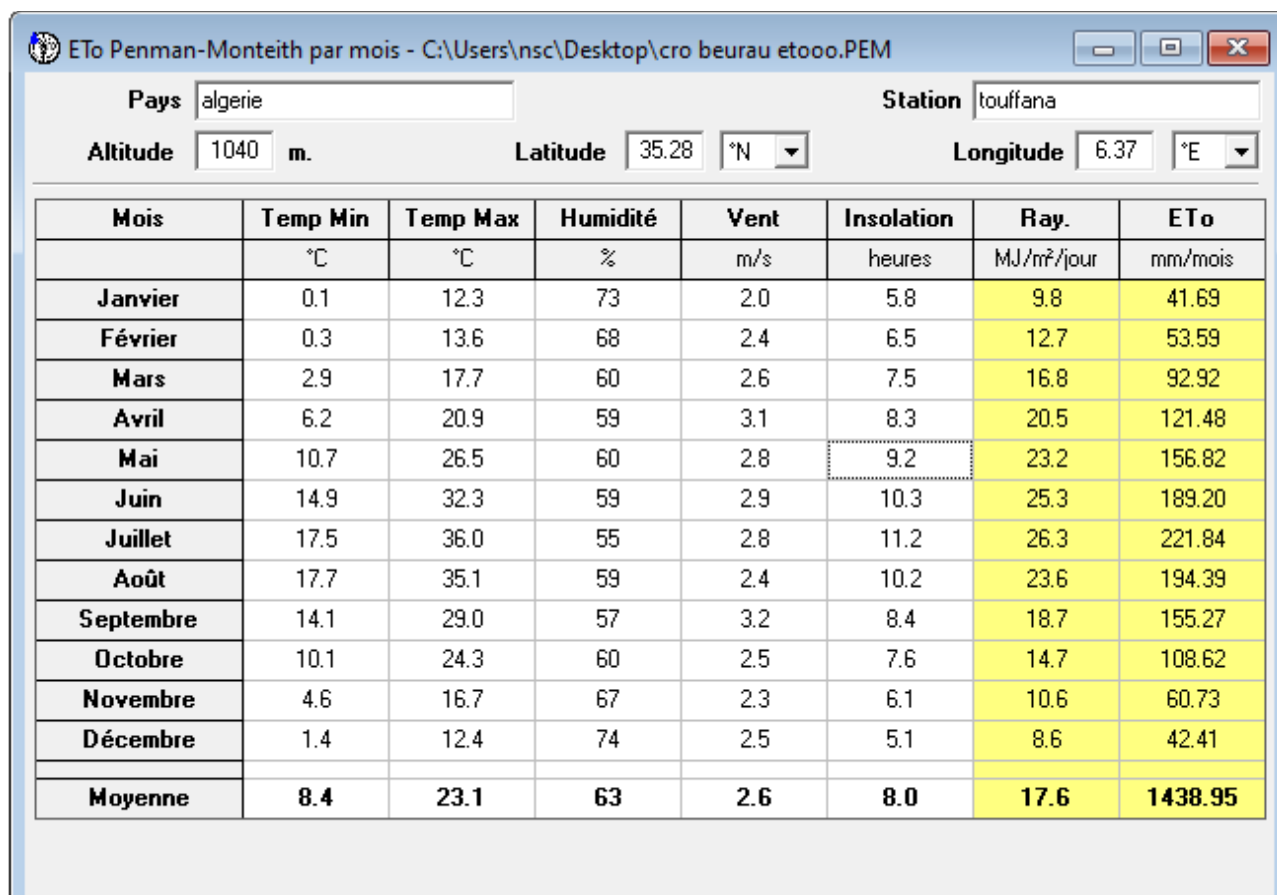
g : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

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 TOUFFANA sont récapitulés dans le tableau III-1.

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



Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray. MJ/m²/jour	ET ₀ mm/mois
Janvier	0.1	12.3	73	2.0	5.8	9.8	41.69
Février	0.3	13.6	68	2.4	6.5	12.7	53.59
Mars	2.9	17.7	60	2.6	7.5	16.8	92.92
Avril	6.2	20.9	59	3.1	8.3	20.5	121.48
Mai	10.7	26.5	60	2.8	9.2	23.2	156.82
Juin	14.9	32.3	59	2.9	10.3	25.3	189.20
Juillet	17.5	36.0	55	2.8	11.2	26.3	221.84
Août	17.7	35.1	59	2.4	10.2	23.6	194.39
Septembre	14.1	29.0	57	3.2	8.4	18.7	155.27
Octobre	10.1	24.3	60	2.5	7.6	14.7	108.62
Novembre	4.6	16.7	67	2.3	6.1	10.6	60.73
Décembre	1.4	12.4	74	2.5	5.1	8.6	42.41
Moyenne	8.4	23.1	63	2.6	8.0	17.6	1438.95

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

L'Evapotranspiration maximale est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phonologique 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 :

$$ETM = Kc \cdot ET_0. \quad (III.2)$$

III.2.4 Les Coefficients cultureux (K c) :

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 :

$$Bi = ETM - (Pe_{eff} + K \cdot RFU_{i-1}) \quad (III.3)$$

Avec :

- ✓ ETM : évapotranspiration maximal 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

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z ; \quad (III.4)$$

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 (27%) ;

✓ H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (13%).

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 (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	32	31	14	23	100

Dans notre travail on propose le scenario 4 qui est un scenario 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▪ Blé tendre	32	121
Les cultures fourragères : <ul style="list-style-type: none">▪ Pois avoine▪ Vesce avoine▪ Bersim▪ Mais fourrager▪ Luzerne	31	117
Le maraîchage : <ul style="list-style-type: none">▪ Pastèque▪ Tomate▪ Carotte ▪ Piment - poivron▪ Courgette▪ Oignon▪ Ail▪ Pomme de terre	14	54
L'arboriculture : <ul style="list-style-type: none">▪ Olivier▪ Pommiers▪ prunier	23	84
Total	100	376

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	Ail
blé tendre	Pastèque
Luzerne	Carottes
Oignon	Pomme de terre s
Pois avoine	Vesce avoine
Pomme de terre (As)	Piment poivron
Tomate	Bersim
Courgette	Mais fourrager
hors assolement : prunier 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'autre 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 Cycles végétatifs

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

Tableau III.6: Cycle végétatif des cultures

	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	
Blé dur			Orange										
Blé tendre			Bleu clair										
Pois avoine					Violet								
Vesce avoine	Vert olive												
Bersim	Rouge												
Mais fourrager							Bleu foncé						
Luzerne	Bleu foncé												
Pastèque	Rouge							Rouge					
Tomate							Vert						
Carotte	Vert olive												
Piment - poivron								Gris					
Courgette	Jaune									Jaune			
Oignon		Cyan											
Ail									Bleu foncé				
Pomme de terre s		Orange clair											
Pomme de terre as							Cyan clair						
Pommier	Lilac												
Prunier	Bleu clair												
Olivier	Olive												

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	28,2	22,56	155,27	0	0,00	0,00	0	0,00	0,0
Oct	24,3	19,44	108,62	0	0,00	0,00		0,00	0,0
Nov	17,3	13,84	60,73	0,3	28,35	0,00	0,4	24,29	10,5
Déc	15,9	12,72	42,41	0,5	47,25	9,45	0,65	27,57	5,4
Jan	21	16,8	41,69	0,5	47,25	15,75	0,9	37,52	5,0
Fév	15,3	12,24	53,59	0,6	56,70	15,75	1	53,59	25,6
Mars	17	13,6	92,92	0,6	56,70	18,90	1,05	97,57	65,1
Avril	24,1	19,28	121,48	0,6	56,70	0,00	0,85	103,26	84,0
Mai	22,4	17,92	156,82	0,6	56,70	0,00	0,6	94,09	76,2
Juin	11,3	9,04	189,2	0,6	0,00	0,00	0,35	66,22	57,2
Juill	3,7	2,96	221,84	0	0,00	0,00	0	0,00	0,0
Août	8,9	7,12	194,39	0	0,00	0,00	0	0,00	0,0

Tableau III-8 : calcul des besoins en eau de blé tendre

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0	0,00	0,00	0	0,00	0,0
Oct	24,3	19,44	108,62	0	0,00	0,00	0	0,00	0,0
Nov	17,3	13,84	60,73	0,3	28,35	0,00	0,5	30,37	16,5
Déc	15,9	12,72	42,41	0,5	47,25	9,45	0,6	25,45	3,3
Jan	21	16,8	41,69	0,5	47,25	15,75	0,9	37,52	5,0
Fév	15,3	12,24	53,59	0,6	56,70	15,75	0,95	50,91	22,9
Mars	17	13,6	92,92	0,6	56,70	18,90	1	92,92	60,4
Avril	24,1	19,28	121,48	0,6	56,70	0,00	0,9	109,33	90,1
Mai	22,4	17,92	156,82	0,6	56,70	0,00	0,7	109,77	91,9
Juin	11,3	9,04	189,2	0		0,00	0	0,00	0,0
Juill	3,7	2,96	221,84	0		0,00	0	0,00	0,0
Août	8,9	7,12	194,39	0		0,00	0	0,00	0,0

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	28,2	22,56	155,27	0,4	25,20	0,00	0,65	100,93	78,4
Oct	24,3	19,44	108,62	0,4	25,20	0,00	0,65	70,60	51,2
Nov	17,3	13,84	60,73	0,7	44,10	8,40	0,7	42,51	20,3
Déc	15,9	12,72	42,41	0,9	56,70	14,70	0,8	33,93	0,0
Jan	21	16,8	41,69	1	63,00	18,90	0,9	37,52	0,0
Fév	15,3	12,24	53,59	1,2	75,60	21,00	0,95	50,91	17,7
Mars	17	13,6	92,92	1,2	75,60	25,20	1,05	97,57	58,8
Avril	24,1	19,28	121,48	1,2	75,60	0,00	1,05	127,55	108,3
Mai	22,4	17,92	156,82	1,2	75,60	0,00	1,15	180,34	162,4
Juin	11,3	9,04	189,2	1,2	75,60	0,00	1,2	227,04	218,0
Juill	3,7	2,96	221,84	1,2	75,60	0,00	0,8	177,47	174,5
Août	8,9	7,12	194,39	1,2	75,60	0,00	0,8	155,51	148,4

Tableau III-10 : Calcul des besoins en eau de maïs fourrager

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27		0,00	0,00		0,00	
Oct	24,3	19,44	108,62		0,00	0,00		0,00	
Nov	17,3	13,84	60,73		0,00	0,00		0,00	
Déc	15,9	12,72	42,41		0,00	0,00		0,00	
Jan	21	16,8	41,69		0,00	0,00		0,00	
Fév	15,3	12,24	53,59		0,00	0,00		0,00	
Mars	17	13,6	92,92	0,7	44,10	0,00	0,7	65,04	51,4
Avril	24,1	19,28	121,48	0,8	50,40	14,70	0,85	103,26	69,3
Mai	22,4	17,92	156,82	0,9	56,70	0,00	0,9	141,14	123,2
Juin	11,3	9,04	189,2	0,9	56,70	0,00	0,9	170,28	161,2
Juill	3,7	2,96	221,84	0,9	56,70	0,00	0,9	199,66	196,7
Août	8,9	7,12	194,39	0,9	56,70	0,00	0,9	174,95	167,8

Tableau III-11 : calcul des besoins en eau du bersim

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0,4	25,20	0,00	0,9	139,74	117,2
Oct	24,3	19,44	108,62	0,4	25,20	0,00	0,95	103,19	83,7
Nov	17,3	13,84	60,73	0,6	37,80	8,40	0,9	54,66	32,4
Déc	15,9	12,72	42,41	0,6	37,80	12,60	0,9	38,17	0,0
Jan	21	16,8	41,69	0,7	44,10	12,60	1	41,69	0,0
Fév	15,3	12,24	53,59	0,7	44,10	14,70	0,75	40,19	13,3
Mars	17	13,6	92,92	0,8	50,40	14,70	0,95	88,27	60,0
Avril	24,1	19,28	121,48	0,8	50,40	0,00	0,95	115,41	96,1
Mai	22,4	17,92	156,82	0,8	50,40	0,00	0,95	148,98	131,1
Juin	11,3	9,04	189,2						
Juill	3,7	2,96	221,84						
Août	8,9	7,12	194,39						

Tableau III-12 : calculs des besoins en eau de vesce avoine

Mois	P moy(m m)	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0,03	1,89	0,00	0,6	93,16	70,6
Oct	24,3	19,44	108,62	0,04	2,52	0,00	0,9	97,76	78,3
Nov	17,3	13,84	60,73	0,05	3,15	0,84	1	60,73	46,1
Déc	15,9	12,72	42,41	0,06	3,78	1,05	1,1	46,65	0,0
Jan	21	16,8	41,69	0,08	5,04	1,26	1,1	45,86	0,0
Fév	15,3	12,24	53,59	0,1	6,30	1,68	1,2	64,31	50,4
Mars	17	13,6	92,92	0,1	6,30	2,10	1	92,92	77,2
Avril	24,1	19,28	121,48						
Mai	22,4	17,92	156,82						
Juin	11,3	9,04	189,2						
Juill	3,7	2,96	221,84						
Août	8,9	7,12	194,39						

Tableau III-13 : 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	28,2	22,56	155,27	0			0	0,00	
Oct	24,3	19,44	108,62	0			0	0,00	
Nov	17,3	13,84	60,73	0			0	0,00	
Déc	15,9	12,72	42,41	0			0	0,00	
Jan	21	16,8	41,69	0			0	0,00	
Fév	15,3	12,24	53,59	0			0	0,00	
Mars	17	13,6	92,92	0,7	44,10	0,00	0,5	46,46	32,86
Avril	24,1	19,28	121,48	0,9	56,70	14,70	0,85	103,26	69,28
Mai	22,4	17,92	156,82	1,2	75,60	18,90	1,15	180,34	143,52
Juin	11,3	9,04	189,2	1,2	75,60	25,20	0,85	160,82	126,58
Juill	3,7	2,96	221,84	0					
Août	8,9	7,12	194,39	0					

Tableau III-14 : Calcul des besoins en eau du pois avoine

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27		0,00	0,00	0	0,00	0,00
Oct	24,3	19,44	108,62		0,00	0,00		0,00	0,00
Nov	17,3	13,84	60,73		0,00	0,00		0,00	0,00
Déc	15,9	12,72	42,41		0,00	0,00		0,00	0,00
Jan	21	16,8	41,69	0,3	18,90	0,00	0,8	33,35	16,55
Fév	15,3	12,24	53,59	0,3	18,90	6,30	0,8	42,87	24,33
Mars	17	13,6	92,92	0,4	25,20	6,30	0,9	83,63	63,73
Avril	24,1	19,28	121,48	0,6	37,80	0,00	0,9	109,33	90,05
Mai	22,4	17,92	156,82	0,8	50,40	0,00	0,9	141,14	123,22
Juin	11,3	9,04	189,2	0,9	56,70	0,00	0,9	170,28	161,24
Juill	3,7	2,96	221,84		0,00	0,00	0	0,00	0,00
Août	8,9	7,12	194,39		0,00	0,00	0	0,00	0,00

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		22,56	155,27	0,6	37,80		0,85	131,98	
Oct	24,3	19,44	108,62		0,00			0,00	
Nov	17,3	13,84	60,73		0,00			0,00	
Déc	15,9	12,72	42,41		0,00			0,00	
Jan	21	16,8	41,69		0,00			0,00	
Fév	15,3	12,24	53,59		0,00			0,00	
Mars	17	13,6	92,92		0,00			0,00	
Avril	24,1	19,28	121,48		0,00			0,00	
Mai	22,4	17,92	156,82		0,00	0,00		0,00	
Juin	11,3	9,04	189,2	0,4	25,20	0,00	0,5	94,60	85,56
Juill	3,7	2,96	221,84	0,45	28,35	0,00	0,75	166,38	163,42
Août	8,9	7,12	194,39	0,5	31,50	0,00	0,85	165,23	158,11

Tableau III-16 : Calcul des besoins en eau du pastèque

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0,6	37,80		0,9	139,74	213,00
Oct	24,3	19,44	108,62		0,00			0,00	0,00
Nov	17,3	13,84	60,73		0,00			0,00	0,00
Déc	15,9	12,72	42,41		0,00			0,00	0,00
Jan	21	16,8	41,69		0,00			0,00	0,00
Fév	15,3	12,24	53,59		0,00			0,00	0,00
Mars	17	13,6	92,92		0,00			0,00	0,00
Avril	24,1	19,28	121,48	0,05	3,15	4,53	0,7	85,04	61,22
Mai	22,4	17,92	156,82	0,07	4,41	6,43	0,75	117,62	93,27
Juin	11,3	9,04	189,2	0,09	5,67	0,00	0,75	141,90	132,86
Juill	3,7	2,96	221,84	0,1	6,30	0,00	1	221,84	215,00
Août	8,9	7,12	194,39	0,15	9,45	0,00	1	194,39	187,27

Tableau III-17 : Calcul des besoins en pomme de terre s

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0	0,00				
Oct	24,3	19,44	108,62	0,4	25,20	0,00	0,5	54,31	34,87
Nov	17,3	13,84	60,73	0,6	37,80	8,40	0,75	45,55	23,31
Déc	15,9	12,72	42,41	0,6	37,80	12,60	1,05	44,53	19,21
Jan	21	16,8	41,69	0,6	37,80	12,60	0,75	31,27	1,87
Fév	15,3	12,24	53,59		0,00				
Mars	17	13,6	92,92		0,00				
Avril	24,1	19,28	121,48		0,00				
Mai	22,4	17,92	156,82		0,00				
Juin	11,3	9,04	189,2		0,00				
Juill	3,7	2,96	221,84		0,00				
Août	8,9	7,12	194,39		0,00				

Tableau III-18 : Calcul des besoins en eau du oignon

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Oct	24,3	19,44	108,62	0,4	25,20	7,52	0,5	54,31	27,35
Nov	17,3	13,84	60,73	0,4	25,20	8,40	0,75	45,55	23,31
Déc	15,9	12,72	42,41	0,4	25,20	8,40	0,95	40,29	19,17
Jan	21	16,8	41,69	0,4	25,20	8,40	0,95	39,61	14,41
Fév	15,3	12,24	53,59	0,4	25,20	8,40	0,75	40,19	0,00
Mars	17	13,6	92,92	0	0,00				
Avril	24,1	19,28	121,48	0	0,00				
Mai	22,4	17,92	156,82	0	0,00				
Juin	11,3	9,04	189,2	0	0,00				
Juill	3,7	2,96	221,84	0	0,00				
Août	8,9	7,12	194,39	0	0,00				

Tableau III-19 : Calcul des besoins en eau de ail

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27						
Oct	24,3	19,44	108,62						
Nov	17,3	13,84	60,73						
Déc	15,9	12,72	42,41						
Jan	21	16,8	41,69						
Fév	15,3	12,24	53,59						
Mars	17	13,6	92,92						
Avril	24,1	19,28	121,48						
Mai	22,4	17,92	156,82	0,4	25,20	6,43	1,00	156,82	132,47
Juin	11,3	9,04	189,2	0,4	25,20	0,00	1,05	198,66	189,62
Juill	3,7	2,96	221,84	0,4	25,20	0,00	1,05	232,93	229,97
Août	8,9	7,12	194,39	0,4	25,20	0,00	1,05	204,11	196,99

Tableau III-20 : Calcul des besoins en eau du piment poivron

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0		0,00			
Oct	24,3	19,44	108,62	0		0,00			
Nov	17,3	13,84	60,73	0		0,00			
Déc	15,9	12,72	42,41	0		0,00			
Jan	21	16,8	41,69	0		0,00			
Fév	15,3	12,24	53,59	0		0,00			
Mars	17	13,6	92,92	0		0,00			
Avril	24,1	19,28	121,48	0,3	18,90	0,00	0,4	48,59	29,31
Mai	22,4	17,92	156,82	0,4	25,20	0,00	0,8	125,46	107,54
Juin	11,3	9,04	189,2	0,7	44,10	0,00	1,05	198,66	189,62
Juill	3,7	2,96	221,84	0,7	44,10	0,00	0,8	177,47	174,51
Août	8,9	7,12	194,39	0	0,00	0,00			

Tableau III-21 : Calcul des besoins en eau de carottes

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	0,3	18,90	0,00	0,42	65,21	42,65
Oct	24,3	19,44	108,62	0,4	25,20	7,52	0,7	76,03	49,07
Nov	17,3	13,84	60,73	0,5	31,50	6,48	0,81	49,19	28,87
Déc	15,9	12,72	42,41	0,6	37,80	4,61	0,77	32,66	15,32
Jan	21	16,8	41,69	0,7	44,10	4,24	0,57	23,76	2,72
Fév	15,3	12,24	53,59	0					
Mars	17	13,6	92,92	0					
Avril	24,1	19,28	121,48	0					
Mai	22,4	17,92	156,82	0					
Juin	11,3	9,04	189,2	0					
Juill	3,7	2,96	221,84	0					
Août	8,9	7,12	194,39	0					

Tableau III-22 : Calcul des besoins en eau de la pomme de terre as

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27						
Oct	24,3	19,44	108,62						
Nov	17,3	13,84	60,73						
Déc	15,9	12,72	42,41						
Jan	21	16,8	41,69						
Fév	15,3	12,24	53,59						
Mars	17	13,6	92,92	0,4	25,20	0,00	0,5	46,46	32,86
Avril	24,1	19,28	121,48	0,6	37,80	8,40	1	121,48	93,80
Mai	22,4	17,92	156,82	0,6	37,80	12,60	1,05	164,66	134,14
Juin	11,3	9,04	189,2	0,6	37,80	0,00	0,75	141,90	132,86
Juill	3,7	2,96	221,84		0,00	0,00			
Août	8,9	7,12	194,39		0,00	0,00			

Tableau III-23 : calcul des besoins en eau de prunier

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sep	28,2	22,56	155,27	1,5	189,00	0,00	0,9	139,74	117,18
Oct	24,3	19,44	108,62	1,5	189,00	7,52	0,9	97,76	70,80
Nov	17,3	13,84	60,73	1,5	189,00	63,00	0,9	54,66	0,00
Déc	15,9	12,72	42,41	1,5	189,00	63,00	0,9	38,17	0,00
Jan	21	16,8	41,69	1,5	189,00	63,00	0,6	25,01	0,00
Fév	15,3	12,24	53,59	1,5	189,00	63,00	0,6	32,15	0,00
Mars	17	13,6	92,92	1,5	189,00	63,00	0,6	55,75	0,00
Avril	24,1	19,28	121,48	1,5	189,00	63,00	0,6	72,89	0,00
Mai	22,4	17,92	156,82	1,5	189,00	0,00	0,5	78,41	60,49
Juin	11,3	9,04	189,2	1,5	189,00	0,00	0,5	94,60	85,56
Juill	3,7	2,96	221,84		0,00	0,00		0,00	
Août	8,9	7,12	194,39		0,00	0,00		0,00	

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

Mois	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Sept	28,2	22,56	155,27	1,5	189,00	0,00	0,85	131,98	109,42
Oct	24,3	19,44	108,62	1,5	189,00	0,00	0,85	92,33	72,89
Nov	17,3	13,84	60,73	1,5	189,00	63,00	0,75	45,55	0,00
Déc	15,9	12,72	42,41	1,5	189,00	63,00	0,65	27,57	0,00
Jan	21	16,8	41,69	1,5	189,00	63,00	0,65	27,10	0,00
Fév	15,3	12,24	53,59	1,5	189,00	63,00	0,65	34,83	0,00
Mars	17	13,6	92,92	1,5	189,00	63,00	0,65	60,40	0,00
Avril	24,1	19,28	121,48	1,5	189,00	63,00	0,65	78,96	0,00
Mai	22,4	17,92	156,82	1,5	189,00	0,00	0,65	101,93	84,01
Juin	11,3	9,04	189,2	1,5	189,00	0,00	0,8	151,36	142,32
Juill	3,7	2,96	221,84	1,5	189,00	0,00	0,9	199,66	196,70
Août	8,9	7,12	194,39	1,5	189,00	0,00	0,9	174,95	167,83

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	28,2	22,56	155,27	1,5	189,00	0,00	0,7	108,69	86,13
Oct	24,3	19,44	108,62	1,5	189,00	0,00	0,7	76,03	56,59
Nov	17,3	13,84	60,73	1,5	189,00	63,00	0,7	42,51	0,00
Déc	15,9	12,72	42,41	1,5	189,00	63,00	0,7	29,69	0,00
Jan	21	16,8	41,69	1,5	189,00	63,00	0,7	29,18	0,00
Fév	15,3	12,24	53,59	1,5	189,00	63,00	0,7	37,51	0,00
Mars	17	13,6	92,92	1,5	189,00	63,00	0,8	74,34	0,00
Avril	24,1	19,28	121,48	1,5	189,00	63,00	0,85	103,26	20,98
Mai	22,4	17,92	156,82	1,5	189,00	0,00	0,85	133,30	115,38
Juin	11,3	9,04	189,2	1,5	189,00	0,00	0,7	132,44	123,40
Juill	3,7	2,96	221,84	1,5	189,00	0,00	0,7	155,29	152,33
Août	8,9	7,12	194,39	1,5	189,00	0,00	0,7	136,07	128,95

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

Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1												
Mois	Blé dur	Pomme de terre as	tomates	Blé tendre	Luzerne	Pommier	Prunier	Pois avoine	Oliviers	courgette	Oignon	total
Sept					78,4	86,13	117,18	70,6	109,42			461,73
Oct				0,0	51,2	56,59	70,80	78,3	72,89		27,35	357,13
Nov	10,5			16,5	20,3			46,1			23,31	116,71
Déc	5,4			3,3							19,17	27,87
Jan	5,0			5,0							14,41	24,41
Fév	25,6			22,9	17,7			50,4				116,6
Mar	65,1	32,86	32,86	60,4	58,8			77,2				327,22
Avr	84,0	93,80	69,28	90,1	108,3	20,98						466,46
Mai	76,2	134,14	143,52	91,9	162,4	115,38	76,17		84,01	132,86		930,72
Jui	57,2	132,86	126,58		218,0	123,40	104,48		142,32	85,60		986,4
Juill	0,0				174,5	152,33			196,70			523,53
Août	0,0				148,4	128,95			167,83			445,18

Tableau III.27 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2

Récapitulatif des besoins pour l'assolement2									
Mois	ail	pastèque	Carottes	Pomme de terres	Vesce avoine	Piment poivron	bersim	Mais fourrager	total
Sept		213,00	42,65		70,6		0,0		326,25
Oct			49,07	34,87	78,3		78,3		240,54
Nov			28,87	23,31	46,1		43,9		142,18
Déc			15,32	19,21			0,0		34,53
Jan			2,72	0,00			0,0		2,72
Fév			42,65		50,4		41,4		134,45
Mar					77,2		56,1	65,04	198,34
Avr		61,22				29,31	90,1	103,26	344,38
Mai	132,47	93,27				107,54	123,2	141,14	596,48
Jui	180,16	132,86				170,70	161,2	170,28	815,8
Juill	207,97	215,00				174,51		199,66	796,63
Août	196,99	187,27						174,95	559,21

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.

$$qs = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \quad (l/s/ha) \quad (III.5)$$

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 =986.4 mm/mois.

$$qs = 5.06 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

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

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

- ✓ prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- ✓ prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
- ✓ 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 218 mm).

▮ 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 :

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

(III.6)

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

S : la superficie nette à irriguer 376 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.1 \cdot 376 = 413,6 \text{ l/s.}$$

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	Surfa ce (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	121H a				
Blé tendre	70	290	2900	3866,6	27062
Blé dur	51	929	9290	12386,7	631686
Les fourragères	117 Ha				
-luzerne	60	1038	10380	13840	830400
Pois avoine	57	322,6	2336	2214,6	126232
Le maraichage	54Ha				
Pomme de terre (as)	15	399,6	3996	5328	106560
Courgette	5	217	2170	2893,3	14466,5
tomate	8	372,2	3722	4962,3	39698
Oignon	15	84,24	842,4	1123,2	16845
Les arboricultures	84 Ha				
Prunier	25	368	3680	4906,6	122650

oliviers	34	773,1	7731	10308	350472
pommiers	25	683,8	6838	9117,3	227932
				Besoins total	2494003.5 m³

On remarque que le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre de 2,5 Hm³. Et comme le barrage d'alimentation est de capacité de 20 Hm³ ce qui justifie qu'on peut extraire ce volume à partir du barrage Koudiet Medouar.

III.5. Conclusion :

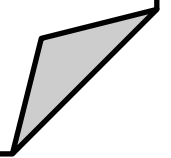
Dans ce chapitre, nous avons exposé les besoins en eau de notre périmètre, le choix des cultures est fait sur une base tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques et nous avons déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante

Après le choix de l'assolement des cultures, l'estimation des besoins en eau de chaque culture est faite sur la base de l'évapotranspiration par la méthode de Penman.

Enfin nous avons calculé les besoins en eau totaux du périmètre et déduit que la capacité de la retenue 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 376Ha, sera irrigué à partir du barrage de Koudiet Medouar qui a une capacité initiale de 20 Hm³.

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 14 ilots organisés en deux secteurs, la surface totale est de 376 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 :

$$Q_b = q_s \cdot S_i \quad (\text{IV.1})$$

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	$Q < (11.11) \text{ l/s}$	1 Entrée $\Phi 80,100$	2 sorties $\Phi 65$
Type A4	$Q < (22,22) \text{ l/s}$	2 Entrée $\Phi 80,100$	4 sorties $\Phi 65$
Type B	$(22.22 \text{ l/s}) < Q < (33,33 \text{ l/s})$	2 Entrée $\Phi 80, 100,125$	2 sorties $\Phi 100$
Type C	$Q > (33.33 \text{ l/s})$	2 Entrée $\Phi 80, 100,125$	1 sortie $\Phi 150$

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

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

îlots	superficies (ha)	parcelles	superficies	Q _P (l/s)	Q _b (l/s)	Matériau	Borne type
I1	34,29	P1	12	13,2	37,719	fonte	Type C
		P2	8,79	9,669			
		P3	7	7,7			
		P4	7,5	8,25			
I2	22,55	P5	11,5	12,65	24,805	fonte	Type B
		P6	11	12,1			
I3	31,7	P7	13,1	14,41	34,87	fonte	Type C
		P8	14	15,4			
		P81	4,6	5,06			
I4	31,29	P9	9	9,9	34,41	fonte	Type C
		P10	15	16,5			
		P91	7,21	7,931			
I5	33,64	P11	13,64	15	37,004	fonte	Type C
		P12	2,8	3,08			
		P13	5,4	7,92			
		P14	10	11			
I6	29,25	P15	5,2	5,72	32,175	fonte	Type B
		P16	5,95	6,545			
		P17	8,1	8,91			
		P18	10	11			
I7	21,13	P19	8,83	9,713	23,243	fonte	Type B
		P20	10,3	11,33			
		P21	2	2,2			
I8	25,88	P22	4,9	5,39	28,468	fonte	Type B
		P23	8	8,8			
		P24	7,5	8,25			
		P25	5,48	6,028			
I9	28,14	P26	6	6,6	30,954	fonte	Type B
		P27	9,5	10,45			
		P28	12,64	13,904			
I10	11,29	P29	11,29	19,778	12,419	fonte	Type A4
I11	17,98	P30	11,08	12,188	19,778	fonte	Type A4
		P31	6,9	7,59			
I12	31,93	P32	6,8	7,48	35,12	fonte	Type C
		P33	6,55	7,205			
		P34	8,13	8,943			
		P35	10,45	11,495			

I13	28,11	P36	6,5	7,15	30,921	fonte	Type B
		P37	3,4	3,74			
		P38	6,25	6,875			
		P39	12,1	13,31			
I14	29,05	P40	6,76	7,436	31,955	fonte	Type B
		P41	3,55	3,905			
		P42	6,9	7,59			
		P43	10,9	11,99			

IV.3.4.1 Récapitulatifs des nombres d'ilots et de borne de périmètre**Tableau IV.4** : Nombre de bornes d'irrigation du périmètre

Périmètre	Superficie (ha)	Nombre d'ilots	Nombre de Bornes	Nombre d'irrigants	Sup. moy. /îlot (ha)	Q. spécifique (l/s/ha)
Ouled fadhel	376	14	14	14	26	1.1

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 de tracés d'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des pertes de charge minimales du point de vue technique, de la facilité de réalisation et de l'aspect 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.

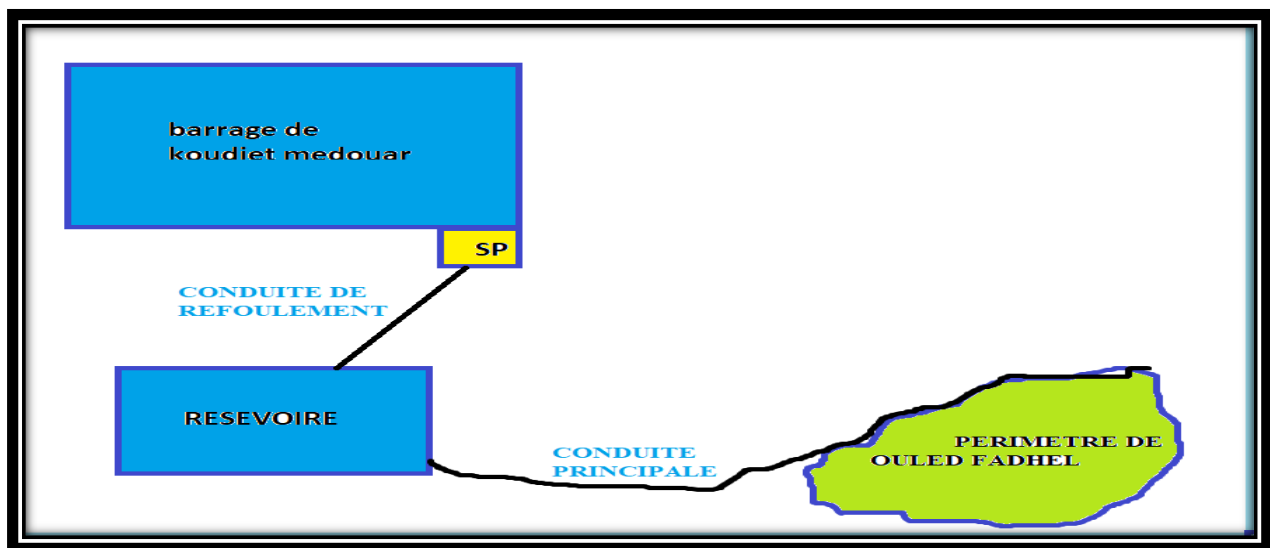


Figure IV.1 : Schéma de la variante d'irrigation

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 refolement 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.

IV5.2 Calculs hydrauliques du système d'adduction :

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

- ✓ cote de la retenue Koudiat Medaour 992m
- ✓ cote d'aspiration 966m
- ✓ cote de Réservoir 1030m

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

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = H_g + \sum h_p (asp) + \sum h_p (ref) + P_{exh} \quad (IV.1)$$

Avec :

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

IV.5.3.1 Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la

$$\text{formule : } H_{MT} = H_g + \Delta h_p \quad (IV.2)$$

Avec :

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

✓ H_a : hauteur d'aspiration.

On a :

✓ $C_a = 966\text{m}$

✓ C_r : cote du réservoir = 1030m

✓ le débit caractéristique : $Q_c = 413\text{l/s}$.

donc : Le débit à refouler :

$$Q_{rf} = 1.05 * Q_c = 434 \text{ l/s} = \mathbf{0.434\text{m}^3/\text{s}}$$

$$\longrightarrow H_g = 1030 - 966 = \mathbf{64\text{m}}.$$

IV.5.3.2 Calcul des pertes de charge totales :

a) Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_i = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

✓ L : longueur du tronçon en (m).

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

✓ ΔH_i : Pertes de charge linéaires en (m) .

✓ I : gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = \left(1,14 - 0,86Ln \frac{\xi}{D} \right)^{-2} \quad (\text{Formule de Nikuradzé}) \quad (\text{IV.4})$$

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.

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l \quad (\text{IV.5})$$

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

Donc $H_{MT} = 70\text{m}$.

IV.5.3.3 Calcul du diamètre économique :

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

$$D = \sqrt{Q_{\text{ref}}}; \quad (\text{IV.6})$$

Avec :

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

Donc : $D = \sqrt{0.434} = 0.658 \text{ m} = \mathbf{658\text{mm}}$.

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 :

$$P = \frac{\rho g * Q * HMT}{\eta}; \quad (\text{IV.7})$$

- ✓ 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**

$$E = P * t * 365 \text{ [Kwh]}; \quad (\text{IV.8})$$

Avec :

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

➤ **Frais d'exploitation**

Les frais d'exploitation sont définis comme suit :

$$F_{\text{ex}} = E * e \text{ [DA]} \quad (\text{IV.9})$$

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

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

➤ Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont donnés comme suit :

$$F_{am} = P_{rc} * A \text{ [DA]} \quad (IV.10)$$

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

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

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (IV.11)$$

✓ 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)	Prix (DA)	Amortissement	investissement	Exploitation	Bilan
400	54421719	4843532,99	59265252	23450185,5	82 715 437,49
500	65280797,5	5809990,98	71090788	16589457,5	87 680 245,93
600	83335997	7416903,73	90752901	14652267,75	105 405 168,5
700	101387218	9023462,4	110410680	13970722,8	124 381 403,2
800	115788439	10305171,1	126093610	13691020,1	139 784 630,1
1000	144589275	12868445,5	157457720	13497741	170 955 461,4

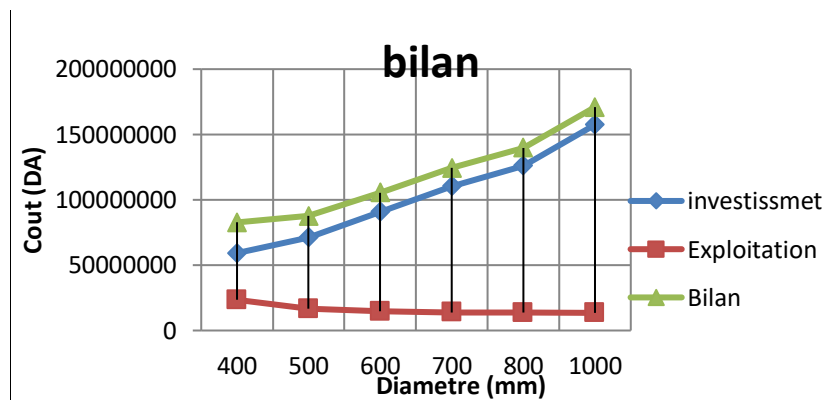


Figure IV.2 : Graphe du bilan en fonction diamètre.

D'après le graphe du bilan, on remarque que le diamètre économique est de 600 mm correspond à une H_{MT} de l'ordre de 70 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;
- ✓ Assurer le débit appelé Q_{app} et la HMT

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 d2 e 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 434 l/s ;
- La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction elle est de 70 m ;
- La conduite de refoulement a un linéaire de 3650m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes

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

Nombre de pompe	Q (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	η %	N (tr/mn)	P_{ab} (kw)	$NPSH_r$ (m)	\varnothing mm
3	145	73	MEC- AZRBH 2/125 A	72	2950	140	7,99	150
4	111	73,5	PM 150/4 B	67,1	2904	117	5,1	150
5	86,8	75,4	MEC- AZRBH 2/125 C	79,1	2907	78,8	4	150

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 pompe de secours) qui portent les caractéristiques suivantes.

1. Rendement= 79,1 %
2. Puissance absorbée =78,8, Kw
3. NPSHr = 4m Voir (Annexe 4)

La courbe caractéristique de la pompe est comme suit

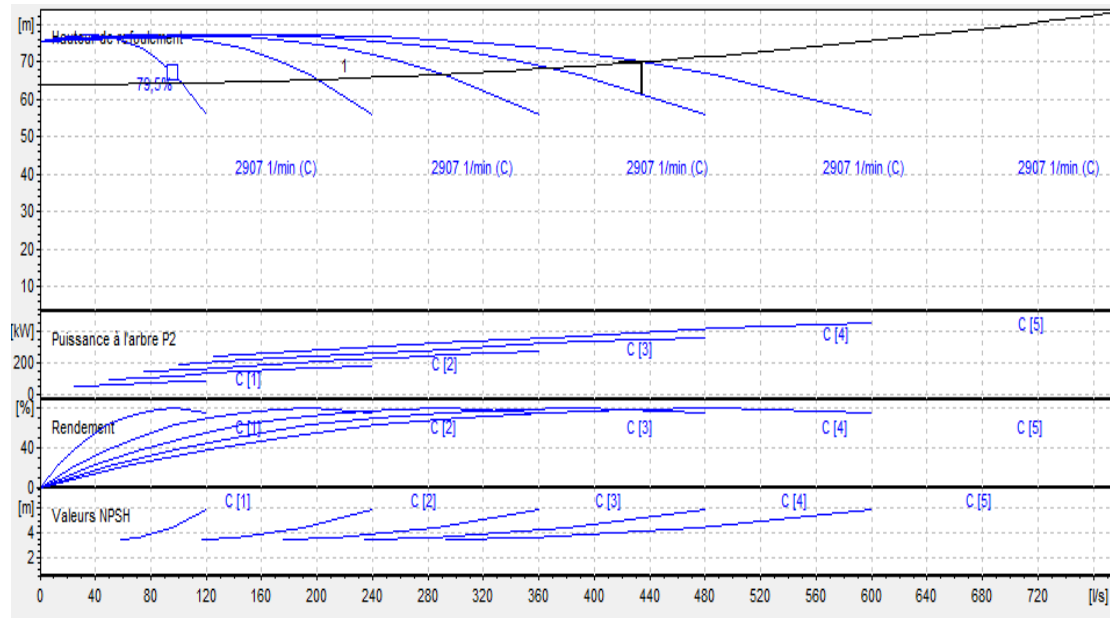


Figure IV.3 : Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)

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 :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d \quad (IV.12)$$

- ✓ (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 :

$$NPSH_d = \frac{P_{at}}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - \sum h_{tot}^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - h_{adm}^{asp} = NPSH_r + 0,5 \quad (IV.12)$$

Avec :

- ✓ $\frac{P_a}{\rho g}$: 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 966m, donc on pose que $\frac{pa}{\rho g} = 9.2$

✓ P_v : 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
$\frac{P_v}{\rho g}$	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 $P_v = 20 \text{ hPa}$, soit

$$\frac{P_v}{\rho g} = 0,22 \text{ m}$$

ΔH_a : perte de charge à l'aspiration.

Les pertes de charge sont calculées par la formule de DARCY :

$$\Delta H_{asp \text{ tot}} = 1,15 \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,07 \text{ m}$$

$$\lambda = (1,14 - 0,86 \ln(\frac{\varepsilon}{D}))^{-2} = 0,01323219 ; \varepsilon = 0,046 \text{ (PEHD)}$$

(Formule de Nikuradzé)

$$Q = 0,0869 \text{ m}^3/\text{s} \quad L_{asp} = 5 \text{ m}; D_a = 300 \text{ mm} \quad ; V_{asp} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_a^2} = 1,21 \text{ m/s}$$

$$h_{adm}^{asp} = 9.2 - 0,22 - 0,07 - 0,076 - (4 + 0,5) = 4,33$$

Cote de l'axe de la pompe

$$C_{axe} = C_{min} + h_{adm}^{asp} - r \quad (\text{IV. 2})$$

avec

C_{min} : cote minimal du plan d'eau = 966m

r : hauteur de sécurité r = 0,3m

AN : $C_{axe} = 970,63 \text{ m}$

IV.5.3.6 Bâtiments de la station

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

✓ Bâtiment type surface.

- ✓ Bâtiment type bloc
- ✓ Bâtiment type bache mouillé avec une pompe noyée
- ✓ Bâtiment type bache mouillé avec une pompe dénoyée
- ✓ Bâtiment type puits bloc.

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	Bache sèche	Bache 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 type surface et on a une pompe centrifuge et $Q < 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

VI.5.3.5.1. Hauteur du bâtiment :

Elle est calculée comme suit :

$$H_b = H_1 + H_2 + H_3$$

Où:

$$H_1 = H_p + H_s + H_r$$

H_p : hauteur de la pompe, $H_p = 1 \text{ m}$

H_s : hauteur du socle $h_{\text{socle}} = (0,3-0,5) \text{ m}$ en prend $h_{\text{socle}} = 0,3 \text{ m}$.

H_r : Hauteur réserve $H_r = 0,5$

$$\text{A.N : } H_1 = 1,8$$

H_2 : hauteur du chariot, $H_2 = 1,0 \text{ m}$

H_3 : Hauteur de L'homme $H_3 = 2,2 \text{ m}$

$$\text{A.N : } \quad \mathbf{H_b = 5 \text{ m}}$$

VI.5.3.5.2 Longueur du bâtiment :

Elle est donnée en fonction des paramètres suivant :

$$L_b = n \times L + (n-1)L_{int} + L_{pf} + L_r + L_p + L_m + L_{pm} \quad (IV.13)$$

- n: nombre de pompes, $n = 4$ (décale (4 ;3) tenant compte de les pompes 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 : $L_{int} = 1,2$ m ;
- L_{pf} : longueur de la plate-forme de montage, (compris L_r) $L_{pf} = 3,3$ m ;
- L_r : longueur de l'armoire électrique,
- L_m : épaisseur du mur, on prend : 0,6 m ;
- L_{pm} : distance entre pompe et mur, on prend : 0,3m.

$$A.N : L_b = 4 \times 1,68 + 1,2 \times 3 + 3 + 0,6 + 0,3 \Rightarrow L_b = 14.42 \text{ m.}$$

On opte pour une longueur de **15m**.

VI.5.3.5.3 Largeur du bâtiment :

Elle est donnée par la relation :

$$L_b = 2.l_1 + 2.l_2 + l_3 + l_4 + 2.s \quad (IV.14)$$

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, $l_2 = 0.68$ m ;

l_3 : longueur des accessoires d'aspiration,

l_4 : longueur des accessoires de refoulement et compris largeur de l'armoire,

$$l_3 + l_4 = 2,85 \text{ m}$$

.Finalement la largeur totale est de : **5,41m** en prend **6m**.

Plus la longueur 6,20m, largeur=3,55 de (bureau personnel+magasin+sanitaires+hall)

Longueur et largeur et hauteur de-la chambre du recevoir (4,6m ; 2,5m ; 5m)

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 :

$$V = Q_c \times T_{nf} \quad (IV.15)$$

Avec:

- ✓ V: Volume d'eau d'irrigation (m^3).
- ✓ Q_c : débit caractéristique (m^3/h), $Q_c = 1562,4 m^3/h$.
- ✓ T_{nf} : temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

On trouve donc $V = 1562 \times 2 = 3125 \text{ m}^3$.

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

Bassin rectangulaire :

Les dimensions finales du bassin sont : $25 \times 20 \times 6 = 3000 \text{ m}^3$.

IV.5.3.7 Dimensionnement du Réservoir d'air

Par la méthode de Vuibert :

1) Calcul de la charge statique absolue :

$$\begin{aligned} Z_0 &= H_g + 10 & (\text{IV.16}) \\ &= 64 + 10 \\ \Rightarrow Z_0 &= 74 \text{ m} \end{aligned}$$

2) Calcul de la charge maximal absolue :

$$Z_{\max} = Z_0 + \frac{c \times V_0}{g} \quad (\text{IV.17})$$

V_0 : vitesse dans la conduite de refoulement

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} & (\text{IV.18}) \\ V_0 &= 1,12 \text{ m/s} \end{aligned}$$

c : la célérité ($D=700 \text{ mm}$; $e=10 \text{ mm}$; $k=1$ pour la fonte)

$$c = \frac{9900}{\left[48,3 + k \frac{D}{e}\right]^{0,5}} = \frac{9900}{\left[48,3 + 1 \times \frac{0,7}{0,01}\right]^{0,5}} \quad (\text{IV.19})$$

$$c = 910 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{N.B } Z_{\max} &= 74 + \frac{910 \times 1,12}{9,81} & (\text{IV.20}) \\ Z_{\max} &= 177,9 \text{ m} \end{aligned}$$

On a

$$h_0 = \frac{Z_{\max}}{Z_0} = \frac{V_0^2}{2 \times g} \Rightarrow \frac{h_0}{Z_0} \left. \vphantom{\frac{h_0}{Z_0}} \right\} \text{Abaque de Vuibert} \Rightarrow \frac{U_0}{L \times S} ; \frac{Z_{\min}}{Z_0} \text{ (voir annexe 8).}$$

$$\frac{h_0}{Z_0} = 0,00086 ; \frac{Z_{\max}}{Z_0} = 2,4$$

$$\frac{U_0}{L \times S} = 3,5 \times 10^{-3} \quad \text{A.N} \Rightarrow U_0 = 4,85 \text{ m}^3$$

$$\frac{Z_{min}}{Z_0} = 0,5$$

3) Calcul de volume d'aire maximal dans le recevoir

A partir de $\frac{U_0}{LS}$, et $\frac{Z_{min}}{Z_0}$, on tire U_0 , donc

L : longueur de la conduite de refoulement (3650m)

S : section de la conduite (0,38m²)

$$U_0 \times Z_0 = U_{max} \times Z_{min} \Rightarrow \frac{U_0}{\frac{Z_{min}}{Z_0}}$$

On majoré avec 30%

$$U_{max} = 13 \text{ m}^3 = 11000 \text{ L}$$

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

Dans notre étude nous avons une conduite principale qui alimente le périmètre. Ce tracé est un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

IV.6.1 Dimensionnement du réseau de distribution :

VI.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.

VI.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, et 2.5 m/s

VI.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.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{Pi * Vad}} * 1000$$

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 :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \quad (IV.22)$$

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 :

$$J=L \times Q^M/D^N \quad (IV.23)$$

Tableau IV.11 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon. (Annexe 10)

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 :

$$Z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \quad (IV.24)$$

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.

Debit
spécifique

Q=1,1l/s/ha

Vitesse
admissible

1,5m/s

Cote radier
réservoir

1030

N° tronçon	Longueur (m)	L(km)	Surface c (Ha)	Surface cum (Ha)	débit (m3/S)	Diamètre (mm)	D.Norm (mm)	Matériau de canalisation	V(m/s)	P.d,c (m 369)	C. T (m)	C.piézo (m)	Pression (m)	Pression (bars)
R-P4	24815	24,815	376	376	0,414	592,7	600	FONTE	1,46	79,97	892,50	950,0	57,5	5,8
P4-B14	136	0,136	28,11	89,09	0,098	288,5	300	PEHD	1,39	0,93	892,00	949,1	57,1	5,7
B14-B13	150,48	0,15	29,05	60,04	0,066	236,8	250	PEHD	1,35	1,22	892	947,9	55,9	5,6
B13-B12	191,18	0,19	31,93	31,93	0,035	172,7	200	PEHD	1,12	1,43	891,5	946,5	55,0	5,5
P4-P3	1629,56	1,63	17,98	287	0,316	517,8	560	FONTE	1,28	4,45	886,1	943,4	57,3	5,7
P3-B11	35,36	0,04	17,98	57,41	0,063	231,6	250	PEHD	1,29	0,26	886	943,2	57,2	5,7
B11-(B10-9)	167	0,167	39,43	39,43	0,043	191,9	200	PEHD	1,38	1,86	886	941,3	55,3	5,5
P3-B8	660	0,660	25,88	229,73	0,253	463,3	500	FONTE	1,29	2,09	885	939,2	54,2	5,4
B8-B7	672	0,672	21,13	203,85	0,224	436,4	450	FONTE	1,41	2,88	879,5	936,3	56,8	5,7
B7-P2	297,5	0,2975	29,25	182,72	0,201	413,2	450	FONTE	1,26	1,04	879	935,3	56,3	5,6
P2-B6	57,52	0,057	29,25	29,25	0,032	165,3	200	PEHD	1,02	0,36	879	934,9	55,9	5,6
P2-B5	201	0,201	33,64	153,47	0,169	378,6	400	FONTE	1,34	0,91	879,8	934,0	54,2	5,4
B5-P1	661	0,661	31,7	119,83	0,132	334,6	355	PEHD	1,33	3,40	878	930,6	52,6	5,3
P1-B3	482	0,482	31,7	88,13	0,097	286,9	300	PEHD	1,37	3,23	878,35	927,4	49,1	4,9
B3-(B1-2)	366	0,366	56,84	56,84	0,063	230,4	250	PEHD	1,27	2,67	878,5	924,7	46,2	4,6
P1-B4	138	0,138	31,21	31,29	0,034	171,0	200	PEHD	1,10	0,99	877	923,7	46,7	4,7

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction ainsi que les calculs hydraulique des canalisations.

Le périmètre de notre zone d'étude est découpé en 14 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 376 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 : 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 rationnelle en vue de satisfaire les besoins d'eau des cultures.

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

V.2 Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et tels :

- 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 procédure d'arrivée de l'eau à la culture : ruissellement, submersion et infiltration.

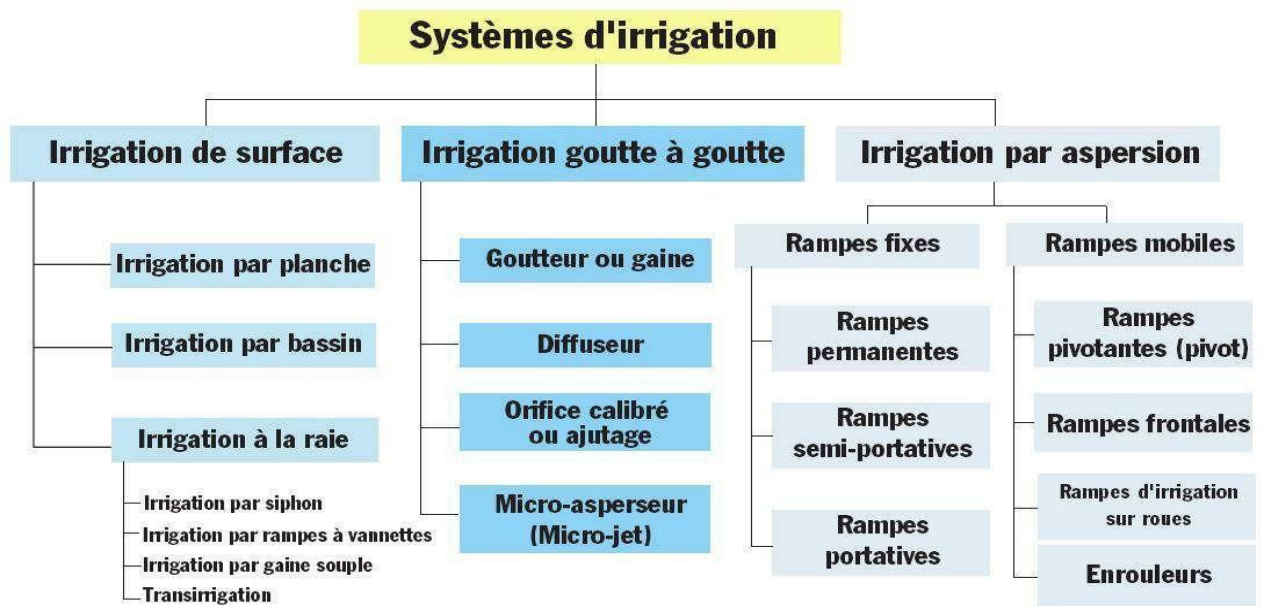


Figure V.1 : Systèmes d'irrigation.

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 que 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.



Figure V.2 L'arrosage par infiltration

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.



Figure V.3 L'arrosage par submersion (irrigazette.com)

V.3.1.4 Avantages et 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.



Figure V.4 L'arrosage par aspersion

V.3.2.1 Avantages et 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 exploitants 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 main d'œuvre qualifiée
- ✓ Elle favorise l'évaporation et le développement des mauvaises herbes ;
- ✓ L'eau fournie en pluie passe le sol et provoqué la formation d'un croute superficielle.

V.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 la main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

V.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 l'eau par un réseau de canalisations sous faible pression, apportant l'eau à un voisinage immédiat des plantes cultivées.



Figure 5 : L'irrigation localisée Goutte à Goutte (irrigazette.com)

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

a) Avantages :

- Rendement de cultures important
- 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'œuvre spécialisée ;
- 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.

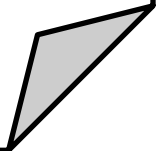
V.5 Conclusion :

L'intérêt de ce chapitre était de définir les différentes techniques d'irrigation et de déterminer le choix convenable de ces techniques par rapport aux différents critères qui décrivent les différentes situations des périmètres

Le système d'irrigation adéquat au périmètre d'étude est le système d'irrigation sous pression par la techniques : localisée, ceci pour une intensification des cultures du périmètre d'étude.

Chapitre VI

Dimensionnement a la parcelle



Chapitre VI : Dimensionnement de l'irrigation goutte à goutte

VI.1 Introduction :

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation 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.

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

Le réseau d'irrigation goutte à goutte est installé sur la parcelle P12 ; dont la surface est de 2,8 ha; alimentée par la borne **B5** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 6,8 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Données générales :

Culture : Olivier

Besoin de pointe : 196,70mm (Juillet)

Organisation du réseau : Avec un écartement de 4*4m

- surface : 2,8 ha ;
- Longueur : 256 m ;
- Largeur : 140 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 :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs.) \quad (\text{VI.1})$$

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

On prendra un coefficient $Kr = 0.80$

$$B_{jl} = B_j * Kr \quad (\text{VI.2})$$

$$B_{jl} = (196,70/30) * 0.8 = 5,25 \text{ mm/j}$$

VI.2.1.2 Dose nette pratique :

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU \times P\% \quad (\text{VI.3})$$

Avec :

- ✓ H_{cc} : (27%), H_{pf} : (13%), $da = 1.35$ et Y : (2/3) ;
- ✓ Z : Profondeur racines (1500 mm),
- ✓ P : Pourcentage du sol humidifié

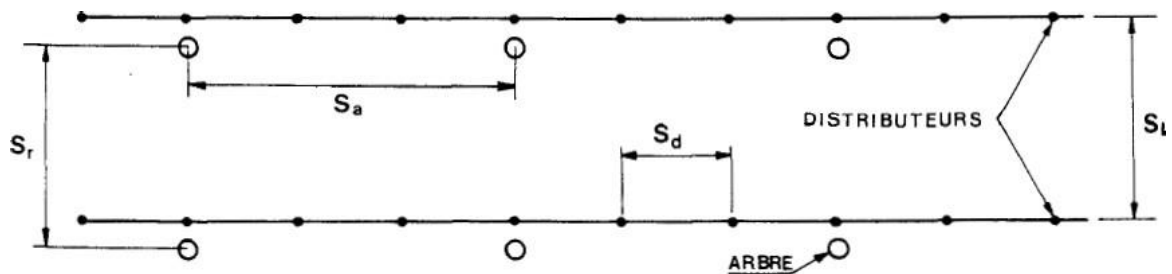


Figure VI.1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \quad (\text{VI.4})$$

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).

$$D_p = \frac{(27-13)}{100} \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1.35 \times 0.25 \text{ on trouve } D_p = 47,24 \text{ mm.}$$

$$P_{\%} = \frac{2*2*1}{4*4} = 25\% \quad (\text{VI.5})$$

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 :

$$Fr = \frac{\text{dose prt}}{Bjl} = \frac{47,24}{5,25} = 8,99 \text{ jours} \quad (\text{VI.6})$$

Donc on prend une fréquence de **9 jours**.

VI.2.1.4 Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose pratique :

$$\begin{aligned} Dp' &= Fr \cdot Bjl & (\text{VI.7}) \\ &= 9 \times 5,25 = 47,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$D_{brute} = \frac{DP}{\text{eff} \cdot Cu} = \frac{47,25}{0,9^2} = 58 \text{ mm}$$

(VI.1)

Avec :

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

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

$$\theta = T_f = \frac{D_{br} \cdot S_a \cdot S_r}{n \cdot Q_g} \quad (\text{VI.7})$$

Avec : Sr et Sd espacement entre rang et distributeur,

n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$T_f = \frac{58 \cdot 2 \cdot 4}{2 \cdot 4} = 58 \text{ h/mois}$$

VI.2.1.6 Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'Arrosage journalier}} \quad (\text{VI.8})$$

$$= \frac{22}{6,5} \quad \text{on prend } 3$$

VI.2.1.7 Surface de poste

$$Sp = \frac{\text{SURFACE TOT}}{Np} \quad (\text{VI.9})$$

$$= \frac{2,8}{3} = 0,9ha$$

VI.2.2 Calculs hydrauliques :

- La longueur de la rampe 80 m
 - La longueur de la porte rampe: 120m
 - Longueur de conduite secondaire 10m
1. La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad (\text{VI.10})$$

2. La variation maximale de la pression :

$q = K.H^x$ avec : $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (\text{VI.11})$$

Avec : $q(g)$: débit nominal du goutteur

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

Donc selon la règle de Christiansen 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-rampes**

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 :

$$\Phi_r(\text{cal}) = \left[\frac{p.d.c(r) * 2.75}{L(r) * 0.47 * Q^{1.75}} \right]^{-1/4.75} \quad (\text{VI.12})$$

(VI.13)

$$\Phi_{pr}(\text{cal}) = \left[\frac{p.d.c(pr) * 2.75}{L(pr) * 0.47 * Q^{1.75}} \right]^{-1/4.75}$$

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 ;
- Ør (cal) : le diamètre de rampes ;
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

VI.2.3.1 Pour les rampes : L=80 m

1) Le nombre d'arbres par rampe:

$$N_{\text{arbres}} = Lr/Ea \quad (\text{VI.14})$$

=80/4 = 20 arbres.

2) Nombre des goutteurs par rampe:

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n \quad (\text{VI.15})$$

=20 * 2 =40 goutteurs.

3) Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g \times Q_g \quad (\text{VI.16})$$

$$Q_r = 40 \times 4 = 160 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 160 \text{ l/h ;}$$

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

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

4) Diamètre de la rampe :

$$\Phi_r(\text{cal}) = \left[\frac{p.d.c(r) * 2.75}{L(r) * 0.47 * Q^{1.75}} \right]^{-1/4.75} \quad (\text{VI.17})$$

D_rampe= 10,86 mm, on prend **DN =16mm.**

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 $D = 16 \text{ mm}$

Perte de charge selon Hazen-williams.

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \quad (\text{VI.18})$$

Avec : L : la longueur de la conduite ;

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

On a : C= 130 (PE), L=80m, D= 0.016m, Q= 0.000044m³/s

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.5 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$ (vérifiée).

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

$N_r = L_{pr} / E_r = 120 / 4 = 30$ rampes.

2) Débit de la porte rampe:

$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 160 \times 30 = 4800 \text{ l/h}$;

3) Diamètre de la porte rampe :

$Q_{pr} = 4800 \text{ l/h}$;

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

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

Donc : $D_{pr} = 48$ on prend 63 mm.

4) Vérification des pertes de charges :

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

$C_w = 130$, $L = 120 \text{ m}$, $D = 0.063 \text{ m}$, $Q = 0.00133 \text{ m}^3/\text{s}$

$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.515 \text{ m} < 0.6 \text{ m}$ (vérifiée)

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

$\Delta H_{\text{rampe+porte rampe}} = 1,15 \text{ m} < 1.8 \text{ m}$ (Règle de Christiansen Vérifiée).

VI.2.3.1 Calcul des diamètres de la conduite secondaire:

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) 1,05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{(4 * Q / V * \tau)} \quad (\text{VI.19})$$

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)	80	120	10
Diamètre(mm)	16	63	63
Débit (m³/s)	0.000044	0.0013	0.0013
Pertes de charge(m)	0.5	0.515	0.041

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

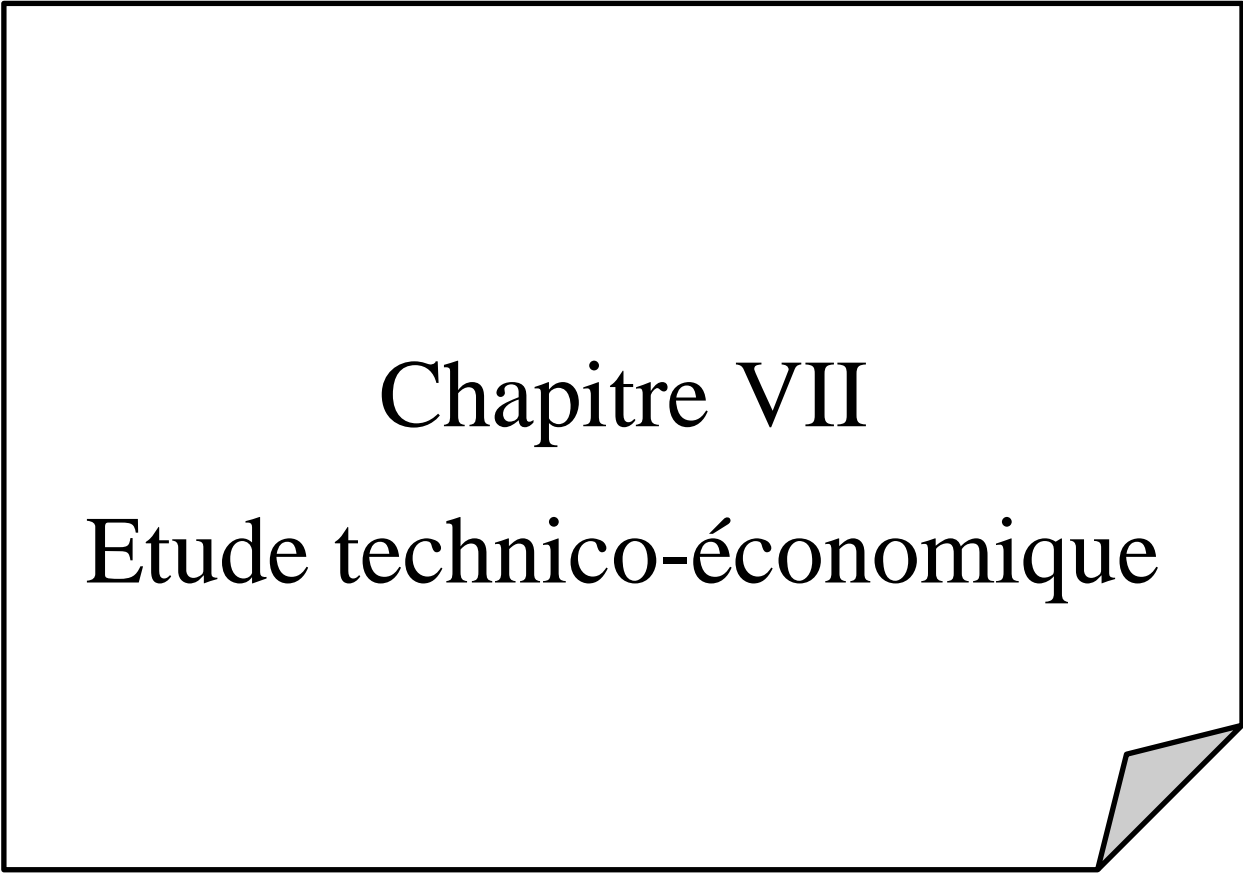
$$P(m) = 10+0,5+0.515+0.041= \mathbf{11.05m= 1.1 bar}$$

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

VI.5.Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte pour la culture l'olivier

L'utilisation de ce système pour le 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 Exécution des travaux de pose des canalisations :

1. Exécution des tranchées :

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 au moyen d'une pelle mécanique.

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 un lit de pose (Sable). Dans notre cas on a une épaisseur de 12 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 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. Pose de canalisation. (pamline.fr)

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

Tableau VII.2 Montants des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
			(m)		
Ø 200	PEHD	ml	553,7	2472	1368746,4
Ø 250	PEHD	ml	521,8	3815	1990667
Ø 300	PEHD	ml	618	5000	3090000
Ø 355	PHED	ml	661	5800	3833800
Ø400	FONTE	ml	201	14910	2996910
Ø 450	FONTE	ml	900	15982	14383800
Ø 500	FONTE	ml	660	17885	11804100
Ø 560	FONTE	ml	1500	19000	28500000
Ø600	FONTE	ml	24815	22831	566551265
Total (HT)					634519288,4
TVA (19%)					120558664,8
Total (TTC)					755077953,2

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	14	50 000	700000
coudes	U	10	150	1500
vidange Ø200	U	1	3500	3500
vanne Ø200	U	6	25000	150000
vanne Ø250	U	5	40000	200000
vanne Ø300	U	4	50000	200000
vanne Ø400	U	4	60000	240000
vanne Ø600	U	1	80000	80000
matériaux d'irrigation localisée				
les goutteurs	u	3600	40	14400
les rampes Ø16	ml	90	30,64	2757
les portes rampes (m)	ml	360	450,62	162000
Conduite tertiaire Ø63	ml	30	200	6000
vanne	u	3	1400	42000
Total				1864357
TVA 19%				354227
Total TCC				2118584

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 :

emplacements pour la pose de canalisations :

VII.2.2.1 calcul des volumes de remblai et de déblai :

- **La largeur du fond de tranchée :**

La largeur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3) \quad (\text{VII.1})$$

Avec : D : le diamètre de la conduite en (m).

- **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0.8 + e \quad (\text{VII.2})$$

e = hauteurs du lit de pose (m).

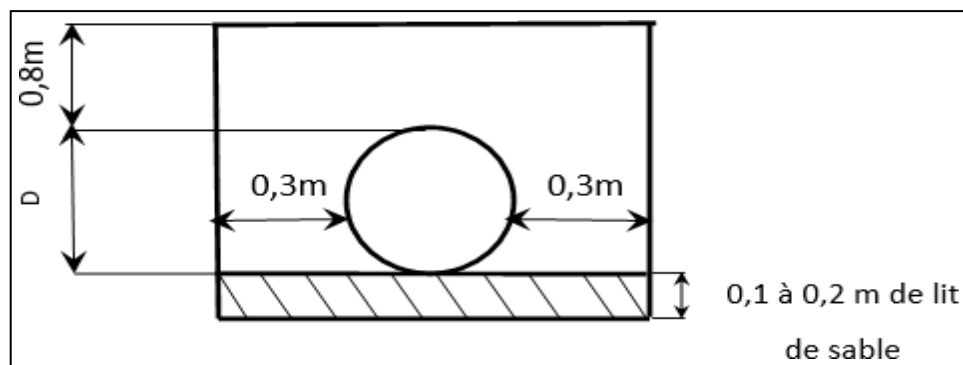


Figure VI.2 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

- ✓ **Volume de déblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$V_{\text{déblai}} = B \times H \times L \quad (\text{VII.3})$$

- ✓ **Volume de remblai :**

$$V_{\text{remblai}} = V_d - (V_c - V_s)$$

V_d : volume de déblai (m^3) ;

V_s : volume du sable (m^3) ;

$$V_c : \text{volume occupé par la conduite } (\text{m}^3) ; V_c = L \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right) \quad (\text{VII.4})$$

- ✓ **Volume de lit du 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 (Ø) (mm)	la longueur	la largeur (m)	la hauteur (m)	V déblai (m ³)	V sable (m ³)	V conduite (m ³)	V remblai (m ³)
conduite de refoulement							
600 Fonte	3650	1,2	1,52	7686,936	569,4	1403,972	5713,5275
conduite de distribution							
200 PEHD	553,7	0,8	1,12	496,115	53,152	17,386	425,573
250 PEHD	521,8	0,85	1,17	518,930	53,226	25,600	440,105
300 PEHD	618	0,9	1,22	678,564	66,744	43,661	568,158
355 PEHD	661	0,95	1,27	797,4965	75,354	63,563	658,579
400 FONTE	201	1	1,32	265,326	24,129	25,246	215,954
450 FONTE	969,5	1,05	1,37	1394,625	122,157	154,114	1118,306
500 FONTE	660	1,1	1,42	1030,929	87,129	129,525	814,275
560 FONTE	1629,56	1,16	1,48	2797,621	226,834	401,156	2169,635
600 FONTE	24815	1,2	1,52	45262,576	3573,36	7012,719	34676,481
La somme				60929,062	4851,486	9276,911	46800,644

Tableau VII.5. Coût des travaux de terrassement.

volumes	unité de mesure	quantités	prix unitaire (DA)	montant (DA)
Déblai	(m ³)	60929,062	1000	60929062
Pose du lit de sable	(m ³)	4851,486	1100	5336634,6
Remblai de la tranchée	(m ³)	46800,644	600	28080386,4
Evacuation de terres	(m ³)	14128,418	500	7064209
			Total	101410292
			TTC	120678247,5

Estimation du cout de la construction du réservoir**Tableau VII.6** : Estimation du cout du réservoir

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
1) Travaux de terrassement				
Décapage	m ³	150	300	45 000
Déblai de fouille	m ³	1316.305	600	789783
Remblai compacté	m ³	100	400	41508
2) Gros œuvres				
Béton de propreté sous radier	m ³	64.24	10 000	642 400
Béton armé du radier	m ³	191.38	42 000	8 037 960
Béton armé des parois	m ³	110.94	42 000	4 659 480
Béton armé de la coupole	m ³	188.5	42 000	7 917 000
Total Ht (DA)				22 143 946
TVA (%)				19%
TTC (DA)				26 351 295.74

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de : neuf cent quatre millions deux cent vingt-six mille soixante-dix-neuf dinars

CT = 904226079DA

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 des travaux 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 : neuf cent quatre millions deux cent vingt-six mille soixante-dix-neuf

Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons abordé l'aménagement hydro agricole du périmètre d'Ouled Fadhel, de superficie 376 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 20 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 est indispensable pour assurer une pression acceptable au niveau de chaque borne d'irrigation qui va alimenter les parcelles en installant de technique d'arrosage moderne tel que le goutte à goutte.

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 (smart green house) 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.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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.

Tiercelin,1998. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.

Touibia, B,(2004). Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.

Dupont. A,1969. Tome I Hydraulique urbaine.: Hydrologie, Captage et traitement deseaux

Annexe

Annexe 1

Table de χ^2 théorique

χ^2 \ γ	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 (FAO N°24)

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

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

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

Annexe

Annexe 3

Calcul des pertes en charge.

D_{int} (mm)	L (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m)	Re	λ	ΔHl (m)	ΔHt (m)	Hg (m)	Hmt (m)
400	3650	434,2	3,45541401	1382165,6	0,00784	43,577253	47,934978	64	111,934
500	3650	434,2	2,21146497	1105732,5	0,00758	13,806004	15,186604	64	79,1866
600	3650	434,2	1,53573956	921443,74	0,00738	5,3998175	5,9397992	64	69,9397
700	3650	434,2	1,12829845	789808,92	0,00721	2,4423406	2,6865746	64	66,6865
800	3650	434,2	0,8638535	691082,8	0,00707	1,2286065	1,3514672	64	65,3514
1000	3650	434,2	0,55286624	552866,24	0,00685	0,3898966	0,4288863	64	64,4288

Calcul des frais d'exploitation.

Diamètre (mm)	Q (m ³ /h)	Hmt (m)	Puissance (KW)	E KWh annuels	Prix du K wh(DA)	Exploitations (DA)
400	1563,12	111,93498	595,984077	4785752,1	4,9	23450185
500	1563,12	79,186604	421,619373	3385603,6	4,9	16589457
600	1563,12	69,939799	372,385893	2990258,7	4,9	14652268
700	1563,12	66,686575	355,064498	2851167,9	4,9	13970723
800	1563,12	65,351467	347,955881	2794085,7	4,9	13691020
1000	1563,12	64,428886	343,043713	2754641	4,9	13497741

Calcul des frais d'amortissement.

D (mm)	Prix ML(TTC)	L (m)	Prix (DA)	ANNUITE	FAmort (DA)
400	14910,06	3650	54421719	0,089	4843532,99
500	17885,15	3650	65280797,5	0,089	5809990,98
600	22831,78	3650	83335997	0,089	7416903,73
700	27777,32	3650	101387218	0,089	9023462,4
800	31722,86	3650	115788439	0,089	10305171,1
1000	39613,5	3650	144589275	0,089	12868445,5

Annexe

Annexe 4

Les caractéristiques de la pompe choisie.

MEC-AZRBH 2/125C				
Caractéristiques requises				
Débit	434 l/s			
Hauteur de refoulement	70 m			
Fluide	Eau potable			
Température	290 K			
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle			
N.be de pompes	5			
Caractéristiques de la pompe				
Débit	86,8 l/s			
Hauteur de refoulement	70 m			
Puissance absorbée	78 kW			
Rendement	78,8%			
Hauteur manométrique H(Q=0)	75,4 m			
Orif. de refoulement	125 mm			
Caractéristiques moteur				
Fréquence	50 Hz			
Tension nominale	400 V			
Vitesse nominale	2950 1/min			
Nombre de pôles	2			
Puissance nominale P2	90 kW			
Courant nominal	- A			
Type de moteur	3~			
Classe d'isolation	F			
Degré de protection	IP 55			
Limites opérationnelles				
Démarrages / h max.	5			
Température max. du liquide pompé	363 K			
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³			
Densité max.	998 kg/m ³			
Viscosité max.	1 mm ² /s			
Caractéristiques générales				
Poids	851 kg			
Matériaux				
Corps de pompe	Fonte			
Corps d'aspiration	Fonte			
Chaise -palier	Fonte			
Roue	Bronze			
Arbre	Acier inox			
Douille arbre	Acier cromé			
Roulements à billes	Acier			
Presse-Etoupe	Fonte			
Etoupe	Tresse graphitée			
Caractéristiques de fonctionnement Courbes des performances indicatives				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
Dimensions mm				
A = 1682				
B = 155				
C = 1305				
D = 202				
DNa = 150				
DNm = 125				
E = 200				
F = 905				
G = 402				
H = 680				
I = 630				
L = 20				
M = 42				
N = 140				
O = 420				
P = 770				
Q = 910				
Notes:				
Date	Page	Offre n°	Pos.N°	
08.10.2021	1			

Annexe

Annexe 5

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

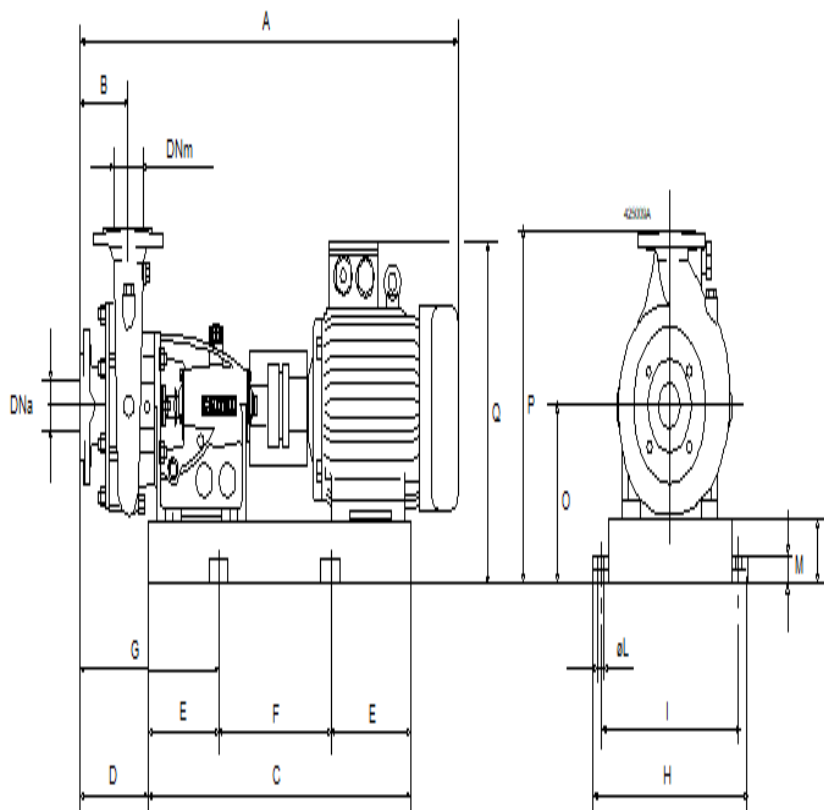
TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur

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

Annexe 6

Les dimensions de la pompe choisie.



Composants

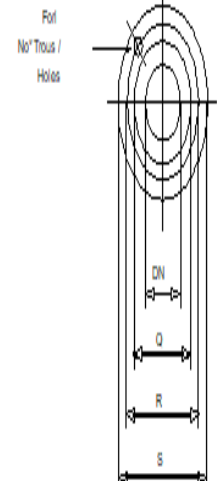
Raccordements

Flange

Détails

Raccord d'aspiration

UNI: PN16/DN150



Dimensions

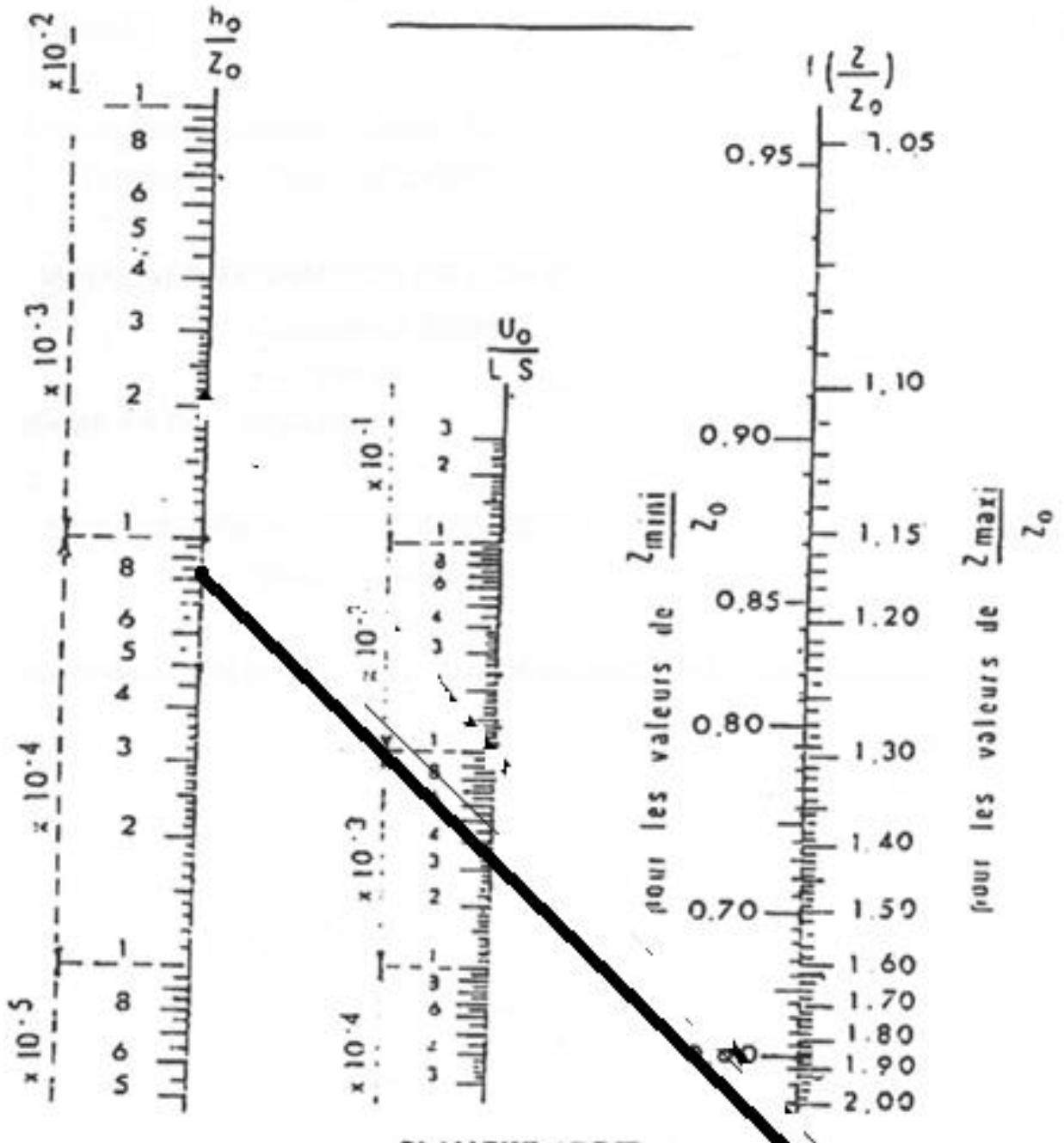
A = 1682	E = 200	M = 42
B = 155	F = 905	N = 140
C = 1305	G = 402	O = 420
D = 202	H = 680	P = 770
DNa = 150	I = 630	Q = 910
DNm = 125	L = 20	

Dimensions

d = 22
No = 8
Q = 212
R = 240

Annexe 7

POUR LE CALCUL SIMPLIFIÉ
DES RÉSERVOIRS D'AIR



Annexe

Annexe 8

Tableau des prix des conduites en fonte ductile d'après entreprise KOUG.C

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)
60	2464,36
80	3422,31
100	6682,31
125	7836,22
150	8534,23
200	10323,10
250	11542,36
300	12336,05
350	13521,23
400	14910,06
450	15982,11
500	17885,15
600	22831,78
700	27777,32
800	31722,86
900	35668,40
1000	39613,94
1100	43553,5
1200	47498,5
1300	51443,5
1400	55388,5

Annexe

Annexe 9

TUBES PEHD EAU (PE80 & PE100)

(Prix Valable à compter du : 01 AVRIL 2010)

Selon la Norme ISO 4427

TUBES PEHD : PN 06

Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T. DA/ML	Prix TTC DA/ML	PE80
-	Ø20	-			PE10
13003	Ø25	-	35,29	42,45	PE20
13006	Ø32	-	49,35	59,57	PE30
13009	Ø40	2,0	64,6	78,58	PE40
13012	Ø50	2,4	88,25	114,95	PE50
13015	Ø63	3,0	150,25	187,49	PE60
13018	Ø75	3,5	225,21	283,49	PE80
13022	Ø90	4,3	296,93	368,35	PE100
13025	Ø110	4,0	357,86	441,79	PE100
13030	Ø125	-	473,08	583,60	PE100
13034	Ø160	5,8	770,66	951,89	PE100
13044	Ø200	7,2	1 163,39	1 361,17	PE100
13054	Ø250	9,1	1 850,00	2 281,5	PE100
13062	Ø315	11,4	3 080,00	3 803,6	PE100
13079	Ø400	14,5	6 134,34	8 007,06	PE100
13081	Ø500	19,1	8 938,13	11 117,81	PE100
13082	Ø630	24,1	12 682,50	14 838,53	PE100

TUBES PEHD : PN 10

Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T. DA/ML	Prix TTC DA/ML	PE80
P3513000	Ø20	-	29,67	34,01	PE10
P3513004	Ø25	2,5	38,38	44,79	PE20
P3513007	Ø32	2,5	55,48	64,91	PE30
P3513010	Ø40	3,0	84,70	98,40	PE40
P3513013	Ø50	3,7	135,26	168,25	PE50
P3513016	Ø63	4,7	209,89	248,34	PE60
P3513019	Ø75	5,6	300,60	361,69	PE80
P3513023	Ø90	5,4	359,69	420,14	PE100
P3513026	Ø110	6,6	549,50	632,39	PE100
P3513028	Ø125	7,4	660,13	772,35	PE100
P3513031	Ø160	9,5	1 142,25	1 338,43	PE100
P3513033	Ø200	11,9	1 696,94	1 931,45	PE100
P3513035	Ø250	14,8	2 595,00	3 026,15	PE100
P3513041	Ø315	18,7	4 993,67	4 783,47	PE100
P3513058	Ø400	23,7	6 998,74	7 537,53	PE100
P3513045	Ø500	29,7	10 152,51	11 378,44	PE100
P3513048	Ø630	37,4	16 738,79	18 454,35	PE100

TUBES PEHD : PN 16

Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T. DA/ML	Prix TTC DA/ML	PE80
061	Ø20	2,3	32,18	37,88	PE10
063	Ø25	2,8	50,88	59,49	PE20
065	Ø32	3,6	78,61	91,88	PE30
067	Ø40	4,5	120,18	141,61	PE40
069	Ø50	5,6	188,28	220,29	PE50
071	Ø63	7,1	297,95	348,60	PE60
073	Ø75	8,4	407,8	477,13	PE80
075	Ø90	8,2	310,71	367,63	PE100
077	Ø118	10,9	767,19	885,91	PE100
079	Ø125	11,4	967,90	1 122,44	PE100
081	Ø160	14,6	1 650,00	1 828,20	PE100
083	Ø200	18,2	2 472,00	2 832,34	PE100
085	Ø250	22,7	3 815,00	4 485,66	PE100
087	Ø315	28,6	6 850,00	8 044,50	PE100
089	Ø400	36,3	9 320,00	10 904,40	PE100
091	Ø500	45,4	14 915,00	17 445,87	PE100
093	Ø630	57,2	23 123,50	27 064,50	PE100

TUBES PEHD : PN 20

Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T. DA/ML	Prix TTC DA/ML	PE80
P3513101	Ø20	2,3	38,01	44,47	PE10
P3513102	Ø25	3,0	63,29	72,35	PE20
P3513103	Ø32	3,6	82,22	96,20	PE30
P3513104	Ø40	4,5	128,15	149,94	PE40
P3513105	Ø50	5,6	206,7	234,82	PE50
P3513106	Ø63	7,1	338,73	398,31	PE60
P3513107	Ø75	8,4	447,35	523,40	PE80
P3513108	Ø90	10,1	627,09	733,70	PE100
P3513109	Ø110	12,3	948,88	1 110,17	PE100
P3513110	Ø125	14,0	1 202,75	1 407,22	PE100
P3513111	Ø160	17,9	1 947,89	2 278,68	PE100
P3513112	Ø200	22,4	3 121,70	3 652,39	PE100
P3513113	Ø250	27,9	4 848,33	5 670,21	PE100
P3513114	Ø315	35,2	7 588,86	8 875,48	PE100
P3513115	Ø400	44,7	12 110,03	14 168,74	PE100
P3513116	Ø500	55,8	19 083,81	22 394,65	PE100
-	Ø630	-	-	-	PE100

Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Courbes (Relevés) de 100 ML.
 Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des Tubes de 12 ML.
 Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm au 630 mm sont des tubes de 04 ML.

SARL K-PLAST
 Transformation de Plastiques

Annexe

Annexe 10

Perte de charge Lechapt_Calmom

A/ NOTATIONS - EXPLOITATION DE LA TABLE

Formule utilisée

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

où Q est en m³/s ; D en mètre ; J en mm/m
valable pour une eau à 10° centigrades.

1 - K = 2	L = 1,863	M = 2	N = 5,33
2 - K = 1	L = 1,601	M = 1,975	N = 5,25
3 - K = 0,5	L = 1,40	M = 1,96	N = 5,19
4 - K = 0,25	L = 1,160	M = 1,93	N = 5,11
5 - K = 0,1	L = 1,100	M = 1,89	N = 5,01
6 - K = 0,05	L = 1,049	M = 1,86	N = 4,93
7 - K = 0,025	L = 1,01	M = 1,84	N = 4,88
8 - K = 0			