



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de YABOUS
à partir du barrage de Tagharsit (W.KHENCHELA)

Présenté par :

KIBICHE ABDELHAMID

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms

Grade

Qualité

MEDDI Mohamed
SAADOUNE Samra
MEDJDOUB Sonia
KOLIAI Djaffar
BENKACI Ali Tarik

Professeur
MCB
MMA
Assistant
MCB

Président
Examineur
Examineur
Examineur
Promoteur

Session Septembre 2019



REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie DIEU qui m'a donné la force, ainsi que la bonne volonté et de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans mon élaboration.

Je remercie fortement mon promoteur : M^r T. BENKACI de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Je remercie également toute personne qui m'a aidé de près ou de loin.

Je profite de l'occasion pour remercier tout le personnel de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation d'Ingénieur d'état en hydraulique.



Dédicace

Je dédie ce travail :

D'abord à mes très chers père et mère pour qui ce travail est peu de chose à offrir devant ce qu'il on fait pour moi et me voir ainsi arriver à ce que je suis devenu aujourd'hui.

À mon grand frère, qui m'a toujours inspiré et incité à avancer dans la vie.

À mes très chères sœurs.

À tous les membres de ma famille

Je dédie également ce travail à tous mes amis

ملخص

العمل الذي أمامنا ، يدخل ضمن السياسة الحالية لتطوير وإدارة المساحات المسقية الكبرى والمتوسطى في الجزائر ، والهدف من مذكرة التخرج، هو إجراء التغييرات اللازمة وتطوير المنشآت الزراعية لمحيط يابوس بولاية خنشلة التي تتميز حاليا بأنظمة السقي التقليدية وانخفاض مستويات المحاصيل.وبما ان الأمطار في هذه المنطقة غير كافية وغير منتظمة ، فيجب إدخال تقنيات السقي الجديدة مثل السقي بالتنقيط وأنظمة الرش من أجل تحسين استهلاك المياه من قبل النبتة و لتطوير الإنتاج الزراعي على المدى المتوسط.

الكلمات المفتاحية: أنظمة السقي، السقي بالتنقيط، السقي بالرش، ولاية خنشلة.

Résumé

Mon travail entre dans le cadre de la politique actuelle d'aménagement et de gestion des moyens et grandes périmètres irrigués en Algérie. L'objectif de mon mémoire de fin d'études est de réaliser un aménagement hydro-agricole du périmètre Yabous dans la wilaya de Khenchela qui est caractérisé actuellement par des systèmes d'irrigation traditionnels et des niveaux de rendements faibles. Dans cette région les précipitations sont insuffisantes et irrégulières, ce qui implique l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation telles que les systèmes gouttes à gouttes et l'aspersion, en vue d'optimiser l'utilisation de l'eau par la plante et d'améliorer la production agricole à moyen terme.

Mots clefs : Besoins en eau ; irrigation ; Aspersion ; goutte à goutte ; wilaya de Khenchela.

Abstract:

My work is part of the current planning and management policy of medium and large irrigated perimeters in Algeria. The aim of our study is to make the necessary changes for hydro-agricultural development of the Yabous perimeter in the wilaya of Khenchela, which is currently characterized by traditional irrigation systems, and low levels of yields. Rainfall in this region is insufficient and irregular, which implies the introduction of new irrigation techniques such as drop irrigation and sprinkler systems, in order to optimize the use of water by the plant and to improve agricultural production in the medium term.

KeyWords: Water needs; irrigation; sprinkler irrigation; Drip irrigation.

Liste des tableaux	
Listes des figures	
Listes des planches	
Introduction générale	

Chapitre I: Analyse des Conditions Naturelles

I.1.Introduction :	1
I.2. Presentation generale de la wilaya de khenchela :	1
I.2.1 Situation géographique :	1
I.2.2 Présentation du périmètre d'étude	2
I.3. Etude géologique	3
I.4 Géomorphologie/Relief	4
I.5 Réseau hydrographique	4
I.6.Etude climatologique	5
I.6.1. Choix de la station de référence	5
I.6.2. Pluies mensuelles	6
I.6.3. Les températures	6
I.6.4. L'évaporation	7
I.6.5. L'humidité relative	7
I.6.6 Le vent	8
I.6.7. Le Sirocco	8
I.6.8. La grêle	8
I.6.9. Calcul des indices Agro-météorologiques (ajoute Ref)	8
I.6.9.1.Quotient Ombrothermique d'Emberger :	8
I.6.9.2. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausson	10
I.7. Etude Socio-économique :	10
I.7.1.1.Situation actuelle :	11
I.7.1.2.Situation projeté :	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. Description et classification des sols du périmètre :	13
II.2.3. Le profil pédologique :	13

II.2.3.1. Description morphologique des profils :	14
II.2.4. Caractéristiques hydrodynamiques des sols :.....	18
II.2.5. Détermination des aptitudes culturales des sols :	18
II.3. Ressources en eau :	19
II.3.1. Alimentation en eau du périmètre	19
Source (ANBT) Alger.....	19
II.3.2. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :	20
II.3.3. Classification des eaux pour l'irrigation :	20
II.3.3.1 La Conductivité électrique :	20
II.3.3.2 Le SAR (SODIUM ABSORPTION RATION) :	21
II.4. Calcul de la pluie de projet :	22
II.4.1. Choix de la station :	23
II.4.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle :	23
II.4.3. Ajustement statistique des pluies :(Manuel pratique d'hydrologie).....	24
II.4.3.1 Test de validité de l'ajustement :	25
II.4.4. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	25
II.4.4.1. Teste de Mood :(hydrologie fréquentielle p48).....	26
II.4.5. Détermination de l'année de calcul :	26
II.5. Conclusion :	27

Chapitre III : BESOINS EN EAU DU PERIMETRE

III.1. Introduction :	28
III.2. Besoin en eau du périmètre :	28
III.2.1 Calcul des besoins en eau :	28
III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration référence:(ET_0 ou ET_P).....	28
III.2.3. Calcul de L'évapotranspiration de référence :	29
III.2.3.1 Les méthodes directes :	29
III.2.3.2 Les méthodes indirectes :	29
III.3. Calcul de la pluie efficace :	31
III.4. Calcul de la réserve en eau du sol :	31
III.5. Choix des cultures :	31
III.5.1. Occupation des sols :	32
III.5.2. Les cultures proposées :	32
III.5.3. Identification des principaux types d'assolement :	33
III.6. Estimation des coefficients culturaux (K_c).....	34

III.7. Estimation des besoins en eau des cultures choisit :	35
III.7.1. Estimation des besoins en eau des céréales :	35
III.7.2. Estimation des besoins en eau des cultures fourragères :	36
III.7.3. Estimation des besoins en eau des maraîchages :	37
III.7.4. Estimation des besoins en eau des arboricultures :	41
III.7.5. Calcul des besoins en eau pour les Assolements 1 et 2 :	42
III.8.1. Calcul du débit spécifique :	43
III.8.2. Evaluation du débit caractéristique :	44
III.8.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	44
III.9. Conclusion	46

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

IV.1. Introduction :	47
IV.2. Alimentation en eau du périmètre :	47
IV.3. Organisation et structure du périmètre :	47
IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation :	47
IV.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :	47
IV.3.3. Calcul hydraulique aux bornes :	47
IV.3.4. Choix du diamètre et du type des bornes :	48
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.	48
IV.4. Description de l'aménagement du périmètre :	51
IV.4.1. La variante 1 :	51
IV.4.2. La variante 2 :	51
IV.5. Etude de système de pompage :	52
IV.5.1. Les pompes : (Astee, 2005)	52
IV.5.1.1 Les turbopompes	52
IV.5.2. Calculs hydrauliques du système d'adduction :	52
IV.5.2.1. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation :	52
IV.5.2.2. Détermination de diamètre économique de la conduite de refoulement.	53
IV.5.2.3. Choix des pompes et nombre des pompes :	56
IV.5.2.4. Protection contre de la cavitation :	57
IV.5.2.5. Bâtiments de la station :	58
IV.5.3. Dimensionnement du Réservoir de stockage	59
IV.6. Etude du système d'adduction-distribution (Desserte gravitaire)	60
IV.6.1. Dimensionnement du réseau de distribution :	60

IV.6.1.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :	60
IV.6.1.2. Vitesses admissibles :	60
IV.6.1.3. Choix du matériau des conduites :	60
IV.6.1.4. Calcul des diamètres :	62
IV.6.1.5. Estimation des pertes de charge :	62
IV.7. Conclusion	67

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

V.1. Introduction	68
V.2. Différentes techniques d'irrigation	68
V.2.1. Irrigation de surface (gravitaire)	68
V.2.1.1. L'irrigation par ruissellement	68
V.2.1.2. Irrigation à la raie :	68
V.2.1.3. L'arrosage par submersion :	69
V.2.1.4. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité :	69
V.2.2. L'irrigation par aspersion :	69
V.2.2.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :	69
V.2.2.2. Différentes installations à la parcelle :	70
V.2.3. Irrigation localisée (Goutte à goutte)	71
V.2.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée	71
V.3. Choix de la technique d'arrosage :	72
V.4. Conclusion	73

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1. Introduction :	74
VI.2. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :	74
VI.2.1. Données générales :	74
VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :	74
VI.2.4. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):	76
VI.2.5. Calculs hydrauliques :	77
VI.2.5.1. Dimensionnement des canalisations du réseau :	77
VI.2.5.1. Pour les rampes : L= 80 m	77
VI.2.5.2. Pour le porte rampe :	78
VI.2.5.2. Pour la conduite tertiaire :	78
VI.2.6. Vérification des pertes de charges	78

VI.2.7.Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution :	79
VI.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	80
VI.3.1.Données générales :	80
VI.3.2.Dimensionnement théorique	80
VI.3.3.Dimensionnement hydrauliques des rampes :	83
VI.3.3.1Vérification des pertes de charges :	84
VI.3.4.Dimensionnement de la porte-rampe :	84
VI.3.5.Calcul de la pression en tête du réseau.....	85
VI.4. Conclusion	86

Chapitre VII : Calcul technico-économique

VII.1.Introduction :	87
VII.2. Evaluation du cout des travaux :	87
VII.2.1. Le système de pompage :	87
VII.2.2. Le réservoir de stockage :	88
VII.2.3. Le système d'adduction :	88
VII.2.3.1 Travaux concernant l'adduction:	88
VII.2.3.2. Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution :	89
VII.2.3.3. Les volumes des travaux de l'adduction et de distribution :	90
VII.2.3.4. Evaluation du cout des travaux :	91
VII.2.3.5. Le cout des travaux de l'adduction :	91
VII.3. Le cout des travaux:	92
VII.4. CONCLUSION :	92

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Caractéristiques géographiques la station étudiée.	5
Tableau I.2 : les pluies moyennes mensuelles à la station de Yabous (1987-2017).	6
Tableau I.3 : Répartition des températures moyennes interannuelles (station de Bouhmama).	6
Tableau I.4 : Humidité relative à la station de Bouhmama.	7
Tableau I.5: Répartition moyenne mensuelle des vitesses du vent	8

Chapitre II

Tableau II.1: Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 1.	15
Tableau II.2 : Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 2.	17
Tableau II.3: Propriétés hydrodynamiques des sols.	18
Tableau II.4 : Caractéristiques du barrage Tagharist.	19
Tableau II.5 : Caractéristiques chimique de l'eau d'irrigation.....	20
Tableau II.6 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.	21
Tableau II. 7: Risque d'alcalinisation en fonction du SAR.....	21
Tableau II.8 : caractéristique principales de la station pluviométrique (ANRH Alger).....	23
Tableau II.9 : Les précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique Yabous	23
Tableau II.10 : Caractéristiques de la série pluviométrique.	24
Tableau II.11 : résultat du test de validité de Khi carrée.....	25
Tableau II.12 : résultat du test Mood	26
Tableau II.13 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche ($f_{req}= 80\%$).....	27

Chapitre III

Tableau III.1 : Evapotranspiration de référence ET_0 calculée.....	30
Tableau III.2 : Calcul des pluies efficaces.	31
Tableau III.3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.....	32
Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures.	32
Tableau III.5 : Les assolements proposés.....	33
Tableau III.6 : le cycle végétatif des cultures envisagées.	34
Tableau III.7 : Coefficients culturaux des cultures choisit.....	34
Tableau III.8 : Calcul des besoins en eau de l'orge grain.	35
Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau de Blé/avoine.....	35
Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau du Orge en vert.....	36
Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau du Luzerne.....	36
Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau de Pomme de terre.....	37
Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau de Ail /Oignon vert.....	37
Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau de Tomate.....	38
Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau de Carotte.	38
Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau de Petit pois.	39
Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau de Choux.	39
Tableau III.18: Calcul des besoins en eau de Concombre.	40
Tableau III.19 : Calcul des besoins en eau de Haricot.	40
Tableau III.20 : Calcul des besoins en eau de la Pommier.	41
Tableau III.21 : Calcul des besoins en eau de l'olivier.	41
Tableau III.22 : Calcul des besoins en eau de l'amandier.....	42
Tableau III.23 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.	42
Tableau III.24 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.	43
Tableau III.25 : volume d'eau d'irrigation.....	45

Chapitre IV

Liste des tableaux

Tableau IV.1 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	48
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.	48
Tableau IV.3 : Calcul du diamètre économique.....	53
Tableau IV.4 : Calcul du bilan total des frais.....	55
Tableau IV.5 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.....	56
Tableau IV.6 : Dimensions finales du bâtiment de la station.....	59
Tableau IV.7 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	62
Chapitre V	
Tableau V.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.	72
Chapitre VI	
Tableau VI.1 : calcul du diamètre de la rampe.....	79
Tableau VI.2 : calcul du diamètre de la porte rampe.	79
Tableau VI.3: Résultat de calcul pratique de goutte a goutte.....	79
Tableau VI.4 : Résultat de calcul pratique d'aspersion.....	85
Chapitre VII	
Tableau VII.1 : Prix du lot n°1.....	88
Tableau VII.2 : Calcul des volumes des déblais et remblais du réseau de distribution..	91
Tableau VII.3: Prix du lot n°3.....	92
Tableau VII.4 : Devis estimatif total.....	92

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Khenchela.....	1
Figure I.2 : cSte satellitaire du périmètre de Yabous (Google Map. Echelle : 1/5000)	2
Figure I.3 : Carte géologique de Touffana échelle 1/50.000 ^{ème} (source : ANRH Alger).....	3
Figure I.4 : Réseau Hydrographique du Périmètre de Yabous (echelle= 1/50 000ème)	5
Figure I.5 : Répartition des températures moyennes (Station de Bouhmama).....	7
Figure I.6 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.	9
Figure I.7 : Diagramme ombrothermique de Gaussen	10
Figure I.8 : Répartition des cultures dans le périmètre de Yabous.....	11

Chapitre II

Figure II.1 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	22
Figure II.2 : Représentation graphique de l'Ajustement à la loi Normal	25
Figure II.3 : Représentation graphique de l'Ajustement à la loi Log-Normal.....	25

Chapitre IV

Figure IV.1 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression.	51
Figure IV.2 : bilan des frais.....	56

Chapitre V

Figure V.1 : Irrigation à la raie.....	69
Figure V.2: Irrigation par enrouleur et pivot.....	71

Chapitre VI

Figure VI.1 : Dispositifs d'installation des gouttes a gouttes.	75
Figure VI.2 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.....	83

Chapitre VII

Figure VII.1 : Schéma d'une tranchée.	90
--	----

Liste des planches

Liste des planches

Planche1 : Plan de situation du périmètre de Yabous.

Planche2 : Schéma d'adduction et Réseau de distribution du périmètre de Yabous.

Planche3 : Carte pédologique du périmètre de Yabous.

Planche4 : Profil en long de la conduite de refoulement

Planche5 : Profil en long de la conduite principale du réseau d'adduction

Planche6 : Plan réseau goutte à goutte

Introduction générale

Les ressources en eau représentent un élément principal dans le développement économique d'un pays. En Algérie, l'évolution économique et sociale est fortement liée à la maîtrise de l'irrigation. Notre pays est dominé par l'agriculture et se trouve confrontée à une rareté ou une distribution irrégulière des pluies dans le temps et dans l'espace.

D'autre part, l'Algérie est caractérisée par un taux de croissance démographique élevé rendant ainsi primordiale l'augmentation de la productivité agricole en vue de la satisfaction des besoins fondamentaux et du mieux-être de la population.

La conservation de l'eau est un problème crucial en Algérie. Etant donné que jusqu'à 75% de la consommation annuelle d'eau est utilisée par le secteur agricole, l'amélioration de la gestion des ressources en eau dans ce secteur permettrait de diminuer de façon significative la consommation d'eau totale. La mise en œuvre de techniques d'irrigation modernes qui améliorent l'efficacité de l'utilisation de l'eau aidera les agriculteurs à rentabiliser davantage leurs activités, en même temps qu'elle renforcera la durabilité de l'agriculture dans son ensemble.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit justement dans ce contexte, où le souci majeur est de pouvoir développer l'agriculture, tout en utilisant un minimum d'eau.

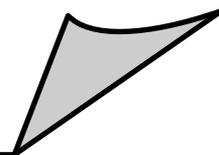
En vue de satisfaire un ensemble d'impératifs, tel que l'utilisation judicieuse des ressources hydriques, l'efficacité économique et la conservation de la fertilité du sol une étude d'aménagement hydro-agricole doit être bien menée.

C'est dans ce sens que s'inspire la présente étude :

Elle consiste à projeter un réseau d'irrigation sous pression et une distribution à la parcelle par l'aspersion et par goutte à goutte sur notre périmètre situé dans la commune de Yabous (W. khenchela). Le but étant la diversification des cultures et l'augmentation des rendements agricoles, pour améliorer l'approvisionnement alimentaire, ainsi que la croissance économique liée à l'agriculture dans la wilaya de Khenchela.

Chapitre I

Analyse des Conditions Naturelles



Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

I.1.Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de faire un diagnostic la zone d'étude des différentes conditions naturelles du pont de vue géographiques, géologiques, climatologiques, et socio-économiques afin de connaître les cultures appropriées à cette zone.

I.2. Presentation generale de la wilaya de kenchela :

I.2.1 Situation géographique :

La wilaya de Khenchela, située à au Nord-Est Algérien dans la région des Aurès, elle occupe une position géographique entre la chaîne steppique et les hauts plateaux, ce qui lui donne un caractère forestier agro-pastoral et saharien.

La wilaya de kenchela est subdivisée en 8 daïras avec une administration de base dont 21communes, 7 Urbaines et 14 Rurales. Une superficie totale de 9715km².

Du point de vue administratif la wilaya de kenchela est limitée par :

- La wilaya d'Oum El Bouaghi au Nord
- La wilaya de Batna au Nord-Ouest.
- La wilaya Biskra au Sud-Ouest.
- La wilaya de Tébessa à l'Est.
- La wilaya d'El oued au Sud.

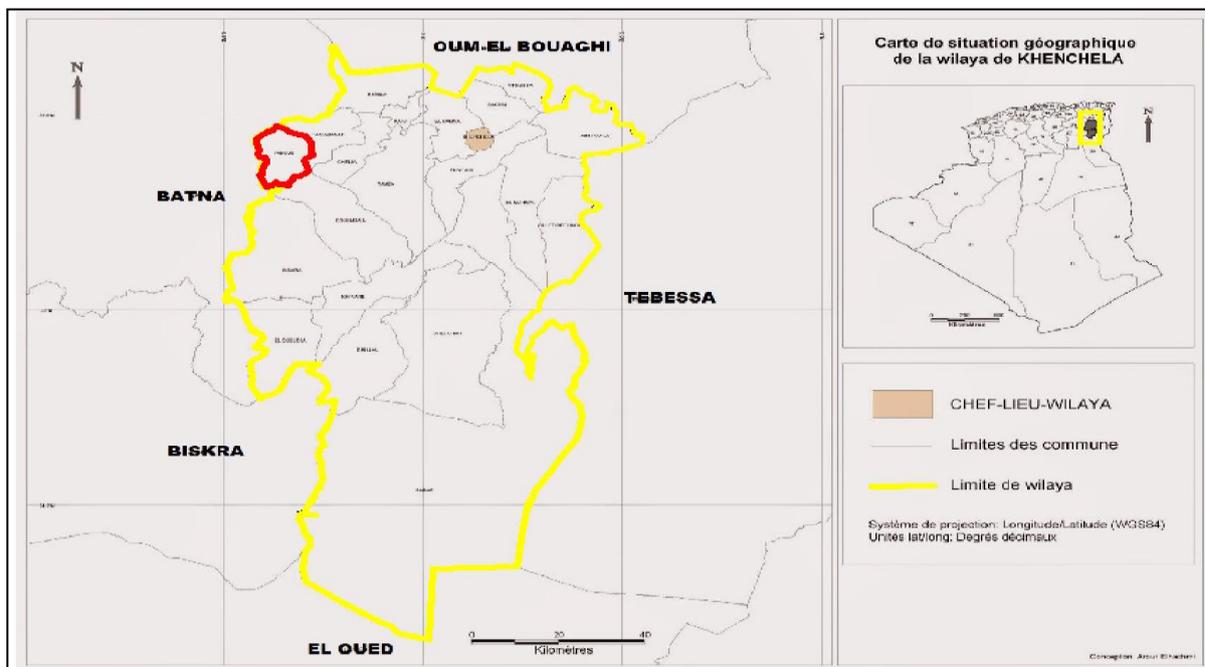


Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Khenchela

I.2.2 Présentation du périmètre d'étude :

Le périmètre d'étude est situé dans la région Est du pays, et se situe à 300 m en aval du barrage de Tagharist dans la partie Nord-Ouest et limitrophe de la commune de Yabous, relevant administrativement de la daïra de Bouhmama.

La plaine de Tagharist est limitée au Nord par la chaîne montagneuse Delâa et Djebel Es Sekkoum, au Sud par Djebel Bou-Djeza, à l'Est par la commune de Yabous et le CW45 vers Touffana, à l'Ouest par Foug Krazza et la commune de Foug Toub, elle est située entre les altitudes 1100 et 1200m, le périmètre en question a une surface totale de 450 ha.



Figure I.2 : cSte satellitaire du périmètre de Yabous (Google Map. Echelle : 1/5000)

I.3. Etude géologique :

La région d'étude est située dans le synclinal de Touffana qui succède au bassin miocène de Timgad. Dans cette partie septentrionale de l'Aurès, le miocène inférieur marin forme une série d'affleurements continus qui constituent les contreforts Nord du massif.

Les affleurements sont en général constitués par des calcaires à Lithothamnées surmontés souvent d'un poudingue à ciment calcaire, puis l'on a des alternances de marnes gréseuses et de bancs de grès.

La seule variation dans la composition des Miocènes dans tout le bassin de Timgad est la proportion de marne et de grès : en effet dans cette partie orientale du bassin, les marnes deviennent plus gréseuses et le grès plus fréquent et plus épais .

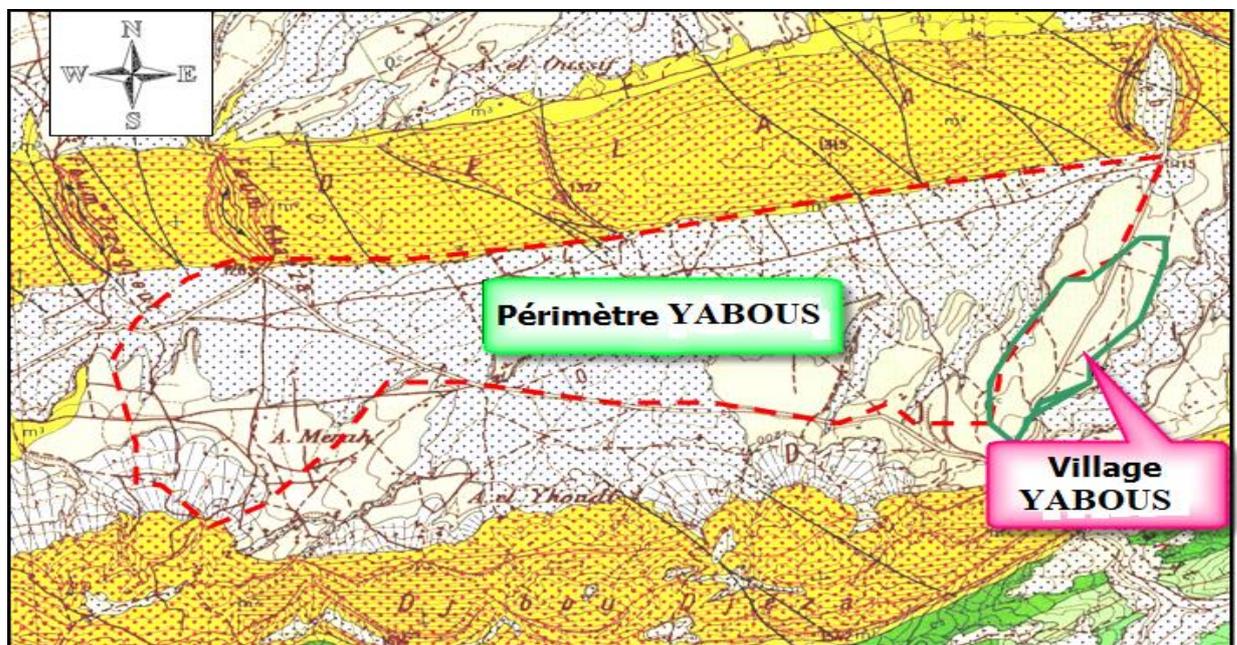


Figure I.3 : Carte géologique de Touffana échelle 1/50.000^{ème} (source : ANRH Alger).

Légende :

- - - *Limite du périmètre de YABOUS*
- *Limite du chef-lieu de la commune de YABOUS*

m^3	Tortonien supérieur continental : Argiles silteuses beiges et rouges, grès
m	Tortonien gréseux blanc et grossier.
Q^c	Villafranchien probable : croûtes calcaires.
Q^t	Glacis polygéniques nappant les reliefs.

I.4 Géomorphologie/Relief :

Les collines et les montagnes au sud et au Sud-Est du périmètre de Yabous, sont constituées de formations tertiaires, dont la composition minéralogique est variable. Les roches les plus importantes sont : les calcaires, les marnes et les grés.

L'aire d'étude est donc formée d'un ensemble de collines à faibles altitudes et de plaine alluviale plus ou moins large. Ce relief bien que présentant des avantages certains pour le développement et l'intensification agricole, comporte toutefois des problèmes de drainage et d'assainissement dus essentiellement à l'importance de la pluviométrie et au changement de pente entre les sous bassins existants au sein du périmètre.

Les eaux de ruissellement ont tendance à provoquer des inondations et à influencer sur les conditions de la production agricole au niveau des terrasses et alluvions du périmètre constituant les terres basses dont les pentes n'excédant pas 8% sont considérées comme des terres irrigables. Ces terres correspondent aux sols formés sur des alluvions. Quant à celles dont les pentes sont comprises entre 8% et 15%, il serait possible d'y mettre en place des cultures semi-intensives moyennant quelques techniques antiérosives. En outre, toutes les cultures en sec peuvent être envisagées, compte tenu des aptitudes culturales des sols.

Les terres dont les pentes excèdent 15% ont des possibilités culturales plus réduites, généralement limitées à des secteurs plantés d'oliviers.

I.5 Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est constitué essentiellement par des affluents au régime torrentiel dont l'Oued principal est l'oued Yabous qui prend sa source depuis les hauteurs du Djbel Boudjezza, ce dernier faisant partie du massif des Aurès.

Le bassin versant étudié appartient à la classe de relief faible à moyen, selon la classification de l'ORSTOM.

Les pentes d'un niveau moyen à faible des lits d'oueds confèrent aux écoulements de surface un régime hydrologique particulier. Les écoulements en période de crues de ces oueds de montagne se caractérisent par un régime hydrologique torrentiel en période pluviale. (Source ANRH Alger).

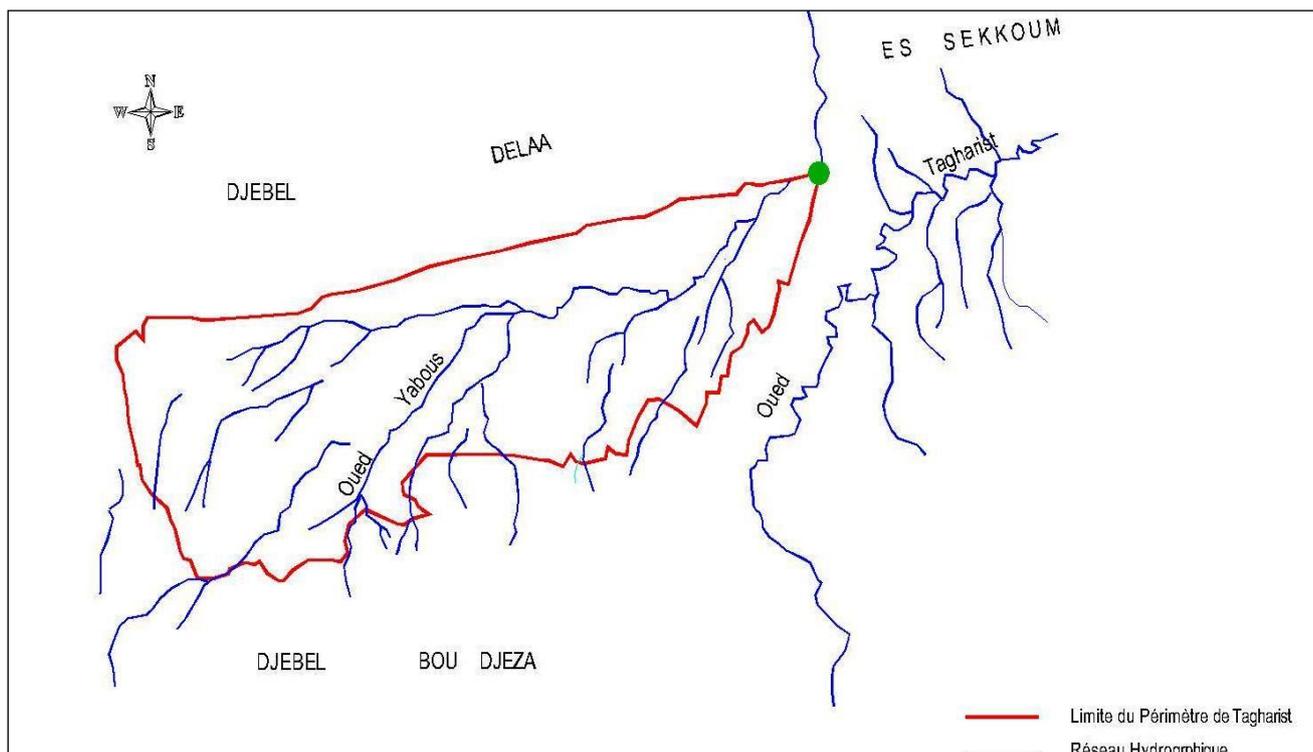


Figure I.4 : Réseau Hydrographique du Périmètre de Yabous (échelle= 1/50 000ème)

I.6. Etude climatologique :

La climatologie s'intéresse essentiellement à l'étude et à la classification des climats existants sur terre, une partie de la discipline traite aussi l'interaction entre climat et société. de plus les conditions climatiques sont parmi les principaux paramètres qui interviennent dans l'estimation des besoins des cultures et le choix du système d'irrigation .

I.6.1. Choix de la station de référence :

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

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)			
Yabous	070604	858.45	239.45	1200	1987-2017	31
Bouhmama	070605	117.45	203.45	1110	1978-2010	32

(Source : ANRH d'Alger).

I.6.2. Pluies mensuelles :

Les pluies mensuelles sont importantes dans un projet d'irrigation puisqu'elles permettent de quantifier le bilan hydrique nécessaire à l'irrigation.

La fréquence et la nature des précipitations dans une région donnée sont des caractéristiques importantes de son climat.

Tableau I.2 : les pluies moyennes mensuelles à la station de Yabous (1987-2017).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P _{moy}	44,29	30,65	33,47	32,01	36,28	29,08	44,34	39,88	39,50	23,18	14,28	23,23	376.1
P _{moy saison}	104.4			95.3			118.7			63.1			376.1
%	28.01			25.30			33.82			12.85			100

(Source : ANRH d'Alger).

D'après le tableau I.2, on remarque que la précipitation moyenne de la zone est de 376.1 mm, avec les mois les plus pluvieux qui sont mars, avril et mai .et les plus secs sont juillet et aout.

I.6.3. Les températures :

La température de l'air est un facteur du climat dont les effets se repercutent sur les rendements des cultures ainsi que sur leur état sanitaire. Le développement des plantes peut être ralenti lorsque la température de l'air est trop basse ou trop élevée (gel ou échauffement), les tissus végétaux peuvent être détériorés, ce qui conduit à des réductions très importantes de la production. De plus la connaissance de la température mensuelles permet de quantifier l'évaporation.

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

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Moyenne des minima	0,99	0,4	1,43	5,02	9,53	12,88	15,28	17,17	13,28	8,42	3,53	1,41
Moyenne des maxima	9,41	9,49	13,74	17,49	24,11	28,57	32,14	32,87	27,9	20,5	14,43	10,1
Moyenne Mensuelle	4,21	4,55	7,59	11,26	16,82	20,73	23,71	25,02	20,59	14,46	8,98	5,76

(Source : ONM Alger)

Avec : Tmin: moyenne de tous les minimas observés pour chaque mois,

Tmax: moyenne de tous les maximas observés pour chaque mois,

Tmoy: moyenne mensuelle.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

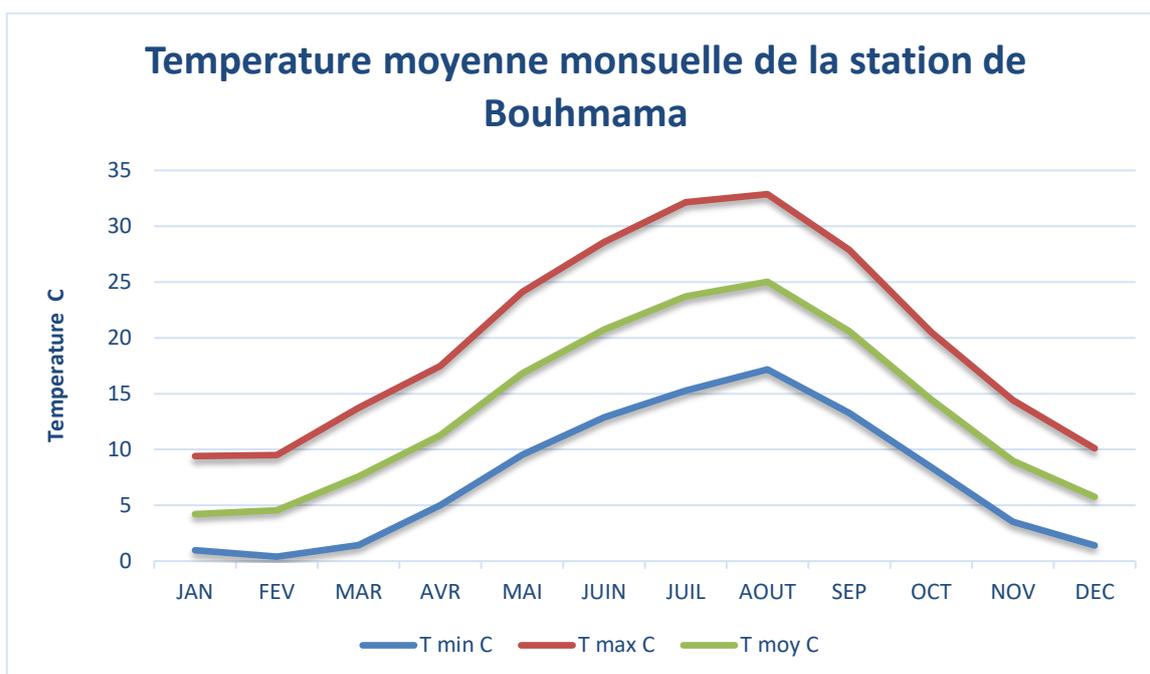


Figure I.5 : Répartition des températures moyennes (Station de Bouhmama).

D'après le tableau I.3 durant les mois de Juillet et Août, les maxima atteignent 32°C, et restent par conséquent relativement modérés. En hiver, il n'est enregistré aucune température inférieure à 0°C, d'où l'absence de risque de gel sur la zone d'étude.

I.6.4. 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.

L'évaporation mensuelle varie de 105 à 240mm entre Avril et septembre.

L'évaporation moyenne varie entre 1300 et 1400mm par an. (Source : ONM Alger)

I.6.5. L'humidité relative :

C'est un élément important du cycle hydrologique L'humidité relative ou état hydrométrique (exprimée en %) est le rapport de la tension de vapeur à la tension maximale.

Tableau I.4 : Humidité relative à la station de Bouhmama.

Mois	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Aout	Sep	oct.	nov.	Déc
Humidité (%)	75	69	65	65	60	60	58	58	60	60	67	75

(Source : ONM Alger).

L'analyse du tableau I.4 fait ressortir la valeur moyenne annuelle d'humidité est de 65%.

I.6.6 Le vent :

Les vents dominants chargés d'humidité soufflent dans la direction NO - O entre le mois d'Octobre et le mois de Mai, et SE -E de juin à septembre.

Tableau I.5: Répartition moyenne mensuelle des vitesses du vent

Mois	JA	FE	MA	AV	MA	JUI	JUI	AOU	SE	OC	NO	DE
	N	V	R	R	I	N	L	T	P	T	V	C
V (m/s)	3,4	3,5	3,5	4,0	3,9	3,7	3,2	3,2	3,0	3,4	3,2	3,6

Source : (ONM) Alger.

Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année.

I.6.7. Le Sirocco :

C'est un vent saharien violent, très sec et très chaud qui souffle du Sahara vers le littoral. Il est très néfaste pour les végétaux car il peut provoquer le flétrissement de la plante ainsi que les chutes de rendement, donc sa connaissance est primordiale pour le choix des espèces à préconiser dans le périmètre.

Le nombre de jours de sirocco dans la zone d'étude varie de 1 à 6 jours entre Mai et Août. (Source : ONM Alger).

I.6.8. La grêle :

La grêle est un phénomène très localisé, qui se produit fréquemment du mois d'Avril au mois de Mai et du mois de septembre au mois d'octobre. On observe en moyenne quatre averses de grêle dans l'année.

I.6.9. Calcul des indices Agro-météorologiques :(LEBOURGEOIS François,2010)

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.

I.6.9.1. Quotient Ombrothermique d'Emberger :

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

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

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : $P=376.1\text{mm}$; $M=32.87^\circ\text{C}$ et $m=0.4^\circ\text{C}$

$$Q = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} = \frac{2.1000.376.1}{(32.87+273.15)^2 - (0.4+273.15)^2} = 39.97$$

D'où $Q=39.97$

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (0.4°C), on peut confirmer que notre région se situe dans :

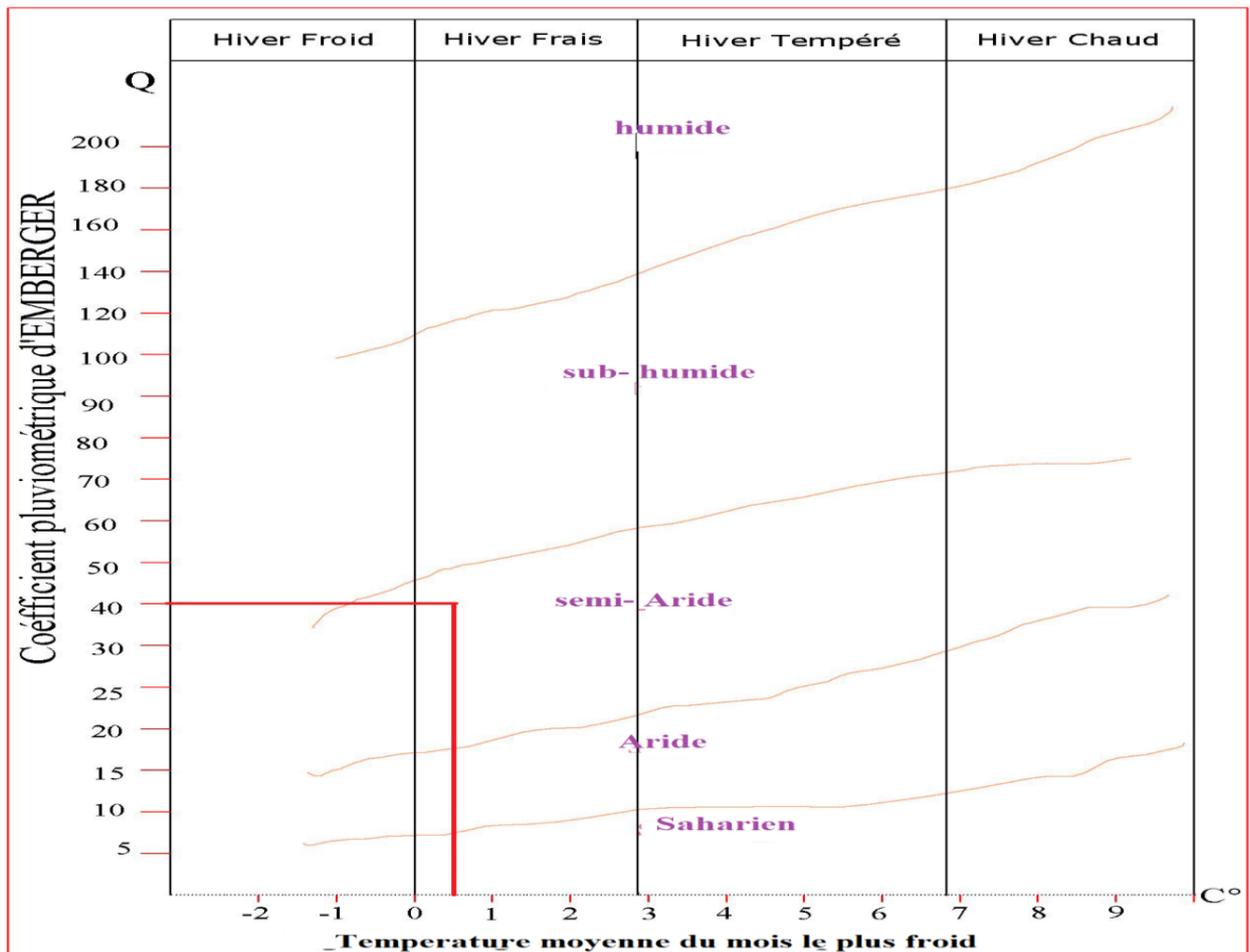


Figure I.6 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.

-l'étage bioclimatique : Semi-aride

Sous étage : Hiver Frais.

I.6.9.2. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен

Bagnouls et Gausсен ont établi des diagrammes ombrothermiques pour évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche pendant l'année. Les mois secs sont définis, quand la courbe des précipitations est située au-dessous de celle des températures moyennes.

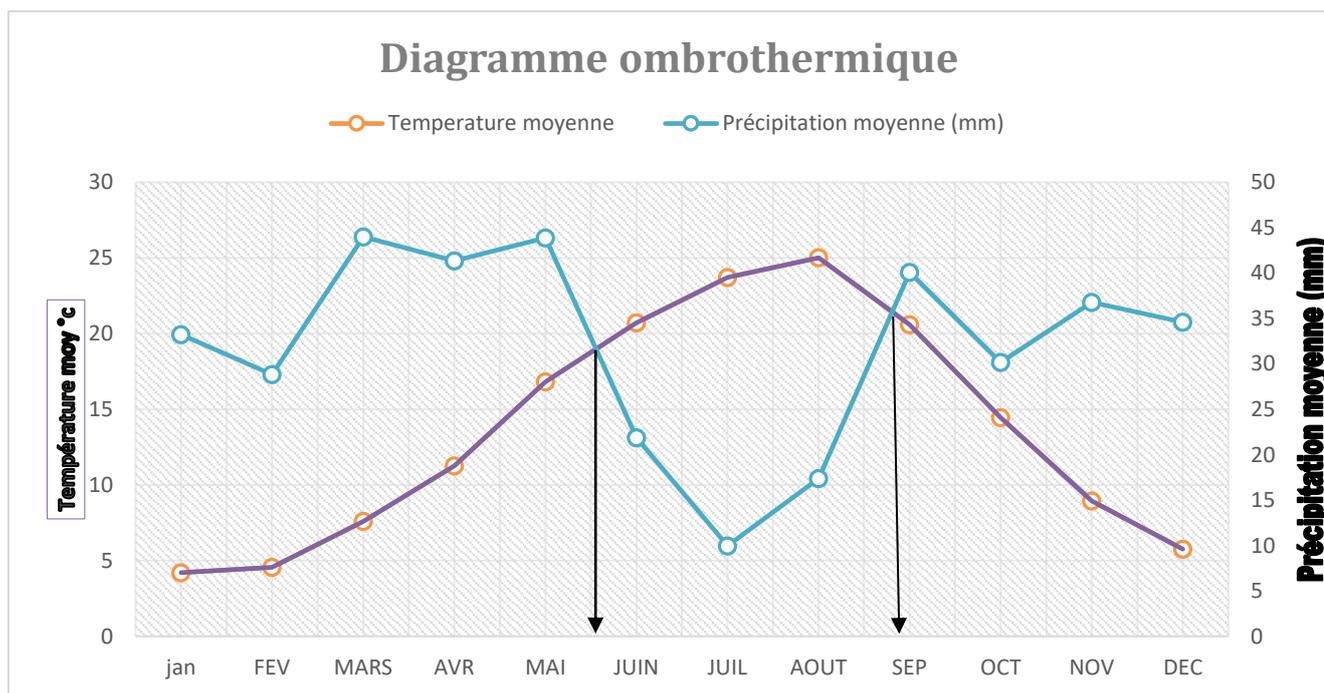


Figure I.7 : Diagramme ombrothermique de Gausсен .

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 allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai.
- La saison sèche est plus marquée, allant du mois de mai jusqu'au mois de Septembre.

I.7. Etude Socio-économique :

Les terres irrigables du champ de l'étude, identifiées sur la base des caractéristiques topographiques et pédologiques (enquête foncière), représentent un peu plus de 450 ha. La taille des exploitations agricoles est très hétérogène. La superficie moyenne des exploitations variant entre (1 – 5 – 10 – 20 ha), soit 75 % (petite et moyenne exploitation).

I.7.1. Argumentation du projet d'aménagement de mise valeur du périmètre :

I.7.1.1. Situation actuelle :

L'analyse de la situation actuelle de le perimetre de Yabous montre que l'activité agricole dans la zone est restée traditionnelle. l'arboriculture et Les céréales, les bovins constituent les principales activités. On note un système d'irrigation et des techniques " traditionnels" et des niveaux de rendements faibles.

L'enquête sur terrain nous a permis d'identifier trois familles de **culture**

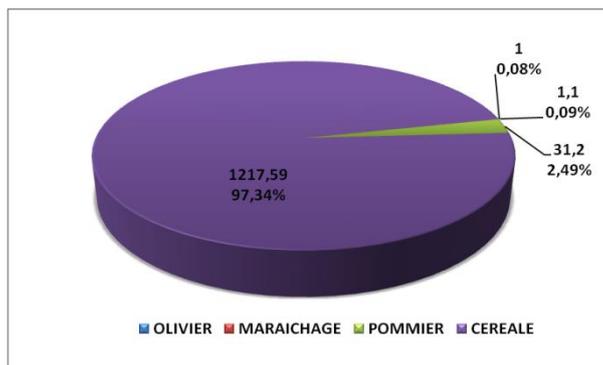


Fig. I.8 : Répartition des cultures dans le périmètre de Yabous

Le secteur d'agriculture demeure le premier employeur avec un taux de 41 % et 6% dans le secteur de l'administration. Les 53 % représentent le taux de chômage dans la zone d'étude.

I.7.2.2. Situation projetée :

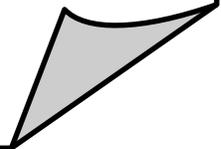
L'objectif de la mise en irrigation est de transformer à moyen terme l'actuel système en association avec l'élevage ovin en un système de polyculture – élevage réduisant, dans la mesure du possible, l'utilisation de l'eau anarchique et encourageant les cultures intensives (maraîchères et arboriculture) et les cultures fourragères afin d'augmenter le taux d'occupation du sol. Ceci a comme principal objectif de dynamiser la croissance économique du secteur agricole qui se traduira par une élévation des revenus des agriculteurs et une offre importante en travail et garantisse une meilleure sécurité alimentaire et des revenus durables.

I.9. Conclusion

Après notre étude et les différentes analyses faites sur la zone d'études, il ressort que le périmètre de Yabous jouit d'un climat Semi-aride, et aussi ce projet d'aménagement hydro-agricole soit adapté à la région et il sera très bénéfiques sur le plan socio-économique de la région.

Chapitre II

Ressources en sol et ressources en eau



Chapitre II: Ressources en sol et ressources en eau

II.1. Introduction :

Le sol est cette couche de terre plus ou moins épaisse qui recouvre les roches et au sein de laquelle les plantes plongent leurs racines pour se nourrir, c'est un mélange des matériaux issus de l'évolution d'un substrat minéral sous l'action combinée de facteurs climatiques et de l'activité biologique. Il constitue pour la plante un support et joue un rôle d'un réservoir d'alimentation d'eau et d'éléments nutritifs.

Il est donc indispensable de bien connaître ces caractéristiques, lorsque on veut envisager le perfectionnement continu des techniques culturales pour obtenir le rendement maximal.

II.2. Ressources en sol :

II.2.1. But de l'étude pédologique :

L'étude pédologique a pour but de :

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

II.2.2. Description et classification des sols du périmètre :

La prospection pédologique et l'analyse des échantillons au laboratoire ont permis de reconnaître et différencier plusieurs types de sols, qui sont répartis en trois classes de sol :

- ✓ Les sols calcimagnésiques
- ✓ Les sols vertiques

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.

II.2.3.1. Description morphologique des profils :**Profil n°1:**

- Lieu: A l'ouest de village de Yabous
- Pente : plane ;
- Géomorphologie : alluvions ;
- Aspect de surface :
- Drainage externe : bon ;
- Signe d'érosion : néant ;
- Culture en place : végétation spontanée .

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

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

1).2Description macro morphologique:

H1: 0 - 22 cm : frais à sec; couleur brune, texture LA à AL ; structure massive a éclats polyédrique grossiers compact, dur, peu à non poreux , radicelles jusqu'à 8 cm .

H2 : 22 - 32 cm: frais, couleur brun; texture LS a équilibrée , structure massive, graviers :100-15 % de dimensions < 1 cm consistant ,peu friable ,assez dur, rares radicelles .

H3 : 32 - 75 cm : analogue au précédent sauf absence de porosité, texture équilibrée a LA, structure massive a éclats, rares radicelles, quelques taches ocre rouilles a la base de l'horizon, effervescence calcaire

H4 :75-120 cm : frais, couleur brun clair; texture LA a AL, structure polyédrique grossière a très grossière se délitant polyèdres moyens. Quelques faces lisses ,assez dur, rares radicelles , assez nombreuses taches de pseudo gleys

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

Profondeur (cm)		0 - 22	22 - 32	32 - 75	75-120
GRAN ULO- METRIE	Argile %	40	17	25	35
	Limons fin %	40	20	30	25
	Limons grossier %	15	7	7	12
	Sables fins %	10	14	16	14
	Sables grossiers %	1	37	18	10
MATIERS ORGANIQUES	C%	4.2	2,9	2,9	5.5
	MO%	0.722	0.499	0.499	0.946
	N%	0,36	0,33	0,30	0.61
	C/N	12	9	10	9
Calcaire total %		9.50	7.60	8.36	6.84
Calcaire actif %		6.8	33.9	3.8	3.1
Ph		8.2	8.1	6.7	6.8
ce dS/m		1.8	0,5	0,6	0.4
P2o5 assimilable (ppm)		59	38	58	48
BASES ECHANGEABLES	Ca	20.36	20.09	25.37	21.22
	Mg	12.10	5.40	3.73	7.43
	K	1.46	1.40	2.20	1.10
	Na	8.1	13.6	5.9	4.6
	S	22	26	26	
	T	22	26	26	
		100	100	100	

2)-Profil n°2:

- Lieu : Arkoub surplombant la merdja de Yabous.
Coordonnées métriques : X= 856434.92m , Y= 242135.78m ;
- Pente :quasi plane 1 % crête ;
- Géomorphologie : arkoub ;
- Aspect de surface : cailloux et graviers de nature gréseuse 10% ;
- Signe d'érosion : néant ;
- Culture en place : jachère .

2).1.Classification : (CPCS 1967)

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

2).2.Description macro- morphologique:

H1:0 - 18 cm : recouvrement colluvial, frais; couleur brun clair, texture LS; structure particulière a grumeleuse, friable, bonne porosité, peu dur, galeries cailloux et graviers en surface radicules et racines assez nombreux, transition nette régulière.

H2: 18 - 40 cm : frais ; couleur brun blanchâtre a rosâtre ; texture mélange d'argile rouge et calcaire en amas friable (20-30%), LA; structure polyédrique fine bien développée ; peu dur, ferme, racines et radicules peu a assez abondantes, effervescence à l'HCL+.

H3: 40 - 70 cm : amas friable dans une matrice d'argile rouge ; structure polyédrique fine ; effervescence calcaire++;

H4: 70 - 120 cm : frais, couleur brun clair; texture LA a AL, structure polyédrique fine a moyen bien développée, bonne aération, ferme, peu dur, le taux de calcaire est moins important.

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

Profondeur (cm)		0 -18	18-40	40-70	70-120
GRANU LO-METRIE	Argile %	22	37	49	52
	Limons fin %	47	60	32	20
	Limons grossier %	17	0	5	20
	Sables fins	5	6	6	4
	Sables grossiers %	7	2	2	3
MATIERS ORGANIQUES	C%	7.7	7.2	6,7	5.9
	MO%	1,324	1,238	1,152	1.015
	N%	0,84	0,68	0,64	0.56
	C/N	9	10	10	10
Calcaire total %		68.40	19	19	19
Calcaire actif %		10.4	10	9.8	9.4
Ph		8.0	8.1	8.0	7.8
CE dS/m		0,3	0,7	2.2	6.1
P2o5 assimilable (ppm)		86	42	47	50
BASES ECHENGEABLES	Ca	31.06	25.91	21.67	21.40
	Mg	7.07	9.91	9.69	11.90
	K	2.10	1.70	1.40	1.32
	Na	2.7	3.8	3.5	4.0
	S	30	32	32	
	T	30	32	32	
	s/t	100	100	100	

Interprétation :

On remarque que le sol a des contraintes faciles à corriger, aménageables, et caractérisés par une texture moyenne, une topographie plane.

II.2.4. 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 (%)	26-28
Point de flétrissement	16
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7-8
Densité apparente	1.35

II.2.5. Détermination des aptitudes culturales des sols :

L'aptitude culturale des sols est une notion importante dans le domaine de l'agriculture, c'est la capacité du sol à répondre aux besoins physiques, chimiques et biologiques nécessaires à la croissance des plantes, pour leur productivité, leur reproduction et leur qualité de manière adaptée au type de plante, au type de sol et aux conditions climatiques.

Dans le cas de notre périmètre d'étude, on a :

a) Arboriculture :

De façon générale, les sols présentent de bonnes aptitudes pour les arbres : pommier, prunier, pêcher, olivier, figuier, et amandier.

b) Cultures industrielles :

Les Cultures industrielles peuvent être introduites dans le périmètre étudié.

c) Cultures céréalières et fourragères :

Les cultures céréalières (blé dur ou tendre, orge) peuvent être cultivées dans la région.

et aussi les cultures fourragères peuvent être introduire dans la région pour permettre de développer l'élevage.

d) Cultures maraichères :

Les sols présentent de bonnes aptitudes pour la plupart des cultures maraichères, sauf pour L'asperge et les primeurs.

e) Légumineuses :

Les cultures légumineuses peuvent être introduites dans le périmètre étudié.

II.3. Ressources en eau :

L'eau est un élément constitutive majeur de la matière végétale, pour cela on va présenter dans cette partie les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude et analyser les pluies qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole.

II.3.1. Alimentation en eau du périmètre

Notre périmètre est situé en aval du barrage de tagharist qui a été mise en service en 2015. ce barrage reçoit les apports de l'oued de tagharist.

Le barrage de tagharist est destiné exclusivement pour l'alimentation en eau potable de village de Yabous et l'irrigation des plaines de tagharist.

Les caractéristiques du barrage sont présentes dans le tableau II.4

Tableau II.4 : Caractéristiques du barrage Tagharist.

Type	Digue en terre à noyau argileux.
Cote de Retenue Normale (RN)	1216.50 m NGA.
Cote des plus hautes eaux	1220.26 m NGA.
Volume mort	1.8 Mm ³ .
Volume total à la côte RN	5.7 M m ³ .
Volume total à la côte PHEE	8 M m ³ .
Longueur en crête	7.00 m.
Hauteur maximale sur TN	40 m.
Cote de la crête	1221 m NGA.

Source (ANBT) Alger.

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 :

- Risque de Salinité ;
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR) ;
- Le pH ;
- Toxicité

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

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

Paramètres	valeurs
CE(mmhos/cm)	0.72
Ca (mg/l)	100
Cl(mg/l)	300
Na (mg/l)	70
Mg (mg/l)	60
K(mg/l)	14
SO4 (mg/l)	500
T(°C)	25
PH	8.1
HCO3 (mg/l)	115

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

La classification des eaux a été établie selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation américaine, en fonction de deux paramètres, celui de la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du sodium SAR

II.3.3.1 La Conductivité électrique :

La conductivité électrique est une propriété associée à les mobilités des ions, elle est mesurée à 25 °C et exprimée en mmhos/cm, on distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

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

L'eau du barrage de Tagharist à une conductivité électrique moyenne $CE = 0,72$ mmhos/cm, soit donc un risque moyen de salinité.

II.3.3.2 Le SAR (SODIUM ABSORPTION RATION) :

Si l'eau est riche en sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculation. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na^+ et celle en ions Ca^{++} et Mg^{++}

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

$$SAR = 7,8$$

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies.

Tableau II. 7: Risque d'alcalinisation en fonction du SAR

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

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

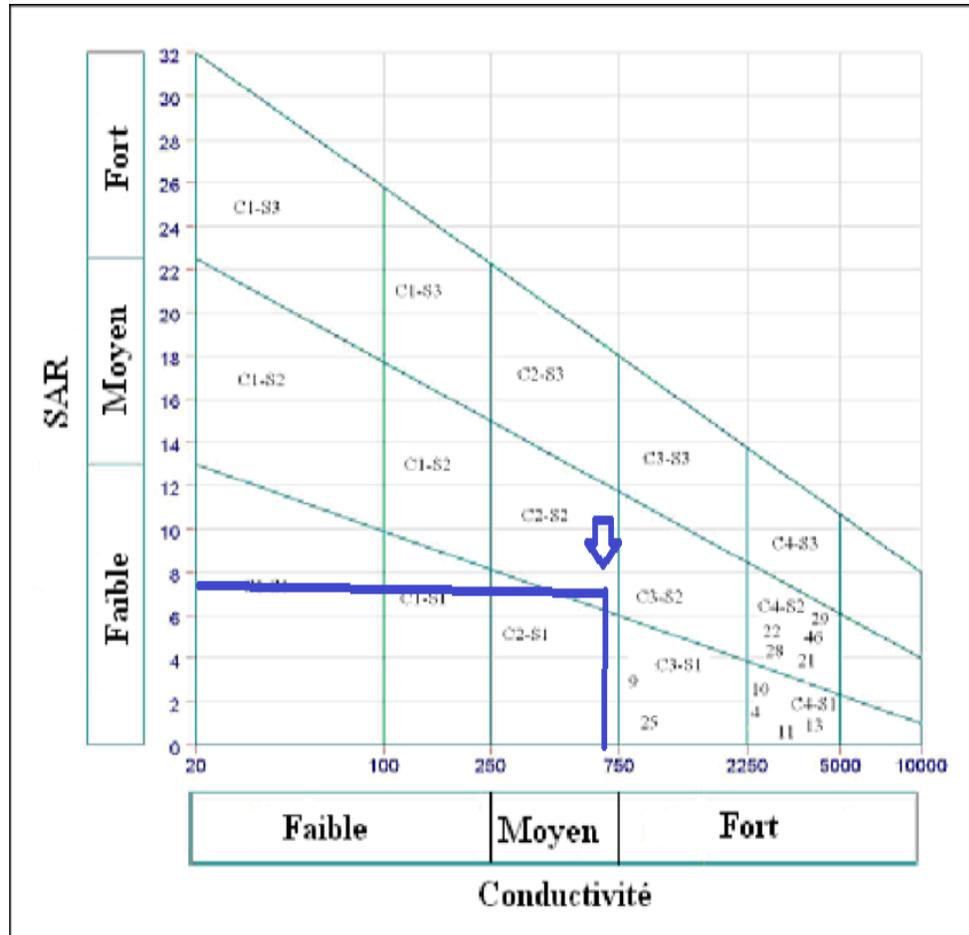


Figure II.1 : Diagramme de classification des eaux d’irrigation

Referons au diagramme de classification des eaux d’irrigation les eaux de notre barrage appartiennent à la classe (C2. S2) ce qui montre la moyenne qualité de ces eaux. A utiliser avec précaution.

II.4. Calcul de la pluie de projet :

A partir de l’étude hydrologique qui est nécessaire dans les projets d’irrigation, on peut déterminer les pluies de fréquences données 80%, c’est-à-dire la pluie de retour. La connaissance de cette pluie est important puisqu’elle permet d’extrapoler les pluies mensuelles de fréquence 80%, et estimé les besoins en eau mensuelles.

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 :

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)			
Yabous	070604	858.45	239.45	1200	1988-2017	30

II.4.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle :

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique Yabous (1988-2017) est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau II.9 : Les précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique Yabous

Année	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	ANN
1988	4	10,2	42,8	16,9	6,7	18,4	24,5	27,9	31,7	43,9	12,8	104	343,9
1989	35	7	12,2	23,9	167	0	70,2	69,4	106	11	2,6	23	528,8
1990	9,9	11,4	66,8	40	5,8	19,3	91,8	55,1	29,9	5,8	33,3	14,3	383,4
1991	16,2	45,5	32	17,2	64,9	23,1	56,7	33	84,7	5,9	23,3	14,6	417,1
1992	45,2	11,9	49,3	52,5	10,5	22,6	48	7,2	20,8	4,4	0	5,4	277,8
1993	15,2	1,8	10,1	31,4	45,9	8,8	48,1	24,6	1,8	1,5	8,6	38,1	235,9
1994	42,4	38,7	5,7	15,8	62,5	1,5	69,9	15	2,8	18,7	23,6	10,8	307,4
1995	42,6	38,3	9,8	19,4	71	154	75	48,7	5,5	24	16,7	5	510,1
1996	23,7	0	2,5	13,7	18,2	3,9	8,6	25,5	11,4	2,4	0	28,9	138,8
1997	47,4	56,3	77,7	61,6	6,8	36,8	48,5	17,5	47,7	24,4	0,5	2,6	427,8
1998	15,5	26,6	40,1	25,6	78,5	24,6	11,3	2,8	18,3	9,4	0	0,2	252,9
1999	16,4	6,5	80,3	95,9	12,2	4,4	10	2,5	46,6	23,5	0	5	303,3
2000	31,5	11,3	6,4	5,2	36,7	0	3,2	5,8	29,4	0	2,6	15,5	147,6
2001	69,6	30,8	18,7	13,4	14,1	22,7	34,1	14	31,6	21	12	41,1	323,1
2002	10,4	15,3	88,3	29,6	83,3	45,9	29,1	91,3	16,7	56,7	2,8	0	469,4
2003	86	47,1	22,4	29,7	16,2	8,5	42,8	42	138	51	13,1	37,4	534,5
2004	30,4	5,1	87,7	103	15,7	26	15,6	39,6	7,6	55,2	25,9	1,6	413,7
2005	35,3	12,7	36,9	48,1	67,9	40,3	4,6	45	117	47,6	37,4	16,1	509,8
2006	41,5	21,6	22,3	65	6,2	26,3	72,2	63,6	27,6	3,3	0,6	43,7	393,9
2007	96,6	27,2	8,6	46,3	2,8	3,9	12,4	10	89,8	5,6	77,8	62,5	443,5

2008	66,4	41,3	9,1	29	85,9	12,9	55,8	78,5	27,2	1,8	10	21,9	439,8
2009	65,3	9,9	3,6	12	42,9	24,7	19,9	23,8	32,3	30,5	34	9,1	308
2010	2,6	55,7	2,8	1,8	15,9	61,4	17,7	99,1	21,8	38,8	3	0	320,6
2011	36,9	130	19,7	19,5	17,1	43,1	41,2	47,5	17,7	5,1	25,1	37,4	441
2012	113	61,7	13	22,9	22,8	25,5	110	16,3	0	31	0	41,6	458
2013	81,6	66,8	159	60,8	24	43	30,3	0,8	63	16,4	68,6	76,1	235,2
2014	84,7	9	54	26,9	53,9	46,9	94,9	147	56,9	23,5	5,4	22,5	626,2
2015	2,6	55,7	2,8	2,8	15,9	61,4	17,7	99,1	21,8	38,8	3	0	325,6
2016	73,5	16,5	12,7	14	14,1	47,4	84,2	48,7	70,4	5,2	0	0	386,7
2017	113	61,7	13	22,9	22,8	25,5	110	16,3	0	31	0	41,6	470
MOY	44,29	30,65	33,47	32,01	36,28	29,08	44,34	39,88	39,5	23,18	14,28	23,23	376

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II.10 : Caractéristiques de la série pluviométrique.

moyenne	388.5mm
Ecart type	114.9
cv	0.306
p_{\min}	138.8
p_{\max}	626.2

II.4.3. Ajustement statistique des pluies :(Touaibia,2014)

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné, afin d'en définir les probabilités d'apparition future.

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. 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.

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYFRAN nous donne les résultats suivants :

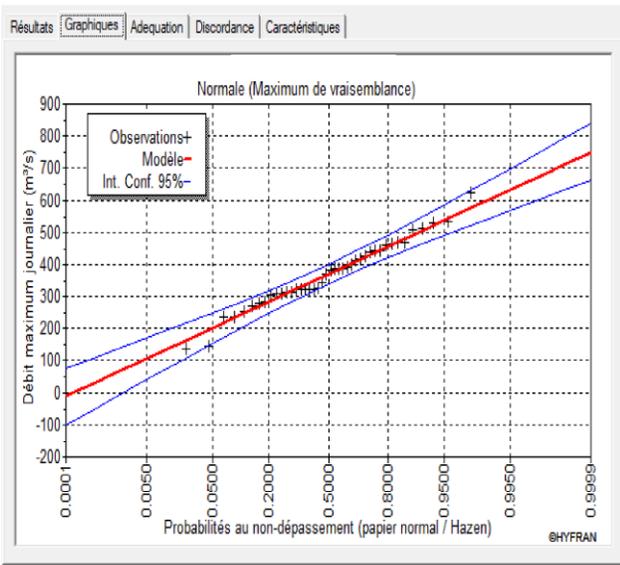


Figure II.2 : Représentation graphique de l’ajustement à la loi Normal

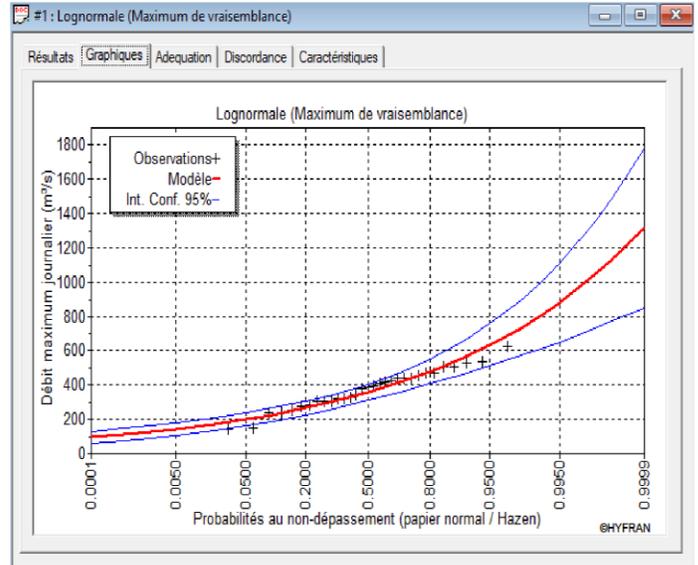


Figure II.3 : Représentation graphique de l’ajustement à la loi Log-Normal

II.4.3.1 Test de validité de l’ajustement :

Le test de validité de Khi carrée pour l’ajustement à la loi Normale et loi Log Normale est fait par le logiciel Hyfran.

Tableau II.11 : résultat du test de validité de Khi carrée

Résultat	Loi Normale	Loi Log Normale
X^2	4.0	7.61
Probabilité p (χ^2)	0.40	0.11
Degrés de liberté	4	4
Nombre des classes	7	7

Conclusion :

Le test de Khi carré et les Figure II.2 et Figure II.3 montrent que la loi de GAUSS présente une adéquation meilleure.

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

En générale, l’homogénéisation des données hydrologiques est indispensable, préalablement à toute exploitation hydrologique de ces dernières, car les mesures ne sont pas menées souvent avec soin, il arrive fréquemment qu’une station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, rendant difficile son utilisation.

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

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

Ce test permet de vérifier si une série de données est homogène.

Soit un échantillon x_1, x_2, \dots, x_n . Déterminons sa médiane M après avoir classé l'échantillon par ordre croissant.

La médiane M Est une constante de telle sorte que 50% de x_i soient inférieures et 50% des x_i lui soient supérieures.

Remplaçons donc la série des valeurs non classées par une suite de signe

+ pour le $x_i > M$

- Pour le $x_i < M$

Calculons les quantités N_s et T_s avec :

N_s : nombre totale de séries de + ou de - .

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

Les conditions du test sont les suivantes ;

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

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

Dans notre série on a :

Tableau II.12 : résultat du test Mood

Pmoy	343,9	528,8	383,4	417,1	277,8	235,9	307,4	510,1	138,8	427,8	252,9	393,3	147,6	323,1	469,4
	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+
	283,3	413,7	509,8	393,9	443,5	439,8	308	320,6	441	458	235,2	626,2	325,6	386,7	470
	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+

$$9 < N_s=10 > 18$$

$$T_s=5 < 8$$

Les conditions du test sont vérifiées, donc la série est homogène.

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

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

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

$$P_{\text{théorique (80\%) annuelle}} = 280$$

$$P_{\text{théorique (50\%) annuelle}} = 350$$

$$P_{\text{moy 80\%}} = \frac{280}{350} \times P_{\text{moy de chaque mois}} = 0.8 \times P_{\text{moy de chaque mois}}$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

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

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	Aout
P_{moy} (mm/mois)	44,29	30,65	33,47	32,01	36,28	29,08	44,34	39,88	39,50	23,18	14,28	23,23
$P_{\text{moy80\%}}$ (mm/mois)	35,43	24,52	26,78	25,61	29,03	23,26	35,47	31,91	31,60	18,55	11,42	18,58

II.5. Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons dégagé les principales caractéristiques du sol de notre périmètre, et la qualité des eaux d'irrigation

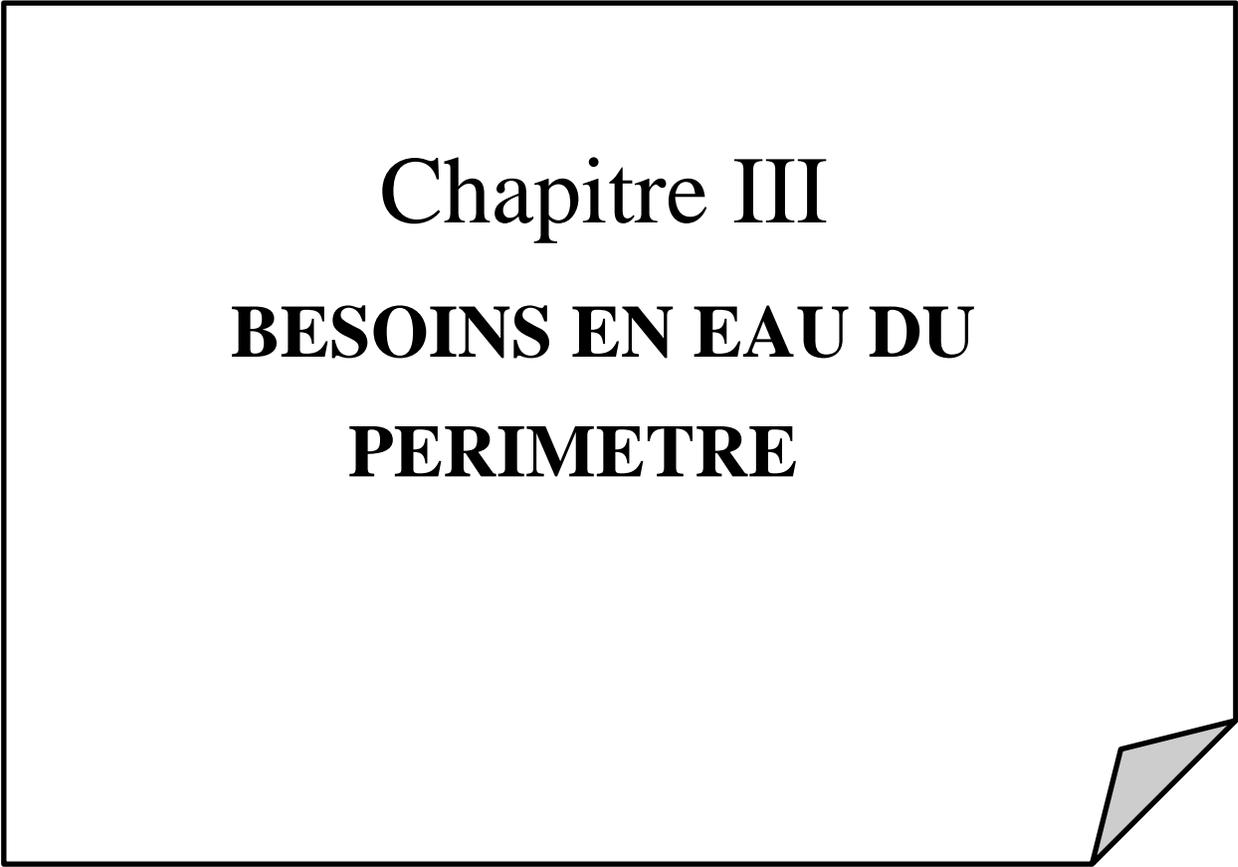
Le sol a des contraintes faciles à corriger, aménageables, et caractérisés par une texture Argileux-limoneux, une topographie plane. Une densité apparente variable autour de 1,35.

L'aptitude culturale de ces sols montre que ces derniers conviennent principalement pour les cultures céréalières, fourragères, maraichères et les arboricultures.

les eaux de notre barrage a une bonne qualité pour l'irrigation, et d'après la classification des eaux en Algérie a un degré d'alcalinité SAR < 10 donc on n'a pas un risque de toxicité sur le sol.

uudjdjdd

Chapitre III
**BESOINS EN EAU DU
PERIMETRE**

A decorative graphic of a document page with a folded corner. The page is white with a black border. The text is centered on the page. The bottom right corner of the page is folded over, showing a grey shaded area.

Chapitre III : BESOINS EN EAU DU PERIMETRE

III.1. Introduction :

Pour satisfaire le besoin en eau des cultures on doit les mettre dans les conditions agricole et hydrique optimale afin d'obtenir de hauts rendements.

Ces conditions peuvent être déterminées grâce à une bonne connaissance des besoins en eau de la culture. Ces besoins varient étroitement avec le stade végétatif et le climat.

III.2. Besoin en eau du périmètre :

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme la dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celle-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal. (**doorenbos et pruit**)

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

III.2.1 Calcul des besoins en eau :

Par définition les besoins en eau d'une culture donnée sont la différence entre l'évapotranspiration maximale telle 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 pour chaque stade végétatif le bilan hydrique suivant :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RFU_{i-1}).$$

Où :

- **ETM**: est la valeur réelle de l'évapotranspiration en mm, elle est égale à $ET_0 * K_c$
- **Kc** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **Peff** : est la pluie efficace.
- **RU** : La réserve utile.

III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration référence:(ET_0 ou ET_P)

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration référence

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d'évapotranspiration d'une surface du *Gazon* vert, ayant une

hauteur uniforme de 8 à 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont s'orientés vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe qu'elle région.

III.2.3. Calcule de L'évapotranspiration de référence :

Pour le calcul de l'évapotranspiration de référence, il existe plusieurs méthodes, répartis en deux classe :

III.2.3.1 Les méthodes directes :

- L'évapotranspiration ou cuve lysimétrique
- Le bac évaporant

III.2.3.2 Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent de calcul l' ET_0 à partir de formules basées sur des paramètres climatiques.

Il existe des formules de calcul dont 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 ;
- Formule de l'ANRH

Dans notre cas on va l'évalué par la méthode la plus utilisée la méthode de Penman_Monteith Modifiée

-Formule Modifiée de Penman_Monteith

La formule la plus utilisée et recommandée par la FAO est la formule de Penman-Monteith modifiée, détaillée comme suit :

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

Avec: ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour-1],

Rn : 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 Bouhamama:

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 selon la formule de Penman&Monteith, modifiée sont récapitulés dans le tableau ci-après

Tableau III.1 : Evapotranspiration de référence ET₀ calculée.

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	ET ₀
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/month
January	1.0	9.4	75	3.4	6.1	10.1	44.02
February	0.4	9.5	69	3.5	6.0	12.2	52.36
March	1.4	13.7	65	3.5	7.2	16.4	87.98
April	5.0	17.5	65	4.0	7.9	20.0	115.20
May	9.5	24.1	60	3.9	8.8	22.7	167.52
June	12.9	28.6	60	3.7	9.5	24.2	189.36
July	15.3	32.1	58	3.2	10.0	24.6	209.57
August	17.2	32.9	58	3.0	9.6	22.9	197.96
September	13.3	27.9	60	3.0	8.8	19.4	147.78
October	8.4	20.5	60	3.4	7.4	14.6	106.33
November	3.5	14.4	67	3.3	6.3	10.8	63.00
December	1.4	10.1	75	3.6	5.8	9.2	43.71
Average	7.4	20.1	64	3.5	7.8	17.3	1424.78

III.3. Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur, etc...

Ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée

Avec :

$$P_{\text{eff}} = P_{80\%} \times 0.8$$

P_{eff} : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{80\%}$: pluie annuelle de probabilité en (mm/mois).

Le résultat de ce calcul par cette méthode fixe est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.2 : Calcul des pluies efficaces.

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	Aout
P_{moy80%} (mm/mois)	35,4	24,5	26,7	25,6	29,1	23,2	35,4	31,9	31,6	18,5	11,4	18,6
P_{eff} (mm/mois)	28,3	19,6	21,4	20,4	23,2	18,6	28,3	25,5	25,2	14,8	9,1	14,8

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

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

On nomme réserve facilement utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à (1/3) ou (2/3) de la réserve utile (RU), tel que :

$$RFU = (hcc - hpf) / 100 * y * Z * da$$

hcc : humidité à la capacité au champ

hpf : humidité au point de flétrissement

Z : profondeur racinaire

Y : coefficient qui dépend de la nature du sol

Da : densité apparente du sol

III.5. 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

III.5.1. Occupation des sols :

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

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

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
1	45	15	25	15	100
2	30	10	35	25	100
3	20	10	35	35	100

On propose d'élaborer un modèle d'occupation selon le scénario 1 qui est une occupation équilibrée entre les céréales et les cultures maraichères et cela vu les modèles d'exploitation et les vocations agricoles de la région.

Les cultures fourragères telles que la luzerne et l'orge en vert, ainsi que l'arboriculture dont les plantations commencent à occuper le périmètre et cela vu la reconversion de certaines exploitations vers certaines cultures telles que l'olivier, l'Amandier en plus de certaines cultures déjà existantes telles que le pommier.

III.5.2. Les cultures proposées :

La gamme des cultures proposée relatives aux cultures envisageable dans notre scénario est indiquée dans le tableau ci-dessous.

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

Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en Ha
La céréaliculture :	45	203
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blé/ Avoine ▪ Orge grain 		
Les cultures fourragères :	15	67
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orge en vert ▪ Luzerne 		
Le maraîchage :	25	112
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pomme de terre ▪ Ail /Oignon vert ▪ Tomate 		

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carotte ▪ Petit pois ▪ Choux ▪ Concombre ▪ Haricot 		
L'arboriculture : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le pommier ▪ L'olivier ▪ L'amandier 	15	68
Total	100	450

III.5.3. 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, l'assolement proposé est détaillé dans le tableau III.5:

Tableau III.5 : Les assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Blé – Avoine	Orge en vert
Petits pois	Orge grain
Luzerne	Pomme de terre
Ail + Oignon vert	Tomate
Pomme de terre	Haricot (s)
Tomate	Ail + Oignon vert
Choux	Petits pois
Carotte	Concombre
Arboriculture :	Arboriculture :
Olivier	Olivier
Amandiers	Amandiers
Pommiers	Pommiers

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau III-6 :

Tableau III.6 : le cycle végétatif des cultures envisagées.

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	Aout
Blé – Avoine			←								→	
Orge grain			←								→	
Lucerne	←											→
Orge en vert			←								→	
Ail + Oignon vert		←				→						
Pomme de terre		←				→						
Tomate							←				→	
Haricot (s)	→										←	
Choux	←					→						
Carotte	←					→						
Concombre										←		→
Petits pois						←				→		
Pommiers	←											→
Olivier	←											→
Amandiers	←											→

III.6. Estimation des coefficients culturaux (K_c) :

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties selon les valeurs établies par Doorenbos (FAO, 2003), en fonction du stade végétatif de la plante, et du climat considéré : ils sont représentés dans le tableau III.7

Tableau III.7 : Coefficients culturaux des cultures choisit.

	blé/avoine	Orge grain	orge en vert	Lucerne	Ail/Oignon	P.terre(S)	Tomate	Choux	Carotte	Haricot	petits pois	Concombre	olivier	amandier	pommier
mois	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc
Septembre								0,50	0,42	0,90			0,85	0,55	0,70
Octobre				0,65	0,50	0,50		0,70	0,70	0,85			0,85	0,55	0,70
Novembre	0,40	0,30	0,30	0,70	0,75	0,70		0,95	0,81				0,75	0,50	0,70
Décembre	0,70	0,30	0,30	0,80	0,95	1,00		0,80	0,77		0,50		0,65	0,50	0,70
Janvier	0,85	0,50	0,50	0,90	0,95	0,75			0,57		0,80		0,65	0,55	0,70
Février	0,95	0,50	0,50	0,95	0,75						1,00		0,65	0,55	0,70
Mars	1,00	1,00	1,00	1,05			0,50				0,95		0,65	0,55	0,80
Avril	1,05	0,95	1,00				0,85				0,50		0,65	0,70	0,85
Mai	1,03	0,85	1,15				1,15					0,38	0,65	0,70	0,85
Juin	0,45		1,00				0,90			0,50		0,57	0,80	0,70	0,70
Juillet										0,65		0,85	0,85	0,70	0,70
Août										0,95		0,85	0,85	0,70	0,70

III.7.1. Estimation des besoins en eau des céréales :**Tableau III.8 :** Calcul des besoins en eau de l'orge grain.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- réel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,4	28,3	147,9						0,0
Oct	24,5	19,6	106,3						0,0
Nov	26,7	21,4	63,0	0,30	29,7	9,9	0,40	25,2	0,0
Déc	25,6	20,4	43,7	0,50	49,5	33,0	0,70	30,6	0,0
Jan	29,1	23,2	44,0	0,50	49,5	49,5	0,85	37,4	0,0
Fév.	23,2	18,6	52,4	0,60	59,4	19,8	0,95	49,7	11,3
Mars	35,4	28,3	88,0	0,60	59,4	19,8	0,95	83,6	35,5
Avril	31,9	25,5	115,2	0,60	59,4	19,8	0,90	103,7	58,4
Mai	31,6	25,2	167,4	0,40	39,6	0	0,60	100,4	75,2
Juin	18,5	14,8	189,3						0,0
Juillet	11,4	9,1	209,6						0,0
Août	18,6	14,8	198,1						0,0

Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau de Blé/avoine.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90						0,00
Oct	24,50	19,60	106,33						0,00
Nov	26,70	21,40	63,00	0,30	29,70	9,90	0,40	25,20	0,00
Déc	25,60	20,40	43,71	0,50	49,50	33,00	0,70	30,60	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	0,50	49,50	49,50	0,85	37,42	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	0,60	59,40	19,80	0,95	49,74	11,34
Mars	35,40	28,30	88,04	0,60	59,40	19,80	1,00	88,04	39,94
Avril	31,90	25,50	115,20	0,60	59,40	0,00	1,05	120,96	95,46
Mai	31,60	25,20	167,40	0,60	59,40	0,00	1,03	172,42	147,22
Juin	18,50	14,80	189,30	0,60	59,40	0,00			0,00
Juillet	11,40	9,10	209,56						0,00
Août	18,60	14,80	198,09						0,00

III.7.2. Estimation des besoins en eau des cultures fourragères :**Tableau III.10 :** Calcul des besoins en eau du Orge en vert.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90						0,00
Oct	24,50	19,60	106,33						0,00
Nov	26,70	21,40	63,00	0,30	29,70	9,90	0,30	18,90	0,00
Déc	25,60	20,40	43,71	0,50	49,50	33,00	0,65	28,41	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	0,50	49,50	49,50	0,90	39,62	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	0,60	59,40	19,80	1,00	52,36	0,00
Mars	35,40	28,30	88,04	0,60	59,40	19,80	1,00	88,04	39,94
Avril	31,90	25,50	115,20	0,60	59,40	19,80	0,85	97,92	52,62
Mai	31,60	25,20	167,40	0,60	59,40	0,00	0,60	100,44	75,24
Juin	18,50	14,80	189,30	0,60	59,40	0,00			0,00
Juillet	11,40	9,10	209,56						0,00
Août	18,60	14,80	198,09						0,00

Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau du Luzerne

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90	0,00	0,00		0,65		0,00
Oct	24,50	19,60	106,33	0,40	39,60		0,65	69,11	49,51
Nov	26,70	21,40	63,00	0,70	69,30	23,10	0,70	44,10	0,00
Déc	25,60	20,40	43,71	0,90	89,10	59,40	0,80	34,97	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	1,00	99,00	99,00	0,90	39,62	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	1,20	118,80	39,60	0,95	49,74	0,00
Mars	35,40	28,30	88,04	1,20	118,80	39,60	1,05	92,44	24,54
Avril	31,90	25,50	115,20	1,20	118,80	0,00	1,05	120,96	95,46
Mai	31,60	25,20	167,40	1,20	118,80	0,00	1,15	192,51	167,31
Juin	18,50	14,80	189,30	1,20	118,80	0,00	1,20	227,16	212,36
Juillet	11,40	9,10	209,56	1,20	118,80	0,00	0,80	167,65	158,55
Août	18,60	14,80	198,09	1,20	118,80	0,00	0,80	158,47	143,67

III.7.3. Estimation des besoins en eau des maraîchages :**Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau de Pomme de terre**

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90						
Oct	24,50	19,60	106,33	0,40	39,60	0,00	0,50	53,17	33,57
Nov	26,70	21,40	63,00	0,60	59,40	19,80	0,70	44,10	2,90
Déc	25,60	20,40	43,71	0,60	59,40	39,60	1,00	43,71	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	0,60	59,40	59,40	0,75	33,02	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36						
Mars	35,40	28,30	88,04						
Avril	31,90	25,50	115,20						
Mai	31,60	25,20	167,40						
Juin	18,50	14,80	189,30						
Juillet	11,40	9,10	209,56						
Août	18,60	14,80	198,09						

Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau de Ail /Oignon vert.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90						
Oct	24,50	19,60	106,33	0,40	39,60	0,00	0,50	53,17	33,57
Nov	26,70	21,40	63,00	0,40	39,60	13,20	0,75	47,25	12,65
Déc	25,60	20,40	43,71	0,40	39,60	26,40	0,95	41,52	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	0,40	39,60	39,60	0,95	41,82	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	0,40	39,60	26,40	0,75	39,27	0,00
Mars	35,40	28,30	88,04						
Avril	31,90	25,50	115,20						
Mai	31,60	25,20	167,40						
Juin	18,50	14,80	189,30						
Juillet	11,40	9,10	209,56						
Août	18,60	14,80	198,09						

Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau de Tomate.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90						
Oct	24,50	19,60	106,33						
Nov	26,70	21,40	63,00						
Déc	25,60	20,40	43,71						
Jan	29,10	23,20	44,02						
Fév	23,20	18,60	52,36						
Mars	35,40	28,30	88,04	0,70	69,30	23,10	0,50	44,02	0,00
Avril	31,90	25,50	115,20	0,90	89,10	29,70	0,85	97,92	42,72
Mai	31,60	25,20	167,40	1,20	118,80	0,00	1,15	192,51	167,31
Juin	18,50	14,80	189,30	1,20	118,80	0,00	0,90	170,37	155,57
Juillet	11,40	9,10	209,56						
Août	18,60	14,80	198,09						

Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau de Carotte.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90	0,30	29,70	0,00	0,42	62,12	33,82
Oct	24,50	19,60	106,33	0,40	39,60	0,00	0,70	74,43	54,83
Nov	26,70	21,40	63,00	0,50	49,50	16,50	0,85	53,55	15,65
Déc	25,60	20,40	43,71	0,60	59,40	39,60	0,70	30,60	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02						
Fév	23,20	18,60	52,36						
Mars	35,40	28,30	88,04						
Avril	31,90	25,50	115,20						
Mai	31,60	25,20	167,40						
Juin	18,50	14,80	189,30						
Juillet	11,40	9,10	209,56						
Août	18,60	14,80	198,09						

Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau de Petit pois.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90						
Oct	24,50	19,60	106,33						
Nov	26,70	21,40	63,00						
Déc	25,60	20,40	43,71	0,40	39,60	26,40	0,50	21,86	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	0,70	69,30	69,30	0,80	35,22	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	0,70	69,30	23,10	1,00	52,36	10,66
Mars	35,40	28,30	88,04	0,70	69,30	23,10	0,95	83,64	32,24
Avril	31,90	25,50	115,20	0,70	69,30	23,10	0,50	57,60	9,00
Mai	31,60	25,20	167,40						
Juin	18,50	14,80	189,30						
Juillet	11,40	9,10	209,56						
Août	18,60	14,80	198,09						

Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau de Choux.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90	0,30	29,70	0,00	0,50	73,95	45,65
Oct	24,50	19,60	106,33	0,40	39,60	0,00	0,70	74,43	54,83
Nov	26,70	21,40	63,00	0,50	49,50	0,00	0,95	59,85	38,45
Déc	25,60	20,40	43,71	0,60	59,40	39,60	0,80	34,97	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02						
Fév	23,20	18,60	52,36						
Mars	35,40	28,30	88,04						
Avril	31,90	25,50	115,20						
Mai	31,60	25,20	167,40						
Juin	18,50	14,80	189,30						
Juillet	11,40	9,10	209,56						
Août	18,60	14,80	198,09						

Tableau III.18: Calcul des besoins en eau de Concombre.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90						
Oct	24,50	19,60	106,33						
Nov	26,70	21,40	63,00						
Déc	25,60	20,40	43,71						
Jan	29,10	23,20	44,02						
Fév	23,20	18,60	52,36						
Mars	35,40	28,30	88,04						
Avril	31,90	25,50	115,20						
Mai	31,60	25,20	167,40	0,40	39,60	0,00	0,38	63,61	38,41
Juin	18,50	14,80	189,30	0,45	44,55	0,00	0,57	107,90	93,10
Juillet	11,40	9,10	209,56	0,50	49,50	0,00	0,85	178,13	169,03
Août	18,60	14,80	198,09	0,60	59,40	0,00	0,85	168,38	153,58

Tableau III.19 : Calcul des besoins en eau de Haricot.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90	0,70	69,30	0,00	0,90	133,11	104,81
Oct	24,50	19,60	106,33	0,70	69,30	0,00	0,85	90,38	70,78
Nov	26,70	21,40	63,00						
Déc	25,60	20,40	43,71						
Jan	29,10	23,20	44,02						
Fév	23,20	18,60	52,36						
Mars	35,40	28,30	88,04						
Avril	31,90	25,50	115,20						
Mai	31,60	25,20	167,40						
Juin	18,50	14,80	189,30	0,40	39,60	0,00	0,50	94,65	79,85
Juillet	11,40	9,10	209,56	0,50	49,50	0,00	0,65	136,21	127,11
Août	18,60	14,80	198,09	0,50	49,50	0,00	0,95	188,19	173,39

III.7.4. Estimation des besoins en eau des arboricultures :**Tableau III.20 : Calcul des besoins en eau de la Pommier.**

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90	1,50	148,50	0,00	0,70	103,53	75,23
Oct	24,50	19,60	106,33	1,50	148,50	0,00	0,70	74,43	54,83
Nov	26,70	21,40	63,00	1,50	148,50	49,50	0,70	44,10	0,00
Déc	25,60	20,40	43,71	1,50	148,50	99,00	0,70	30,60	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	1,50	148,50	148,50	0,70	30,81	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	1,50	148,50	99,00	0,70	36,65	0,00
Mars	35,40	28,30	88,04	1,50	148,50	49,50	0,80	70,43	0,00
Avril	31,90	25,50	115,20	1,50	148,50	49,50	0,85	97,92	22,92
Mai	31,60	25,20	167,40	1,50	148,50	0,00	0,85	142,29	117,09
Juin	18,50	14,80	189,30	1,50	148,50	0,00	0,70	132,51	117,71
Juillet	11,40	9,10	209,56	1,50	148,50	0,00	0,70	146,69	137,59
Août	18,60	14,80	198,09	1,50	148,50	0,00	0,70	138,66	123,86

Tableau III.21 : Calcul des besoins en eau de l'olivier.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90	1,50	148,50	0,00	0,85	125,72	97,42
Oct	24,50	19,60	106,33	1,50	148,50	0,00	0,85	90,38	70,78
Nov	26,70	21,40	63,00	1,50	148,50	49,50	0,75	47,25	0,00
Déc	25,60	20,40	43,71	1,50	148,50	99,00	0,65	28,41	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	1,50	148,50	148,50	0,65	28,61	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	1,50	148,50	99,00	0,65	34,03	0,00
Mars	35,40	28,30	88,04	1,50	148,50	49,50	0,65	57,23	0,00
Avril	31,90	25,50	115,20	1,50	148,50	49,50	0,65	74,88	0,00
Mai	31,60	25,20	167,40	1,50	148,50	0,00	0,65	108,81	83,61
Juin	18,50	14,80	189,30	1,50	148,50	0,00	0,80	151,44	136,64
Juillet	11,40	9,10	209,56	1,50	148,50	0,00	0,85	178,13	169,03
Août	18,60	14,80	198,09	1,50	148,50	0,00	0,85	168,38	153,58

Tableau III.22 : Calcul des besoins en eau de l'amandier.

mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Z (m)	RFU- theo	RFU- reel	KC	ETM	B _{net} (mm)
Sept	35,40	28,30	147,90	1,50	148,50	0,00	0,55	81,35	53,05
Oct	24,50	19,60	106,33	1,50	148,50	0,00	0,55	69,11	49,51
Nov	26,70	21,40	63,00	1,50	148,50	49,50	0,50	44,10	0,00
Déc	25,60	20,40	43,71	1,50	148,50	99,00	0,50	30,60	0,00
Jan	29,10	23,20	44,02	1,50	148,50	148,50	0,55	30,81	0,00
Fév	23,20	18,60	52,36	1,50	148,50	99,00	0,55	36,65	0,00
Mars	35,40	28,30	88,04	1,50	148,50	49,50	0,55	70,43	0,00
Avril	31,90	25,50	115,20	1,50	148,50	49,50	0,70	97,92	0,00
Mai	31,60	25,20	167,40	1,50	148,50	0,00	0,70	142,29	117,09
Juin	18,50	14,80	189,30	1,50	148,50	0,00	0,70	132,51	117,71
Juillet	11,40	9,10	209,56	1,50	148,50	0,00	0,70	136,21	127,11
Août	18,60	14,80	198,09	1,50	148,50	0,00	0,70	108,95	94,15

III.7.5. Calcul des besoins en eau pour les Assolements 1 et 2 :**Tableau III.23** : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.

Mois	Blé- avoine	Petits pois	Luzerne	Ail Oignon	Pomme de terre	tomate	choux	carotte	Pommier	olivier	amandier	Bes/max	total
Sept	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,7	33,8	75,2	97,4	53,0	97,4	305,2
Oct	0,0	0,0	49,5	33,6	33,6	0,0	54,8	54,8	54,8	70,8	38,9	70,8	390,8
Nov	0,0	0,0	0,0	12,7	2,9	0,0	38,5	15,7	0,0	0,0	0,0	38,5	69,7
Déc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Janv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Févr	11,3	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	22,7
Mars	39,9	39,9	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,9	104,4
Avril	95,5	75,7	95,5	0,0	0,0	42,7	0,0	0,0	22,9	0,0	0,0	95,5	332,2
Mai	147,2	100,4	167,3	0,0	0,0	167,3	0,0	0,0	117,1	83,6	92,0	167,3	874,9
Juin	0,0	0,0	212,4	0,0	0,0	155,6	0,0	0,0	117,7	136,6	117,7	212,4	740,0
Juill	0,0	0,0	158,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,6	169,0	137,6	169,0	602,8
Août	0,0	0,0	143,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	123,9	153,6	123,9	153,6	545,0

Tableau III.24 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.

Mois	Orge								Pommier	olivier	amandier	Bes/ max	total
	Orge grain	en vert	pomme de terre	Ail Oignon	Haricot (s)	tomate	Petits pois	Conco -mbre					
Sept	0,0	0,0	0,0	0,0	104,8	0,0	0,0	0,0	75,2	97,4	53,0	104,8	330,5
Oct	0,0	0,0	33,6	33,6	70,8	0,0	0,0	0,0	54,8	70,8	38,9	70,8	302,4
Nov	0,0	0,0	2,9	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	15,6
Déc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Janv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Févr	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	22,0
Mars	35,5	39,9	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	0,0	0,0	0,0	0,0	39,9	107,7
Avril	58,4	52,6	0,0	0,0	0,0	42,7	9,0	0,0	22,9	0,0	0,0	58,4	185,6
Mai	75,2	75,2	0,0	0,0	0,0	167,3	0,0	38,4	117,1	83,6	92,0	167,3	648,9
Juin	0,0	0,0	0,0	0,0	79,9	155,6	0,0	93,1	117,7	136,6	117,7	155,6	700,6
Juill	0,0	0,0	0,0	0,0	127,1	0,0	0,0	169,0	137,6	169,0	137,6	169,0	740,4
Août	0,0	0,0	0,0	0,0	173,4	0,0	0,0	153,6	123,9	153,6	123,9	173,4	728,3

III.8.1. 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.

$$qs = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ l/s/ha}$$

Avec:

- ✓ Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- ✓ Ni : nombre des heures d'irrigation=22h ;
- ✓ 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 Mai.

Bnet =874.89 mm/mois.

➔ **qs=4.90 l/s/ha > 1.5 l/s/ha**

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

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

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

Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante (luzerne 212,4mm).

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

➔ **qs = 1.2 l/s /ha** ; ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

III.8.2. 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 :

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

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

S : la superficie nette à irriguer = 450 ha

➔ **Qcar = qs. S = 1.2*450 = 540 l/s.**

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

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

Le volume des besoins en eau =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-25.

Tableau III.25 : volume d'eau d'irrigation.

Type des cultures	Surface (Ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau brut (m ³ /ha)	Besoins brut totaux (m ³)
La céréaliculture	203ha			
• Blé/ Avoine	123	293,96	3919,52	482100,9
• Orge grain	80	180,50	2406,67	192533,3
Les fourragères	67ha			
• Orge en vert	42	167,80	2237,33	93968
• Luzerne	25	851,41	11352,09	283802,1
Le maraichage	112Ha			
• Ail +oignon	15	46,22	616,20	9243
• Pomme de terre (s)	25	36,47	486,20	12155
• carotte	10	104,30	1390,65	13906,5
• tomate	25	365,60	4874,67	121866,6
• choux	7	138,93	1852,41	12966,8

• Petit pois	15	51,90	691,97	10379,6
• concombre	5	454,12	6054,87	30274,3
• haricot	10	555,94	7412,53	74125,3
Les arboricultures		68ha		
• oliviers	20	711,05	9480,64	189612,8
• pommiers	30	649,24	8656,48	259694,4
• amandiers	18	563,07	7507,62	135137,1
			Besoins total	1921765,7 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 1.9 Hm³.

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons calculé les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. Le choix des cultures s'est fait sur une base tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques.

Et nous avons déterminé le débit spécifique et estimé les volumes d'eau nécessaires à apporter par l'irrigation au cours de la période de la croissance des plantes qui est 1.9 Hm³ et qui sera assurée par les eaux du barrage Tagharist.

Chapitre IV

Etude du système d'adduction- distribution

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

IV.1. Introduction :

Le présent chapitre consiste à schématiser le système d'aménagement, donc il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, et on va détailler les ouvrages et structures de la variante choisit, ceci en fonction de la disponibilité de la ressource d'eau.

IV .2. Alimentation en eau du périmètre :

Le périmètre de Yabous dont la superficie est de 450 Ha, sera irrigué à partir du barrage de Tagharist qui a une capacité de 8 Hm³. Ce barrage est destiné à :

- L'alimentation en eau potable de la ville Yabous.
- L'irrigation des plaines de Yabous, ouled Fadhel et Timgad.

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 de Yabous est situé à l'aval de barrage de Tagharist, il est divisé en 40 ilots qui varient de 1 ha a plus de 25 ha et englobe 68 parcelles, la surface totale est de 450 ha.

IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation :

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole constitue d'un groupe de parcelles alimentée par une seule prise d'irrigation (borne).

La borne d'irrigation est l'organe hydraulique destine à assurer la livraison de l'eau sous pression a des irrigants. À partir d'un réseau collectif de distribution. La borne comporte une ou plusieurs sorties (prise) suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

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

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

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

IV.3.3. Calcul hydraulique aux bornes :

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

$$Q_b = q_s \cdot S_i ;$$

Avec :

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

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

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

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

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

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

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

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

Ilots	superficies (ha)	parcelles	superficies	Q (l/s/ha)	Q_b (l/s)	Matériau	Corp de régulation(mm)	Borne type
I1	13.85	P1	6	7,2	16.62	Fonte	80	Type B
		P2	7.85	9,42				
I2	10.55	P3	10.55	12.66	12.66	Fonte	80	Type A
I3	18.05	P4	3.24	3,88	21.66	Fonte	65	Type A4
		P5	4.90	5,88				
		P6	5.20	6,24				
		P7	4.71	5,65				

I4	15.10	P8	7.22	8,66	18.12	Fonte	80	Type B
		P9	7.88	8,94				
I5	7.09	P10	7.09	8,50	8.50	Fonte	80	Type A2
I6	14.26	P11	5.26	6,31	17.11	Fonte	890	Type B
		P12	9	10				
I7	9.10	P13	5.85	6,62	10.92	Fonte	65	Type A2
		P14	4.25	4,3				
I8	10.15	P15	3.5	4,2	12.18	Fonte	65	Type A2
		P16	6.65	7,98				
I9	10.05	P17	4.3	5,16	12.06	Fonte	65	Type A2
		P18	5.75	6,9				
I10	17.50	P19	8.32	9,84	21.00	Fonte	100	Type B
		P20	9.10	11.10				
I11	13.00	P21	4.80	5,76	15.60	Fonte	80	Type B
		P22	8.2	9,84				
I12	20.57	P23	4.23	5,07	24.68	Fonte	80	Type A4
		P24	5.80	6,96				
		P25	6.10	7,32				
		P26	4.44	5,32				
I13	12.87	P27	12.87	15,44	12.87	Fonte	80	Type B
I14	5.3	P28	5.3	6.36	6.36	Fonte	80	Type A2
I15	4	P29	4	4.8	4.8	Fonte	80	Type A2
I16	6.63	P30	6.63	7,95	7.95	Fonte	80	Type A2
I17	9.56	P31	4.55	5,46	11.47	Fonte	65	Type A2
		P32	5	6				
I18	8.87	P33	8.87	10,64	10.64	Fonte	80	Type A2
I19	5	P34	5	6	6	Fonte	80	Type A2
I20	3.05	P35	3.05	3,66	3.71	Fonte	80	Type A2

I21	6.40	P36	6.40	7,68	7.68	Fonte	80	Type A2
I22	4.02	P37	4.02	4,82	4.83	Fonte	80	Type A2
I23	10	P38	10	12	12	Fonte	80	Type A2
I24	29.75	P39	7	8,4	35.70	Fonte	100	Type C
		P40	5	6				
		P41	8	9,6				
		P42	9.75	11,7				
I25	17	P43	8	9,6	20.40	Fonte	80	Type B
		P44	9	10,8				
I26	23	P45	10	12	27.60	Fonte	65	Type A4
		P46	5.5	6,6				
		P47	4.5	5,4				
		P48	3	3,6				
I27	12	P49	12	14,4	14.40	Fonte	80	Type A2
I28	15.85	P50	6.9	8,8	19.02	Fonte	100	Type B
		P51	8.5	10,4				
I29	12.22	P52	12.22	14,66	14.66	Fonte	80	Type B
I30	8.60	P53	8.60	10,32	10.3	Fonte	80	Type A2
I31	15.82	P54	7	8.3	19.00	Fonte	100	Type B
		P55	8.8	10.66				
I32	15.87	P56	8.50	9,76	19.04	Fonte	100	Type B
		P57	7.37	9,24				
I33	12.36	P58	12.36	19,63	14.83	Fonte	80	Type B
I34	14.94	P59	8.80	10,56	17.93	Fonte	100	Type B
		P60	6.14	7,36				
I35	11.26	P61	4.26	5,11	13.52	Fonte	65	Type A2
		P62	7	8,4				
I36	7.54	P63	7.54	9,04	9.05	Fonte	80	Type A2

I37	8.65	P64	8.65	10.38	10.38	Fonte	80	Type A2
I38	9.17	P65	4	4,8	11	Fonte	65	Type A2
		P66	5.17	6,18				
I39	2.97	P67	2.97	3,56	3.57	Fonte	80	Type A2
I40	4.43	P68	4.43	5,31	5.32	Fonte	80	Type A2

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

Il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique et de faire le calcul hydraulique nécessaire pour l'optimisation du réseau d'adduction et de distribution de l'eau aux différentes exploitations agricoles du périmètre.

IV.4.1. 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.4.2. La variante 2 :

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

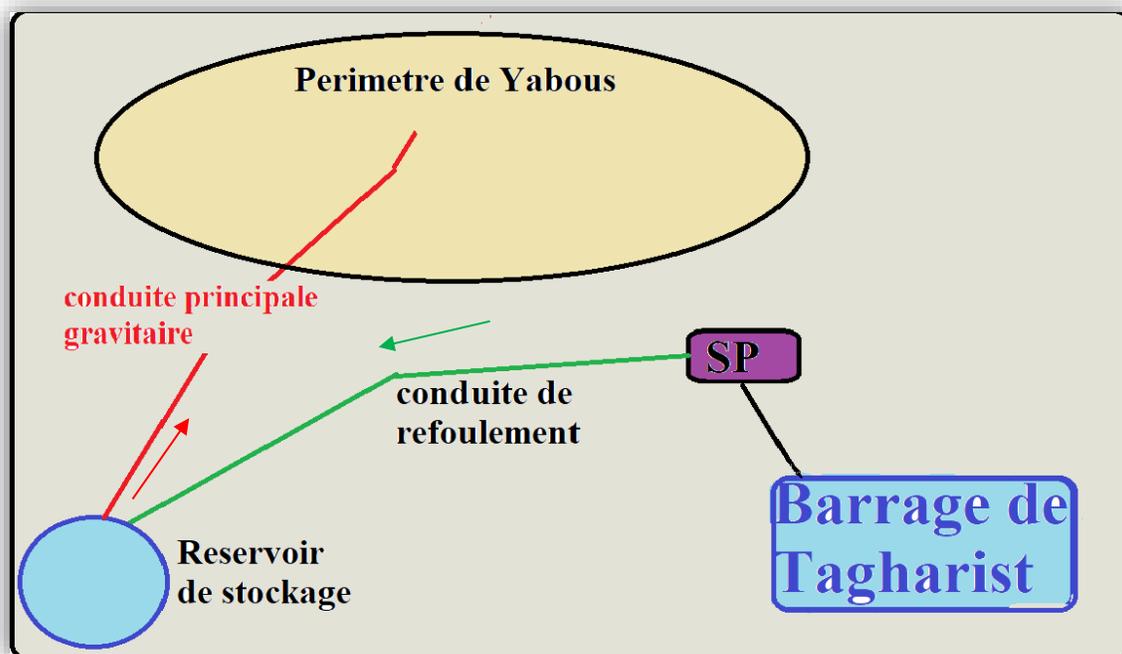


Figure IV.1 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression.

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

IV.5. Etude de système de pompage :

On préconise un système de pompage d'eau à partir du barrage de Tagharist vers un réservoir de stockage.

IV.5.1. Les pompes : (Astee, 2005)

Une pompe est une machine tournante destinée à communiquer au liquide pompé une énergie suffisante pour provoquer son déplacement dans un réseau hydraulique, Il existe un très grand nombre de types de pompes. Ces différents types peuvent cependant tous se rattacher à deux grandes catégories:

- les turbopompes,
- les pompes volumétriques.

IV.5.1.1 Les turbopompes

Les turbopompes sont actuellement parmi les plus employées, dans les turbopompes une roue, munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur. Suivant le type de rotor et son mode d'action il faut distinguer dans la catégorie des turbopompes :

- Les pompes centrifuges (radiales) sont des pompes destinées à générer un débit moyen et des hauteurs d'élévation importantes.
- Les pompes axiales (à hélices), sont des pompes destinées à générer un fort débit et faibles hauteurs une faible variation de pression. Elles sont utilisées principalement dans l'irrigation.
- Les pompes hélico-centrifuges (semi-axiale).

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

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

- Niveau normale exploitation de barrage 1220m
- Niveau prise de fond 1198m
- Niveau de bêche d'eau 1175m
- Niveau minimal d'eau dans le Réservoir 1240m

IV.5.2.1. Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation :

La HMT d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne de liquide (mcl) entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la pression

nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement, calcule comme suit :

$$H_{mt} = H_g + \Delta H_t$$

Avec : H_g : hauteur géométrique

- ΔH_t : pertes de charge totales

IV.5.2.1.1 Calcul des pertes de charge totale

❖ Calcul perte de charge linéaire :

Pour déterminer les pertes des charges linéaires on utilise la formule de Hazen-Williams

$$\Delta H_L = \left(\frac{3.592}{C} \right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852}$$

Avec :

- ΔH_L : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite, en m
- Q : Débit, en m³ /s
- D : Diamètre, en m
- C : Coefficient de Hazen-Williams c=140

❖ Calcul pertes de charge totales :

$$\Delta H_t = 1.1 \Delta H_L$$

IV.5.2.2. Détermination de diamètre économique de la conduite de refoulement.

On propose une étude pour une série de diamètre pour la détermination du diamètre économique qui sera résumé dans le tableau IV.3 :

Dans notre cas on utilise la formule de Bonin pour déterminer le diamètre :

$$Q_{ref} = Q_{car} * 1.05 = 0.54 * 1.05 = 0.5$$

$$D = \sqrt[3]{Q_{ref}} = 0.771 \text{ m} = 771 \text{ mm.}$$

Tableau IV.3 : Calcul du diamètre économique.

D (mm)	L (m)	Q (m ³ /s)	ΔH_L	ΔH_s	ΔH_t (m)	H_g	HMT
500	4735	0,56	62,87	6,29	69,16	65	134,16
600	4735	0,56	25,87	2,59	28,46	65	93,46
700	4735	0,56	12,21	1,22	13,43	65	78,43
800	4735	0,56	6,37	0,64	7,01	65	72,01

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement se fait sur la base d'une analyse technico-économique entre : $S = \text{coût d'investissement} + \text{coût de l'exploitation}$.

IV.5.2.2.1. Calcul des frais d'amortissement

❖ Amortissement annuel

Les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité. Il se calcul par la relation suivante:

$$F_{\text{am}} = P_{\text{rc}} \times A$$

Avec :

P_{rc} : Prix de la conduite en (DA) ;

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

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

A : Frais d'amortissement (DA) ;

i : Taux d'annuité ; $i = 8 \%$;

n : Durée de l'amortissement de la conduite, $n = 30$ ans.

$$A = \frac{0.08}{1-(1+0.08)^{-30}} \Rightarrow A = 0,088 = 8.8 \%$$

Le prix d'achat de mètre linéaire de ces conduites en fonction de leurs diamètres normalise, dont le type de matériaux choisi est la fonte est résumerai dans le tableau IV.4 dans l'annexe.

IV.5.2.2.2. Calcul des Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{\text{exp}} = E \times e$$

Avec :

F_{exp} : Frais d'exploitation (DA) ;

E : Énergie totale dépensée par la pompe (Kwh) ;

e : Prix unitaire d'un Kw imposé par la Sonelgaz ($e = 4,67\text{DA}$).

❖ Puissance des pompes

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

$$P = \frac{g \times Q \times H_{\text{MT}}}{\eta}$$

Avec :

P : Puissance absorbée par la pompe (kw) ;

g: Accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

Q: Débit à refoulé (m^3/s) ;

H_{MT} : Hauteur manométrique totale (m);

η : Rendement du pompage (80%).

❖ Energie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la station de pompage est donnée par la formule suivante :

$$E = P \times t \times 365$$

E: Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kwh) ;

P: Puissance absorbée (Kw) ;

t: Temps de pompage en (heure) ; dans notre cas $t = 22h$

Les frais d'exploitation des conduites en fonction de leurs diamètres normalisés, dont le type de matériaux choisi est la fonte est résumé dans le tableau IV.5 dans l'annexe.

IV.5.2.2.3. Bilan total des frais :

Le bilan des frais d'exploitation et d'amortissement permet de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

Le calcul du bilan total des frais est représenté dans le tableau.IV.4 et illustré dans la figure :

Tableau IV.4 : Calcul du bilan total des frais.

Diamètre (mm)	Frais d'amortissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Bilan (DA)
500	569 650,33	32 666 149,41	33 235 799,74
600	757 964,49	23 416 035,72	24 174 000,21
700	864 361,99	20 000 885,36	20 865 247,35
800	941 570,79	18 541 073,58	19 482 644,37

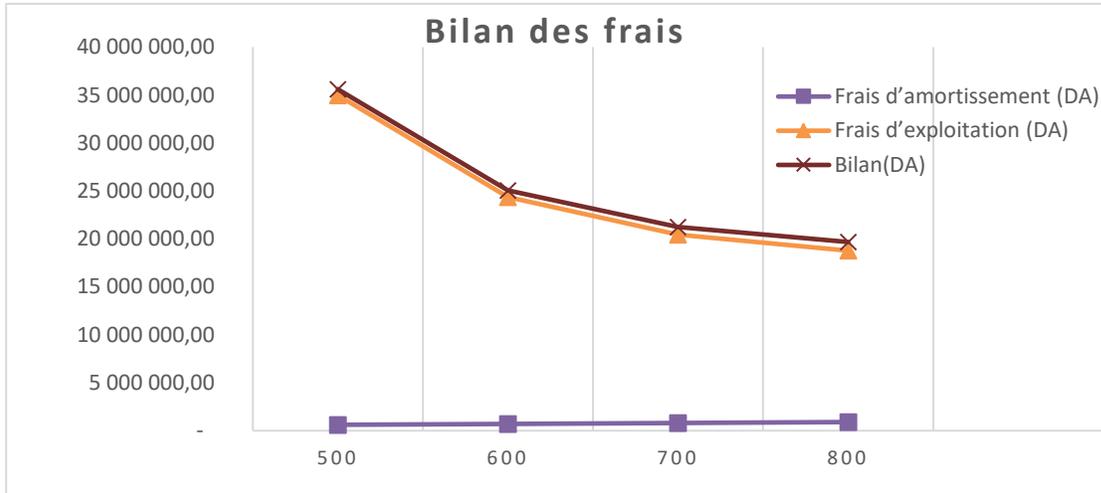


Figure IV.2 : bilan des frais

D'après le graphe du bilan, on remarque que le diamètre économique est de 800 mm correspond à une H_{MT} de l'ordre de 72 m.

IV.5.2.3. 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 et meilleur rendement;

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

- Le débit d'équipement qui est de 567 l/s ;
- La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction elle est de 72 m ;
- La conduite de refoulement a un linéaire de 4735m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau IV.5, Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau IV.5 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.

Nombre de pompe	Q (l/s)	H_{MT} (m)	Type de pompe	η %	N (tr/m n)	P_{ab} (kw)	$NPSH_r$ (m)	\varnothing mm
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
5	113.4	72.0	MEC-AZRBH 2/125B	78.1	2950	115	6.13	342

Dans notre cas, on choisit 5 pompe a axe horizontale multicellulaire avec 2 pompe de secours.

IV.5.2.4. Protection contre de la cavitation :

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

Pour la non cavitation on doit assurer la condition suivante :

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

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

La relation qui permet de calculer le $NPSH_d$ est la suivante :

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

Avec :

- ✓ $\frac{pa}{\rho g}$: en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de l'emplacement de la station de pompage
- ✓ Pv : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante.

Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est commande de prendre $Pv=20$ hPa, soit $\frac{Pv}{\rho g}=0.24m$

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

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

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

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

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

$$= 10.33 - 0.081 - 0.142 - 3.35 \times 10^{-7} - 0.24 = 8.02m.$$

$$(NPSH)_d = 8.02m.$$

Interprétation :

On remarque que $NPSH_d > NPSH_r$, ce qui explique que les pompes sont protégées contre la cavitation.

IV.5.2.5. Bâtiments de la station :

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

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

On choisit le type de bâtiment en fonction des paramètres mentionnés dans le tableau IV.8. Choix du type de bâtiment.

Dans notre cas, on opte pour un bâtiment de surface c'est à dire que tous l'ouvrage de la station est surélevé. Le bâtiment est constitué de deux parties :

- Une partie souterraine.
- Une partie supérieure constituée de briques ou de dalles préfabriqués.

Il faut prévoir un éclairage de 12.5% en plus de l'éclairage électrique

Il faut prévoir un pont roulant au-dessus de chaque installation qui dépasse 100Kg.

Partie supérieure : salle des machines, salle annexe.

Salles annexes : armoire électrique, bureau du chef d'exploitation, magasin.

IV.5.2.5.1. Hauteur du bâtiment :

Elle est calculée comme suit :

$$H_b = H_5 + H_6 + H_7 + H_8 + H_9$$

Où :

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

H_p : hauteur de la pompe, $H_p = 1.2\text{m}$;

H_{rf} : hauteur à la sortie de la pompe, $H_{rf} = 0,8\text{ m}$

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

A.N : $H_5 = 1.2 + 0,5 + 0.8$, d'où : $H_5 = 2.5\text{ m}$

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

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

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

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

A.N : $H_b = 2.5 + 2,2 + 0,3 + 0,8 + 0,5 \Rightarrow H_b = 6.9\text{ m}$.

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

IV.5.2.5.2. Longueur du bâtiment :

Elle est donnée en fonction des paramètres suivant :

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

n : nombre de pompes, $n = 7$ (tenant compte de la pompe de secours)

L : longueur de la pompe et celle du moteur (Fig., $L = 1.5$ m).

L_{int} : distance entre deux pompes voisines, $L_{int} = (0,8-1,2)$ m. On prend : $L_{int} = 0.8$ m.

L_{pf} : longueur de la plate-forme de montage, $L_{pf} = 3$ m.

L_r : longueur de l'armoire électrique, $L_r = (2-3)$ m ; On prend : $L_r = 2$ m.

L_m : épaisseur du mur, on prend : $0,6$ m.

L_{pm} : distance entre pompe et mur, on prend : $0,3$ m.

A.N : $L_b = 7 \times 1,5 + 1 \times 0,8 + 3 + 2 + 2 + 0,6 + 0,3 \Rightarrow L_b = 19.7$ m.

On opte pour une longueur de 20 m.

IV.5.2.5.3. Largeur du bâtiment :

Elle est donnée par la relation :

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

s : épaisseur du mur, $s = 0,3$ m ;

l_1 : distance entre mur et premier organe de la pompe, $l_1 = 0,3$ m ;

l_2 : largeur pompe moteur, $l_2 = 2,119$ m ;

l_3 : longueur des accessoires d'aspiration,

l_4 : longueur des accessoires de refoulement, $l_3 + l_4 = 3.25$ m

l_5 : longueur des collecteurs de refoulement, $l_5 = 2$ m.

l_6 : distance entre mur et escalier, $l_6 = 1$ m.

Finalement la largeur totale est de : 9 m.

Tableau IV.6 : Dimensions finales du bâtiment de la station.

Dimensions du bâtiment de la station (m)						
Longueur	Largeur	Hauteur	Epaisseur des murs	fenêtres	portes	
					secondaire	principale
20	9	5.5	0,3	1,4×2,2	2,5×1,6	3,2×3

IV.5.3. Dimensionnement du Réservoir de stockage :

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

Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V_T = V_{\text{stock}} + V_{\text{regulation}} + V(n-1)$$

Avec:

- ✓ V_T : Volume de réservoir (m^3).
- ✓ $V_{\text{stock}} = Q \cdot t' / Q_C$: débit caractéristique (m^3/h),
- ✓ $V_{\text{regulation}}$: Volume compensation marnage (m^3).

On trouve donc $V = 2105 m^3$

On prend un volume de $V = 2000 m^3$.

Bassin rectangulaire :

Les dimensions finales du bassin sont :

- Longueur : 25 m
- Largeur : 16 m
- Hauteur : 5 m

IV.6. Etude du système d'adduction-distribution (Desserte gravitaire) :

Dans notre étude nous avons une conduite principale va alimenter tout le périmètre, le point de départ de la conduite d'adduction sera le réservoir de stockage, la conduite sera de diamètre de $\varnothing 800$ mm jusqu'à $\varnothing 400$ mm.

IV.6.1. Dimensionnement du réseau de distribution :

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

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

IV.6.1.2. Vitesses admissibles :

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

IV.6.1.3. Choix du matériau des conduites :

Le choix judicieux du matériau d'une canalisation tend à améliorer le bilan économique au niveau des investissements, mais également le bon fonctionnement des installations pour obtenir une exploitation fiable, et leur disponibilité.

Les principaux matériaux utilisés pour les réseaux sont:

- l'acier inoxydable;
- la fonte;
- les matériaux synthétiques: PRV, PVC, PEHD.

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 :

- Bonne résistance à la corrosion
- Légèreté facilitant la pose de canalisation
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

- Le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.
- Sensible à l'écrasement sous la pression de remblai ou si la conduite n'est pas sous pression en permanence.

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

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

IV.6.1.4. Calcul des diamètres :

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

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

Avec :

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

IV.6.1.5. Estimation des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule Hazen-williams :

$$\Delta H_l = \left(\frac{3.592}{C} \right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852}$$

Avec :

- ΔH_L : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite, en m
- Q : Débit, en m³ /s
- D : Diamètre, en m
- C : Coefficient de Hazen-Williams c=140

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

Calcul des pressions des nœuds et des bornes :

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$\frac{1}{2g} V^2_1 + z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{1}{2g} V^2_2 + z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \Delta H_{1-2}$$

Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre périmètre sont détaillés dans le tableau IV.7 :

Tableau IV.7 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.

N° du tronçon	Long du tronçon L(m)	Long du tronçon L(km)	s(HA)	débit Q(l/s)	débit Q(M3/S)	Diametre calculé (mm)	Diametre Norm (mm)	Vitesse V réelle (m/s)	Perte de charge HWIlliams	Perte de charge Δ ht (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote peiezo (m)	Pression au point P(m)
R-ST	332	0,33	450,00	540,00	0,54	677,03	800	1,07	0,36	0,39	1227	1244,61	17,61
ST-N1	80	0,08	450,00	540,00	0,54	677,03	800	1,07	0,09	0,09	1218	1244,51	26,42
N1-N2	110	0,11	374,00	448,80	0,45	617,21	630	1,44	0,27	0,29	1209	1244,22	34,92
N1---N1-1	230	0,23	76,00	91,20	0,09	278,23	315	1,17	0,86	0,94	1222	1243,28	20,34
N1-1----N1-2	32	0,03	61,00	73,20	0,07	249,27	315	0,94	0,08	0,09	1212	1243,19	31,10
N1-2----N1-3	30	0,03	54,00	64,80	0,06	234,53	250	1,32	0,18	0,20	1215	1242,99	27,79
N1-3----N1-4	40	0,04	39,70	47,64	0,05	201,09	250	0,97	0,14	0,15	1220	1242,84	22,69
N1-1-B4	35	0,04	15,09	18,11	0,02	123,98	160	0,90	0,18	0,19	1220	1243,08	22,89
N1-2-B5	35	0,04	7,09	8,51	0,01	84,98	90	1,34	0,72	0,79	1210	1242,40	31,61
N1-3-B6	40	0,04	14,26	17,11	0,02	120,52	125	1,39	0,61	0,67	1215	1242,32	26,66
N1-4-B23	128	0,13	10,00	12,00	0,01	100,93	110	1,26	1,87	2,06	1217	1240,78	21,72
N1-4-B24	485	0,49	29,75	35,70	0,04	174,08	200	1,14	2,90	3,20	1200	1239,64	36,45
N2-B1	50	0,05	13,85	16,62	0,02	118,77	125	1,35	0,72	0,79	1210	1243,43	32,64
N2-N3	250	0,25	360,15	432,18	0,43	605,68	630	1,39	0,57	0,62	1200	1243,595	42,97
N3-B3	25	0,03	18,05	21,66	0,02	135,59	160	1,08	0,18	0,19	1200	1243,401	43,21
N3-N4	500	0,50	342,10	410,52	0,41	590,31	630	1,32	1,03	1,14	1186	1242,459	55,32
N4-B2	30	0,03	7,55	9,06	0,01	87,69	90	1,42	0,69	0,76	1187	1241,697	53,94
N4-N5	310	0,31	334,50	401,40	0,40	583,71	630	1,29	0,61	0,68	1178	1241,783	63,11
N5---N5-1	120	0,12	33,57	40,28	0,04	184,92	200	1,28	0,90	0,99	1178	1240,795	61,81
N5-1-B11	40	0,04	13,00	15,60	0,02	115,07	125	1,27	0,51	0,56	1176	1240,233	63,67
N5-1-B12	290	0,29	20,57	24,68	0,02	144,75	160	1,23	2,60	2,86	1179	1237,935	56,07
N5---N5-2	275	0,28	48,80	58,56	0,06	222,95	250	1,19	1,39	1,53	1184	1240,255	54,73

N5-2-B10	40	0,04	17,50	21,00	0,02	133,51	160	1,04	0,27	0,29	1183	1239,963	56,67
N5-2-- N5-3	120	0,12	31,30	37,56	0,04	178,56	200	1,20	0,79	0,87	1192	1239,386	46,52
N5-3-B7	50	0,05	11,10	13,32	0,01	106,33	110	1,40	0,89	0,98	1192	1238,411	45,44
N5-3-- N5-4	180	0,18	20,20	24,24	0,02	143,44	160	1,21	1,56	1,72	1188	1237,670	47,95
N5-4-B8	40	0,04	10,15	12,18	0,01	101,68	110	1,28	0,60	0,66	1185	1237,009	51,35
N5-4-B9	600	0,60	10,05	12,06	0,01	101,18	110	1,27	8,85	9,74	1180	1227,932	38,19
N5-N6	880	0,88	252,13	302,56	0,30	506,77	630	0,97	1,03	1,14	1164	1240,647	75,51
N6-B13	120	0,12	12,87	15,44	0,02	114,50	125	1,26	1,50	1,65	1163	1238,995	74,34
N6-N7	265	0,27	239,26	287,11	0,29	493,67	630	0,92	0,28	0,31	1161	1240,337	79,03
N7---N7- 1	110	0,11	25,29	30,35	0,03	160,50	200	0,97	0,49	0,54	1159	1239,800	80,26
N7-1-B14	15	0,02	7,97	9,56	0,01	90,10	110	1,01	0,14	0,16	1159	1239,642	80,48
N7-1-- N7-2	435	0,44	17,32	20,78	0,02	132,82	160	1,03	2,84	3,12	1154	1236,681	79,56
N7-2-B15	20	0,02	1,13	1,36	0,00	33,93	40	1,08	0,71	0,78	1154	1235,899	81,12
N7-2-- N7-3	340	0,34	16,19	19,43	0,02	128,42	160	0,97	1,96	2,15	1150	1234,529	82,38
N7-3-B16	120	0,12	6,63	7,96	0,01	82,18	90	1,25	2,18	2,40	1154	1232,134	75,74
N7-3-B17	50	0,05	9,56	11,47	0,01	98,68	110	1,21	0,67	0,74	1149	1233,789	84,05
N7-N8	825	0,83	213,97	256,76	0,26	466,85	500	1,31	2,20	2,42	1190	1237,915	45,49
N8---N8- 1	290	0,29	104,90	125,88	0,13	326,88	350	1,31	1,17	1,29	1191	1236,623	44,33
N8-1--- B31	15	0,02	15,82	18,98	0,02	126,94	160	0,94	0,08	0,09	1185	1236,532	51,44
N8-1--- N8-2	280	0,28	89,08	106,90	0,11	301,22	350	1,11	0,84	0,92	1189	1235,611	45,69
N8-2--- B30	15	0,02	8,60	10,32	0,01	93,59	110	1,09	0,17	0,18	1187	1235,428	48,25
N8-2--- N8-3	200	0,20	80,48	96,58	0,10	286,31	300	1,37	1,05	1,16	1194	1234,456	39,30
N8-3--- B29	15	0,02	12,22	14,66	0,01	111,57	125	1,19	0,17	0,19	1190	1234,268	44,08

N8-3--- N8-4	328	0,33	68,26	81,91	0,08	263,68	300	1,16	1,27	1,40	1200	1233,059	31,66
N8-4--- B28	15	0,02	15,85	19,02	0,02	127,06	160	0,95	0,08	0,09	1195	1232,968	37,88
N8-4--- N8-5	400	0,40	52,41	62,89	0,06	231,05	250	1,28	2,31	2,54	1195	1230,522	32,98
N8-5--- B26	300	0,30	12,00	14,40	0,01	110,56	125	1,17	3,30	3,63	1193	1226,894	30,27
N8-5--- N8-6	165	0,17	40,41	48,49	0,05	202,88	250	0,99	0,59	0,65	1183	1226,247	42,60
N8-6--- B27	40	0,04	23,00	27,60	0,03	153,06	160	1,37	0,44	0,49	1182	1225,762	43,28
N8-6--- B25	270	0,27	17,00	20,40	0,02	131,59	140	1,33	3,26	3,58	1192	1222,663	27,08
N8-N9	142	0,14	109,07	130,88	0,13	333,31	400	1,04	0,32	0,35	1184	1237,560	53,21
N9-B32	15	0,02	15,87	19,04	0,02	127,14	140	1,24	0,16	0,18	1180	1237,385	57,21
N9-N10	290	0,29	93,20	111,84	0,11	308,11	400	0,89	0,49	0,54	1183	1237,019	53,48
N10-B33	15	0,02	12,36	14,83	0,01	112,20	125	1,21	0,17	0,19	1177	1236,827	59,64
N10- N11	372	0,37	80,84	97,01	0,10	286,95	315	1,24	1,55	1,71	1183	1235,310	50,60
N11--- N11-2	150	0,15	59,00	70,80	0,07	245,15	300	1,00	0,44	0,49	1183	1234,823	51,34
N11-2-- B34	15	0,02	14,94	17,93	0,02	123,36	140	1,16	0,14	0,16	1178	1234,666	56,51
N11-2-- N11-3	290	0,29	44,06	52,87	0,05	211,85	250	1,08	1,21	1,33	1178	1233,489	54,16
N11-3-- B35	15	0,02	11,30	13,56	0,01	107,29	125	1,10	0,15	0,16	1176	1233,327	57,16
N11-3-- N11-4	300	0,30	32,76	39,31	0,04	182,67	200	1,25	2,15	2,36	1173	1231,126	55,76
N11-4-- B36	15	0,02	7,54	9,05	0,01	87,64	110	0,95	0,13	0,14	1171	1230,983	59,84
N11-4-- N11-5	180	0,18	25,22	30,26	0,03	160,28	200	0,96	0,79	0,87	1167	1230,253	62,38
N11-5-- B37	15	0,02	8,65	10,38	0,01	93,87	110	1,09	0,17	0,18	1165	1230,068	64,88

N11-5-- N11-6	300	0,30	16,57	19,88	0,02	129,92	140	1,29	3,45	3,80	1160	1226,455	62,66
N11-6-- B38	15	0,02	9,17	11,00	0,01	96,65	110	1,16	0,19	0,21	1158	1226,249	68,04
N11-6-- N11-7	340	0,34	7,40	8,88	0,01	86,82	110	0,93	2,85	3,13	1150	1223,324	70,19
N11-7-- B39	40	0,04	2,97	3,56	0,00	55,00	75	0,81	0,40	0,44	1149	1222,886	73,45
N11-7-- B40	180	0,18	4,43	5,32	0,01	67,17	75	1,20	3,76	4,14	1148	1219,187	67,05
N11--- N11-1	425	0,43	27,34	32,81	0,03	166,88	200	1,04	2,18	2,39	1150	1232,916	80,52
N11-1-- B18	170	0,17	8,87	10,64	0,01	95,05	110	1,12	1,99	2,19	1150	1230,726	78,54
N11-1-- N11-8	554	0,55	18,47	22,16	0,02	137,16	160	1,10	4,07	4,48	1150	1228,440	73,96
N11-8-- B19	15	0,02	5,00	6,00	0,01	71,36	90	0,94	0,16	0,18	1148	1228,263	80,09
N11-8-- N11-9	204	0,20	13,47	16,16	0,02	117,13	125	1,32	2,78	3,06	1148	1225,384	74,33
N11-9-- B20	15	0,02	3,05	3,66	0,00	55,74	75	0,83	0,16	0,17	1146	1225,212	79,04
N11-9-- N11-10	260	0,26	10,42	12,50	0,01	103,02	110	1,32	4,10	4,51	1143	1220,872	73,36
N11-10-- B21	15	0,02	6,40	7,68	0,01	80,74	90	1,21	0,25	0,28	1142	1220,592	78,31
N11-10-- B22	300	0,30	4,02	4,82	0,00	63,99	75	1,09	5,24	5,76	1138	1215,111	71,35

IV.7.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons détaillé le système d'adduction qui est la principale composante d'un projet d'aménagement hydro-agricole.

Après avoir choisi la variante d'aménagement avec un système de pompage, nous avons calculé les paramètres hydrauliques des diverses conduites de tous les tronçons du réseau de distribution.

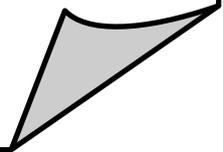
Nous avons choisi des conduites en PEHD pour des diamètres allant de 75 mm jusqu'au 315 mm et en fonte pour des diamètres supérieurs.

Les pressions obtenues sont généralement satisfaisantes et dans certains cas supérieures à 6.5 bars, ce qui nécessite l'installation de brise charge au niveau de ces points sensibles.

,

Chapitre V

Choix de la technique d'irrigation



Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

V.1. Introduction :

L'irrigation est l'apport artificiel de l'eau pour les cultures, pour permettre leur développement optimal, en cas d'absence de pluie.

Il existe différents types de techniques d'irrigation qui diffèrent en fonction de la distribution sur le terrain. Dans ce chapitre, nous étudierons ces différentes techniques puis nous choisirons celle qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

V.2. Différentes techniques d'irrigation : (A. Phocaidès, 2008)

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois classes :

- L'irrigation gravitaire ou de surface.
- L'irrigation par aspersion (sous pression).
- L'irrigation par micro-irrigation (sous pression).

V.2.1. Irrigation de surface (gravitaire) :

Dans les systèmes d'irrigation de surface, l'eau se déplace sur le terrain sous l'effet d'un simple écoulement par gravité pour l'humidifier et s'infiltrer dans le sol. Historiquement, il s'agit de la méthode d'irrigation la plus utilisée sur les terres agricoles.

On classe généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux : irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration, irrigations par submersion.

V.2.1.1. L'irrigation par ruissellement :

L'eau s'écoule en nappe mince sur toute la surface à irriguer et s'infiltrer progressivement. L'eau est apportée par ruissellement à partir des fossés du champ sans vrai contrôle par des digues limitant le mouvement de l'eau.

V.3.1.2. Irrigation à la raie :

Avec l'irrigation à la raie, l'eau ne ruisselle que sur une faible partie de la surface du sol, elle consiste à amener l'eau à la plante, par une série des raies plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière. Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain.



Figure V.1 : Irrigation à la raie.

V.2.1.3. L'arrosage par submersion : (R. CLEMENT,1978)

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile. Cette façon est souvent comparée à une inondation sauvage.

V.2.1.4. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité :

➤ **Avantage :**

- Techniques simples, n'exige pas d'apport énergétique extérieur.
- Coût d'investissement faible.
- Peut réalimenter les nappes.

➤ **Inconvénients :**

- Nécessite un temps et une main d'œuvre importants.
- Pertes d'eau importantes.
- Nécessité un nivellement et un terrassement.
- Faible efficacité.
- Estimation du volume réellement consommé difficile.

V.2.2. L'irrigation par aspersion :

L'aspersion est une technique d'irrigation par laquelle l'eau est apportée aux plantes sous la forme d'une pluie artificielle. Les deux dispositifs les plus utilisés pour la mettre en œuvre sont les asperseurs rotatifs et les canons d'arrosage.

V.2.2.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

➤ **Avantages :**

- Elle ne demande aucun aménagement préalable du sol.
- Elle peut s'adapter à des sols de tous types.

- L'efficacité de l'eau varie de 65 à 85 % en fonction de la maîtrise technique des irrigants.
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation
- Nécessite moins de mains d'œuvres

➤ **Inconvénients**

- Investissement important pour l'agriculteur.
- Maintenance des installations collectives onéreuse.
- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'aire plus sec.
- Elle favorise le développement des mauvaises herbes.

V.2.2.2. Différentes installations à la parcelle :

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées : L'installation fixe, et l'installation mobile.

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

➤ **Couverture totale**

Dans ce cas, on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage, seuls les asperseurs doivent être déplacés.

➤ **Couverture intégrale**

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des rampes 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.

Installation mobile

➤ **Irrigation par enrouleur :**

L'enrouleur et le matériel d'irrigation par aspersion le plus utilisé. Plus de 70% des surfaces arrosées le sont par enrouleur, en raison notamment de sa grande souplesse d'utilisation.

Un enrouleur se compose d'un canon d'arrosage, fixé sur un support à roue, et alimenté par un tuyau flexible enroulé sur une bobine. Un moteur hydraulique entraîne la bobine en rotation, et le tuyau en s'enroulant provoque le déplacement du canon. Les canons à retour lent permettent une meilleure répartition de l'eau que les canons à retour rapide.

➤ **Irrigation par pivot :**

Les pivots et les rampes frontales sont des appareils d'irrigation automoteurs qui généralement arrosent les prairies et les autres cultures au-dessus de la canopée.

Les pivots se déplacent en cercle autour de ce point central. Par contre les deux extrémités des rampes frontales sont libres et la machine se déplace à vitesse constante d'un côté à l'autre de la parcelle. Les pivots et les rampes frontales nécessitent de l'énergie pour transporter l'eau de la source à la plante et pour se déplacer sur la parcelle.



Figure V.2: Irrigation par enrouleur et pivot.

V.2.3. Irrigation localisée (Goutte à goutte) :

L'irrigation localisée consiste à amener l'eau sous pression dans des canalisations, cette eau est ensuite distribuée sous forme de gouttes par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes.

V.2.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :

➤ **Avantages :**

- Une très bonne efficacité d'irrigation.
- Technique adaptée à tout type de sol et culture.
- Automatisation possible pour l'irrigation localisée.
- Nécessite moins de mains d'œuvres

➤ **Inconvénients :**

- **L'obstruction des goutteurs :** Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs.

- **Accumulation de sels** : Pendant la période d'irrigation les sels sont peuvent s'accumuler dans les tranches du sol en absence de pluie.

V.3. 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 multicritère 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, notre analyse est détaillée comme suit :

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 économique			
▪ économie d'eau	X	++	+++

Remarque :

x: inadéquat ou déconseillé ; +: Adapté avec réserve;

++: Adapté ; +++: Très Adapté

V.4.Conclusion :

La sélection d'une méthode d'irrigation appropriée à une combinaison de conditions physiques et socio-économiques, dépend de facteurs complexes et parfois opposés. Pour pouvoir choisir la méthode d'irrigation la plus adaptée, il faut qu'on soit capable d'évaluer les avantages et les désavantages de chaque méthode.

Dans notre étude, nous nous sommes basés sur les techniques d'irrigation modernes qui sont: le goutte à goutte qui sera utilisé pour l'arboriculture et les cultures maraichères et l'asperseur pour les céréales.

Chapitre VI

Dimensionnement à la parcelle

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1. Introduction :

Les équipements mis en jeu ou les aménagements de terrain sont fonction de la technique d'irrigation adoptée par les irrigants : irrigation de surface, irrigation par aspersion, irrigation localisée.

Ce présent chapitre a pour étude le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte et d'un réseau d'aspersion.

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

Dans cette partie on va dimensionner le réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), qui nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail (**Ollier et Poirre, 1983**).

VI.2.1. Données générales :

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle n°48 alimentée par la borne n°26 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.1bars, ce qui est largement suffisant.

La surface de l'exploitation est de 1ha et présente une forme relativement rectangulaire

Culture : Pommier : Besoin de pointe : 140 mm (juillet)

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

- -surface : **1.ha**
- -Longueur : **125 m.**
- -Largeur : **82 m.**

Caractéristiques du goutteur :

- Débit nominal : 4l/h ; Pression nominale : 10 m.c.e
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2
- Espacement des goutteurs \approx 1-2 m

VI.2.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

▪ Influence du taux de couverture du sol

L'irrigation localisée est utilisée principalement pour les cultures en ligne ou une partie seulement de la surface est occupée par la plante donc la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite

On doit alors pour calculer les besoins en eau d'irrigation localisée appliqués à L'ETM un coefficient de réduction : K_r

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après (**Ollier et Poirre, 1983**):

- La formule de Freeman et Garzoli :

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

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s$$

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

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli ou $K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_{ji} = B_j \cdot K_r \quad \text{-----} \quad B_j = ETM_c = (140/30) \cdot 0.8 = \mathbf{3.73 \text{ mm/j}}$$

VI.2.3. Dose nette pratique :

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

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

Tel que :

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (27%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (16%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié

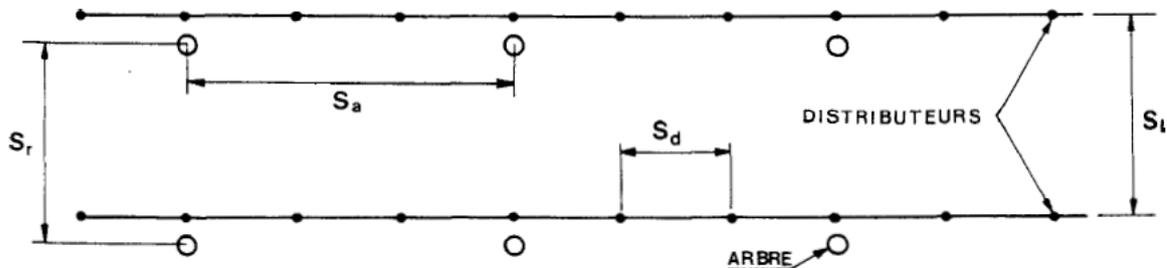


Figure VI.1 : Dispositifs d'installation des gouttes à gouttes.

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

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

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre ($\approx 1.5m$)

S_h : Largeur de la bande humidifiée d'après la table = 1m (arbres)

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m

S_a : espacement des arbres sur les rangs = 4m

$$P\% = 19\%$$

Donc :

$$RFU = (27-16) / 1,0 * 1500 * 2/3 * 1,35 = 148,5 \text{ mm}$$

$$\text{Et } D_p = RFU * P\% = 148,5 * 0,19 = 27,84 \text{ mm}$$

VI.2.4. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

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

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{ETMc} = \frac{27,84}{3,7} = 7,46$$

Donc on prend un Tour = 7 jours

❖ Calcul de la dose réelle (brute) :

On recalcule la nouvelle dose réelle :

❖ Dose réelle (Dr) :

$$Dr = B_{jm} * Fr = 3,7 * 7 = 26,1 \text{ mm}$$

❖ La dose brute réelle (Dbr) :

$$D \text{ Brute} = Dr / (E_f * C_u)$$

Eff : efficacité du réseau d'irrigation $E_f = 90\%$, C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 90\%$

$$D_{brute} = \frac{Dr}{C_u * eff} = \frac{26}{0,90 * 0,90} = 32,26$$

❖ Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = \frac{D_{br} * S_d * S_r}{n * Q_g}$$

S_r et S_d espacement entre rang et distributeur, n et Q_g nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{32,1 * 4 * 2}{2 * 4} = 32,26 \text{ heures}$$

❖ Durée d'arrosage journalier :

Pour un arrosage quotidien, on doit soit doubler les rampes, ou alors augmenter le débit des goutteurs à 8l/s, ce qui donne un temps d'arrosage a : $\theta = 12 \text{ heures/jours}$

❖ Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

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

❖ Surface du poste :

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

$$\text{❖ Débit d'installation : } Q_s = K \frac{S_p D_{brute}}{n_p t} = 3.71 \text{ m}^3/\text{h}$$

VI.2.5. Calculs hydrauliques :

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen : $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$: La variation maximale de la pression : $dq = K \cdot x H^{x-1} \cdot dH$

ce qui donne (avec $q = K \cdot H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur))

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

$H(n)$ pression nominal $x=0.5$ donc $0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max)}{10}$ ----- $\Delta H(\max)=1/0.5 = 2 \text{ mce.}$

Donc selon la règle de Christiansen 10% ΔH singulières = 0.2 m, et 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes 2/3. 1.8 = 1.2 m et Pour le porte rampe = 1/3. 1.8 = 0.6 m

VI.2.5.1. 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 :** Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité),
- **Porte-rampes :** Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

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

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

Avec :

- $Pdc(r)$: la perte de charge dans la rampe
- $Q(r)$: le débit de la rampe en l/h
- $L(r)$: la longueur de la rampe en m
- Φ_r (cal) : le diamètre de rampes
- Φ_{pr} (cal) : le diamètre de porte rampe

VI.2.5.1. Pour les rampes : L= 80 m

- ❖ **Calcul du debit de la rampe**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

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

- ❖ **Le nombre d'arbres par rampe:**

$$N \text{ arbres} = L_r / E_r = 80 / 4 = 20 \text{ arbres}$$

❖ **Nombre des goutteurs par rampe:**

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 20 * 2 = 40 \text{ goutteurs}$$

❖ **Diamètre de la rampe**

$$\phi_{PR} = \left[\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 * 160^{1.75} * 120} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \phi_r(\text{cal}) = 10.86 \text{ mm, on prend } \mathbf{D=16mm}$$

VI.2.5.2. Pour le porte rampe :❖ **Le nombre des rampes:**

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

❖ **Débit de la rampe :**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 32 * 4 = 128 \text{ l/h}$$

❖ **Débit de la porte rampe:**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 128 * 30 = 4800 \text{ l/h}$$

❖ **Diamètre du porte rampe:**

$$\phi_{PR} = \left[\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 * 4800^{1.75} * 120} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \phi_r(\text{cal}) = 47.93 \text{ mm}$$

On prend un diamètre de **63 mm**.

VI.2.5.2. Pour la conduite tertiaire :

L=10m, 1 seul porte Rampe $Q_{ct} = Q_{\text{porte rampe}} = \text{même diamètre}$.

VI.2.6. Vérification des pertes de charges

- ❖ **Rampe:** On recalcule les pertes de charges pour un $D = 16 \text{ mm}$. Les Perte de charge selon Hazen-williams :

$$J = \left(\frac{3,592}{C_{HW}} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,852}$$

Longueur de conduite, en m

Ou : L : la longueur de la conduite m ; Q : débit (m^3/s) ; D : diamètre (normalisé) intérieur de la canalisation (m) C_{hw} : paramètre de rugosité = 130-140 (PEHD);

Rampe: $C_w = 130$ PEHD, $L = 80\text{m}$, $D = 0.016\text{m}$, $Q = 4.4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

on a: $\Delta H_{\text{rampe}} = 0.51 \text{ m}$

Tableau VI.1 : calcul du diamètre de la rampe.

Culture	Surface (m ²)	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	ΔH (m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	ΔH_{cal} (m)
pommier	10000	80	40	160	1.2	10.86	16	0.22	0.51

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max).

❖ **Porte-Rampe:** On recalcule les pertes de charges pour un D = 63 mm. Les Perte de charge selon Hazen-williams

Cw= 130 PEBD, L=120m, D= 0.063m, Q= 0.00133 m³/s

on a $\Delta H_{P.rampe}$ = 0.52 m

Tableau VI.2 : calcul du diamètre de la porte rampe.

Culture	Surface m ²	Lpr(m)	Nrampe	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
pommier	10000	120	30	4800	0.6	47.93	63	0.42	0.52

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen ($\Delta H < 1.8m$)

VI.2.7. Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution :

Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable :

Tableau VI.3: Résultat de calcul pratique de goutte a goutte

Conduites	Rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	80	120	120
Diamètre(m)	16	63	63
Débit (m ³ /s)	$4.4 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$

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

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est amenée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression.

Présentons sommairement le principe de la mise en œuvre de l'irrigation à la parcelle dans le cadre d'un équipement classique.

À partir de la prise d'irrigation, l'agriculteur dispose d'une canalisation d'approche (conduite tertiaire) alimentant les portes rampes qui alimentent à leurs tours les rampes sur lesquelles sont montés les asperseurs.

VI.3.1. Données générales :

Le dimensionnement par asperseur nécessite au préalable de quantifier certains paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette technique, tels que le choix de la culture et les caractéristiques de la parcelle choisie.

Choix de la culture : nous avons choisi l'irrigation de blé.

Choix de parcelle et de l'ilot : la parcelle choisie pour l'arrosage par aspersion est n°60, dans l'ilot n°34, qui présente une superficie de 2.13 ha.

La parcelle est de forme rectangulaire présente des dimensions de 165x125m, elle est alimentée par la borne N°34 qui dispose d'une pression de 5.4 bars.

Temps de travail : 20 heures par jour, et 26 jours par mois

Besoins en de pointe : 150 mm/mois pour le mois de pointe.

Perméabilité du sol : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à :
K= 7 mm/h.

Dose pratique : RFU : elle est calculée comme suit :

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

Y: degré de tarissement : égal à 2/3 ;

Da: densité apparente : égale à 1.35

Z: profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le blé)

H_{cc}: humidité à la capacité au champ (27%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (16%).

$$RFU = (27-16)/100 * 0.6 * 1000 * 1.35 * 2/3 = 59.4 \text{ mm}$$

VI.3.2. Dimensionnement théorique

a) Calcul du diamètre de l'ajutage de la buse :

La perméabilité du sol K= 7 mm/h; On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

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

$$P = \frac{1.5 \cdot d}{1.04}$$

$$\text{D'où : } d = \frac{7 \cdot 1,04}{1,5} = 4,85 \text{ m m}$$

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

b) Calcul de la portée du jet (L)

La portée du jet est la distance de l'appareil au point du rayon arrosé, permet de définir la surface circulaire arrosée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25}$$

Avec : d : le diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), on prend P= 3 bars, hauteur d'eau =30m.

$$L = 3 * (4.80)^{0.5} * 30^{0.25} = 15.38$$

Théoriquement, cette formule est valable, mais demande encore plus de précisions en fonction du diamètre choisi et recommandé par le fournisseur.

D'après le catalogue , pour le diamètre de la buse de 4,80mm à une pression minimale de 3 bars, la portée calculée est de 16m.

c) Ecartements entre les rampes et arroseurs

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

E_l entre les lignes d'arrosage : 1,3L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,6 L (vent fort).

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (<10Km/h).

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 3 m/s=10.8Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1.3 * 16 = 20.80\text{m} , \text{ et } E_a = 0.8 * 16 = 12.8\text{m}$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit : $E_l=18\text{m}$, $E_a=12\text{m}$.

Verification de la pluviometrie de la buse :

d) Débit de l'asperseur

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

$$q = 0.95 \frac{\pi * d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

$$q = 0.92 \frac{\pi * 0.0048^2}{4} \sqrt{2 * 9.81 * 30} = 0.00042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q = 1.45 \text{ m}^3/\text{h}$$

e) Vérification de la pluviométrie de la buse

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

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a}$$

q : est le débit de l'asperseur choisi, $q=4.2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\text{D'où } p = \frac{1.45}{18 \cdot 12} = 6.2 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K=7 \text{ mm/h}$.

Calcul du tour d'eau :

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles.

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

$$T_{\text{eau}} = \frac{59.4 \cdot 26}{150} = 10.29 \text{ jours.}$$

On prend un tour d'eau de 10 jours.

Donc on irrigue 3 fois par mois.

f) La dose réelle :

$D_r = T_{\text{eau}} \cdot \text{la dose journalière} = 10 \cdot 5 = 50 \text{ mm}$.

$D_r = 50 \text{ mm}$.

g) Calcul de la dose brute :

$$D_b = \frac{\text{La dose réelle}}{Eff} = 50 / 0,75 = 66,6 \text{ mm}$$

h) Temps d'arrosage :

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcule d'après la relation suivante :

$$T = \frac{\text{dose_réelle_brute}}{\text{pluviométrie}} = \frac{66,6}{7} = 9,52 \text{ h}$$

$T = 9,5 \text{ h}$.

Donc on pourra adapter deux positions par jour pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement d'un 22 h

i) Calcul du débit d'équipement (Qeq) :

$$Q_{eq} = \frac{S \cdot B_{mp} \cdot 10}{T \cdot n \cdot N_J} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10}{9,5 \cdot 2 \cdot 26} = 6.05 \text{ m}^3/\text{h}$$

j) Calcul de l'unité d'arrosage (SU) :

$$\text{La surface unitaire arrosée : } S_u = \frac{S}{T_{\text{eau}} \cdot n} = \frac{2}{10 \cdot 2} = 0.1 \text{ ha}$$

k) Nombre d'asperseur requis (Nasp) :

$$N_{asp} = \frac{Su \cdot 10000}{El \cdot Ea} = \frac{0.1 \cdot 10000}{18 \cdot 12} = 5 \text{ asp}$$

tel que: La dose réelle brute d'arrosage = la dose réelle/0.75

VI.3.3. Dimensionnement hydrauliques des rampes :

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion.

❖ Longueur de la rampe

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

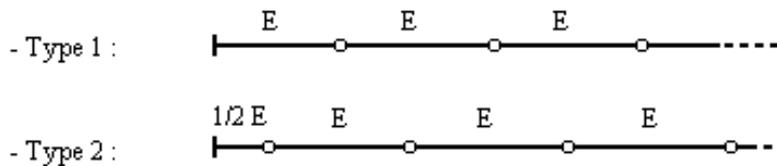


Figure VI.2 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est donc :

Pour le type 1 : $L = n \cdot E$

Pour le type 2 : $L = (n-0,5) \cdot E$

d'où :

$$L = \frac{\text{largeur de terrain}}{2} - \frac{Ea}{2} = \frac{125}{2} - \frac{12}{2} = 56.5 \text{ m}$$

❖ Nbre asperseur/rampe (N) :

$$N = \frac{\text{largeur}}{Ea} = \frac{Lr}{Ea} = \frac{56.5}{12} + 1 = 5 \text{ asperseurs}$$

❖ Nombre de rampes(Nr) :

$$N_r = \frac{N_{asp}}{(\text{nbr asp/ rampe})} = 1 \text{ rampe.}$$

On travaille avec une rampe.

❖ Calcul du débit de la rampe(Qr) :

$Q_r = \text{le débit de l'asperseur} \times \text{le nombre d'asperseur/ rampe.}$

Le débit de la rampe : $Q_r = 1,45 \cdot 5 = 7.5 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00208 \text{ m}^3/\text{h}$

Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{Lr}{El} = \frac{165}{18} = 9$$

L_r : longueur du terrain = 130 m, E_l : espacement entre les rampes (=18m).

Nous avons les données suivantes :

Longueur de la rampe $L = 56.5 \text{ m.}$

Nombre d'asperseur par rampe 5 asperseurs

Nombre de rampes =1 rampe

Débit de la rampe= $7.5 \text{ m}^3/\text{h}=0.00208 \text{ m}^3/\text{s}$.

❖ Calcul du Diamètre de la rampe

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi \cdot V}}$$

Avec V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

$$\text{Ou : } V \leq V_{ADM} ; V_{adm} \in [0.5 \div 2.5] \text{ m/s}$$

On suppose que $V=1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_R

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.08 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1.5}} = 0.042 \text{ m} = 42 \text{ mm.}$$

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

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

Le diamètre normalisé ($D_r=50 \text{ mm}$).

VI.3.3.1 Vérification des pertes de charges :

- ❖ **Rampe:** On recalcule les pertes de charges pour un $D = 50 \text{ mm}$. Les Perte de charge selon hazen-williams

$$J = \left(\frac{3,592}{C_{HW}} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}} \frac{Q^{1,852}}{\text{Longueur de conduite, en m}}$$

Ou : L : la longueur de la conduite m ; Q : débit (m^3/s) ; D : diamètre (normalisé) intérieur de la canalisation (m) C_{hw} : paramètre de rugosité =130-140 (PEHD);

$H_f=1.50\text{m}$ et donc $H_t=1.65\text{m}$

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 2.08 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2} = 1.06 \text{ m/s}$$
 Ce qui est conforme.

VI.3.4. Dimensionnement de la porte-rampe :

La longueur de la porte-rampe est calculée par :

$$L_{pr}=165-18/2 =156 \text{ m}$$

On recalcule avec le porte-rampe

$$Q_{p_rampe} = Q_{asp} \cdot n_{asp/rampe} \cdot N_{rampe} = 1.5 \cdot 5 \cdot 1 \quad Q=0.00208 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Ou : } V \leq V_{ADM} ; V_{adm} \in [0.5 \div 2.5] \text{ m/s}$$

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_R

$$D_{Pr} = \sqrt{\frac{4 * 2.08 * 10^{-3}}{\pi * 1.5}} = 0.042 \text{m} = 42 \text{ mm.}$$

On prend donc un diamètre de la porte rampe de 63mm.

- ❖ **Porte rampe:** On recalcule les pertes de charges pour un D = 63 mm. Les Perte de charge selon hazen-williams

$$J = \left(\frac{3,592}{C_{HW}} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852}$$

Longueur de conduite, en m

Ou : L : la longueur de la conduite m ; Q : débit (m³/s) ; D : diamètre (normalisé) intérieur de la canalisation (m) Chw : paramètre de rugosité =130-140 (PEHD);

H_i=1.34m et donc H_t=1.50m

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 2.08 * 10^{-3}}{\pi * (63 * 10^{-3})^2} = 0.67 \text{m/s} \text{ Ce qui est conforme.}$$

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.4 : Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	156	56.5
Diamètre (mm)	63	50
Débit (m ³ /h)	7.5	7.5
Vitesse (m/s)	0.67	1,06
Perte de charge totale (m)	1.65	1.50

ΔH_i=1.65+1.50=3.15 m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VI.3.5.Calcul de la pression en tête du réseau

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

H : pression à la tête de la parcelle.

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

H₂ : perte de charge totale de la rampe

H₃ : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

H=30+3.15+0=33.15m.

P=3,3 bar, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 5.4 bars.

VI.4. Conclusion

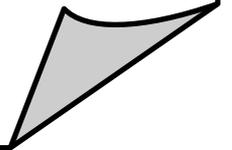
Le choix de techniques d'irrigation revêt une grande importance au sein d'un périmètre, puisqu'il régit l'intensification des cultures.

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement de deux systèmes d'irrigation : le système goutte à goutte ainsi qu'au dimensionnement d'un système d'aspersion.

L'introduction de ces systèmes permet une revalorisation de l'agriculture par une augmentation des rendements.

Chapitre VII

Calcul technico-économique



Chapitre VII : Calcul technico-économique

VII.1.Introduction :

L'étude économique d'un projet est indissociable de l'étude technique, car c'est elle nous donne les éléments déterminants pour la réalisation ou pas du projet. A titre d'exemple:

L'enveloppe à débloquer pour la réalisation du projet et sa disponibilité ;

Les intérêts économiques et sociaux du projet face à l'importance de l'enveloppe budgétaire débloquée.

Dans le cadre de notre travail, l'étude qui va suivre n'a pour but que de donner une idée générale sur le cout qui peut occasionner un projet de ce genre

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

L'étude technico-économique permet d'estimer toutes les opérations nécessaires à la réalisation d'ouvrage d'aménagement hydro-agricole. Ces ouvrages sont repartis par les lots suivants :

- 1-lot n°1 : Le système de pompage avec la conduite de refoulement
- 2- lot n°2 : Le réservoir de stockage
- 3- lot n°3 : Le système d'adduction

VII.2. Evaluation du cout des travaux :

VII.2.1. Le système de pompage :

Le système de pompage est composé de :

- Partie génie civil
- Equipements hydromécaniques
- Bâche d'aspiration
- la conduite de refoulement

Le détail estimatif des différentes composantes des travaux est présenté dans l'Annexe, avec répartition des travaux et des coûts.

L'estimation des coûts est récapitulée au Tableau .1.

Tableau VII.1: Prix du lot n°1.

Désignation des travaux	Montant
1-Génie Civil	9450000,00
2-Equipements hydro-mécaniques	2295000,00
3- Bâche d'aspiration	2020000,00
4- la conduite de refoulement	236750000,00
TOTAL GENERAL	250515000,00

VII.2.2. Le réservoir de stockage :

Les travaux concernant le réservoir de stockage sont Terrassements, Bétons, maçonneries, matériaux et second œuvre.

Le détail estimatif des différentes composantes des travaux est présenté dans l'Annexe.

Le coût de réservoir de stockage est **6306000,00 DA**

VII.2.3. Le système d'adduction :

Le système d'adduction est constitué de :

- Conduite gravitaire (conduite principale)
- Conduites secondaires et accessoires
- Bornes d'irrigation

VII.2.3.1 Travaux concernant l'adduction:

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction sont :

- **Exécution des tranchées**

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

- **Pose du lit de sable**

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 12 cm dans notre cas.

- **Pose des conduites**

Avant la descente des conduites dans la fouille, on procède à un triage des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs, et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour ne pas avoir des difficultés au raccordement des conduites.

- **Epreuve de joint et de la canalisation**

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

- **Remblayage des tranchées**

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

- **Nivellement et compactage**

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

VII.2.3.2. Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution :

a- Calcul du volume de terrassement :

- **Largeur du fond de la tranchée**

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite.

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

$$B = d + 0.6 \text{ (m)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

- **Profondeur de la tranchée**

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

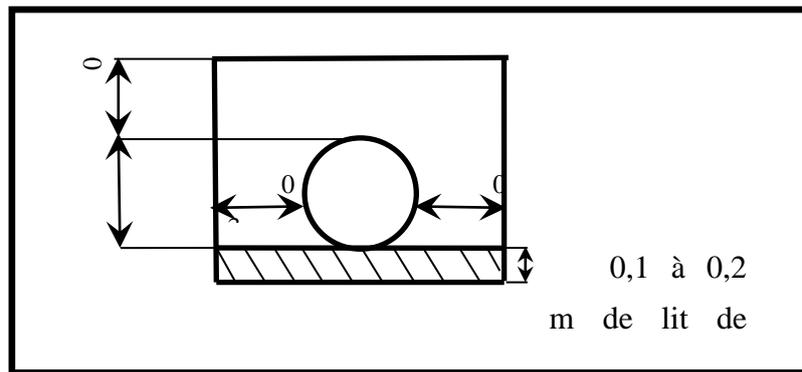


Figure VII.1: Schéma d'une tranchée.

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

Avec :

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

e : hauteur du lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

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

- **Section de la tranchée:**

Les sections des tranchées sont :

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

H_{tr} : Profondeur total de la tranchée (m)

B : Largeur du fond de la tranchée (m)

- **Volume à excaver :**

Le volume d'excavation est :

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

V_d : Volume du déblai (m³)

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

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

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

VII.2.3.3. Les volumes des travaux de l'adduction et de distribution :

Calculs des différents volumes sont dans le tableau VII.7 :

Tableau VII.2: Calcul des volumes des déblais et remblais du réseau de distribution.

Tubes Enterrés	Longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	V déblai (m ³)	V sable (m ³)	V conduites (m ³)	V remblai (m ³)
PEHD Ø 75	535	0,67	0,97	352,09	53,50	2,36	296,23
PEHD Ø 90	215	0,69	0,99	146,86	21,50	1,36	123,99
PEHD Ø 100	1713	0,70	1,00	1199,10	171,30	13,44	1014,35
PEHD Ø 125	800	0,72	1,02	594,50	80,00	9,81	504,68
PEHD Ø 160	2529	0,76	1,06	2037,36	252,90	50,822	1733,64
PEHD Ø 200	1740	0,80	1,10	1531,20	174,00	54,63	1302,56
PEHD Ø 250	1200	0,85	1,15	1173,00	120,00	58,87	994,12
PEHD Ø 315	1312	0,91	1,21	1458,58	131,20	102,19	1225,18
PEHD Ø 400	1002	1,00	1,30	1302,60	100,20	125,85	1076,54
PEHD Ø 630	3780	1,23	1,53	7113,58	378,00	1177,72	5557,86
LA SOMME				16908,89	1482,60	1597,08	13829,20

VII.2.3.4. Evaluation du cout des travaux :

Il s'agit des frais des travaux exécutés pour la réalisation des tranchées et autres emplacements pour la pose de canalisations :

Dépense des travaux :

Les frais de terrassement sont est égal à :

- **Pour les déblais :**

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

K_{deb} : Prix de 1 m³ de déblai=500 DA

V_{deb} : Volume total de déblai

- **Pour les remblais:**

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

K_{rem} : Prix de 1 m³ de remblai=600 DA

V_{rem} : Volume total du remblai

VII.2.3.5. Le cout des travaux de l'adduction :

Le détail estimatif des différentes composantes des travaux est présenté dans l'Annexe.

L'estimation des coûts est récapitulée au Tableau VII.3.

Tableau VII.3: Prix du lot n°3.

Désignation des travaux	Montant
1- La conduite principale et secondaires	102675597,70
2- Accessoires	376 000,00
3- Borne d'irrigation	2 561 000,00
TOTAL GENERAL	105 612 597,72

VII.3. Le cout des travaux:

Alors le cout total du projet en rapport à toutes les opérations financières est de l'ordre de:

Tableau VII.4: Devis estimatif total.

TRAVAUX	COUT (DA)
Lot n°1 : Le système de pompage avec la conduite de refoulement	250515000,00
lot n°2 : Le réservoir de stockage	6306000,00
lot n°3 : Le système d'adduction	105 612 597,72
Prix total (HT)	362433597,72
TVA (19 %)	68862383,50
Montant TTC	431295981,29

Donc le cout total du projet est égal **431295981,29DA**, écrit en lettre : **quatre cent trente –un million deux cent quatre-vingt-quinze neuf cent quatre-vingt-un dinars.**

VII.4. CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons déterminé le devis général de l'adduction et du réseau de distribution, en premier lieu nous avons fait une étude quantitative des volumes des travaux. Comme deuxième étape nous avons estimé le cout du projet qui est de **431295981,29DA**.

Les prix utilisés dans cette étude restent des prix référentiels, le bon choix des offres selon les dispositions du code des marchés publics joue un rôle important dans contrôle du coût du projet

Conclusion générale

Conclusion générale

L'aménagement hydro-agricole nécessite une analyse multidisciplinaire approfondie pour prendre en compte tous les aspects de la zone en question.

L'objectif de cette étude est l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Yabous dans la wilaya de Khenchela d'une superficie de 450 ha avec un réseau d'adduction sous pression et gravitaire alimenté par le barrage de Tagharist.

L'étude du climat e la zone d'étude (précipitation- température) ; montre que notre région est soumise à un climat semi-aride où l'irrigation est nécessaire.

Le système d'adduction retenu est une variante mixte composé d'un refoulement et d'une desserte gravitaire, il est constitué de conduites enterrées en fonte et en PEHD, équipé de bornes d'irrigation dont la majorité ont une pression minimale de 2 à 3 bars, ce qui permettra aux agriculteurs d'introduire les nouvelles techniques d'irrigation telles que l'aspersion et le goutte à goutte, car l'augmentation des rendements des spéculations agricoles ne peut se faire qu'à travers des systèmes d'irrigation efficaces.

La majorité de la superficie étant entièrement irriguée et donc équipée, ce qui permet d'avoir éventuellement une meilleure rentabilité des cultures mises en place, par l'accroissement des rendements en se basant sur l'irrigation sous pression, en particulier les cultures sensibles au stress hydrique.

Dans les mesures du possible, l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Yabous va dynamiser la croissance économique du secteur agricole, ceci se traduira par une élévation des revenus des agriculteurs et une augmentation sensible de leur niveau de vie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **LEBOURGEOIS François,2010**: Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers Equipe Ecologie Forestière, ENGREF – 14 rue Girardet – 54042 Nancy Cedex.
2. **TOUAIBIA B,2014** : Manuel d'Hydrologie .
3. **Paul Meylan, Anne-Catherine Favre, André Musy,2008** : Hydrologie fréquentielle, une science prédictive, Presses universitaires et romandes, EPFL, Lausanne, Suisse.
4. **Doorenbos J, Pruitt W.O, 1977**: Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome,
5. **FAO 1975**. Les besoins en eau des cultures. Bull Fao n° 24.
BULLTIN DE FAO N° 36, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).FAO 1983.p33
6. **Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement ,2005** : Les stations de pompage d'eau (6e éd.) ,France.
7. **A. Phocaidès,2008** : manuel des techniques d'irrigation sous pression, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.
8. **R.CLEMENT, A.GALAND, J. MAYLAN.1978** : Systèmes d'irrigation, Techniques de l'Ingénieur.
9. **Ollier ch.et Poirée m.** (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.
10. **L.Rieul** : 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.

Annexes

Annexe 1 Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 2

Coefficients culturaux (Kc)

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

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

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

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

Annexes

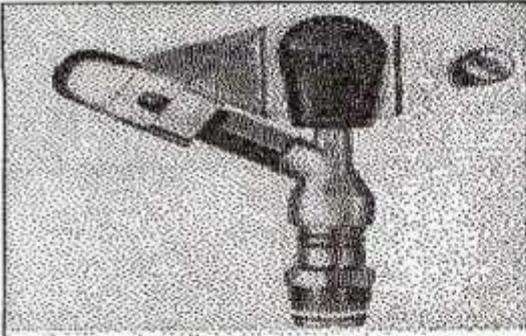
Annexe 3 Calcul de diamètre économique

frais d'amortissement						
Diamètre (mm)	Prix unitaire (DA)	prix pose	Longueur (m)	p conduite	Amortissement annuel(%)	Frais d'amortissement (DA)
500	12500	600	530	6943000	0,089	616728,90
600	13800	1100	530	7897000	0,089	701470,20
700	15200	1560	530	8882800	0,089	789036,30
800	17200	2000	530	10176000	0,089	903908,00

Frais d'exploitation					
Diamètre (mm)	HMT(m)	Q(l/s)	P (wat)	E (KWH)	Frais d'exploitation (DA)
500	134,16	540	932,76	7 490 052,97	34 978 547,37
600	93,46	540	649,80	5 217 907,03	24 367 625,81
700	78,43	540	545,33	4 379 028,68	20 450 063,94
800	72,01	540	500,68	4 020 448,72	18 775 495,52

Annexe 4

Caractéristiques de l'aspersion circulaire PERROT ZF 30



Caractéristiques de l'aspersion circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

dia de la buse Ø mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4.0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4.2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4.5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4.8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5.0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5.5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6.0	2,5	16,2	2,18	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,78
7.0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	6,7

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'aspersion

On le calcule par la relation (IV.9)

Annexes

Annexe 5

Le détail estimatif des travaux de système de pompage

Désignation des travaux	unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
I- Génie civil				9450000,00
*Terrassements				
Décapage de la terre végétale	M ³	500	500.00	250000,00
Déblai	M ³	750	600.00	450000,00
Remblai	M ³	450	600.00	270000,00
*Maçonnerie				
Béton arme	M ³	100	45000.00	4500000,00
Maçonnerie en brique	M ²	115	3000.00	345000,00
revêtement	M ²	50	2500.00	125000,00
Peinture	M ²	300	1000.00	300000,00
*Divers				
Portail métallique	U	1	170000.00	170000,00
Fenêtre en pvc	U	4	30000.00	120000,00
Porte	U	5	40000.00	200000,00
Electricités	U	100	10000.00	1000000,00
*Aménagement extérieur				
Mur de clôture	MI	300	3000.00	900000,00
Loge de gardien	U	1	200000.00	70000,00
Revêtement	M ²	300	25000.00	750000,00
II- Equipements hydro-mécaniques				2295000,00
f/p de conduite d'aspiration en acier y compris coude cône de réduction	MI	15	45000.00	675000,00
f/p de conduite de refoulement en acier y compris coude cône de réduction	MI	15	50000.00	750000,00
f/Pose des vannes	U	2	220000.00	440000,00
f/Pose clapet antiretour	U	2	100000.00	200000,00
f/Pose de crépine	U	1	170000.00	170000,00
f/p ventouse	U	1	60000.00	60000,00
III- Bâche d'aspiration				2020000,00
Terrassements	M ³	800	600.00	480000,00
Béton arme	M ³	20	47000.00	940000,00
étanchéité	M ²	200	2500.00	500000,00
Divers		10	10000.00	100000,00
IV- conduite de refoulement en acier DN 800				
F/pose de conduite	MI	4735	50000.00	236750000,00
TOTAL				250515000,00

Annexes

Le détail estimatif des travaux de reservoir

Désignation des travaux	unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
*Terrassements				
Décapage de la terre végétale	M ³	100	500.00	50000,00
Déblai	M ³	150	600.00	90000,00
Remblai	M ³	110	600.00	66000,00
*Béton arme	M ³	100	45000.00	4500000,00
*Aménagement extérieur et Divers				
Portail métallique	U	1	170000.00	170000,00
Electricités	U	20	10000.00	200000,00
Peinture	M ²	300	1000.00	300000,00
Mur de clôture	MI	60	3000.00	180000,00
Revêtement	M ²	30	25000.00	750000,00
Total			6306000,00	

Annexes

Le détail estimatif des travaux de réseau d'adduction

Tubes enterrés	Vdéblai (m3)	Prix (da)	Vsable (m3)	Prix (da)	Vremblai (m3)	Prix (da)	prix de pose (da)
PEHD Ø 75	352,0969	176048,4	53,5	32100	296,2345	177740,7	385889,1
PEHD Ø 90	146,8665	73433,25	21,5	12900	123,9994	74399,65	160732,9
PEHD Ø 100	1199,1	599550	171,3	102780	1014,353	608611,8	1310942
PEHD Ø 125	594,5	297250	80	48000	504,6875	302812,5	648062,5
PEHD Ø 160	2037,362	1018681	252,9	151740	1733,64	1040184	2210605
PEHD Ø 200	1531,2	765600	174	104400	1302,564	781538,4	1651538
PEHD Ø 250	1173	586500	120	72000	994,125	596475	1254975
PEHD Ø 315	1458,583	729291,6	131,2	78720	1225,189	735113,6	1543125
PEHD Ø 400	1302,6	651300	100,2	60120	1076,549	645929,3	1357349
PEHD Ø 630	7113,582	3556791	378	226800	5557,861	3334716	7118307

Annexes

Equipment	Unite	Quantite	Prix unitaire	Prix de fourniture	Prix de pose	Prix total DA
Tube Ø75 PEHD	MI	535	270,2	144557	385889,1469	530446,1469
Tube Ø90 PEHD	MI	215	388,29	83482,35	160732,9035	244215,2535
Tube Ø110 PEHD	MI	1713	580,3	994053,9	1310941,77	2304995,67
Tube Ø125 PEHD	MI	800	739,35	591480	648062,5	1239542,5
Tube Ø160 PEHD	MI	2529	1242,25	3141650,25	2210604,97	5352255,22
Tube Ø200 PEHD	MI	1740	1850,84	3220461,6	1651538,4	4872000
Tube Ø250 PEHD	MI	1200	2995,5	3594600	1254975	4849575
Tube Ø315 PEHD	MI	1312	4693,57	6157963,84	1543125,233	7701089,073
Tube Ø400 PEHD	MI	1002	7598	7613196	1357349,28	8970545,28
Tube Ø630 PEHD	MI	3780	15738,79	59492626,2	7118307,378	66610933,58
TOTAL					totale	102675597,7

Les accessoires

Accessoires	quantité	Prix unitaire	Montant
filtres à sable	1	23 000,00	23 000,00
Vanne Ø125	2	10 000,00	20 000,00
Vanne Ø160	2	13 000,00	26 000,00
Vanne Ø250	2	14 000,00	28 000,00
Vanne Ø315	2	15 000,00	30 000,00
Vanne Ø400	2	20 000,00	40 000,00
Vanne Ø630	2	35 000,00	70 000,00
Vanne Ø800	2	47 000,00	94 000,00
Ventouse	2	22 500,00	45 000,00

Annexes

Born type b	13	52 000,00	676 000,00
Born type c	2	100 000,00	200 000,00
Born type A2	22	65 000,00	1 430 000,00
Born type A4	3	85 000,00	255 000,00