

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

**ETUDE DU PERIMETRE D'IRRIGATION DE TAREK
IBN ZIAD A PARTIR DE LA RETENUE OUED RAHIL
(W.AIN DEFLA)**

PRESENTE PAR :
KASTALI FATIMA

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r RASSOUL Abdelaziz	M.C.B	Président
M ^{eme} AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Membre
M ^r MYAHIAOUI Samir	M.A.B	Membre
M ^r KERID Rachid	M.A.A	Membre
TARIK BENKACI	M.C.B	Promoteur

- JUIN - 2017

Dédicace

Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers :

Ma mère : KHADIDJA.

Mon père : AHMED.

Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.

Je le dédie également à :

Mes frères : Djilali, Abdellah, Abdelkader, Khalifa.

Mes sœurs : Meriem, Amel, Samia.

A toute ma famille en particulier à : Nabil, Amar, Amina, Amina, Malek, Moncef, Nihal.

A tous mes amis en particulier à : Meriem, Kanza, Amani, houda, Manel, Samira, Amira, Khadidja.

Je dédie également ce travail à tous mes amis de L'E.N.S.H avec qui je partage tous les souvenirs inoubliables d'une formation qui m'a ouvert les yeux sur le monde.

En un mot, à toute ma famille, mes amis sans exception et tous ceux qui me sont chers.

KASTALI FATIMA

Remerciement

En préambule à ce mémoire Je remercie ALLAH qui m'a aidé et m'a donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

*A l'issu de cette étude, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les Personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.
Ma reconnaissance va plus particulièrement à :*

Mon promoteur Mr BENKACI ALI TARIK pour sa contribution à L'élaboration de ce mémoire.

L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude et Particulièrement Les enseignants de L'ENSH.

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon Travail.

KASTALI FATIMA

ملخص:

إن الهدف من انجاز مذكرة نهاية الدراسة يندرج ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية لمنطقة بني سليمان ولاية المدية من اجل رفع المردودية الفلاحية لها وذلك باستعمال أفضل تقنيات السقي وتسيير أمثل للموارد المائية. وهذا لن يتحقق إلا بوجود أنظمة سقي حديثة والتي فرضت فعاليتها في الميدان كنظام السقي بالتقطير الاكثر تطورا في الآونة الأخيرة نتيجة للتقدم العلمي والتكنولوجي ومن بين ما يتميز به هذا النظام من محاسن هو تحقيقه لاقتصاد معتبر للمياه.

Résumé :

L'objectif de mon mémoire rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués de la zone de Beni Slimane Wilaya de MEDEA ; il est question d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation , et une meilleure gestion des ressources en eau et cela en adoptant des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée la mieux développée avec l'évolution de la science et de la technologie. Ce système présente de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

Abstract:

The aim of my present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feedback, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and from other part. This by adoption of modern irrigation system because of their reliability, i.e: localized irrigation which is the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like important quantities of water preservation.

Table des matières

<i>Introduction générale & Problématique</i>	3
<i>Chapitre I. Analyse des conditions naturelles</i>	3
I.2. Situation géographique :	3
I.3. Hydrographie :	4
I.4. Présentation du périmètre du haut Isser :	4
I.5. Climatologie :	6
I.5.1. Les précipitations :	6
I.5.2. Les températures :	7
I.5.3. Humidité :	8
I.5.4. Les vents :	8
I.5.5. Gelée blanche :	8
I.5.6. Grêle et Neige :	8
I.5.7. Le Sirocco :	9
I.6. Les caractéristiques bioclimatiques :	9
I.6.1. Indice de Martonne :	9
I.6.2. Classification du climat selon le diagramme d’Emberger :	10
I.6.3. Classification du climat selon l’indice de Bagnouls et Gausсен :	11
I.7. Etude agro-socio-économique : Argumentation du projet	12
I.7.1. Situation actuelle :	12
I.7.2. Main d’œuvre active :	12
I.7.3. Situation projetée :	14
I.8. Conclusion :	14
<i>Chapitre II. Etude Agro-pédologique</i>	15
II.1. Introduction :	15
II.2. Classification des sols :	16
II.3. Caractéristiques morphologiques et analytiques des sols :	17
II.3.1. Les sols à sesquioxyde de fer :	17
II.3.2. Les sols calcimagnésiques :	19
II.3.3. Les sols peu évolués	20
II.4. Caractéristiques hydrodynamiques des sols du périmètre	22
II.5. Aptitudes culturales des sols en irrigué	23
II.5.1. Aptitudes des sols aux cultures arboricoles	23

LISTE DES FIGURES

II.5.2. Aptitudes des sols aux cultures Industrielles _____	24
II.5.3. Aptitude des sols aux cultures céréalières et fourragères _____	24
II.5.4. Aptitude des sols aux cultures maraichères _____	24
II.6. Etude foncière : Répartition des parcelles par statut juridique _____	25
II.7. Conclusion _____	26
<i>Chapitre III. Ressources en eau- Hydrologie _____</i>	<i>27</i>
III.1. Introduction _____	27
III.2. Ressources en eau superficielles : Le bassin versant de l'oued El Mallah : _____	27
III.2.1. Présentation du futur Barrage de Beni Slimane _____	28
III.2.2. Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage _____	29
III.2.3. Classification des eaux pour l'irrigation : _____	30
III.3. Étude Hydrologique _____	32
III.3.1. Choix de la station pluviométrique _____	32
III.3.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique _____	34
III.3.3. Ajustement statistique des pluies _____	36
III.4. Détermination de l'année de calcul _____	40
III.5. Conclusion : _____	40
<i>Chapitre IV. Calcul des besoins en eau des cultures _____</i>	<i>41</i>
IV.1. Introduction _____	41
IV.2. Besoins en eau des cultures _____	41
IV.2.1. Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées _____	41
IV.2.2. Calcul de l'évapotranspiration _____	42
IV.3. La pluie efficace : _____	45
IV.4. Choix des cultures : _____	45
IV.4.1. Occupation des sols : _____	46
IV.4.2. Assolements des cultures _____	47
IV.4.3. Avantages de la rotation des cultures _____	Error! Bookmark not defined. 47
IV.5. Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture _____	49
IV.5.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures _____	49
IV.5.2. Calcul du débit spécifique _____	59
IV.5.3. Evaluation du débit caractéristique _____	60
IV.6. Estimation des besoins en eau totaux du secteur : _____	60
IV.7. Conclusion _____	61

Chapitre V. Etude du système d'adduction	62
V.1. Introduction :	62
V.2. Présentation du périmètre du haut Isser :	62
V.3. Alimentation en eau du périmètre :	64
V.4. Organisation du périmètre : Ilots d'irrigation	64
V.4.1. Implantation des bornes (Plan de bornage) :	64
V.5. Modalités de distribution :	66
V.5.1. Distribution à la demande :	66
V.5.2. Distribution au tour d'arrosage :	66
V.6. Calcul du débit aux bornes :	66
V.6.1. Choix du diamètre de la borne	66
V.7. Schéma d'aménagement hydro-agricole Variantes d'aménagement :	71
V.8. Dimensionnement du réseau de distribution :	72
V.8.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :	72
V.8.2. Vitesses admissibles :	72
V.8.3. Choix du matériau des conduites :	73
V.8.4. Caractéristiques des canalisations :	73
V.8.5. Calcul des diamètres :	74
V.9. Etablissement des profils en long :	79
V.9.1. Pièces spéciales :	79
V.10. Conclusion :	80
Chapitre VI. Choix de système d'irrigation	81
VI.1. Introduction :	81
VI.2. Choix des techniques d'irrigation :	81
VI.3. Différentes techniques d'arrosages :	81
VI.3.1. Irrigation gravitaire :	81
VI.3.2. L'irrigation par aspersion :	83
VI.4. Choix de la technique d'arrosage :	86
VI.5. Conclusion :	87
Chapitre VII. Dimensionnement à la parcelle	88
VII.1. Introduction :	88
VII.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	88
VII.2.1. Données générales	88

LISTE DES FIGURES

VII.2.2. Dimensionnement théorique _____	89
VII.2.3. Dimensionnement hydrauliques des rampes : _____	92
VII.2.4. Calcul de la pression en tête du réseau _____	95
VII.3. Dimensionnement par canons arroseurs (enrouleurs) : _____	95
VII.3.1. Le choix de type de canon : _____	95
VII.3.2. Principe de dimensionnement : _____	96
VII.4. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte : _____	99
VII.4.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée : _____	100
VII.4.2. Calculs hydrauliques: _____	103
VII.4.3. Dimensionnement des canalisations du réseau: _____	104
VII.4.4. Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution : _____	107
VII.5. Conclusion : _____	107
<i>Chapitre VIII. Calcul technico-économique _____</i>	<i>108</i>
VIII.1. Introduction : _____	108
VIII.2. Différents travaux à entreprendre : _____	108
VIII.2.1. Factures pro forma des équipements hydrauliques : _____	109
VIII.3. Frais des travaux sur réseau d'irrigation : _____	111
VIII.3.1. Calcul des volumes de déblais et remblais : _____	111
VIII.4. Cout total des travaux publics sur réseau d'irrigation : _____	113
VIII.4.1. Déblaiement : _____	113
VIII.5. Conclusion : _____	117
<i>Conclusion générale _____</i>	<i>118</i>
<i>Références bibliographiques</i>	
<i>Annexes</i>	

Liste des figures

Chapitre I. Analyse des conditions naturelles

Figure I-1 : Carte de situation de la wilaya de Ain Defla	2
Figure I-2 : Situation géographique de la commune Tarik Ibn Ziad (Ain Defla).....	3
Figure I-3 : Carte du réseau hydrographique de la commune Tarek Ibn Ziad.....	4
Figure I-4 : Superficie irriguées par mode d'irrigation (compagne 2013/2014).....	6
Figure I-5 : Evolution des températures moyennes mensuelles (1983-2012).....	7
Figure I-6 : Précipitations moyennes mensuelles (station Bordj Emir Khaled).....	6
Figure I-7 : Diagramme bioclimatique d'Emberger (Dtation de Ain Defla).....	12
Figure I-8 : Diagramme ombrothermique (Station de Ain Defla)	13

Chapitre II. Ressources en sol-Ressources en eau

Figure II-1 : Carte des sols de la wilaya de la zone d'étude	17
Figure II-2 : Vue de coussin et de bassin de dissipation de l'évacuateur de crue	25
Figure II-3 : le diagramme de Riverside	29
Figure II-4 : Ajustement des pluies annuelles aux lois normale et log normale	34

Chapitre IV. Etude du système d'adduction

Figure IV-1 : Schéma descriptif de la variante 1 (gravitaire)	59
Figure IV-2: Schéma de la variante d'irrigation sous pressions.	60
Figure IV-3: Graphe du Bilan en fonction de diamètre	70
Figure IV-4: Courbe caractéristique de la pompe.	71

Chapitre VI. Dimensionnement a la parcelle

Figure VI-1 :Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.	87
Figure VI-2: Schéma explicatif de goutteur le plus defavorable	92
Figure VI-2: Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe	97

Chapitre VII. Choix de système d'irrigation

Figure VII-1 : Disposition de la conduite ans une trancée.	105
---	-----

Liste des Tableaux

Chapitre I. Analyse des conditions naturelles

Tableau I-1: Coordonnées géographiques (Lambert) du périmètre d'irrigation.....	3
Tableau I-2 : Répartition de la population par sex et par commune..	5
Tableau I-3: Coordonnées de la station météorologique de Bordj Amir Khaled	6
Tableau I-4: Moyenne de températures mensuelles..	7
Tableau I-5: Répartition mensuelles de l'évaporation.....	8
Tableau I-6 : Répartition mensuelles des précipitations	8
Tableau I-7: Humidités relatives moyennes mensuelles de la zone d'étude.	9
Tableau I-8 : Vitesse moyenne du vent en m/s.....	10
Tableau I-9: Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco.....	10
Tableau I-10 : Classification du climat selon Martonne..	11

Chapitre II. Ressources en sol-Ressources en eau

Tableau II-1: L'analyse des profils au laboratoire.	21
Tableau II-2 : Propriété hydrodynamiques des sols..	21
Tableau II-3: Caractéristique physiographique du bassin versant.....	21
Tableau II-4 : Caractéristique de la retenue..	24
Tableau II-5: Classification de l'eau en fonction du SAR.	28
Tableau II-6 : Classification des eaux..	28
Tableau II-7: La répartition mensuelle des précipitations	28
Tableau II-8 : Caractéristiques de la série pluviométrique.....	31
Tableau II-9: Résultats du Test de Mood.	32
Tableau II-10 : Test de validité des deux ajustements..	35
Tableau II-11: Quantiles de pluies pour la stations de Ain Defla (Loi Normale).	36

Tableau II-12 : Calsul des plujs mensuelles pour l'année sèche.....	36
---	----

Chapitre III. Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau III-1: Calcul de l'évapotranspiration de référence a l'aide de CROPWAT 8.0	40
Tableau III-2 Précipitation efficace de la zone d'étude.....	42
Tableau III-3: Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre ..	42
Tableau III-4: Système de cultures proposées a la zone.....	43
Tableau III-5: Assolement proposé par le périmètre d'etude	44
Tableau III-6 : Cycle végétatif des cultures	45
Tableau III-7: Besoins en eau du Blé.	45
Tableau III-8 : Besoins en eau du poivron.. ..	46
Tableau III-9: Besoins en eau de la pomme de terre (S).	46
Tableau III-10 : Besoins en eau de la pomme de terre (A.S)	47
Tableau III-11: Besoins en eau de la tomate (A.S).	48
Tableau III-12 : Besoins en eau du chou.	48
Tableau III-13: Besoins en eau de l'Olivier	49
Tableau III-14: Besoins en eau du pécher.. ..	49
Tableau III-15: Besoins en eau du petit pois (A.S)	50
Tableau III-16 : Besoins en eau de l'orge en vert.	50
Tableau III-17: Besoins en eau de le haricot	51
Tableau III-18 : Besoins en eau de la tomate (S).. ..	51
Tableau III-19: Besoins en eau de l'oignon.	52
Tableau III-20 : Besoins en eau du petit pois (S).. ..	52
Tableau III-21 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement I.....	52
Tableau III-22 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement II.....	53
Tableau III-23 : Besoins en eaux totaux du périmètre.	58

Chapitre IV. Etude du système d'adduction

Tableau IV-1: Type de bornes en fonction de la superficies des ilots..... 57

Tableau IV-2 : Calcul des débits des ilots et choix du types de bornes. 58

Tableau IV3: Nombre d'irrigation du chaque secteur. 58

Tableau IV-4 : Calcul du bilan total. 64

Tableau IV-5: Choix de nombre de pompes..... 69

Tableau IV-6 : Le choix du nombre de pompes. 70

Tableau IV-7: Variante pour le choix du nombre de pompes 71

Tableau IV-8 : Dimensions du réservoir de stockage projeté. 73

Tableau IV-9: Calculs hydrauliques du réseau de distribution de la variante 2..... 74

Tableau IV-10 : Variantes pour le choix du nombre de pompes..... 74

Chapitre V. Choix de système d'irrigation

Tableau V-1: Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage..... 82

Chapitre VI. Dimensionnement a la parcelle

Tableau VI-1: Calcul du diamètre de la rampes..... 91

Tableau VI-2 : Calcul du diamètre de la porte rampes..... 91

Tableau VI-3: Calcul de diamètre de la conduite tertiaire. 92

Tableau VI-4 : Résultats du calcul pratique d'aspersion..... 100

Chapitre VII. Calcul technico-économique

Tableau VII-1: Facture des différentes types de conduites du réseau de distribution..... 102

Tableau VII-2 : Fourniture de pose de pièces spécialisés. 102

Tableau VII-3: Fourniture du sable. 105

Tableau VII-4 : Fourniture du remblai. 106

Liste des planches

Planche N°1: Planche N°1 : Plan de situation du périmètre de Tarek Ibn Ziad w. Ain Defla

Planche N°2: Plan du réseau d'irrigation du périmètre de Tarek Ibn w. Ain Defla.

Planche N°3: Profil en long de la conduite de refoulement du périmètre Tarek Ibn Ziad w.Ain Defla.

Planche N°4: Projection d'un réseau goutte a goutte sur l'ilot 08 du périmètre TAREK IBN ZIAD

Introduction générale

L'eau est une ressource essentielle à la vie. Elle fait l'objet d'utilisations très diverses par L'homme, elle est indispensable dans la production agricole.

Fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines.

Le nombre croissant d'utilisateurs oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, pour trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

Dans le domaine de l'irrigation la solution consiste à identifier les futurs projets en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui utilisent d'une façon rationnelle et efficace les volumes d'eau réservés, afin d'intensifier les rendements de ces cultures.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. En effet, le périmètre d'irrigation de Tarek Ben Ziad dans la wilaya de Ain Defla est une riche entité agricole.

En effet, la wilaya de Ain Defla est reconnue pour ses terres fertiles et ses cultures très variées. Cependant la plupart des cultures exploitées connaissent des rendements très faibles faute d'un système d'irrigation adéquat.

La mobilisation de l'eau au niveau de la retenue collinaire de l'oued Rahil peut permettre la mise en place d'un système d'adduction et de distribution et d'introduire des systèmes d'irrigation modernes et performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

Dans ce mémoire, on propose de dimensionner le réseau d'irrigation d'un périmètre d'irrigation dans la wilaya de Ain Defla, qui est caractérisée par une agriculture extensive, et de remplacer les systèmes d'irrigation classiques (système gravitaire), par des systèmes modernes afin d'optimiser les ressources en eau et d'augmenter ainsi les rendements des cultures mises en place.

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

I.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à une présentation détaillée de notre zone d'étude, du point de vue situation géographique, caractéristiques climatiques, et socio-économiques, afin de déterminer les différents paramètres qui vont nous permettre de caractériser la zone d'étude et nous aider à connaître la nature du climat de la zone d'étude, ce qui est indispensable dans un projet d'irrigation, puisque c'est la base du calcul des besoins en eaux d'irrigation.

I.2. Situation géographique

La région d'étude est située dans la wilaya de Ain Defla, cette wilaya est située au Nord de l'Algérie.

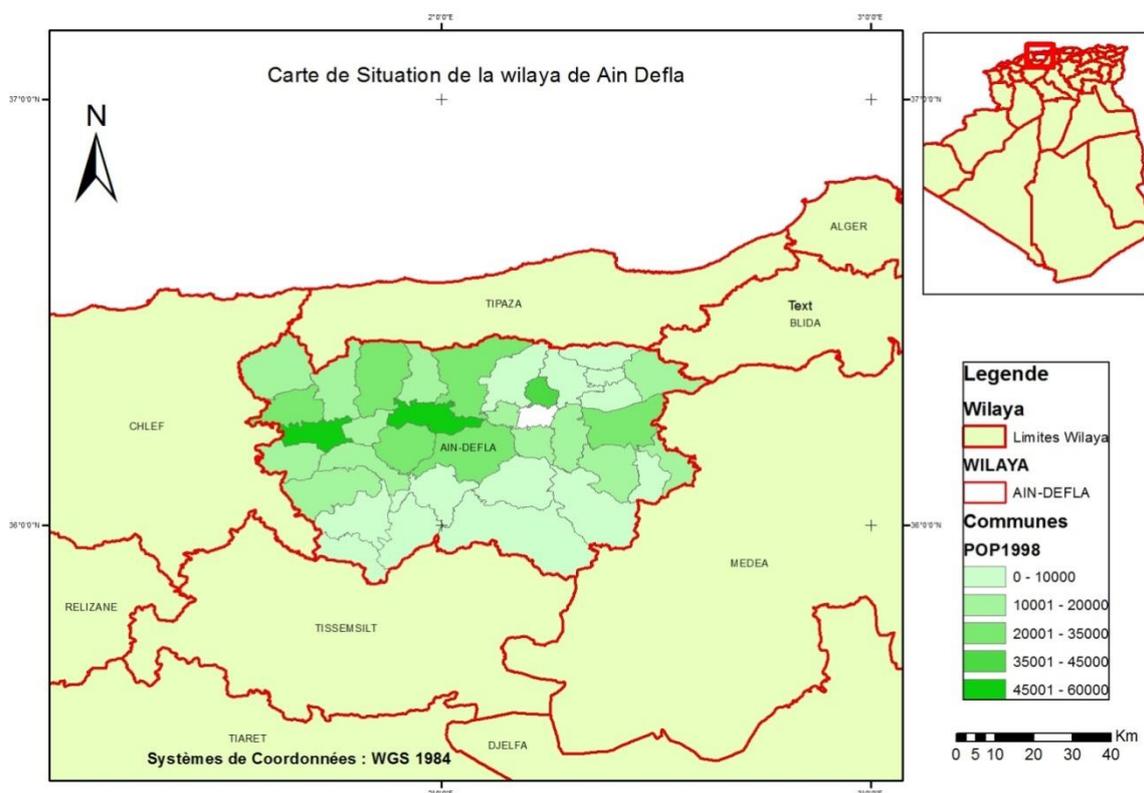


Figure N° I-1 : Carte de situation de la wilaya de Ain Defla

I.2.1. Localisation du périmètre d'étude

Le périmètre de Tarek Ibn Ziad est situé dans la commune de Tarek Ibn Ziad qui se trouve au sud de la wilaya chef-lieu de la wilaya de Ain Defla, cette commune est délimitée par :

- ✓ Au Nord par : les communes Bordj El Amir Khaled, Djamaa Ouled Cheikh.
- ✓ Au sud par : la wilaya de Tissemsilt .
- ✓ A l'Ouest par : la commune de El Hassania.
- ✓ A l'Est par : la commune de Ouled Djemaa.

Tableau N° I-1 : Coordonnées géographiques (Lambert) du périmètre d'irrigation.

Commune	Superficie Km ²	POPULATION AU 31/12/2012			Densité
	406,46	Masculin	Féminin	Total	(Hab./km ²)
TARIK IBN ZIAD		5301	5245	10546	26

La figure N° I.2 nous montre la situation géographique de la commune par rapport au chef- lieu de la wilaya.

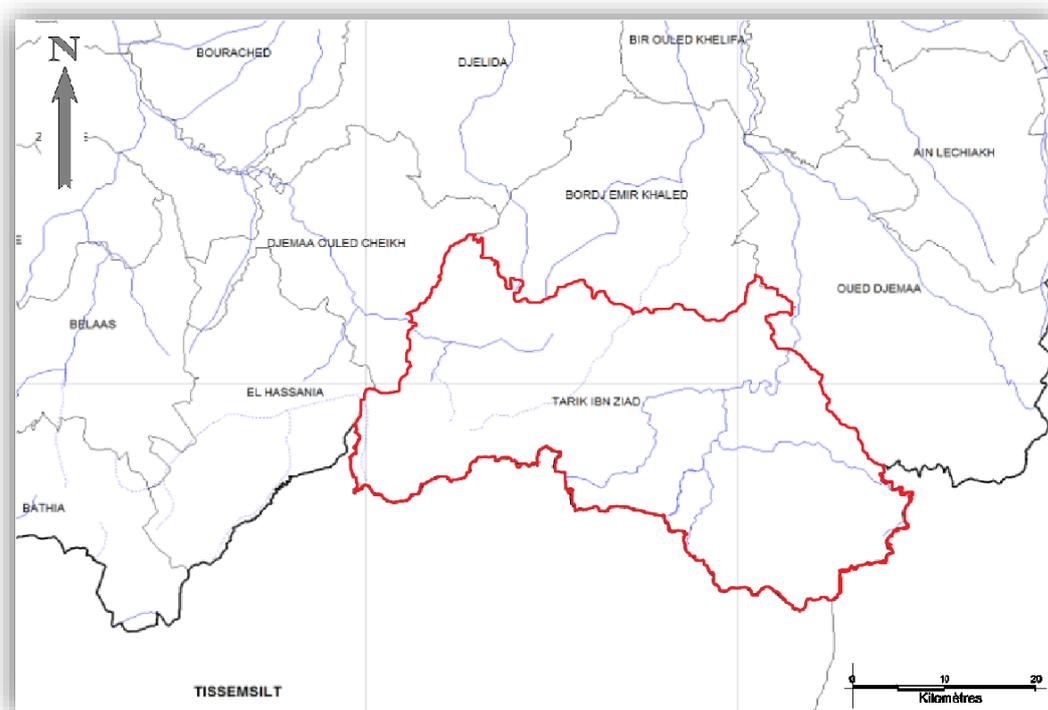


Figure N°I-2 : Situation géographique de la commune Tarik Ibn Ziad (Ain Defla).

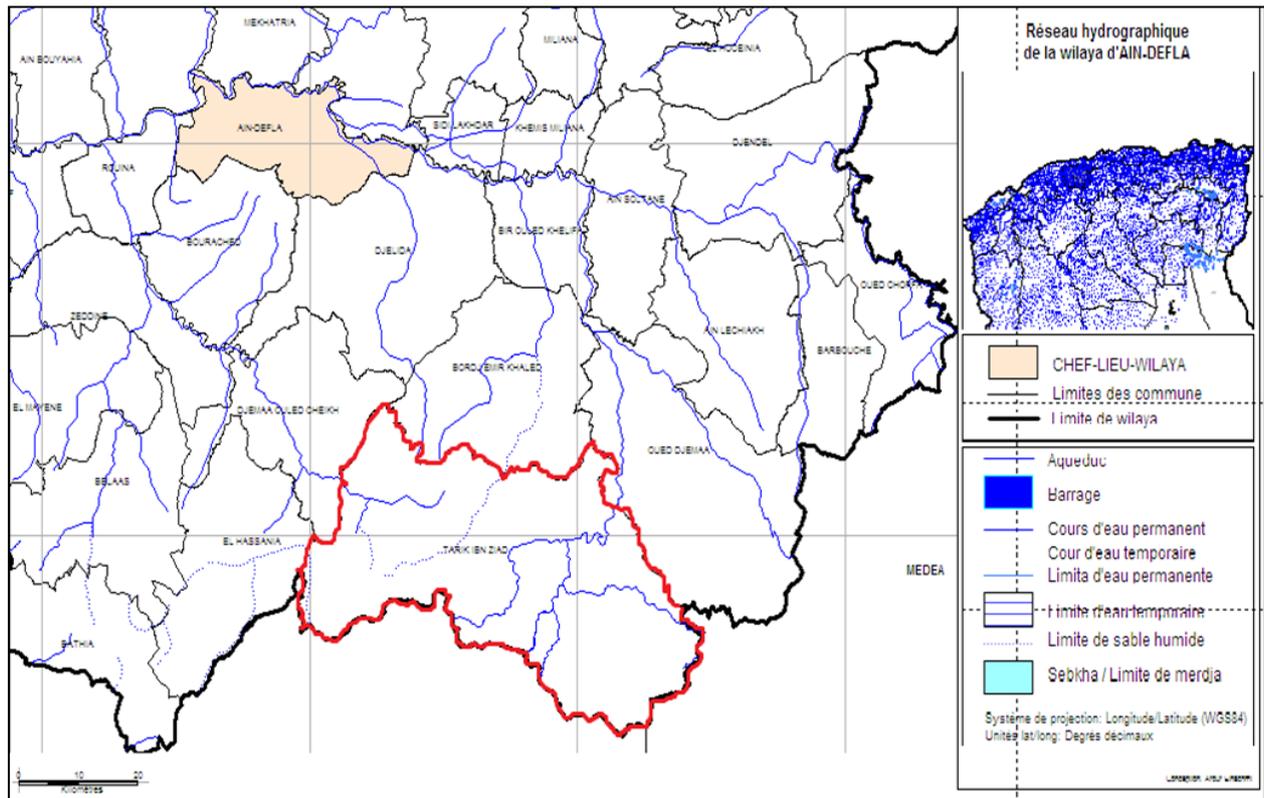
I.3.Caractéristiques topographiques de la zone

1.3.1. Relief

Sur le plan topographique, la zone d'étude qui fait partie de la commune de Tarik Ibn Ziad située dans les monts de l'Ouarsenis, à 630 m d'altitude. Cette région est caractérisée par un relief composé en majorité par un terrain accidenté, entourée de montagnes, vallées, collines.

I.3.2. Hydrographie

Le réseau hydrographique du bassin de l'oued Rahil se caractérise par un tracé bien individualisé et un écoulement assez abondant donnant naissance à un lit d'oued bien dessiné se manifestant sous forme d'une grande vallée alluviale. Le périmètre d'étude s'étend sur terrain vallonné drainé par une multitude de cours d'eau et thalwegs, qui ont généralement un écoulement intermittent, puisque la majorité de ces cours d'eau sont à sec en période estivale. L'oued Rahil est le principal oued qui draine le périmètre.



La figure N° I-3 : Extrait de la Carte du réseau hydrographique de la commune Tarek Ibn Ziad.

I.4. Etude socio-économique

La vocation de la wilaya de Aïn Defla est agricole par excellence, ce qui lui a permis de bénéficier d'un nombre important de contrats de performance, conclus avec le ministère de l'agriculture. Elle contribue en outre, à animer la dynamique économique et commerciale tant au niveau local que national.

Cependant la wilaya demeure toujours tributaire d'un tissu industriel approprié vu la diversité des ressources dont elle dispose.

Pour notre projet, il s'agit de faire une étude d'irrigation du périmètre de Tarek Ibn Ziad (S=120 ha).

I.4.1. Population

La commune de Tarik Ibn Ziad compte 10546 habitants. Le tableau suivant donne la répartition de la population par sexe et par commune au 31/12/2012.

Tableau N° I-2 : Répartition de la population par sexe et par commune.

Commune	Superficie (Km ²)	POPULATION AU 31/12/2012			Poids par	Densité
		Masculin	Féminin	Total	Commune	(Hab./km ²)
TARIK IBN ZIAD	406,46	5301	5245	10546	1,30%	26

Source : monographie de la wilaya d'AIN DEFLA.

I.4.2. Agriculture :

La wilaya de Ain Defla recouvre une superficie agricole totale de 235 611 ha soit 51.8% de la superficie totale de la wilaya. La superficie agricole utile est de l'ordre de 181 676 ha.

Soit 77.1% de la SAT (DSA, 2015). Elle était de 170 384 ha en 1998 soit une augmentation absolue de 11 292ha de 1998 à 2011 La superficie cultivée en irrigué concernait 40865 ha en 2011 soit 22.5% de la SAU, alors qu'elle était de l'ordre de 22655 ha en 1998 soit une augmentation absolue de 18210ha (ANDI, 2014).

Les cultures sous serres restent peu développées et concernent une superficie de 195ha Représentant 0,11% de la SAU (DSA, 2015).

➤ **La répartition de la superficie agricole utile**

Exploitations agricoles collectives : 1 447 exploitations pour 6 242 exploitants et une superficie globale de l'ordre de 41 206 ha dont une superficie exploitée de 39 590 ha (ANDI, 2014).

Exploitations agricoles individuelles : 887 Exploitations pour une superficie globale de 5 717 ha toutes exploitées dont 2 061 ha Irriguées (ANDI, 2014).

Fermes pilotes : 6 fermes pilotes pour un effectif permanent de 170 personnes et une superficie totale de l'ordre de 5 277 ha dont une superficie exploitée de 5 215 ha dont 1 355 ha irriguées (ANDI, 2014).

Exploitations privées :

Le nombre de propriétaires privés est de 21 745 personnes pour une superficie globale de 183 411 ha, et une superficie exploitée de 131 154 ha dont 22 922 ha irriguées (ANDI, 2014).

➤ **Superficies irriguées par mode d'irrigation (campagne 2013/2014) :**

Gravitaire : 7 915 ha correspondent 17% de la superficie irriguée.

Aspersion : 32 201 ha correspondent 70% de la superficie irriguée.

Gout a gout : 5 884 ha correspondent 13% de la superficie irriguée (DSA, 2015).

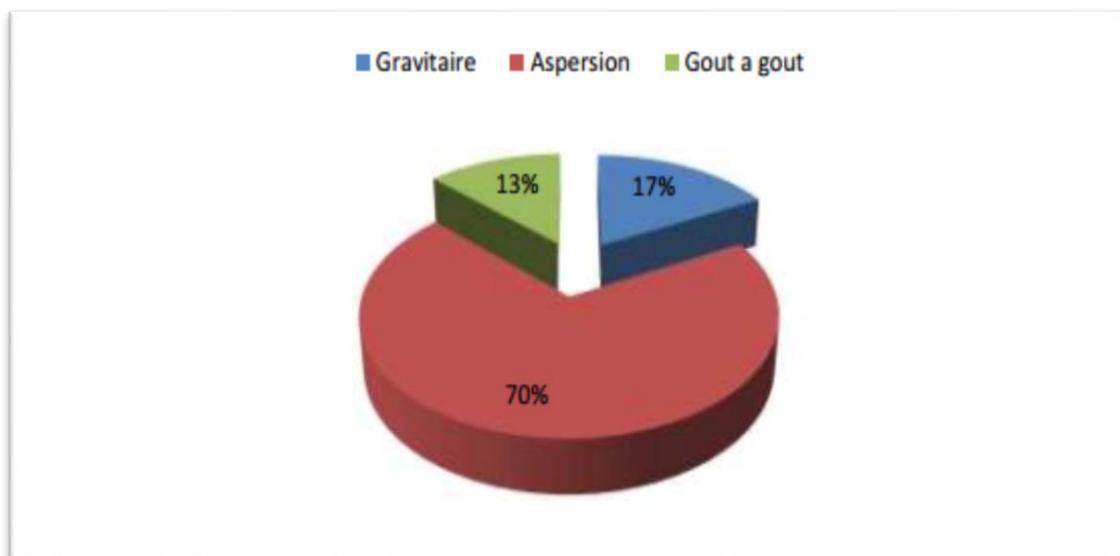


Figure N° I.4 : Superficies irriguées par mode d'irrigation (campagne 2013/2014)

I.5.Climatologie

Les données météorologiques et climatologiques sont très importantes dans la planification et la gestion des activités de l'homme dont l'une des principales est l'agriculture. Elles permettent de délimiter une région en différentes zones agro-météorologiques spécifiques pour chaque spéculation agricole.

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

I.5.1. Présentation de la station météorologique

Les données climatiques illustrées ci-après sont collectées, auprès de la station Bordj Amir Khaled, géré par l'ANRH, dont le code est 011703.

Le tableau suivant donne les coordonnées géographiques de la station météorologique :

Tableau N° I-3 : Cordonnés de la station météorologique de Bordj Amir Khaled.

Nom de la station	X (km)	Y (km)	Altitude (Z) (m)	Période

Bordj Amir Khaled	455.85	313.8	750	1980-2012
-------------------	--------	-------	-----	-----------

Source ANRH : station Bordj Amir Khaled (1980-2012)

I.5.2. Température de l’air

La température est un facteur climatique très important elle conditionne l’évapotranspiration des cultures, et intervient dans la germination et le développement des cultures. Pour l’étude des températures, nous nous sommes référés à la station de Miliana.

Les moyennes mensuelles et annuelles sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau N° I-4 : Moyennes des températures mensuelles.

Stat	T°(C)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Anné e
Miliana	Max	29	20.4	15	13	14	13	16	19	24	20	31	30.5	23.41
	Min	17	13	8.8	9	5	6	7.6	9	14.8	17	21.6	20.2	12.45
	Moy	23	16.7	11.9	11	9.5	9.5	11.8	14	19.4	18.5	26.3	25.6	16.3

Source ANRH : station Miliana (1980-2012).

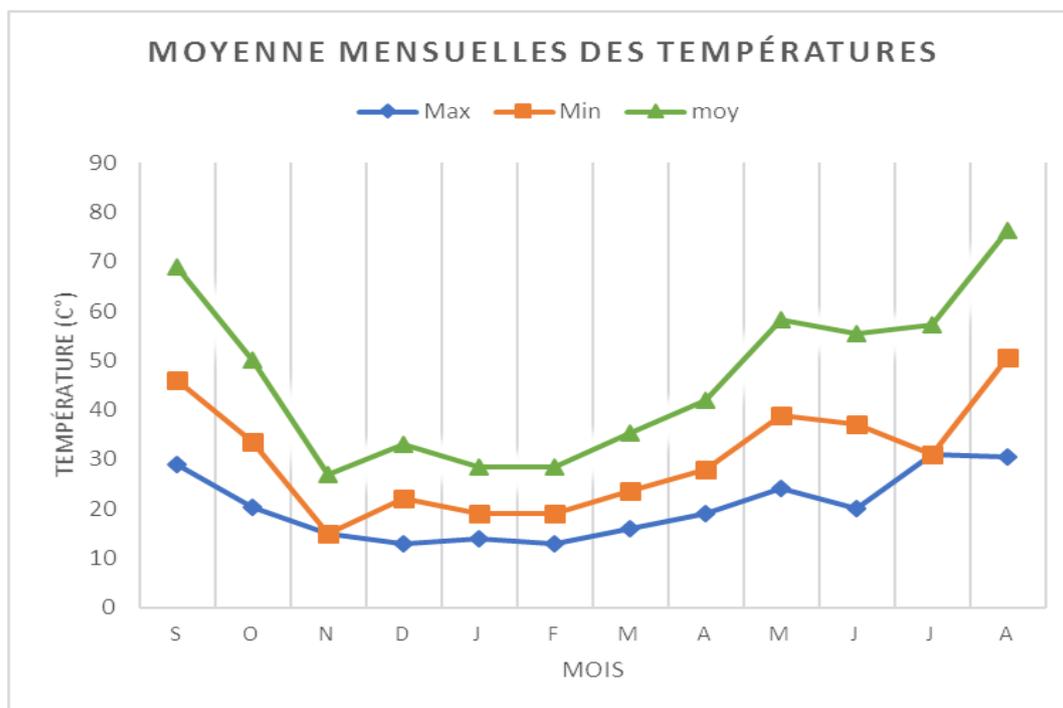


Figure N°I-5 : Evolution des températures moyennes mensuelles (1980-2012).

D’après le tableau précédent, on remarque que les mois les plus chauds sont les mois de juillet et Aout, avec une moyenne de 30.75°C, tandis que la période froide correspond aux mois de janvier et Février.

1.5.3. Evaporation

La notion d'évaporation est importante dans les études du bilan hydrique ou d'évaluation des ressources en eau. Elle affecte les débits à partir d'un bassin versant, le dimensionnement des réservoirs de barrages, le dimensionnement d'un réseau d'irrigation, etc.

L'évaporation est déterminée à partir de mesures faites au niveau du barrage Ghrib (Ain Defla) par le biais du bac Colorado. Les données de l'évaporation sont comme suit :

Tableau N° I-5 : Répartition mensuelle de l'évaporation.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Evaporation en (mm)	55,8	52,2	77,5	84	34,2	150	207,7	182,9	138	96,1	60	52,7	1191

Source : Barrage Ghrib, ANBT.

D'après le tableau I.6 l'évaporation annuelle est de 1191mm, elle atteint son maximum au mois de juillet avec une valeur de 207.7 mm et un minimum au mois de Mai avec une valeur de 34.2 mm.

1.5.4. Etude des précipitations

Les précipitations sont définies comme l'ensemble des eaux météorologiques recueillies par un bassin versant ou une surface bien déterminée.

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en irrigation afin d'évaluer la lame d'eau tombée sur l'ensemble du bassin versant et de déduire le régime pluviométrique.

Le tableau suivant I.7 donne la répartition mensuelle des pluies de la station Bordj El Amir Khaled et qui compte 30 ans d'observations (1982-2012). La pluie moyenne annuelle est de 406.19 mm.

Tableau N° I-6 : Répartition mensuelle des précipitations.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P (mm)	27,50	41,68	48,54	43,23	43,82	42,03	29,86	40,54	38,88	7,02	3,16	4,39	370,66
P %	7%	11%	13%	12%	12%	11%	8%	11%	10%	2%	1%	1%	100%

Source ANRH.2014

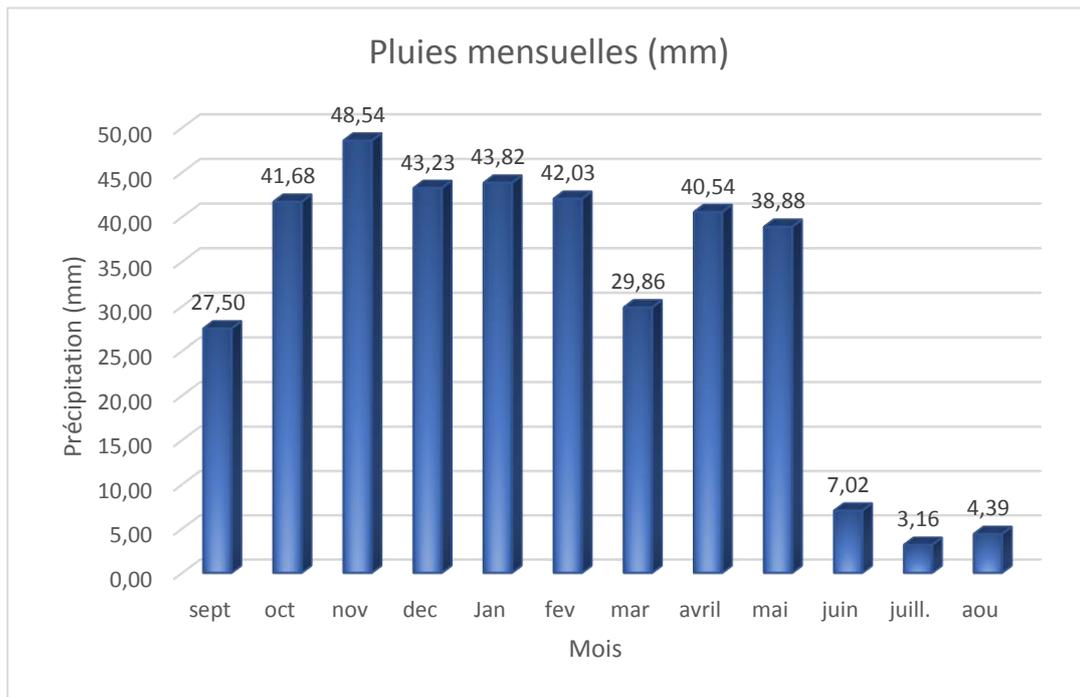


Figure N°I-6 : précipitations moyennes mensuelles (station Bordj El Amir Khaled).

Après l’analyse des pluies moyennes mensuelles observées par la station, nous a permis de constater que la répartition est caractérisée par deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide de novembre en mai, où la pluviométrie atteint en moyenne 90% des Précipitations totales annuelles, avec un maximum de 48.54 mm
- Une saison sèche correspond aux mois de juin, juillet et Août avec un minimum de 3.16 mm entre juin à septembre.

I.5.5. Humidité relative

L’humidité relative ou état hygrométrique de l’air est un élément du cycle hydrologique qui contrôle l’évaporation du sol et la couverture végétale. Il représente un élément déterminant dans l’évapotranspiration des cultures. Les données de l’humidité relative sont présentées comme suit :

Tableau N° I-7 : Humidités Relatives moyennes mensuelles de la zone d’étude.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Humidité (%)	62	64	73	82	77	72	68	62	62	57	49	50

Source (ANRH station Ain

Defla).

D'après le tableau I.8 l'humidité relative annuelle moyenne est de 64.9 %. Le mois le plus sec de l'année est Juillet avec l'humidité relative moyenne de l'air de 49 %, et le mois le plus humide est Décembre avec l'humidité relative moyenne de l'air de 82%.

I.5.6. Le vent

Dans les projets d'irrigation, il convient de connaître la répartition mensuelle des vents, leur vitesse et leur fréquence sans pour autant négliger leur direction. Les vents représentent un facteur déterminant dans certains systèmes d'irrigation tels que l'aspersion. Les vents dominants sont ceux qui soufflent du N.E et de l'Ouest.

Tableau N° I-8 : Vitesse moyenne du vent en m/s.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V (m/s)	2.8	3.2	3.5	3.5	3.1	3.2	3.1	3	2.9	2.7	2.9	2.9

Source (ANRH. Station Ain Defla)

La vitesse moyenne annuelle des vents varie de 2,7 à 3 m /s et atteint son max les mois de Novembre et Décembre avec une valeur de 3,5 m /s.

I.5.7. Le Sirocco

En raison des propriétés que peut avoir le vent sec et chaud sur le pouvoir évaporant de l'air il est bon de signaler sa présence. Nous disposons du nombre de jours de sirocco sur 10 ans (1996-2006) à la station de Ain Defla.

Tableau N°I-9 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Nombre de jours	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	4.0	11

Source (ANRH. Station Ain Defla)

Le nombre de jours de sirocco est en moyenne de 11 jours, il débute du mois de Mai et jusqu'au mois d'Octobre. La période de pointe est observée en Aout avec 4 jours.

I.6. Indices Agrométéorologiques

Pour la classification du climat, on utilise généralement les paramètres agrométéorologiques, qui reposent sur la température et la pluviométrie de la zone.

I.6.1. Indice de Martonne

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

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \quad (\text{I.1})$$

Avec : I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C)

Tableau N°I-10 : Classification du climat selon de Martonne

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

Dans notre cas, nous avons :

A.N: $P=370.7$ mm/an et $T=16.3^\circ\text{C}$

$$\frac{370.7}{16.3 + 10} = 14.1$$

Etant donné que $I_A = 14.1$, donc notre climat est sec, on conclue que l'irrigation est souvent indispensable.

I.6.2. Classification du climat selon le diagramme d’Emberger

Le quotient pluviométrique d’Emberger s’exprime par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M + m}{2} \cdot (M - m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2} \tag{I.2}$$

Avec :

- Q : coefficient pluviothermique d’Emberger.
- P : précipitation moyenne annuelle (mm).
- M : moyenne des températures maximales (Kelvin).
- m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : P=370.7 mm ; M=30.5°C et m=5°C

D’où $Q = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 370.7}{(30.5 + 273)^2 - (5 + 273)^2} = 40.9$

D’après le diagramme bioclimatique d’Emberger (voir Figure [II-4]), on peut dire que le climat de notre région est un climat aride.

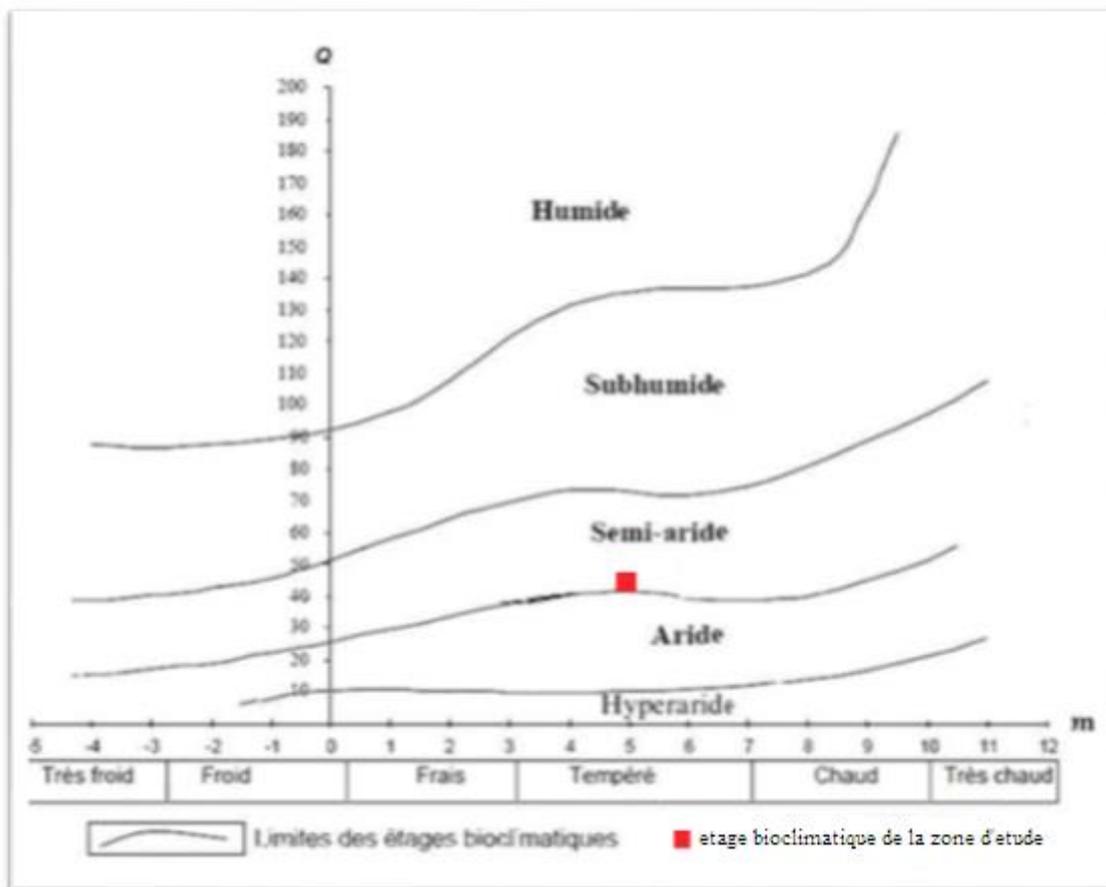


Figure N°I-7 : Diagramme bioclimatique d’Emberger (Station de Ain Defla).

I.6.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de F.Bagnouls et H.Gaussen permet de faire ressortir la période sèche au cours de l'année. Ainsi Bagnouls et Gaussen considèrent un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en °C ($P \leq 2T$), c'est-à-dire quand la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures. La période s'étalant entre les abscisses des points de l'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche.

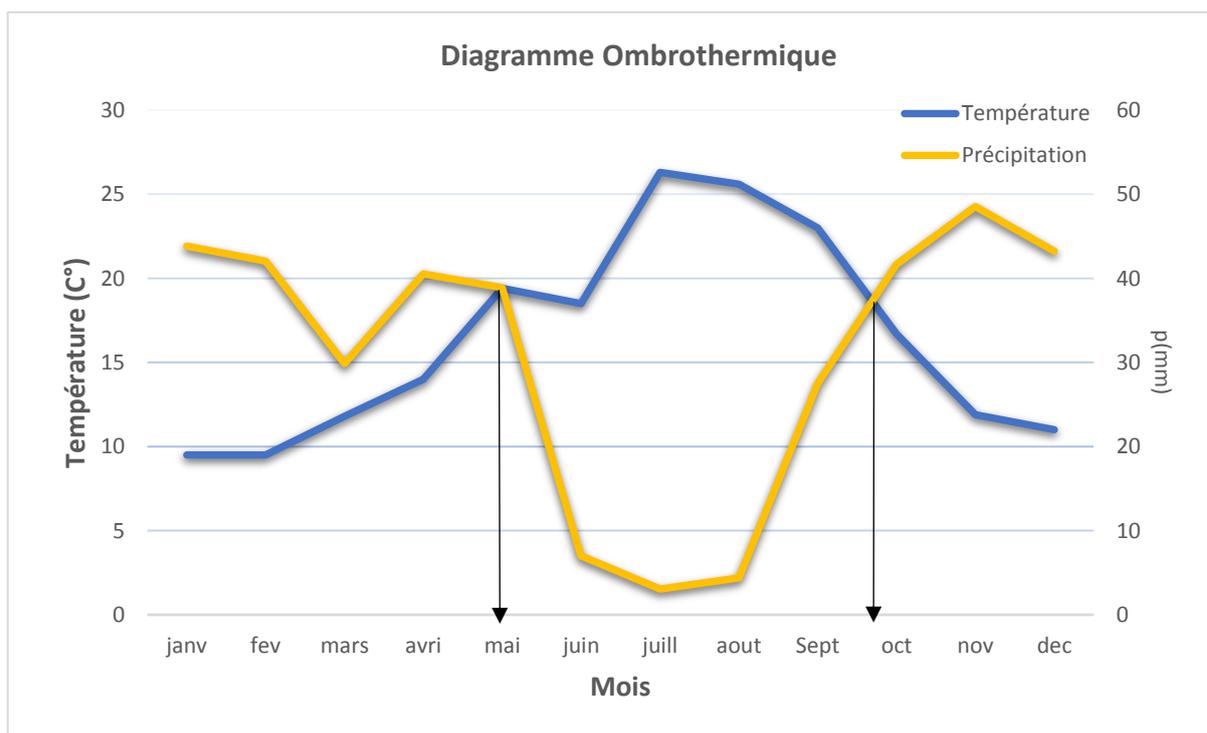


Figure I-8 : Diagramme ombrothermique (Station de Ain Defla).

Description du graphe : Le diagramme Ombrothermique de la région révèle la présence d'une période sèche qui dépasse quatre mois, elle s'étale du mois de Mai jusqu'au mois octobre. De ce fait, il est indispensable d'apporter l'eau par l'irrigation notamment pendant cette période.

I.7. Argumentation du projet d'aménagement de mise valeur du périmètre

a) Situation actuelle

L'analyse de la situation actuelle de la plaine du périmètre d'étude montre que l'activité agricole dans la zone est restée traditionnelle. Les céréales, constituent la principale ressource des agriculteurs. On note un système de production extensif caractérisé par un taux d'occupation du sol inférieur à 1, des itinéraires techniques " traditionnels" et des niveaux de rendements faibles. Le facteur limitant de cette situation est l'eau. L'absence de systèmes d'irrigation modernes a freiné tout développement agricole dans cette zone.

b) Situation projetée

L'objectif de la mise en irrigation est de transformer à moyen terme l'actuel système agricole biennal (céréales – jachère) en un système de polyculture encourageant les cultures intensives (maraîchères et arboriculture) et les cultures fourragères afin d'augmenter le taux d'occupation du sol. Ceci a comme principal objectif d'accroître les revenus des agriculteurs et de moderniser le secteur agricole dans la wilaya de Ain Defla.

I.8. Conclusion

Le périmètre de Tarik Ben Ziad (wilaya de Ain Defla) jouit d'un climat de type méditerranéen aride, caractérisé par un hiver froid, et un été chaud et sec, avec une insuffisance en pluie, qui en plus présente une mauvaise répartition au cours de l'année.

Les paramètres climatiques et agrométéorologiques indiquent que la zone d'étude est relativement semi-aride. L'introduction de l'irrigation est donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans cette zone rurale.

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

Chapitre II : Ressources en sol- Ressources en eau

II.1. Introduction

L'aménagement d'un périmètre nécessite la quantification des principales ressources de la zone d'étude à savoir : Ressources du périmètre à savoir les ressources en sol et les ressources en eau indispensable avant toute mise en valeur.

Ce chapitre a pour objectifs d'évaluer les principales caractéristiques pédologiques et les ressources en eau et l'hydrologie.

II.2. Ressource en sol

Le sol est la formation naturelle de surface a structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques.

L'étude agro-pédologique du périmètre a pour objectifs :

- D'apprécier les potentialités naturelles des terres vis-à-vis l'irrigation.
- De fournir un premier aperçu sur le choix judicieux des cultures à mettre en place.
- D'apporter les données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau
Qui conditionnent la conduite et l'organisation des arrosages.

II.2.1. Levé pédologique

Le levé pédologique examine les constituants de la terre (minéraux, matières organiques), leur agencement (granulométrie, structure, porosité), leurs propriétés physiques (transfert de l'eau et de l'air), leurs propriétés chimiques (rétention des ions, pH). Elle porte des diagnostics sur les types de sol (classification). Elle en déduit des applications (fertilité).

Ces levés ont été réalisés par le biais de profils creusés mécaniquement et par l'observation des coupes naturelles existantes. La profondeur des profils creusés dépasse généralement 1.5 m avec une largeur moyenne de 1.5 m.

Les profils ont été creusés, selon une distribution systématique tout en tenant compte de la physionomie du terrain, et la surface totale du périmètre.

La figure N° II.1 nous montre diversité pédologique de la wilaya de Ain Defla

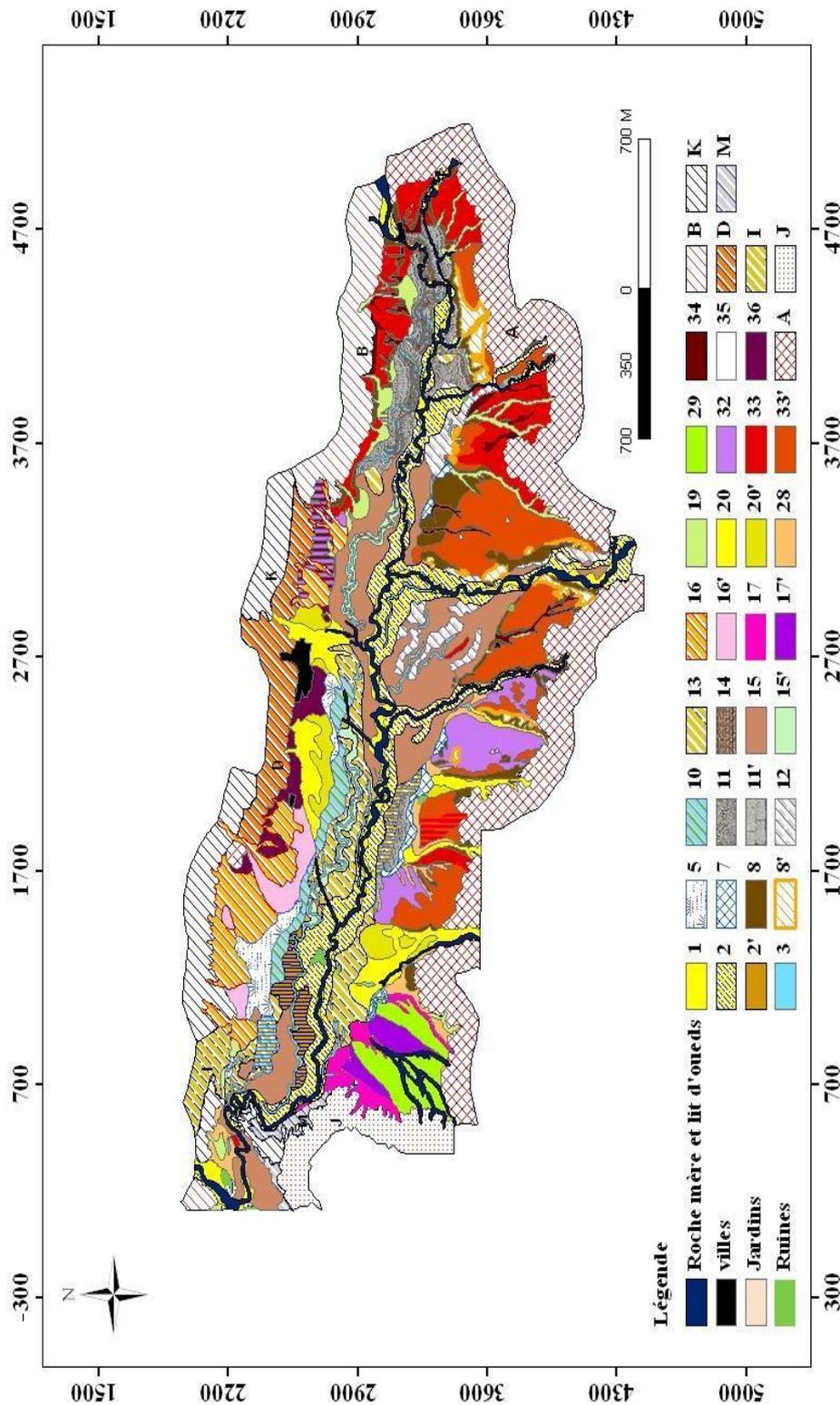


Figure N° II-1 : Carte des sols de la zone d'étude.

- 1-Sols alluviaux non évolués des dépôts sableux du lit majeur des oueds
- 2- Sols alluviaux non évolués des dépôts sableux du bourrelet des oueds.
- 2'- peu épais, recouvrant le sol figuré latéralement.
- 3- Sols engorgés par l'eau des réseaux d'écoulement des eaux superficielles des plaines
- 5- Sols engorgés par l'eau à couvert d'eau temporaire et à nappe phréatiques non salés.
- 7- Sols engorgés par l'eau à inondation temporaire hivernale.
- 8- Sols calciques formés sur carapaces calcaires.
- 8'- sols calciques humifères (sols rendziniformes).
- 10- Sols alluviaux tirsifiés ou sols alluviaux solnetxiques.
- 11- Sols alluviaux présentant un début de décalcification et une accumulation progressive du calcaire ;
- 11'- avec tendance à la tirsification.
- 12- Sols alluviaux en voie de décalcification.
- 13- Sols alluviaux complexes à horizons d'accumulation des sulfates.
- 14- Sols alluviaux présentant un début de décalcification et une accumulation brusque du calcaire.
- 15- Sols alluviaux complexe.
- 16- Sols colluviaux et alluviaux provenant des massifs schisteux.
- 16'- en voie d'évolution par lessivage.
- 17- Sols colluviaux et alluviaux provenant des massifs siliceux.
- 17'- en voie d'évolution par lessivage.
- 19- Sols colluviaux provenant des massifs gréseux et des formations quaternaires anciennes
- 20-Sols colluviaux et alluviaux provenant des massifs marneux et argileux.
- 20'- voie d'évolution par lessivage.
- 28- Sols partiellement décalcifiés avec accumulation progressive du calcaire.
- 29- Sols insaturés à accumulation progressive du calcaire.
- 32- Sols décalcifiés, rubéfiés et lessivés, à accumulation progressive du calcaire.
- 33- Sols décalcifiés, rubéfiés et lessivés, à accumulation brusque du calcaire.
- 33'-sur carapace calcaire.
- 34- Colluviaux des sols rouges lessivés.
- 35- Daya des zones à carapace calcaire.
- 36- Pseudo-solonetx rouges.
- 32+36- Association de sols.
- A- Association des sols à carapace calcaire.
- B- Association des sols décalcifiés et des sols jeunes formés sur les roches perméables et calcaire.
- D- Association des sols jeunes formés sur les grés et les marnes et de ces roches-mères.
- I- Association des sols formés sur les calcaires massifs et de ces roches –mères.
- J- Association des sols formés sur roches-mères siliceuses.
- K- Association des sols formés sur roches-mères schisteuses. M-Association des sols jeunes des glacis d'accumulation récents.

II.2.2. Classification des sols

Les types de sols rencontrés dans le périmètre sont **les sols minéraux bruts** (en particulier les lithosols), les sols peu évolués d'apports alluviaux issues de formations indifférenciées à tendance bruns calcaires, modales et à horizon de profondeur mal drainant et des sols peu évolués d'apports colluviales issues de formations indifférenciées modales.

Les caractères spécifiques prédominants dans la zone d'étude et qui influent d'une manière restrictive l'aptitude des sols sont la profondeur, le calcaire, la structure et la texture.

Les sols étudiés se répartissent en :

a) Classe : sols des minéraux bruts

Ces sols résultent essentiellement de l'érosion intense qui se produit sur les pentes trop fortes, mettant ainsi la roche mère plus ou moins démantelée avec apparition de roches et blocs. Ils présentent donc un horizon de très faible épaisseur (5 cm maximum) provenant de colluvionnement sur les croutes, imperméable aux racines. On rencontre les lithosols électivement dans les ravines créés par le passage des thalwegs charriage qui se jettent dans l'oued Rahil.

b) Sols peu évolués d'origine non climatique d'apport alluvial

➤ **Sols à tendance brun calcaire** : Ce sont des sols peu profonds (de 70 à 90cm de profondeur), leur structure est particulière en surface et polyédrique fine dans les horizons sous Adjacents et la texture devient plus grossière, avec la présence de gravier et même de cailloux en profondeur.

Au point de vue chimique, ces sols sont pauvres en matière organique dont le taux est inférieur à 2%, et qui décroît en profondeur, et un rapport C/N inférieur à 10 qui varie dans le sens inverse du taux de la matière organique. Ces sols sont caractérisés par un taux de calcaire total relativement élevé.

Profil N° 1

Classification

- **Classe** : sols peu évolués
- **Sous classe** : sols peu évolués d'origine non climatique
- **Groupe** : sols peu évolués d'apport
- **Sous-groupe** : sols peu évolués d'apport alluvial
- **Famille** : sols issus de formations alluviales indifférenciées
- **Situation** : sud du périmètre.
- **Topographie** : pente.
- **Pente** : 5% vers l'est

- **Géomorphologie** : terrasse.
- **Occupation du sol** : céréalicultures

Description

0 - 20 cm : de couleur à l'état sec rouge brun clair ; de texture Limono sableuse, structure particulière, enracinement abondant de céréales, nodules de calcaire, horizon poreux, peu compact, effervescence à l'HCl moyennement forte ;

20 - 70 cm : couleur à l'état sec rouge brun claire; texture sablo-limoneuse, structure polyédrique fine, faible enracinement de céréales, nodules de calcaire, horizon poreux, plus compact que l'horizon superficielle avec la présence de gravier, effervescence H Cl moyenne.

> **À 70 cm** : horizon graveleux de schistes, de texture argilo-sableuse avec la présence de cailloux et de blocs, de couleur brun clair à l'état sec, structure polyédrique fine, horizon poreux, compact. L'effervescence à l'HCl est faible.

➤ **Sols issus de formations alluviales indifférenciées modales**

Ces sols se localisent en pentes de 2 à 5% dans la partie sud est de la zone d'étude ; Ce sont des sols développés sur les alluvions récentes des ravins qui déversent dans l'oued Rahil.

c) Sols peu évolués d'origine non climatique d'apport colluvial

Ces sols sont, se localisent sur les terrasses le long de l'oued Rahil en pentes douces de 1 à 3 % de la zone d'étude ;

Ce sont des sols proviennent des colluvions des oueds de texture variable, marqués par un horizon de surface de texture limoneuse.

Ces sols sont développés sur les colluvions récentes des oueds, présentent une faible porosité, et ils sont compactes le long du profil;

Du point de vue chimique, ces sols sont pauvres en matière organique et une teneur en calcaire total très variable.

La couleur générale de ces sols est rouge brun, de textures limoneuses dans tout le profil, une structure polyédrique fine.

- Au point de vue chimique, ces sols sont pauvres en matière organique dont le taux est inférieur à 2% un rapport C/N avoisinant la valeur de 10 et une teneur en calcaire total très variable.

Profil N° 1**Classification**

- **Classe** : sols peu évolués.
- **Sous classe** : sols peu évolués d'origine non climatique.
- **Groupe** : sols peu évolués d'apport.
- **Sous-groupe** : sols peu évolués d'apport colluvial.
- **Famille** : sols issus de formations d'origine colluviale.
- **Série** : Sols modale.
- **Situation** : centre du périmètre.
- **Topographie** : pente douce.
- **Pente** : 2% vers l'est.
- **Géomorphologie** : terrasse de l'oued Rahil.
- **Occupation du sol** : cultures maraichères.

Description

0 – 40 cm : couleur à l'état sec rouge brun clair, texture argilo limoneuse, structure Polyédrique fine, enracinement abondant, taches de calcaire, quelques fentes de retraits, faible porosité, compact, Très forte effervescence à l'HCl ;

40 – 90 cm : couleur à l'état sec rouge brun foncé ; texture argileuse, structure Polyédrique fine, Faible enracinement, quelques fentes de retraits, quelques nodules de Calcaire, porosité moyenne, horizon compact plus que l'horizon superficielle, faible effervescence à l'H Cl ;

90 – 180 cm : couleur à l'état sec Brun foncé ; texture sablo limono argileuse, structure polyédrique fine, Traces d'hydromorphie, porosité moyenne, horizon compact, et l'effervescence l'HCl est moyenne. Horizon poreux, graveleux et caillouteux à structure polyédrique fine et l'effervescence H Cl est faible.

II.2.3. Analyse physico-chimique des sols

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol. Les analyses physico- chimiques des sols sont résumées dans le tableau II.1 :

Tableau N° II-1 : L'analyse des profils au laboratoire.

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35	35-80	80-120
Granulométrie	Argile %	35,20	32,50	30,60
	Limon fin %	18,25	18,20	20,10
	Limon grossier %	9,50	12,45	11,36
	Sable fin %	20,60	18,20	26,89
	Sable grossier %	16,45	18,65	10,96
Matière organique	Matière organique %	1,45	0,56	0,39
	Carbone C ‰	8,55	3,3	2,3
	Azote N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
Réserve minérales	CaCO ₃ TOTAL %	12,04	22,8	21,5
	CaCO ₃ ACTIF %	2 393	2 184	2 315
	P ₂ O ₅ TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	K ₂ O TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52	2,04	1,39

II.2.4. Propriétés hydrodynamiques des sols

Un sol se caractérise par un certain nombre de paramètres physiques mesurables, qui interviennent dans les projets d'irrigation.

Tableau N° II-2 : Propriétés hydrodynamiques des sols.

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	27%
Point de flétrissement (%)	17%
Vitesse de perméabilité (mm/h)	6.5mm/h
Densité apparente	1,35

Interprétation

Le sol est de texture argileux-limoneuse à limoneux-argileuse, avec une bonne teneur en matières organiques, ne présente pas de risque salin. Cependant, le taux de calcaire est parfois élevé. Les capacités de rétention en eau des sols sont bonnes 25 à 30%. Les vitesses d'infiltration sont variables suivant le type de structure qui caractérise chaque sol.

La perméabilité du sol est définie par sa vitesse d'infiltration qui est la vitesse apparente de l'eau s'écoulant à travers un sol saturé, sous une pente motrice égale à l'unité c'est les coefficients K de la loi de Darcy. La perméabilité est déterminée au laboratoire selon la méthode Henin.

II.2.5. Détermination des aptitudes culturales des sols

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

a) Arboriculture

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

b) Cultures industrielles

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

c) Cultures céréalières et fourragères

Leur irrigation permet une augmentation très sensible de leurs rendements et les rend donc beaucoup moins aléatoires, car, en sec, elles dépendent que des précipitations qui sont maux répartis dans le temps et parfois insuffisantes.

Les cultures fourragères deviennent possibles en irrigué, à introduire dans la région, car elles permettent de développer l'élevage (vocation de la région) et leurs résidus végétaux constitueront des amendements qui contribueront à l'amélioration de la majorité des sols à texture fine et très fine et de structure défavorable.

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

d) Cultures maraichères

Cette liste concerne les cultures en extension ; la culture sous serres comme pratiquée dans la région peut avoir des aptitudes meilleures qui dépendent de la qualité du sol apporté et de la conduite de la spéculacion. Les sols ne présentent aucune restriction pour les cultures telles que : la tomate, la pomme de terre. La carotte, le navet, le chou-fleur, les cucurbitacées, le piment, le poivron, l'ognon et l'ail.

e) Légumineuses

Leur irrigation permet une augmentation de rendements, car elles permettent l'enrichissement des sols en azote, l'améliorent de la structure du sol et de développer l'élevage (vocation de la région) et leurs résidus végétaux constitueront des amendements qui contribueront à l'amélioration des sols à texture fine et de structure défavorable.

II.3. Ressources en eau

Il faut nécessairement combler le déficit hydrique durant la période sèche mai -octobre, par une Irrigation. Pour cela, on doit faire l'inventaire des ressources en eau et étudier les possibilités de leur utilisation en agriculture.

Les eaux d'irrigation peuvent être superficielles (barrages, lacs, cours d'eau) ou souterraines (Nappes, forages, puits). Elles doivent être en outre de bonne qualité, surtout peu chargées en sels.

II.3.1. Caractéristiques du bassin versant Tarek Ibn Ziad

Le périmètre d'étude fait partie du bassin versant de l'oued Rahil partie du grand bassin versant de Ain Defla, il est de forme vallonnée.

Ce bassin longe la route nationale N14 qui mène vers la commune Tarek Ben ziad. Son réseau hydrographique est constitué d'un cours d'eau principal « oued Rahil » et de plusieurs oueds et chalets qui se jettent dans ce dernier.

Ses coordonnées au système Lambert sont : **X= 455.85 et Y= 313.8**

II.3.2. Analyse hydrologique

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques hydrologiques principales du bassin versant de la crête jusqu'à l'exutoire ces caractéristiques sont :

- Débit et volume maximale des crues.
- Apports liquides.
- Apports solides.

a) Les caractéristiques hydrologiques du bassin

Les caractéristiques sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau N° II-3 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant.

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	5.3
Périmètre		P	Km	4.5
Longueur du thalweg		L	Km	2.24
Indice de compacité		K _c		0.55
Altitudes	Maximale	H _{max}	M	920
	Moyenne	H _{moy}	M	780
	Médiane	H _{med}	M	789
	Minimale	H _{min}	m	700
Indice de pente moyenne		I _m	m/Km	0.023
Débit moyen		Q ₀	l/s	13.6
Débits spécifique		Q _s	l/s/Km ²	2.54
Débit de crue		Q _{p100}	m ³ /s	40.2

b) Caractéristiques hydrauliques de la retenue de l'oued Rahil

Le périmètre d'irrigation sera irrigué à partir de la retenue collinaire construite sur l'oued Rahil.

Les caractéristiques de la retenue sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau N° II-4 : Caractéristiques de la retenue.

Dénomination	Unité	Quantité
Hauteur de la digue	m	14
Volume mort	M.m ³	50 000 m ³
Volume utile	M.m ³	490 000 m ³
Cote de fond	m	2.5
Cote au niveau mort (NVM)	m	94
Cote au niveau normal de retenue	m	103
Cde plus hautes eaux (NPHE)	m	104
Débit évacué	m ³ /s	

D. C de vidange	mm	500
D. C de la prise	mm	300

II.3.3. Etude géologique

Les terrains en présence dans la région de Tarek Ibn Ziad sont essentiellement :

a) Les terrains du crétacé supérieur : cénomaniens (c 5-4) qui sont des formations géologiques appartenant à la série des nappes telliennes. Ces terrains sont essentiellement formés de schistes, de grès quartzites, et de conglomérats. Ces terrains ont subi plusieurs phases de plissement et de fracturation depuis leur mise en place.

b) Les terrains du miocène : qui sont discordants sur les premiers et qui sont représentés par des Calcaires fossilifères, des poudingues gréseux, ainsi que des marnes bleues à cassures conchoïdales (miocène m1 à m4).

c) Les terrains du pliocène : essentiellement sableux et argileux.

d) Les terrains quaternaires alluvionnaires : et colluvionnaires de toute sorte.

II.3.4. Etat de la retenue et des ouvrages d'annexes

La retenue Rahil dispose des ouvrages suivants : une digue de type en terre de bon état et trois ouvrages annexes, l'évacuateur de crue, vidange des fonds, prise d'eau.

a) La digue

L'état de la digue de la retenue est bon.

b) L'évacuateur de crue

L'évacuateur de crue de la retenue est un évacuateur latéral à entonnement latéral, et il est en bon état, le bassin de dissipation est en enrochement :



Figure N° II-2 : Vue de coursier et de bassin de dissipation de l'évacuateur de crue.

c) Vidange et prise d'eau

Le diamètre de la conduite de vidange est de (500 mm), et celui de la prise est de (300 mm). L'état des murs de la chambre des vannes est bon, mais à l'intérieur les vannes sont totalement immergées dans l'eau par les eaux de la pluie.

II.3.5. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants :

- pH
- Risque de Salinité
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR)
- Carbonate et bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca & Mg
- Anions toxiques

La salinisation du sol limite considérablement la production des cultures et par conséquent a des Effets négatifs sur la sécurité alimentaire.

Dans les régions arides et semi-arides, où les précipitations sont insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol et où le drainage est restreint, des sols salins vont se former avec des concentrations élevées de sels de sodium (Na^{++}), de calcium (Ca^{++}), de magnésium (Mg^{++}), les chlorures et les sulfates.

II.3.6. Classification des eaux pour l'irrigation

a) Classification (FAO)

La classification donnée en fonction de la concentration des sels :

- | | |
|-----------|--------------------|
| - 1g/l | bonne irrigation. |
| - 1-3g/l | faiblement salée. |
| - 3-5g/l | moyennement salée. |
| - 5-10g/l | fortement salée. |
| - >10g/l | extrêmement salée. |

Pour notre eau la concentration des sales égales à **2.72 g/l** \longrightarrow donc Sont des eaux **faiblement salées**.

b) Classification américaine

La classification américaine des eaux d'irrigation basée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

i. Pour la Conductivité électrique (CE)

Le laboratoire de Riverside (1954) a donné une classification basée sur la mesure de la conductivité à 25°C et exprimée en mmhos/cm. Qui permet de déterminer quatre classes d'eau :

- **C1 (CE < 250 mmhos/cm)** : Eaux utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols

- **C2 (CE comprise entre 250 et 750 mmhos/cm)** Eaux utilisables avec un léger lessivage. Les plantes modérément tolérantes aux sels peuvent pousser dans la plupart des cas, sans pratique spéciale de Contrôle de la salinité.

- **C3 (CE comprise entre 750 et 2 250 mmhos/cm)** : Eaux inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent seules être cultivées.

- **C4 (CE 250 < C < 2 250 mmhos/cm)** : Eaux inutilisables normalement pour l'irrigation. Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et l'eau d'irrigation sera appliquée en excès pour assurer un fort lessivage du sol.

Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

L'eau de la retenue collinaire Rahil prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne CE = 0.52 mmhos/cm, donc : Eau de risque moyen (salinité moyenne).

ii. Sodicités et alcalinisation :

Pour maintenir les conditions d'infiltration adéquates dans les sols irrigués, il faut Veiller à empêcher les complexes d'échange du sol de se charger en Na⁺. On exprime le Danger de sodicité d'une eau d'irrigation par le SAR (Sodium Absorption Ratio).

Le SAR est défini par l'équation suivante :

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

Les cations sont exprimés en milliéquivalent par litre.

Tableau N° II-5 : Classification de l'eau en fonction du SAR

Classe	SAR	Définition
S ₁	SAR<10	L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.
S ₂	10<SAR<18	L'eau contenant une quantité moyenne de sodium peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.
S ₃	18<SAR<26	Les eaux contenant une quantité élevée de sodium peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques. S'il n'y a pas de gypse, il faut en ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.
S ₄	SAR>26	L'eau contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropre à l'irrigation.

$$S.A.R = \frac{7.3}{\sqrt{\frac{10.5 + 22.3}{2}}} = 1.80 < 10$$

D'après les résultats du calcul de la conductivité électrique CE = 0.52 mmhos/cm, et le rapport d'absorption du sodium SAR de l'eau d'irrigation SAR (Égal à 1.8).

c) Classification de l'eau d'irrigation selon l'U.S.S. L (1954)

C'est la classification la plus utilisée en ce qui concerne l'irrigation proposée par laboratoire de Riverside (RICHARD 1954), elle est basée sur :

Selon la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux destinés à l'irrigation. C'est-à-dire :

-La conductivité électrique exprimée en CE (mmhos/cm)

-Le SAR (% de Na échangeable)

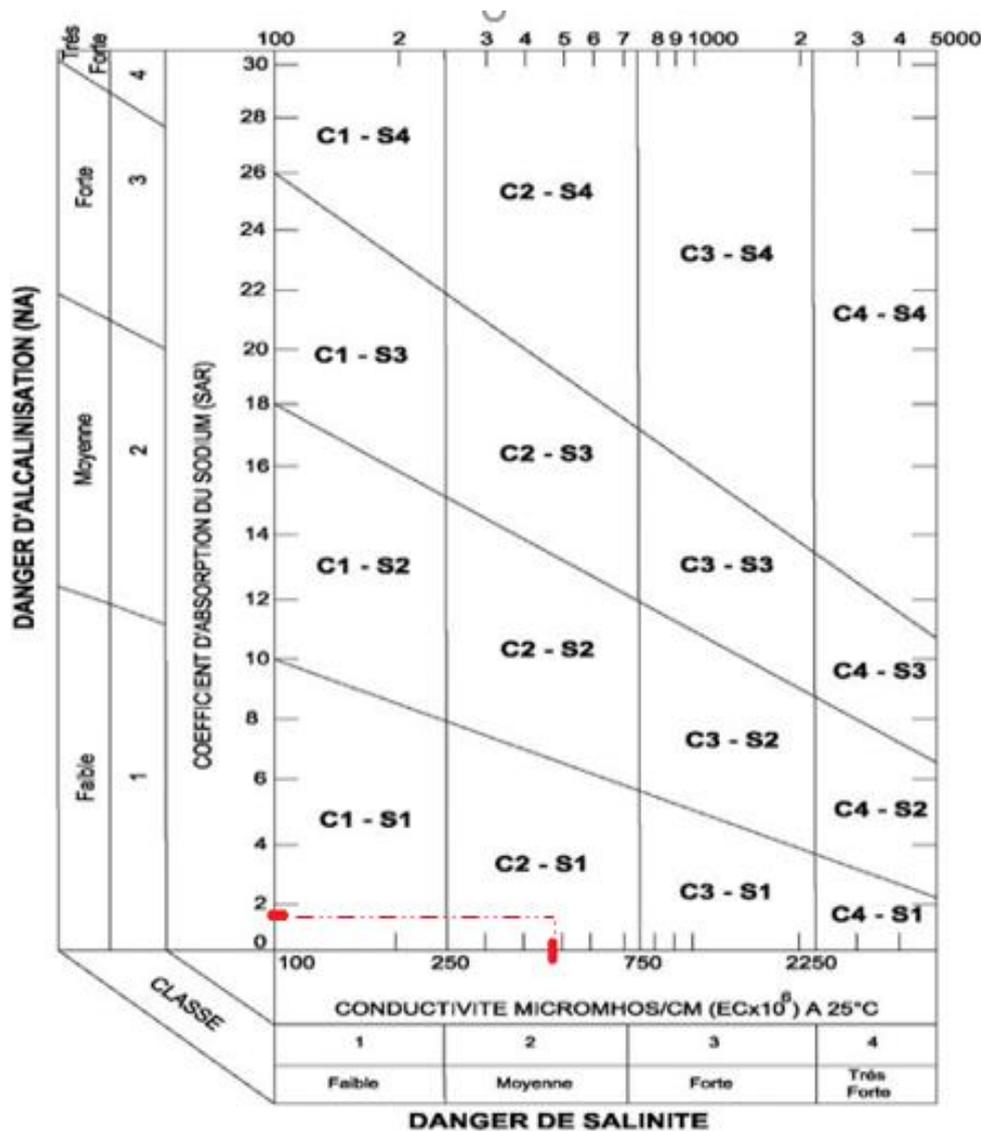


Figure N°II-3 : le diagramme de Riverside.

D'après le diagramme de Riverside : l'eau de la retenue de Rahil est dans la classe **C2S1**.

d) Qualités physiques

-pH de l'eau d'irrigation : le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogènes de la solution (H⁺). Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 7 et 8. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale. En moyenne le pH de l'eau de la retenue est de 7.1.

-La température : Elle doit être appréciée, cependant elle est généralement égale à la température ambiante. La température dans notre cas est de 21 °C.

Tableau N° II.6 : les Résultats Classification des eaux.

Paramètre	Résultats	Digramme de Riverside	Notion
CE	0.52	Salinité moyenne et alcalinité Faible.	Il n'y a pas risque De sodisation.
SAR	1.8		
T (°C)	-29.8		Bonne
PH	7.1		Conforme

Interprétation

En résumé la qualité de l'eau est acceptable mais il nécessaire de faire un suivi de l'évolution de la qualité des eaux au cours de l'exploitation du périmètre au moins une analyse par année.

II.3.7. Hydrologie

L'objectif de l'étude hydrologique est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, l'étude porte sur: l'homogénéisation des séries pluviométriques, l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques et la détermination de l'année de calcul.

a) Répartition de la pluie moyenne annuelle

La précipitation est un facteur climatique très important, elle nous permet de connaître la période où les cultures ont besoin d'être irriguée ou pas.

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de bordj Amir (la période 1983-2012) est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau N° II.7: la répartition mensuelle des précipitations (mm).

Années	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juill.	Aout	Annuel
1983	30,1	52	58,3	44	54,7	53,74	22,53	31,63	29,6	22,3	2,41	0	401,31
1984	34,8	48	59,5	50,2	49,1	56,14	14,63	25,23	41,5	6,4	1,41	4,5	391,41
1985	42,3	47,6	40,2	38,8	50,7	22,64	32,23	31,33	44	8,2	1,41	2,6	362,01
1986	32,9	48,8	47,7	63,2	35,9	40,14	38,53	37,33	31,1	12,6	7,61	0	395,81
1987	31,9	40,6	42,3	38,7	39,6	23,94	24,13	32,3	37,4	7,7	11,41	2,6	332,58
1988	25,6	42,4	49,7	46,7	49,3	30,54	26,73	35,13	32,2	8,9	1,41	5,5	354,11
1989	24,5	59,4	51,6	30,9	55,6	24,24	39,63	39,43	47,4	6,7	7,61	2,3	389,31
1990	30,6	48,3	46,3	35	36,7	32,64	23,53	47,93	42	9,9	1,41	0	354,31
1991	38,4	55,9	47,9	42,5	41,9	48,14	22,43	32,43	36,7	9,5	1,41	4	381,21
1992	36,2	53,3	57,7	52,7	48,3	29,64	29,93	39,53	32,6	10,2	1,41	3,5	395,01
1993	65	48,6	42,4	41,2	42,3	47,74	30,53	33,53	34	14,9	1,41	10,5	412,11
1994	29,5	55	55,2	35,1	53,2	27,84	20,43	46,13	61,6	6,9	4,61	0	395,51
1995	32,9	53,5	54,9	32,8	65,4	42,14	25,83	37,53	43,4	7,9	1,41	1,2	398,91
1996	39,5	44	54,8	53,2	29,2	27,14	12,63	38,03	29,3	3,6	3,71	8,4	343,51
1997	33,5	50,3	52,3	37	53,9	33,34	27,43	51,83	39,8	5,9	1,41	0	386,71
1998	31,2	48,7	47,3	38,8	45,7	28,74	33,63	42,03	43,7	7,7	1,41	1,6	370,51
1999	29,2	54,9	54,5	43,4	50,2	36,84	21,53	36,83	50,6	11,1	6,71	5,7	401,51
2000	24,2	49,5	46,3	47,8	48,4	37,14	29,93	33,43	46,2	8,8	5,61	3,2	380,51
2001	29,3	38,4	46,3	46,3	51,8	45,54	17,83	30,23	43,9	7,3	1,41	0	358,31
2002	28	48,3	49,7	50,2	43,7	37,84	18,83	35,63	48,1	6,2	2,51	1,6	370,61
2003	11,1	21,9	51,6	44,5	40,4	46,1	28,5	28,1	20,4	4,2	1,6	5,6	304
2004	21,4	15,7	39,5	60,9	31,3	52,5	19	13,1	0,5	1	0	0	254,9
2005	9,9	15,9	33,6	28,5	50,5	33,1	16,3	7	48,8	1,3	10,8	1,3	257
2006	8,5	0,2	1,9	54,8	7,5	23,5	53,5	85,8	12,7	0	0	2,1	250,5
2007	43,2	58,2	75,4	17,6	18,2	15,3	36,9	5,6	14,4	6,7	3,7	0	295,2
2008	24,5	38,7	42,2	92,5	61	13,7	74,1	84,8	17,5	0	0,7	2,3	452
2009	30,1	1,6	29,7	70,7	53,9	107,4	54,5	18	15,8	4,4	0	40,5	426,6
2010	0,6	58,7	49	28,1	49,9	100,7	14,6	35,6	76,4	10,3	10,3	0	434,2
2011	4,2	29,5	60,8	23,4	12,5	82,1	54	113	113	0	0	0	492,5
2012	1,8	22,6	67,7	7,5	43,9	60,4	31,5	87,7	31,9	0	0	22,7	377,7
Mensuel	27,50	41,68	48,54	43,23	43,82	42,03	29,86	40,54	38,88	7,02	3,16	4,39	370,66

La série des pluies annuelles (1983 –2012) présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau N° II-8 : Caractéristiques de la série pluviométrique

Moyenne	370
Ecart type	55.7
Cv	0.150
Min	250
Max	492

b) L'homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au le test de Mood base sur la Médiane plus robuste. C'est un test statistique permet de vérifier si une série de données est homogènes.

Test de Mood : Soit un échantillon $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Déterminons sa médiane M après avoir classé l'échantillon par ordre croissant.

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

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

+ pour les $x_i > M$

- Pour les $x_i < M$

Calculons les quantités Ns et Ts avec :

Ns : Nombre total de séries de + et de -.

Ts : Taille de la plus grande série de + ou de -.

Ns suit approximativement une loi normale de moyenne $\frac{N+2}{2}$ et de variance $\frac{1}{4}(N - 1)$ et Ts suit une loi binomiale.

Ceci permet d'établir que pour un seuil de signification compris entre 91% et 95%, les conditions du test sont les suivantes :

$$\text{➤ } Ns > \frac{1}{2}(N + 1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1})$$

$$\text{➤ } Ns < \frac{1}{2}(N + 1 + u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1})$$

$$\text{➤ } Ts < 3.3(\log_{10} N+1)$$

Si les conditions du test sont vérifiées, on conclut que la série à étudier est homogènes au seuil de

signification $1-\alpha$.

Le tableau N°III-6 détaille du procédé de Test d'homogénéité pour notre station :

Tableau N° II.9 : Résultats du Test de Mood

Rang	Années	Série d'origine	Ns/Ts
1	1983	401,31	+
2	1984	391,41	+
3	1985	362,01	-
4	1986	395,81	+
5	1987	332,58	-
6	1988	354,11	-
7	1989	389,31	+
8	1990	354,31	-
9	1991	381,21	+
10	1992	395,01	+
11	1993	412,11	+
12	1994	395,51	+
13	1995	398,91	+
14	1996	343,51	-
15	1997	386,71	+
16	1998	370,51	-
17	1999	401,51	+
18	2000	380,51	+
19	2001	358,31	-
20	2002	370,61	-
21	2003	304	-
22	2004	254,9	-
23	2005	257	-
24	2006	250,5	-
25	2007	295,2	-
26	2008	452	+
27	2009	426,6	+
28	2010	434,2	+
29	2011	492,5	+
30	2012	377,7	-

D'après les calculs, nous avons : **La médiane** =380.51

Ns=14 et **Ts**=7

On vérifie les conditions :

$$\text{➤ } N_s > \frac{1}{2}(30 + 1 - 1.96\sqrt{30 + 1}) = 10.04$$

$$\text{➤ } N_s < \frac{1}{2}(30 + 1 + 1.96\sqrt{30 + 1}) = 20.96$$

$$\text{➤ } T_s < 3.3(\log_{10} 30+1) = 8.17$$

La condition de Mood est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles est homogène.

c) Ajustement statistique des pluies

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

- Loi de Gauss ou loi normale
- Loi Racine Normale
- Loi de Galton ou loi log–normale

i. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

Le procédé de calcul consiste à (Roche, 1964) :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

$$\text{-Variable réduite de gauss : } U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$$

-Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} ; δ ; Cv; CS=0).

-Calculer le coefficient de variation : $Cv = \frac{\delta}{x}$

Le quantile de pluie pour une période de retour donnée est:

$$XP\% = \bar{X} + \delta * Up\%$$

Avec : XP%: précipitation de probabilité P%.

Up%: variable réduit de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Écart type

ii. Ajustement à la loi log-normale (Galton)

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

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(Xp\%) = \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})} + \delta \text{Ln} * Up\% \quad \text{et } Xp\% : \text{précipitation probable à } P\%.$$

$\overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

δLn : la variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa

formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30$$

$$\delta_{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30$$

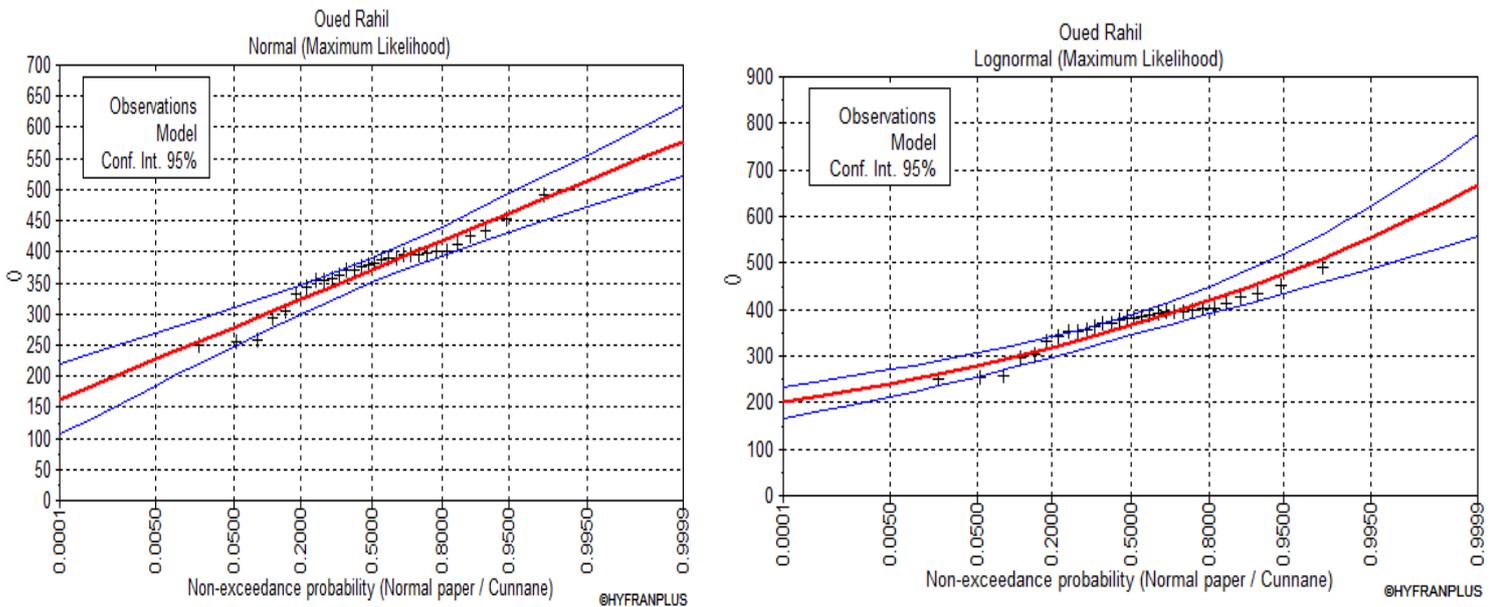


Figure N° II.4 : Ajustement des pluies annuelles aux lois normale et log-normale

d) Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune N_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})]$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n_i')^2}{n_i}$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

On calcule χ^2 , on calcule le nombre de degré de liberté γ : $\gamma = k-1-m$. On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson

Avec : χ^2 théorique = $g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : χ^2 calculé < χ^2 théorique

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau N° II.10: Test de validité des deux ajustements.

<i>Loi normale</i>	<i>Loi log normale</i>
χ^2 calculé = 12.00	χ^2 calculé = 12.00
Degré de liberté $\gamma=4$.	Degré de liberté $\gamma=4$.
χ^2 théorique = 13.28	
$\alpha = 0.01$	

D'après le test de Khi carré, on déduit que les deux lois sont à considérer ($\alpha = 1\%$), et que la loi normale présente un meilleur ajustement.

e) Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle (fréquence 80%) représentative de la région

Tableau N° II.11: Quantiles de pluies pour la station de Ain Defla (Loi Normale)

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
P. Retour	Fréquence	Quantile	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10	0.90	442	13.8	415	469
5	0.80	417	11.9	339	399
2	0.5	370	10.2	350	390
1.25	0.2	323	11.9	300	347

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

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

$$P_{\text{théorique de 80\%}} = 323 \text{ mm} \text{ et } P_{\text{théorique de 50\%}} = 370 \text{ mm},$$

$$\text{et } P_{\text{moy } 80\%} = 0.87 \times P_{\text{moy-mensuelle}}$$

Tableau N° II.12: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P _{moy} mm/mois	27,50	41,68	48,54	43,23	43,82	42,03	29,86	40,54	38,88	7,02	3,16	4,39
P _{moy80%} mm/mois	23,93	36,26	42,23	37,61	38,12	36,57	25,98	35,27	33,83	6,11	2,75	23,93

II.4. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'étude des ressources en sol et celles en eau indispensable pour un projet d'irrigation.

L'analyse agro-pédologique de la zone d'étude et les analyses physico-chimiques des sols ont mis en évidence des propriétés adéquates pour toute mise en valeur de ce périmètre.

De façon générale les sols présentent de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique.

Pour ce qui est des ressources en eau. Les eaux de la retenue de l'oued Rahil qui alimentent notre périmètre appartiennent à la classe **C2S1**, avec une faible alcalinité, et une salinité moyenne.

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

III.1. Introduction

Les plantes ne peuvent pas se développer sans eau. La source d'eau la plus connue pour la croissance de la plante est l'eau de pluie. S'il y a insuffisance de pluie, l'eau doit être fournie par irrigation. Le besoin en eau d'irrigation est la différence entre le besoin en eau des cultures et l'eau de pluie disponible.

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

III.2. Besoins en eau des cultures

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

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres les données d'occupation et la répartition culturale dans le périmètre ainsi que les données climatiques et pédologiques de la région.

III.2.1. Calcul de l'évapotranspiration

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins en eau de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique, pour cela il faut déterminer l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ET_0).

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

C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon recouvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier, 1977).

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle

et à défaut de mesures directes, il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées, et adaptées à différents climats.

Pour estimer l'évapotranspiration de référence on se base sur des méthodes indirectes, utilisant des formules empiriques en s'appuyant sur des variables climatiques.

Il existe plusieurs 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 Bouchet

La formule de Penman est la meilleure manière d'estimation de l'ETP sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

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

Formule Modifiée de Penman_Monteith

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

$$ET0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (III.1)$$

Avec:

ETo : 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],

es : pression de vapeur saturante [kPa],

ea : pression de vapeur réelle [kPa],

es-ea : 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 Tarik Ibn Ziad:

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0. Les résultats trouvés pour la station de Tarik Ibn Ziad sont récapitulés dans le tableau ci-après.

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

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	ET ₀
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/month
January	5.0	14.0	77	2.7	7.5	11.0	46.81
February	6.0	13.0	72	2.8	7.9	13.9	55.16
March	7.6	16.0	68	2.3	8.1	17.3	84.94
April	9.0	19.0	62	2.5	8.5	20.6	114.00
May	14.8	24.0	62	2.7	10.0	24.3	157.17
June	17.0	26.0	57	2.7	11.3	26.7	176.67
July	20.0	31.0	49	2.5	12.0	27.4	212.35
August	20.2	30.5	50	2.9	12.5	26.8	209.16
September	17.0	29.0	62	2.8	10.2	21.0	151.14
October	13.0	20.4	64	2.4	8.7	15.8	91.76
November	8.8	15.0	73	2.2	8.0	12.1	49.50
December	9.0	13.0	82	2.5	7.9	10.6	35.03
Average	12.3	20.9	65	2.6	9.4	19.0	1383.70

III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration maximale ETM

Les besoins en eau d'une culture (ETM), représentent l'évapotranspiration maximale de la culture considérée durant un stade végétatif donné.

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET₀), on utilise les coefficients culturaux (K_c), dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

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

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

III.2.4. Les Coefficients culturaux (Kc)

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante ; de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », F.A.O N°24. (Annexe 1).

III.3. Besoins en eau d'irrigation

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

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

$$Bi = ETM - (P_{eff} + K \cdot RFU_i - 1) \quad \text{(III.3)}$$

ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois);

P_{eff}: pluie efficace en mm ;

RFU : Réserve du sol assimilée a la réserve facilement utilisable disponible au début de la période,

K est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.5 (ANNEXE 3)

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

III.3.1. Calcul de la pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, il faut calculer la précipitation efficace, 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.

La pluie efficace est estimée comme suit :

$$\text{Pluie efficace (P}_{eff}\text{)} = 80 \% \text{ de la pluie moyenne mensuelle.}$$

Les valeurs moyennes mensuelles de P_{eff} sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau N° III-2 : Précipitation efficace dans la zone d'étude.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Pmoy (mm)	27,5	41,68	48,23	48,54	23,82	42,03	29,86	40,54	38,88	7,02	3,16	4,39
Peff (mm)	22	33,34	38,58	38,83	19,06	33,62	23,89	32,43	31,10	5,62	2,53	3,51

III.3.2. Choix des cultures

Le choix des cultures à mettre en place dans un périmètre est primordial puisqu'il permet de planifier les spéculations agricoles à long terme, pour cela on doit prendre en compte :

- 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.
- La vocation agricole de la région d'étude

a) Cultures proposées

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre.

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

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

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
1	70	15	10	5	100
2	40	15	35	10	100
3	35	15	35	15	100

Dans notre cas, on choisit le scénario 2 qui est relativement équilibré et qui prend en compte la vocation agricole de la région d'étude. Les cultures proposées sont résumées comme suit :

Tableau N° III-4 : Système de cultures proposées à la zone.

CULTURES	
Céréaliculture	Blé dur
	Orge en vert
Légumes secs	Fève sèche
Maraîchage	Pomme de terre saison
	Pomme de terre arrière-saison
	Tomate
	Oignon sec
	Oignon vert
	Ail
	Haricot
	Choux
	Piment
	Petit pois
	Cultures arboricoles
Olivier	

b) Assolements des cultures

L'assolement est la division des terres d'une exploitation agricole en parties distinctes, appelées *soles* consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre. La rotation est la succession culturale ou rotation, qui est une notion différente.

La rotation culturale est un élément important du maintien ou de l'amélioration de la fertilité des sols et donc un atout pour l'augmentation des rendements. On peut ainsi avoir des rotations biennales, triennales, quadriennale.

c) Avantages de la rotation des cultures

- Elle contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles aux cultures, en particulier la succession de plantes de familles différentes (par exemple alternance de graminées et de plantes oléifères, type blé et colza) permet de rompre avec le cycle de certaines adventices ;
- L'emploi de légumineuses permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol. D'une façon générale, la composition des différents résidus de cultures participe à la qualité de la matière organique du sol.

Pour notre part, nous avons choisi un assolement biennal, qui vise l'intensification des céréales, étant donné que le périmètre Tarik Ibn Ziad est une entité agricole qui a pour objectifs l'intensification et la diversification des cultures céréalières et fourragères.

Dans notre cas, nous avons retenu le scenario, qui permet de mieux diversifier les cultures et les rotations des cultures.

L'assolement proposé est détaillé comme suit :

Tableau N° III-5 : Assolement proposé pour le périmètre d'étude

Année I		Année II	
Culture	Superficie (ha)	Culture	Superficie (ha)
Blé	20	Fèves/orge en vert	20
Piment/Poivron	10	Petit pois (s)	10
Choux	12	Haricot (s)	12
P.D.T (s)	20	Tomate (s)	20
P.D.T (a/s)	20	Ail / Oignon vert	20
Tomate (a/s)	18	Petits pois	18
Arboriculture	Olivier	Arboriculture	Olivier
	Pécher		Pécher
TOTAL		TOTAL	
120		120	

N/B : (s) : saison et (a/s) : arrière-saison

III.2.3. Cycle végétatif des cultures

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau dessous:

Juin	7,02	5,62	176,67	0,60	0,00	0,00	0,45	79,50	73,89
Juillet	3,16	2,53	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,51	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -8 : Besoins en eau du Poivron

Poivron (S)									
mois	P moy(mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	41,68	33,344	91,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	48,23	38,584	49,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	0,4	39,60	0,00	0,4	36,62	12,73
Avril	40,54	32,432	114,06	0,5	49,50	0,00	0,9	102,65	70,22
Mai	38,88	31,104	157,17	0,7	69,30	0,00	1,05	165,03	133,92
Juin	7,02	5,616	176,67	0,7	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Juillet	3,16	2,528	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,512	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -9 : Besoins en eau de la Pomme de terre(S).

Pomme de terre (S)									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	41,68	33,344	91,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	48,23	38,584	49,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	0,3	29,70	9,90	0,45	24,82	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	0,6	59,40	0,00	0,8	73,23	49,34
Avril	40,54	32,432	114,06	0,6	59,40	0,00	1,05	119,76	87,33
Mai	38,88	31,104	157,17	0,6	59,40	0,00	0,7	110,02	78,92

Juin	7,02	5,616	176,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juillet	3,16	2,528	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,512	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -10 : Besoins en eau de la Pomme de terre (A.S)

Pomme de terre (AS)									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	0,40	39,60	0,00	0,50	75,60	53,60
Octobre	41,68	33,344	91,76	0,60	59,40	0,00	0,70	64,23	30,89
Novembre	48,23	38,584	49,5	0,60	59,40	19,80	1,05	51,98	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	0,60	59,40	19,80	0,75	26,27	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	40,54	32,432	114,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai	38,88	31,104	157,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juin	7,02	5,616	176,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juillet	3,16	2,528	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,512	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -11: Besoins en eau de la Tomate (A.S)

Tomate (AS)									
mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	0,90	89,10	0,00	0,90	136,08	114,08
Octobre	41,68	33,344	91,76	1,20	118,80	0,00	1,15	105,52	72,18
Novembre	48,23	38,584	49,5	1,20	118,80	39,60	0,80	39,60	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	40,54	32,432	114,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai	38,88	31,104	157,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juin	7,02	5,616	176,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Juillet	3,16	2,528	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,512	209,16	0,70	69,30	0,00	0,45	94,12	90,61

Tableau N° III -12 : Besoins en eau du chou

Choux									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	0,30	29,70	0,00	0,50	75,60	53,60
Octobre	41,68	33,344	91,76	0,40	39,60	0,00	0,70	64,23	30,89
Novembre	48,23	38,584	49,5	0,50	49,50	13,20	0,95	47,03	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	0,60	59,40	16,50	0,80	28,02	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	40,54	32,432	114,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai	38,88	31,104	157,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juin	7,02	5,616	176,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juillet	3,16	2,528	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,512	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -13 : Besoins en eau de l'Olivier.

Olivier									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22,00	151,2	1,50	148,50	0,00	0,85	128,52	106,52
Octobre	41,68	33,34	91,76	1,50	148,50	0,00	0,85	78,00	44,65
Novembre	48,23	38,58	49,5	1,50	148,50	49,50	0,75	37,13	0,00
Décembre	48,54	38,83	35,03	1,50	148,50	49,50	0,65	22,77	0,00
Janvier	23,82	19,06	46,81	1,50	148,50	49,50	0,65	30,43	0,00
Février	42,03	33,62	55,16	1,50	148,50	49,50	0,65	35,85	0,00
Mars	29,86	23,89	91,54	1,50	148,50	0,00	0,65	59,50	35,61
Avril	40,54	32,43	114,06	1,50	148,50	0,00	0,65	74,14	41,71
Mai	38,88	31,10	157,17	1,50	148,50	0,00	0,65	102,16	71,06
Juin	7,02	5,62	176,67	1,50	148,50	0,00	0,80	141,34	135,72
Juillet	3,16	2,53	212,35	1,50	148,50	0,00	0,85	180,50	177,97
Août	4,39	3,51	209,16	1,50	148,50	0,00	0,85	177,79	174,27

Tableau N° III -14 : Besoins en eau du pêcheur

Pêcheur									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	1,50	148,50	0,00	0,55	83,16	61,16
Octobre	41,68	33,344	91,76	1,50	148,50	0,00	0,55	50,47	17,12
Novembre	48,23	38,584	49,5	1,50	148,50	49,50	0,55	27,23	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	1,50	148,50	49,50	0,75	26,27	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	1,50	148,50	49,50	0,75	35,11	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	1,50	148,50	49,50	0,75	41,37	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	1,50	148,50	0,00	0,75	68,66	44,77
Avril	40,54	32,432	114,06	1,50	148,50	0,00	0,55	62,73	30,30
Mai	38,88	31,104	157,17	1,50	148,50	0,00	0,55	86,44	55,34
Juin	7,02	5,616	176,67	1,50	148,50	0,00	0,55	97,17	91,55
Juillet	3,16	2,528	212,35	1,50	148,50	0,00	0,55	116,79	114,26
Août	4,39	3,512	209,16	1,50	148,50	0,00	0,55	115,04	111,53

Assolement II :**Tableau N° III -15 : Besoins en eau du petit pois (A.S)**

Petit pois(A.S)									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0(mm/ mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	41,68	33,344	91,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	48,23	38,584	49,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	0,40	39,60	12,86	0,50	17,52	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	0,70	69,30	19,80	0,80	37,45	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	0,70	69,30	23,10	1,00	55,16	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	0,70	69,30	0,00	0,95	86,96	63,08
Avril	40,54	32,432	114,06	0,70	69,30	0,00	0,50	57,03	24,60
Mai	38,88	31,104	157,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juin	7,02	5,616	176,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juillet	3,16	2,528	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,512	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -16 : Besoins en eau de l'orge en vert

Orge En vert									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,5	22	151,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	41,68	33,344	91,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	48,23	38,584	49,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	48,54	38,832	35,03	0,30	29,70	0,00	0,30	10,51	0,00
Janvier	23,82	19,056	46,81	0,50	49,50	9,90	0,30	14,04	0,00
Février	42,03	33,624	55,16	0,50	49,50	16,50	0,50	27,58	0,00
Mars	29,86	23,888	91,54	0,60	59,40	0,00	0,50	45,77	21,88
Avril	40,54	32,432	114,06	0,60	59,40	0,00	0,90	102,65	70,22
Mai	38,88	31,104	157,17	0,60	59,40	0,00	0,95	149,31	118,21
Juin	7,02	5,616	176,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juillet	3,16	2,528	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,512	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -17 : Besoins en eau de l'haricot

Haricot(s)									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,50	22,00	151,20	0,70	69,30	0,00	0,90	136,08	114,08
Octobre	41,68	33,34	91,76	0,70	69,30	0,00	0,85	78,00	44,65
Novembre	48,23	38,58	49,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	48,54	38,83	35,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	23,82	19,06	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,62	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	29,86	23,89	91,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	40,54	32,43	114,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai	38,88	31,10	157,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juin	7,02	5,62	176,67	0,50	49,50	0,00	0,50	88,34	82,72
Juillet	3,16	2,53	212,35	0,50	49,50	0,00	0,65	138,03	135,50
Août	4,39	3,51	209,16	0,70	69,30	0,00	0,95	198,70	195,19

Tableau N° III -18 : Besoins en eau de la tomate (S).

Tomate (s)									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,50	22,00	151,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	41,68	33,34	91,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	48,23	38,58	49,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	48,54	38,83	35,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	23,82	19,06	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,62	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	29,86	23,89	91,54	0,70	69,30	0,00	0,50	45,77	21,88
Avril	40,54	32,43	114,06	0,90	89,10	0,00	0,80	91,25	58,82
Mai	38,88	31,10	157,17	1,20	118,80	0,00	1,05	165,03	133,92
Juin	7,02	5,62	176,67	1,20	118,80	0,00	0,70	123,67	118,05
Juillet	3,16	2,53	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,51	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -19 : Besoins en eau de l'oignon.

Oignon									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,50	22,00	151,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	41,68	33,34	91,76	0,40	39,60	0,00	0,50	45,88	12,54
Novembre	48,23	38,58	49,50	0,40	39,60	13,20	0,75	37,13	0,00
Décembre	48,54	38,83	35,03	0,40	39,60	13,20	0,95	33,28	0,00
Janvier	23,82	19,06	46,81	0,40	39,60	13,20	0,95	44,47	12,21
Février	42,03	33,62	55,16	0,40	39,60	13,20	0,75	41,37	0,00
Mars	29,86	23,89	91,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	40,54	32,43	114,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai	38,88	31,10	157,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juin	7,02	5,62	176,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Juillet	3,16	2,53	212,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Août	4,39	3,51	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau N° III -20 : Besoins en eau du petit pois (S).

Petit pois (s)									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET0 (mm/mois)	Z (m)	RFU THEO	RFU REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	27,50	22,00	151,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octobre	41,68	33,34	91,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembre	48,23	38,58	49,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	48,54	38,83	35,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	23,82	19,06	46,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	42,03	33,62	55,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	29,86	23,89	91,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	40,54	32,43	114,06	0,50	49,50	0,00	0,50	57,03	24,60
Mai	38,88	31,10	157,17	0,50	49,50	0,00	1,15	180,75	149,64
Juin	7,02	5,62	176,67	0,60	59,40	0,00	1,15	203,17	197,55
Juillet	3,16	2,53	212,35	0,70	69,30	0,00	1,00	212,35	209,82
Août	4,39	3,51	209,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

III-5) Calcul des besoins en eau pour les Assolements 1 et 2 :

Les besoins en eau des cultures pour les deux modèles (assolements) sont résumés comme suit :

Tableau N° III-21 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1 :

Mois	Blé	Poivron (s)	P,D,T (as)	P,D,T (s)	Tomate (as)	Choux	Pécher	Olivier	Bes/max (mm)	Somme (mm)
Septembre	0,00	0,00	53,60	0,00	98,96	53,60	61,16	106,52	106,52	373,84
Octobre	0,00	0,00	30,89	0,00	63,00	30,89	17,12	44,65	63,00	186,56
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	4,23
Février	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	72,23	12,73	0,00	49,34	0,00	0,00	44,77	35,61	72,23	214,68
Avril	81,63	70,22	0,00	87,33	0,00	0,00	30,30	41,71	87,33	311,19
Mai	94,63	133,92	0,00	78,92	0,00	0,00	55,34	71,06	133,92	433,87
Juin	73,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,55	135,72	135,72	301,16
Juillet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	114,26	177,97	177,97	292,23
Août	0,00	0,00	0,00	0,00	90,61	0,00	111,53	174,27	174,27	376,41

Tableau N° III-22 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement II :

Mois	Orge vert	Petit pois	Haricot	Tomate (S)	Oignon	Petit Pois (s)	Pécher	Olivier	Bes/max (mm)	Somme (mm)
Septembre	0,00	0,00	114,08	0,00	0,00	0,00	61,16	106,52	114,08	281,76
Octobre	0,00	0,00	44,65	0,00	12,54	0,00	17,12	44,65	44,65	118,96
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	12,21	0,00	0,00	0,00	12,21	12,21
Février	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	21,88	63,08	0,00	21,88	0,00	0,00	44,77	35,61	63,08	187,22
Avril	70,22	24,60	0,00	58,82	0,00	24,60	30,30	41,71	70,22	250,24
Mai	118,21	0,00	0,00	133,92	0,00	149,64	55,34	71,06	149,64	528,17
Juin	0,00	0,00	82,72	118,05	0,00	197,55	91,55	135,72	197,55	625,60
Juillet	0,00	0,00	135,50	0,00	0,00	209,82	114,26	177,97	209,82	637,56
Août	0,00	0,00	195,19	0,00	0,00	0,00	111,53	174,27	195,19	480,99

III.5.1. 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.

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

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

Ni : nombre des heures d'irrigation=24h

Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours

Ei : Efficience d'irrigation=75%

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

D'où les besoins de pointe correspondent au mois D'Aout (Assolement II),

Bnet = 637.56 mm/mois.

➔ **qs=3.28/s/ha > 1.5 l/s/ha**

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante (Petit pois 209.82 mm) pour le mois de pointe.

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

➔ **qs =1.1 l/s /ha**

III.5.2. 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 = 120 ha

$$\rightarrow Q_{car} = q_s \cdot S = 1.1 \cdot 120 = 132 \text{ l/s. soit } Q_c = 475.2 \text{ m}^3/\text{h.}$$

III.5.3. Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau suivant.

Tableau N° III-23 : Besoins en eau totaux du périmètre.

Culture	Surface (ha)	Besoins nets	Efficienc e	Besoins bruts (m ³ /ha)	Besoins en eau (m ³)
Orge vert	20	2103,12	0,75	2804,15	56083,07
Petit pois (s)	10	5816,16	0,75	7754,88	77548,80
Haricot	12	5721,41	0,75	7628,54	91542,48
Tomate s	20	3326,76	0,75	4435,67	88713,47
P, pois	18	876,73	0,75	1168,97	21041,52
Pécher	10	5260,35	0,75	7013,79	70137,93
Olivier	10	7875,12	0,75	10500,16	105001,60
Oignon	20	247,50	0,75	329,99	6599,87
Total	120	31227,13		41636,17	5166689,0

Le volume nécessaire pour les cultures durant toute leur période végétative est de l'ordre de **517 000 m³**.

III.6. Conclusion

A partir de ce chapitre nous avons déterminé les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois d'Aout, ce qui a permis de calculer le débit spécifique ($qs = 1.1 \text{ l/s/ha}$) en tenant compte de la culture la plus exigeante.

On remarque que le volume total des besoins en eau de notre périmètre est de 517 000 m³. Ce volume peut être déduit de la retenue puisque le volume régularisé est de 540 000 m³.

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1. Introduction

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système, depuis sa conception jusqu'à sa gestion en passant par son exploitation et sa maintenance.

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

IV.2. Alimentation en eau du périmètre

le périmètre de Tarek Ibn Ziad dont la surface est de 120 Ha, sera irrigué à partir de la retenue collinaire de l'Oued Rahil.

IV.3. Organisation du périmètre

L'organisation de périmètre est la première contrainte dans l'aménagement d'un périmètre, la conception du périmètre Tarek Ibn Ziad a été fait en discrétisant le périmètre en 26 ilots dont la superficie varie de 1.5 ha à 8 ha.

IV.3.1. Ilots et bornes d'irrigation

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

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

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

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

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

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

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'ilot.
- Régler la pression.

- Encaisser les suppressions accidentelles.
- Compter les volumes distribués par la prise

IV.3.3. Calcul du débit aux bornes

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

$$Q_b = q_s \cdot S_i \tag{V.1}$$

Avec :

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)

q_s : Débit spécifique (l/s/ha)

S_i : Superficie de l'ilot (ha)

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

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

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

Tableau N° 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 $\Phi 150$

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

N° de l'ilot	Superficie d'ilot(Ha)	Débit d'Ilot (l/s)	N° de borne	Matériel	Corps de régulation (mm)	Type de borne
P1	4,58	5,038	B1	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P2	1,99	2,189	B2	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P3	3,61	3,971	B3	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P4	7,67	8,437	B4	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P5	3,83	4,213	B5	Fonte	65	1x borne d'irrigation type A

P6	7,7	8,47	B6	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P7	3,35	3,685	B7	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P8	5,01	5,511	B8	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P9	5,82	6,402	B9	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P10	5,66	6,226	B10	Fonte	65	1x borne d'irrigation type A
P11	5,28	5,808	B11	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P12	5,08	5,588	B12	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P13	6,27	6,897	B13	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P14	6,01	6,611	B14	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P15	6,27	6,897	B15	Fonte	65	1x borne d'irrigation type A
P16	5,94	6,534	B16	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P17	6,77	7,447	B17	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P18	6,88	7,568	B18	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P19	4,27	4,697	B19	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P20	6,04	6,644	B20	Fonte	65	1x borne d'irrigation type A
P21	4,44	4,884	B21	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P22	5,86	6,446	B22	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P23	5,26	5,786	B23	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P24	5,28	5,808	B24	Fonte	65	1 x borne d'irrigation type A
P25	6,98	7,678	B25	Fonte	65	1x borne d'irrigation type A
P26	6,87	7,557	B26	Fonte	65	1x borne d'irrigation type A

Tableau N° IV-3 : Nombre d'irrigation du chaque secteur.

Secteur	Superficie (ha)	Nombre d'ilots irrigué	Nombre de Bornes	Nombre d'irrigants	Sup. moy. /lot (ha)	Débit
						Spécifique (l/s/ha)
I	84,07	16	16	16	5,25	1,1
II	58,65	10	10	10	5,87	
TOTAUX	142,72	26	26	26	11,12	

IV.4. Description de l'aménagement du périmètre

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

Dans notre étude, nous avons choisi l'aménagement du périmètre de Tarek Ibn Ziad qui sera alimenté par un réseau

sous-pression.

IV.4.1. Choix de la variante d'aménagement

Selon l'emplacement du périmètre par rapport à la retenue « oued Rahil » nous avons opté pour le choix de notre variante d'aménagement.

Notre périmètre se situe en amont de la retenue « Oued Rahil » dans ce cas, deux systèmes hydrauliques sont à préconiser :

- a) **Variante 1** : Etant donné, que le périmètre est situé en aval, la variante retenue est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Une conduite enterrée en PEHD part de la chambre des vannes vers la borne N1, qui alimentera les deux secteurs du périmètre.

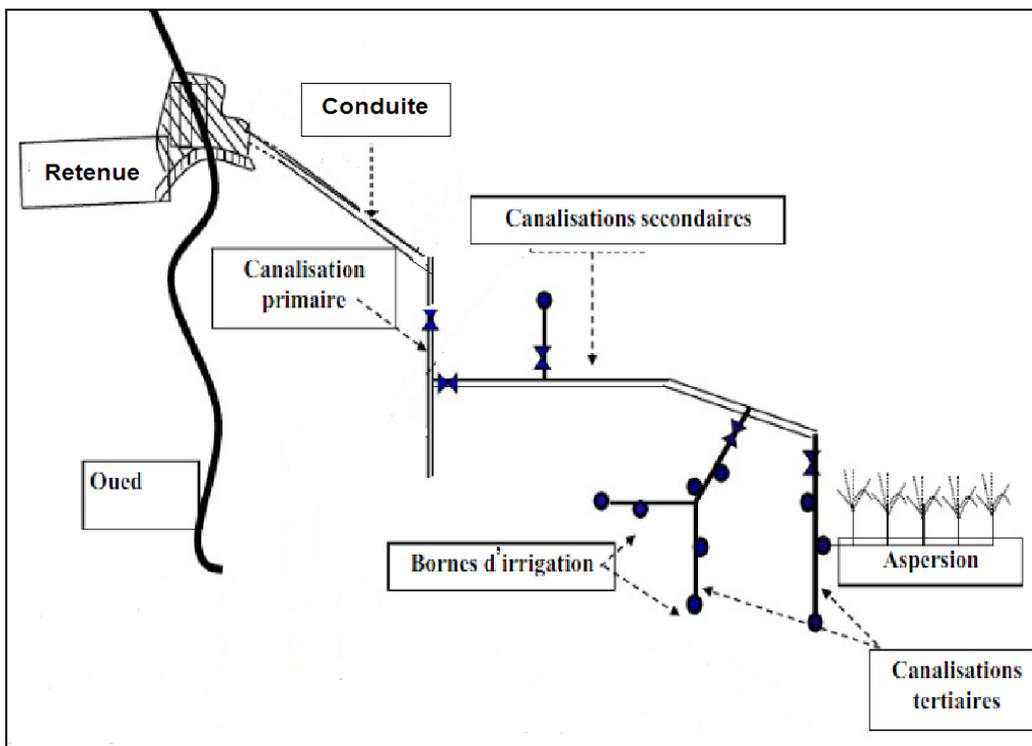


Figure 1 :

N° IV- Schéma

descriptif de la variante 1 (gravitaire).

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

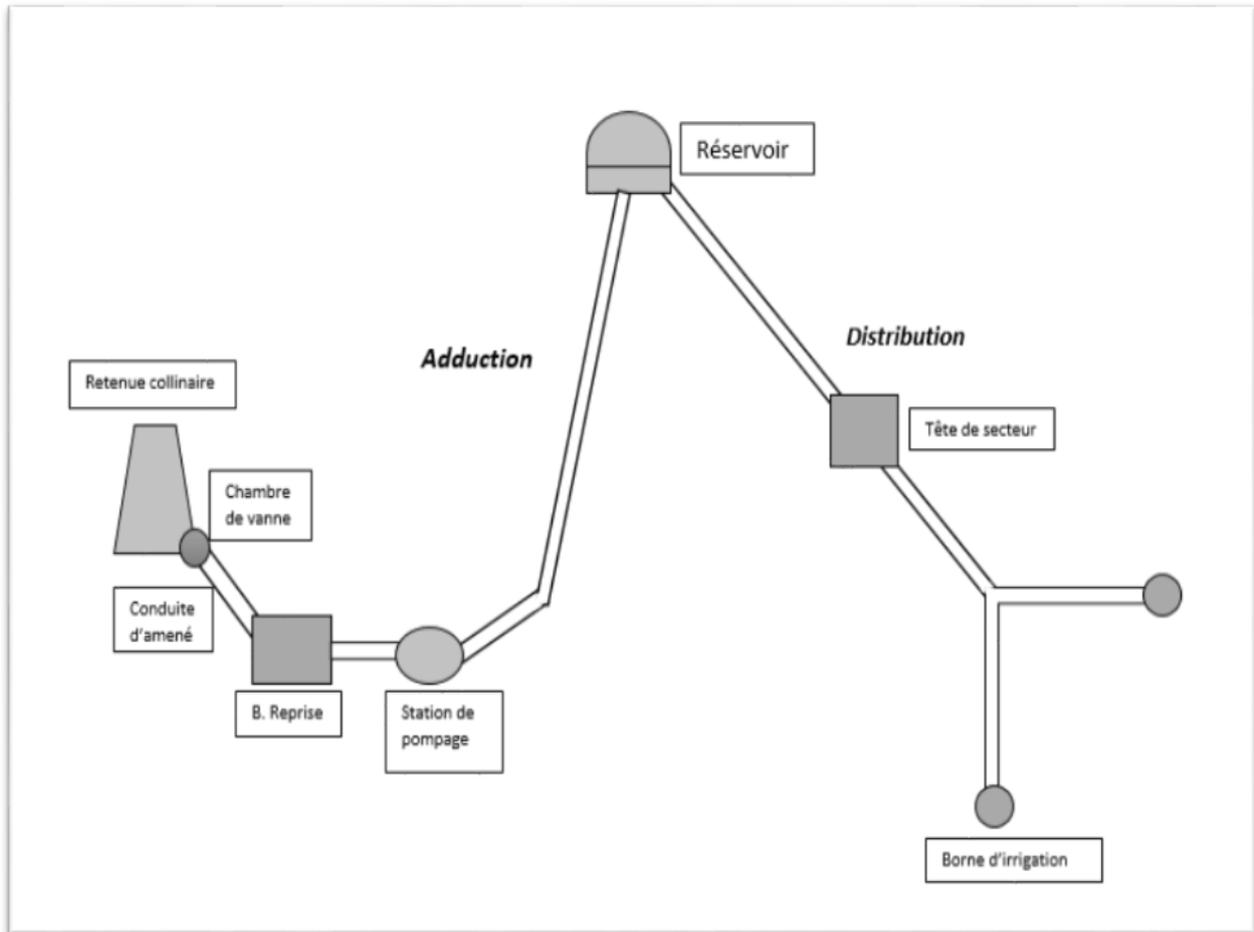


Figure N° IV-2 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression.

IV.4.3. Tracé du réseau de distribution

Pour le choix du tracé du réseau de distribution, il est impératif de s'assurer de certaines considérations, qu'on résume en :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;
- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;
- Éviter les forêts, bois et zones marécageuses, ainsi que la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,).

Le tracé escompté est un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

IV.4.4. Choix des matériaux des canalisations

De nombreux types de matériaux sont disponibles pour constituer une conduite. On peut classer en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués : fonte, PEHD, PRV, .etc.

Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature du terrain, des coûts de fourniture et de mise en œuvre, mais aussi de la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement et les réparations en cas de fuite.

- **Fonte**

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte

Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

➤ PEHD (polyéthylène)

Les tuyaux en matière plastique sont les plus légers de tous les tuyaux. Ils sont faciles à couper, à poser et à assembler si certaines précautions sont prises. Ils ont de très bonnes propriétés hydrauliques et ne sont pas sujets à la corrosion. Toutefois leur résistance mécanique présente une limitation plus sévère que les autres matériaux (Casse pour le PVC, écrasement pour le PEHD).

➤ PRV (polyester renforcé verre) :

C'est un matériau composite constitué d'une matrice polymère (appelée résine) renforcée par des fibres ou parfois par des microsphères de verre, Ses propriétés de résistance (mécanique, chimique) et sa densité sont très favorables, comparé aux métaux. et sa résistance à la corrosion.

Chapitre II.

Chapitre III. *IV.5. Dimensionnement hydraulique des canalisations*

Chapitre IV. *IV.5. 1. Variante 1*

Le dimensionnement hydraulique est une des problématiques auxquelles doit résoudre l'ingénieur. Dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doivent répondre aux normes hydrauliques :

➤ Vitesse admissible

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.5 m/s.

➤ Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses.

La formule de « LABYE "nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (\text{IV.2})$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D : diamètre exprimé en mm

V : vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s

Le catalogue des diamètres normalisé type PEHD est présenté dans l'annexe N°4.

➤ Calcule des pertes de charge

Pour la détermination du diamètre de la conduite gravitaire du barrage vers la bêche, nous avons utilisé la formule de perte de charge de Darcy-Weisbach, détaillée comme suit :

$$J = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D_h \cdot 2g} \quad (\text{IV.3})$$

Le facteur de proportionnalité étant le coefficient de frottement « f » Colebrook white :

$$f = \left[\frac{1}{\left[-1.8 * \log_{10} \left(\left(\frac{e/D}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{\text{Re}_{\text{pipe}}} \right) \right]} \right]^2 \quad (\text{IV.4})$$

Avec :

ΔH_t : Perte de charge totale (m) ;

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m)

V : vitesse d'écoulement (m/s)

D_{av} : Diamètre calculé de la conduite (m) ;

e : coefficient de rugosité tenant compte du type du matériau.

Les pertes de charge singulières sont estimées à **10%** des pertes de charge linéaires.

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

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_{21} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions

V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B

Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.

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

Les calculs ont été initialisés sous la cote du niveau moyen de la retenue à 729 m.

Les calculs sont détaillés dans le tableau IV.5

Tableau N° IV-4 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution de la variante 1.

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Surface(Ha)	Débit Q(l/s)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (m)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale(m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (Bars)
N1-N1'	225	143	157,3	365,5	400	1,252	1,04	718,56	728,0	0,94
N1'-N2	300	143	157,3	365,5	400	1,252	1,39	708,00	726,6	1,86
N2-B1	23	4,78	5,258	66,8	75	1,191	0,82	710,44	725,8	1,53
N2-N3	90	138,22	152,042	359,3	400	1,211	0,39	718,56	726,2	0,76
N3-N4	212	136,23	149,853	356,7	400	1,193	0,89	707,73	725,3	1,76
N4-B2	23	3,61	3,971	58,1	63	1,275	1,18	706,80	725,0	1,82
N4-N5	117	128,23	141,053	346,1	355	1,426	0,81	703,68	724,2	2,05
N5-B3	92	8	8,8	86,4	90	1,384	3,47	705,89	720,7	1,48
N5-N6	157	120,23	132,253	335,1	355	1,337	0,96	700,00	723,2	2,32
N6-N7	194	112,49	123,739	324,2	355	1,251	1,04	699,12	722,2	2,31
N7-B4	105	3,35	3,685	55,9	63	1,183	4,64	712,00	717,6	0,56
N7-B5	49	7,74	8,514	85,0	90	1,339	1,73	698,63	715,8	1,72
N7-N8	207	101,4	111,54	307,8	315	1,432	1,68	699,82	720,5	2,07
N8-B6	104	5,01	5,511	68,4	75	1,248	4,06	706,00	716,5	1,05
N8-N9	109	96,39	106,029	300,1	315	1,361	0,80	698,00	719,7	2,17
N9-B7	113	5,82	6,402	73,7	75	1,450	5,92	691,50	713,8	2,23
N9-N10	42	50,84	55,924	217,9	250	1,140	0,29	697,55	719,4	2,19
N10-N11	53	59,45	65,395	235,7	250	1,333	0,50	697,28	718,9	2,17

N11-B8	86	5,66	6,226	72,7	75	1,410	4,27	704,67	714,7	1,00
N11-N12	125	53,79	59,169	224,2	250	1,206	0,97	702,55	718,0	1,54
N12-B9	122	5,28	5,808	70,2	75	1,315	5,28	690,50	712,7	2,22
N12-N13	55	43,23	47,553	201,0	250	0,969	0,28	702,85	717,7	1,48
N13-B10	54	5,08	5,588	68,9	75	1,266	2,17	706,91	715,5	0,86
N13-N14	129	38,15	41,965	188,8	200	1,336	1,62	699,30	716,1	1,68
N14-B12	115	6,27	6,897	76,5	90	1,085	2,68	702,00	713,4	1,14
N14-B11	150	6,01	6,611	74,9	90	1,040	3,22	686,00	710,2	2,42
N14-N15	216	25,87	28,457	155,5	160	1,416	4,05	680,00	712,0	3,20
N15-B14	135	6,27	6,897	76,5	90	1,085	3,15	682,30	708,9	2,66
N15-B13	144	5,94	6,534	74,5	75	1,480	7,86	676,70	701,0	2,43
N15-N16	170	13,66	15,026	113,0	125	1,225	3,29	671,00	708,7	3,77
N16-B15	80	6,78	7,458	79,6	90	1,173	2,18	671,00	706,6	3,56
N16-B16	140	6,88	7,568	80,2	90	1,190	3,92	665,00	702,6	3,76
N3-B17	95	1,99	2,189	43,1	63	0,703	1,51	711,00	724,7	1,37
N6-B18	149	3,84	4,224	59,9	63	1,356	8,61	690,00	716,7	2,67
N10-N17	324	23,42	25,762	147,9	160	1,282	4,99	681,00	720,0	3,90
N17-N18	38	21,6	23,76	142,1	160	1,182	0,50	684,00	723,7	3,97
N18-B19	83	4,27	4,697	63,2	75	1,064	2,36	690,00	718,4	2,84
N18-B21	130	4,44	4,884	64,4	75	1,106	4,00	680,00	719,2	3,92
N18-N19	306	17,16	18,876	126,6	160	0,939	2,55	691,50	719,7	2,82
N19-B20	89	6,04	6,644	75,1	90	1,045	1,93	695,00	715,6	2,06
N19-B22	33	5,86	6,446	74,0	75	1,460	1,75	691,00	714,1	2,31

N19-B23	143	5,26	5,786	70,1	75	1,310	6,14	685,50	714,4	2,89
N17-N20	343	5,28	5,808	70,2	75	1,315	14,84	676,10	701,6	2,55
N20-B24	57	5,28	5,808	70,2	75	1,315	2,47	676,50	717,3	4,08
N20-N21	178	13,87	15,257	113,8	125	1,244	3,55	671,30	710,3	3,90
N21-B25	285	7	7,7	80,87	90	1,211	8,25	676,8	711,2	3,44
N21-B26	199	6,87	7,557	80,11	90	1,188	5,55	670,1	713,4	4,33

Interprétation

D'après les calculs hydrauliques de la première variante (gravitaire), on note des faibles pressions (< 2bars) ce qui limite l'utilisation des systèmes performants tels que l'aspersion.

IV.5.2. Variante 2

Qui consiste à alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de mise en charge durant les périodes sèches afin d'alimenter le périmètre.

a) Etude du système de pompage**i. Les pompes**

Pompe, dispositif utilisé pour aspirer, pour déplacer ou pour comprimer des liquides et des gaz. Dans toutes les pompes, il faut éviter la cavitation (formation des poches gazeuses), ce qui réduirait le débit et endommagerait le corps de la pompe.

Il existe deux grands types de pompes : les pompes volumétriques qui sont utilisées pour pomper les eaux usées et les turbopompes.

➤ Les turbopompes (pompes centrifuge)

Il existe trois classes de turbopompes : les pompes centrifuges, à écoulement radial ; Les pompes axiales, à écoulement axial ; les pompes semi axiales.

➤ Les pompes à écoulement radial

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

➤ Les pompes axiales

Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

➤ Les pompes semi axiales

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

ii. Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = h_g + \sum h_p (asp) + \sum h_p (ref) + P_{exh} \quad \text{(IV.5)}$$

Avec :

H_g : Hauteur géométrique (m) ;

$\Sigma h_p(\text{asp})$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;

$\Sigma h_p(\text{ref})$: Pertes de charges au refoulement (m) ;

P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur), $P_{\text{exh}} = (1,0 \div 1,5)$ m ; On prend $P_{\text{exh}} = 1$ m

iii. Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique est donnée par la formule

$$\text{HMT} = H_g + \Delta h_p \quad (\text{IV.6})$$

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_a - h_r$

H_a : hauteur d'aspiration

h_r : cote du réservoir = 236 m

Débit à refouler $Q = 139$ l/s.

iv. Calcul des pertes de charge totales

i. Pertes de charge linéaires

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \quad (\text{IV.7})$$

L : longueur du tronçon en (m).

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

ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m) :

I : gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

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

ξ : Rugosité absolue ; 0,03 mm. (Conduite en PEHD).

ii. Pertes de charge singulières

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

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

b) Calcul du diamètre économique

Le dimensionnement de la conduite d'adduction s'établit en cherchant le diamètre économique qui permet de donner un coût de revient minimum entre les dépenses de

fonctionnement et celle d'investissement, donc une étude technico-économique s'avère indispensable.

Le diamètre économique des conduites de refoulement sera déterminé comme suit :

i. La formule de Bonin

$$D = \sqrt{Q} \tag{V.8}$$

Q : débit à élever en m³/s.

D : diamètre de la conduite (m).

$$D = \sqrt{0.1386} = 0.372 \text{ m} \quad \text{donc } D_{\text{éco}} = 372.99 \text{ mm}$$

ii. Puissance absorbée par la pompe

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

$$P = \frac{\rho g * Q * HMT}{\eta} \tag{IV.9}$$

η: rendement de la pompe en (%) (n=82%)

Q : débit refoulé par la pompe en (m³/s)

g : pesanteur (9.81 m/s²)

ρ : masse volumique de l'eau (kg/ m³)

iii. Energie consommée par la pompe

$$E = P * t * 365 \text{ [Kwh]} \tag{IV.10}$$

t : c'est le temps de pompage par jour en (heure); dans notre cas t =22h

P : puissance de la pompe en (kW).

iv.Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis comme suit :

$$F_{\text{ex}} = E * e \text{ [DA]} \tag{IV.11}$$

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

e : prix unitaire d'un Kw H imposé par la SONELGAZ (e=4,69DA).

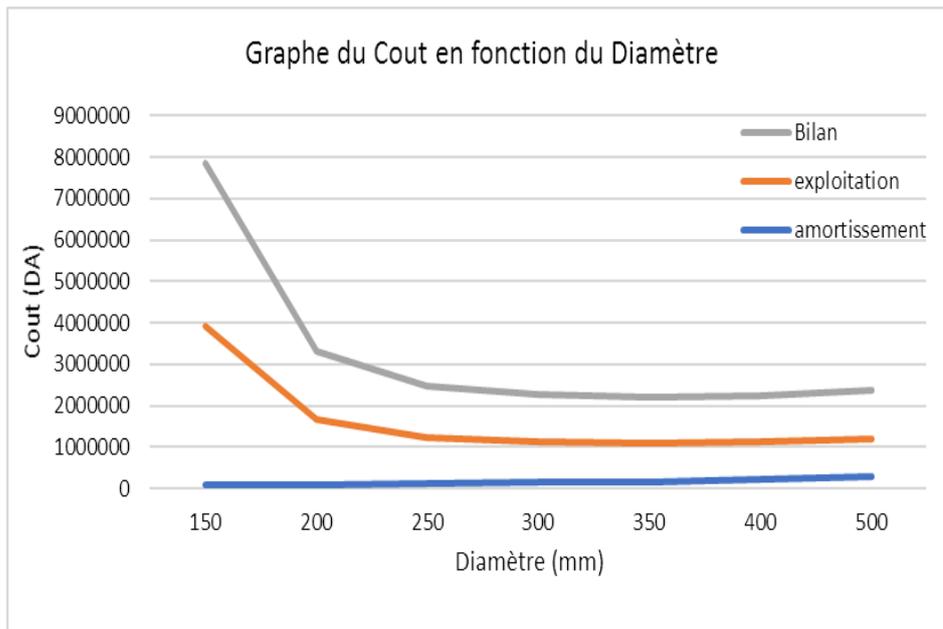
v.Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont donnés comme suit :

$$F_{\text{am}} = P_{\text{rc}} * A \text{ [DA]} \tag{IV.12}$$

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

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



$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \tag{IV.13}$$

i : Taux d'annuité annuel, i = 8 %

n : nombre d'années d'amortissement, n = 29ans

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

A=8.96 %

Les frais d'exploitation et d'amortissement sont présentés dans l'Annexe N°5

Les résultats sont résumés comme suit :

Tableau N° IV-5 : Calcul du bilan total.

D (mm)	Frais d'amortissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Bilan (DA)
150	86881,8	3839104,623	3925986,423
200	99680	1561194,814	1660874,814
250	137772	1106106,69	1243878,69
300	153436	978021,8079	1131457,808
350	173194	933074,3824	1106268,382
400	213778	914667,4014	1128445,401
500	285690	901977,6076	1187667,608

Figure N° IV-3 : Graphe du bilan en fonction diamètre.

D'après le graphe du bilan, on remarque que le diamètre économique est de 350 mm, et une HMT de l'ordre de 15 m.

c) **Choix des pompes et nombre des pompes**

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

- Nombre minimal de pompes.
- Puissance absorbée minimale.
- $(NPSH)_r$ minimal.
- Meilleur rendement.
- Vitesse de rotation élevée.

Les intervalles des nombres de pompes sont présentés dans le tableau si dessous :

Tableau N° IV-6 : Choix de Nombre de pompes

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

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

- Le débit d'équipement qui est de 138.6 l/s.
- La hauteur manométrique totale nécessaire à l'adduction elle est de 15 m
- La conduite de refoulement a un linéaire de 200 m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le tableau V.7 englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Les caractéristiques de la pompe sont représentées dans le tableau suivant :

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

N	Q (l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	η (%)	N (tr/min)	P abs (KW)	NPSHr (m)	\varnothing mm
1	/	/						
2	69.3*2	14	E10S64/1G + MC620	71	2900	29.5	6.11	150
3	46.2*3	14	E10S50/1G + MC612	76.5	2900	26.6	6.29	150

Nombre minimal de pompes : 3 pompes pour les raisons technico-économiques suivantes : Rendement plus important : 76.5 % ;

Puissance absorbée minimale : 26.6 KW ;

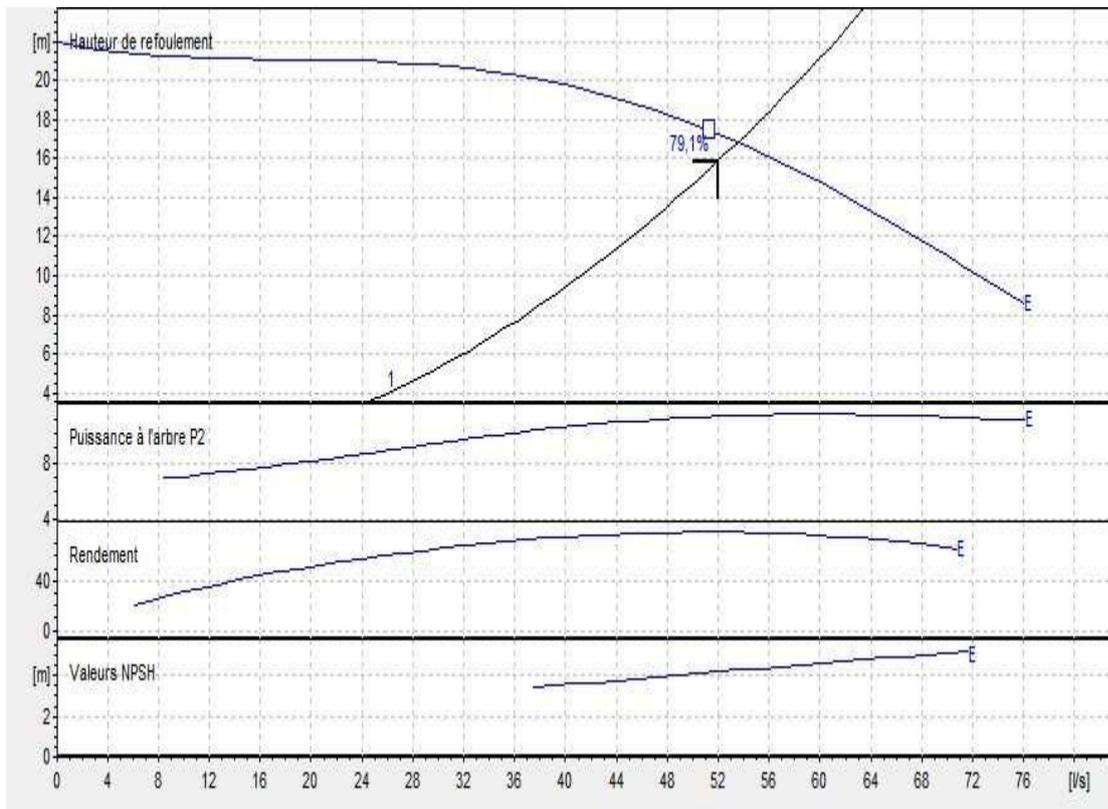


Figure N° IV-4 : Courbe caractéristique de la pompe.

d) Protection contre de la cavitation

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

La condition suivante doit être vérifiée : $(NPSH)_r < (NPSH)_d$

$(NPSH)_r$: Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;

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

La relation permettant de calculer le $NPSH_d$ est la suivant :

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

(IV.14)

Avec :

$\frac{pa}{\rho g}$: en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, il est posé que $\frac{pa}{\rho g} = 10.33 - \Delta h$

En notant que la hauteur perdue Δh est liée à l'altitude, il est notamment commande de prendre une hauteur perdue de 0.125m par tranche de 100m.

P_v : en mce, pour la plupart des installations, avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est commande de prendre $P_v = 20$ hPa, soit $\frac{P_v}{\rho g} = 0.2$ m

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 :

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

$$\Delta H \left(\frac{m}{100m} \right) = 1.23 \times 10^{12} \times \frac{0.138^{1.85}}{350^{4.87}} = 0.0000019805$$

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

$$= 10.33 - (2 + 0.24 - 0.25 - 0.1) = 8.68$$

Par comparaison entre $NPSH_d$ et $NPSH_r$ en remarque que :

$$NPSH_d > NPSH_r + (0.5 \div 1)$$

Conclusion : Notre pompe est protégée contre la cavitation.

e) Dimensionnement de l'adduction (Desserte gravitaire)

La variante 2 permet d'alimenter le périmètre à travers un système refoulement-adduction. L'implantation d'un réservoir permet d'assurer une irrigation en continue et une charge appréciable aux bornes d'irrigation.

IV.6. Dimensionnement du réservoir de distribution

Pour le dimensionnement de ce réservoir, nous avons les données suivantes :

Le volume du réservoir est calculé comme suit :

$$V = Q \cdot T_f \quad \text{(IV.15)}$$

Q : est le besoin maximum journalier = 139 l/s = 500 m³/h

T_f : l'intervalle de temps, il correspond au temps de non fonctionnement de la pompe, puisqu'on a le temps de pompage est de 22h/j, donc $T_f = 2$ h

$V = 1000 \text{ m}^3$

Le réservoir projeté est prévu circulaire en béton armé avec une capacité de 1000 m^3 ;

Les dimensions du réservoir sont comme suivies :

Tableau N° IV-8 : Dimensions du réservoir de stockage projeté.

Volume (m3)	1000
Hauteur (m)	5
Diamètre (m)	16
Côte du radier du réservoir (m)	732
Côte trop plein du réservoir (m)	737

Tableau N° IV-9 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution de la variante 2 (Avec pompage)

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Surface(Ha)	Débit Q(l/s)	Diamètre calculé(mm)	Diamètre Normalisé (m)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale(m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (Bars)
R-N1	115	143	157,3	365,5	400	1,252	0,53	718,56	740,5	2,19
N1-N2	300	143	157,3	365,5	400	1,252	1,39	708,00	739,1	3,11
N2-B1	23	4,78	5,258	66,8	75	1,191	0,82	710,44	738,3	2,78
N2-N3	90	138,22	152,042	359,3	400	1,211	0,39	718,56	738,7	2,01
N3-N4	212	136,23	149,853	356,7	400	1,193	0,89	707,73	737,8	3,01
N4-B2	23	3,61	3,971	58,1	63	1,275	1,18	706,80	737,5	3,07
N4-N5	117	128,23	141,053	346,1	355	1,426	0,81	703,68	736,7	3,30
N5-B3	92	8	8,8	86,4	90	1,384	3,47	705,89	733,2	2,74
N5-N6	157	120,23	132,253	335,1	355	1,337	0,96	700,00	735,8	3,58
N6-N7	194	112,49	123,739	324,2	355	1,251	1,04	699,12	734,7	3,56
N7-B4	105	3,35	3,685	55,9	63	1,183	4,64	712,00	732,9	2,09
N7-B5	49	7,74	8,514	85,0	90	1,339	1,73	698,63	731,1	3,25
N7-N8	207	101,4	111,54	307,8	315	1,432	1,68	699,82	733,0	3,32
N8-B6	104	5,01	5,511	68,4	75	1,248	4,06	706,00	729,0	2,30
N8-N9	109	96,39	106,029	300,1	315	1,361	0,80	698,00	732,2	3,42
N9-B7	113	5,82	6,402	73,7	75	1,450	5,92	691,50	726,3	3,48
N9-N10	42	50,84	55,924	217,9	250	1,140	0,29	697,55	731,9	3,44
N10-N11	53	59,45	65,395	235,7	250	1,333	0,50	697,28	731,4	3,42

N11-B8	86	5,66	6,226	72,7	75	1,410	4,27	704,67	727,2	2,25
N11-N12	125	53,79	59,169	224,2	250	1,206	0,97	702,55	730,5	2,79
N12-B9	122	5,28	5,808	70,2	75	1,315	5,28	690,50	725,2	3,47
N12-N13	55	43,23	47,553	201,0	250	0,969	0,28	702,85	730,2	2,74
N13-B10	54	5,08	5,588	68,9	75	1,266	2,17	706,91	728,0	2,11
N13-N14	129	38,15	41,965	188,8	200	1,336	1,62	699,30	728,6	2,93
N14-B12	115	6,27	6,897	76,5	90	1,085	2,68	702,00	725,9	2,39
N14-B11	150	6,01	6,611	74,9	90	1,040	3,22	686,00	722,7	3,67
N14-N15	216	25,87	28,457	155,5	160	1,416	4,05	680,00	724,5	4,45
N15-B14	135	6,27	6,897	76,5	90	1,085	3,15	682,30	721,4	3,91
N15-B13	144	5,94	6,534	74,5	75	1,480	7,86	676,70	713,5	3,68
N15-N16	170	13,66	15,026	113,0	125	1,225	3,29	671,00	721,2	5,02
N16-B15	80	6,78	7,458	79,6	90	1,173	2,18	671,00	719,1	4,81
N16-B16	140	6,88	7,568	80,2	90	1,190	3,92	665,00	715,2	5,02
N3-B17	95	1,99	2,189	43,1	63	0,703	1,51	711,00	737,2	2,62
N6-B18	149	3,84	4,224	59,9	63	1,356	8,61	690,00	729,2	3,92
N10-N17	324	23,42	25,762	147,9	160	1,282	4,99	681,00	732,5	5,15
N17-N18	38	21,6	23,76	142,1	160	1,182	0,50	684,00	736,2	5,22
N18-B19	83	4,27	4,697	63,2	75	1,064	2,36	690,00	730,9	4,09
N18-B21	130	4,44	4,884	64,4	75	1,106	4,00	680,00	731,8	5,18
N18-N19	306	17,16	18,876	126,6	160	0,939	2,55	691,50	732,2	4,07
N19-B20	89	6,04	6,644	75,1	90	1,045	1,93	695,00	730,9	3,59
N19-B22	33	5,86	6,446	74,0	75	1,460	1,75	691,00	729,4	3,84

N19-B23	143	5,26	5,786	70,1	75	1,310	6,14	685,50	726,9	4,14
N17-N20	343	5,28	5,808	70,2	75	1,315	14,84	676,10	714,1	3,80
N20-B24	57	5,28	5,808	70,2	75	1,315	2,47	676,50	729,8	5,33
N20-N21	178	13,87	15,257	113,8	125	1,244	3,55	671,30	722,8	5,15
N21-B25	285	7	7,7	80,87	90	1,211	8,25	676,8	723,7	4,69
N21-B26	199	6,87	7,557	80,11	90	1,188	5,55	670,1	725,9	5,58

Interprétation

D'après les calculs présentés dans le tableau ci-dessus, on voit que la variante choisie avec pompage permet d'obtenir des pressions aux bornes très satisfaisantes, et sont généralement entre 2 et 6 bars

Chapitre V : Choix de système d'irrigation

V.1. Introduction

Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser son irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au coût optimal) visés.

La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation.

V.2. Choix des techniques d'irrigation

Plusieurs facteurs sont à prendre considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

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

V.3. Différentes techniques d'arrosages

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.3.1. Irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire est l'application de l'eau aux champs à partir de canaux ouverts se situant au niveau du sol. La totalité du champ peut être submergée, ou bien l'eau peut être dirigée vers des raies ou des planches d'irrigation.

a) L'irrigation par ruissellement

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

b) Irrigation à la raie

Les raies sont des petits fossés creusés entre les rangées de plantes. Cette méthode est essentiellement appropriée pour les cultures qui ne tolèrent pas la submersion de leurs feuillages ou de leur collet par les eaux pour un temps trop long. Elle convient pour les terrains en pente, et pour plusieurs types de sol. La longueur des sillons dépend de la pente du terrain naturel, du type de sol, du débit d'eau, de la dose d'irrigation.

c) L'arrosage par submersion

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

d) Irrigation en planches

Dans l'irrigation en planches, le champ à irriguer est divisé en bandes (planches) par des diguettes parallèles.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité

➤ **Avantage**

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie nuls.
- Permet d'irriguer des grandes surfaces.

➤ **Inconvénients**

- Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- Le volume d'eau utilisé est important.
- Pertes d'eau considérable.
- Elle nécessite beaucoup de mains d'œuvre.
- La durée de l'arrosage est plus longue.

V.3.2. L'irrigation par aspersion

Le but d'une irrigation par aspersion est l'application uniforme de l'eau sur l'aire occupée par la culture. Le système d'irrigation doit être conçu pour appliquer l'eau à un taux inférieur à la capacité d'infiltration du sol et éviter ainsi les pertes par ruissellement.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion

➤ Avantages

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

➤ Inconvénients

- Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication.
- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- Elle favorise le développement des mauvaises herbes.
- Elle exige un choix judicieux des époques d'irrigation, toute irrigation intempestive pouvant provoquer au printemps par refroidissement du sol un retard dans la végétation.
- L'eau donnée en pluie passe le sol et provoque la formation d'une croûte superficielle.

Différentes installations à la parcelle

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

-L'installation totalement fixée, et l'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixée, 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 (quadrillage total)

Ce dispositif est le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés et chaque rampe comporte un asperseur et forme une rampe fictive, ce qui permet de réduire le diamètre de la rampe.

- Couverture intégrale

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des tuyaux et des arroseurs à poste fixe, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

V.3.3. Irrigation localisée (Goutte à goutte)

Cette méthode d'irrigation sous pression est appelée ainsi du fait que l'eau est appliquée en des endroits où l'on désire la voir s'infiltrer. Cette application est donc localisée. L'irrigation localisée regroupe tous les systèmes caractérisés par un réseau de distribution à la parcelle, fixe sous pression, permettant des apports d'eau continus ou fréquents en des endroits déterminés par apport au dispositif cultural et de façon telle que l'infiltration ne se produise que sur une fraction réduite de la surface du sol, en l'occurrence la zone racinaire.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée

➤ Avantages

- **Efficienc e de l'eau**

Peu de pertes par évaporation, puisqu'il n'y a pas de trajectoire aérienne des gouttes d'eau, que le feuillage n'est pas humidifié inutilement, qu'une partie de la surface du sol reste sèche, que la croissance des mauvaises herbes est très limitée (Rieul, 1992).

Il n'y a pas de ruissellement, pas de débordement sur les parcelles voisines ; les doses peuvent être mesurées avec précision, ce qui évite les pertes par percolation dans le sol. La répartition de l'eau n'est pas affectée par le vent, les irrégularités du terrain ne gênent pas.

➤ Inconvénients

- **L'obstruction des goutteurs**

Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, le développement de micro-organismes sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs. Il est à noter que l'entretien et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen de prévenir ces obstructions est un procédé par de filtration soignée de l'eau.

- **Accumulation de sels**

Pendant la période d'irrigation les sels sont peu refoulés à la périphérie du bulbe humide, plus spécialement près de la surface du sol. Une pluie légère risque alors de les entraîner vers les racines, ce qui est très dommageable.

V.4. Choix de la technique d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage.

Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour le zone

considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

Tableau N°VI-1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage

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

Remarque

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

+ + : Adapté ; + + + : Très Adapté

V.5. Conclusion

En tenant compte des conditions climatiques de la région d'étude de la nature du sol, de l'aptitude culturale et de volume d'eau disponible ; on peut choisir les techniques d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte, ces deux techniques présentent beaucoup d'avantage par rapport à la technique d'irrigation à la surface.

Donc pour les cultures de l'assolement on opte l'irrigation par aspersion, et comme on a une petite surface pour les arboricultures (olivier et pécher) on opte l'irrigation par le goutte à goutte.

Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle

VI.1. Introduction

L'irrigation à la parcelle est relative à la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du réseau.

On entend par parcelle d'irrigation l'unité de surface disposant d'une prise individualisée sur le réseau de distribution.

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 but le dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte et par aspersion, tous dépendent de terrain et de cultures.

VI.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation Goutte à goutte

VI.2.1. Données générales

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle n°02 alimentée par la borne N°8 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 2.25 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 3.5 ha.

Culture : Olivier : Besoin de pointe : 180 mm (Juillet)

Organisation du réseau : Avec un écartement de 4*4m, et un espacement des goutteurs 2 m,

- Surface : **3.5** ha.
- Longueur : **190** m.
- Largeur : **168** m.

Caractéristique du goutteur

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

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

a) Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite. On applique alors à l'ETM un coefficient de réduction :

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes. K_r peut être calculé par diverses formules proposées ci-après

- KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \quad (\text{VI.1})$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \quad (\text{VI.2})$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s \quad (\text{VI.3})$$

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

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$B_{j1} = B_j * K_r$

$B_j = ETM_c = 6 * 0.8 = 4.8 \text{ mm/j}$

➤ Dose nette pratique

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h :

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

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

Tel que : H_{cc} : (27%), H_{pf} : (16%) ; Y : (2/3) ; Z : profondeur des racines (1200 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié

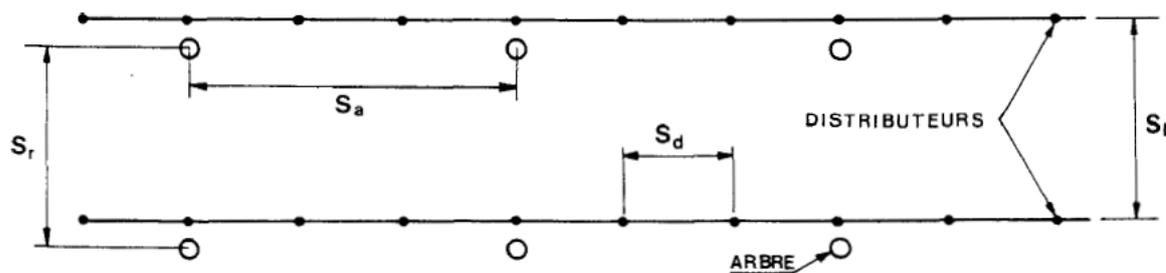


Figure N°VI-1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.

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

P : Volume du sol humidifié

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

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre = 2

S_h : Largeur de la bande humidifiée = 1m (arbres)

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre

S_a : espacement des arbres sur les rangs

$$P\% = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1}{4 \cdot 4} = 25\%$$

$$D_p = (26-16) / 100 \times 1500 \times 2/3 \times 1.35 \times 0.25 = \mathbf{D_p=37.13mm.}$$

➤ Fréquence des arrosages (Fr_jours)

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Tr = \frac{Dose\ nette}{ETMc} = \frac{37.13}{4.8} = 7.73\ jours$$

Donc on prend $Tr = 7\ jours$.

➤ Calcul de la dose réelle

On recalcule la nouvelle dose réelle (dose brute):

$$D_{brute} = 4.8 \cdot 4 / (Eff \cdot Cu) =$$

Cu : coefficient d'uniformité $Cu=90\%$

Eff : efficience du réseau d'irrigation $Eff=90\%$

$$D_{brute} = \frac{Dr}{Cu \cdot eff} = \frac{4.8 \times 7}{0.9 \times 0.9} = \mathbf{41.48\ mm}$$

Avec : $Dr = B_j \cdot Fr$

➤ **Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)**

$$\theta = \frac{Dbr * Sd * Sr}{n * qg} \quad (\text{VI.4})$$

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur, n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{41.48 * 2 * 4}{2 * 4} = 41.48 \text{ heures} \approx 42 \text{ heures}$$

➤ **Durée d'arrosage journalier**

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{42}{7} = 6 \text{ heures/jour}$$

➤ **Nombre de poste**

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{6} = 3.33$$

On prend 3 postes.

➤ **Surface du poste**

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{3.5}{3} = 1.17 \text{ ha}$$

VI.2.3.

Calculs

hydrauliques

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad (\text{VI.5})$$

La variation maximale de la pression

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

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (\text{VI.6})$$

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

$H(n)$ pression nominal $x=0.5$ pour les goutteurs (circuit court) et $H(n) = 10 \text{ mce}$ (1 bar)

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max.})}{10}$$

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

Donc selon la règle de Christiansen $10\% \Delta H$ singulières = 0.2 m

Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes 2/3. 1.8 = 1.2 m

Pour le porte rampe = 1/3. 1.8 = 0.6 m

VI.2.4. 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), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

➤ **Porte-lampes**

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \tag{VI.7}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr)*2.75}{0.478*Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \tag{VI.8}$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- Ør (cal) : le diamètre de rampes
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe

Ex : La longueur de la rampe: 40.45 m
 La longueur de la porte rampe: 62.820m
 La longueur de la conduite secondaire : 25m

1. Pour les rampes : L= 84m

. Qr : Débit de rampe.
 . Qg: Débit du goutteur
 . Ng/r : Nombre des goutteurs par rampe
 . Nr : Nombre des rampes
 Qpr: Débit de porte rampe

Le nombre d'arbres par rampe
 N arbres = Lr/Ea=84/4 = 21 arbres
Nombre des goutteurs par rampe

$N=N_{\text{arbres}}*n = 21*2 = 42$ goutteurs

Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g = 4 * 42 = 168 \text{ l/h}$$

$$\varnothing r(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = 11.17 \text{ mm}$$

$D_{\text{rampe}} = 11.17 \text{ mm}$, on prend $DN = 16 \text{ mm}$

Vérification des pertes de charges

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

Perte de charge selon hazen-williams

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \quad (\text{VI.9})$$

Où : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (m^3/s) ; D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

$C_w = 130$ PEBD, $L = 84$, $D = 0.016 \text{ m}$, $Q = 168 \text{ l/h}$

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.579 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$

2-Pour le porte rampe : $L=180$

Le nombre des rampes

$N_r = L_{pr}/E_r = 180/4 = 45$ rampes.

Débit du porte rampe

$Q_{pr} = Q_r * N_r = 168 * 45 = 7560 \text{ l/h}$

Nombre de porte rampe

$N_{pr} = 1$ (1 seul porte rampe)

3.Pour la conduite tertiaire

$Q_{csl} = Q_{pr} * N_{pr} = 7560 * 1 = 7560 \text{ l/h} = 0.0021 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\varnothing pr(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(pr)*2.75}{0.478*Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = 61.72 \text{ mm}$$

Donc on prend $\varnothing pr = 75 \text{ mm}$

Tableau N° VI-1. Calcul de Diamètre de la rampe

Culture	Surface (m^2)	L_r (m)	N_g	Q_r (l/h)	$\Delta H_r(\text{m})$	D_{cal} (mm)	D_n (mm)	Vitesse (m/s)	ΔH_{cal} (m)
Oliviers	35000	84	4	168	1.2	11.17	16	0.23	0.58

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

Tableau N° VI-2. Calcul de Diamètre de la porte rampe

On applique le même procédé que les rampes, et on trouve

Culture	Surface m ²	Lpr (m)	N Rampe	Qpr (l/h)	$\Delta H_{p,r}$ (m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Oliviers	35000	180	45	7560	0.6	61.72	75	0.48	0.77

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.

Calcul des diamètres de la conduite tertiaire

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

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

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

Tableau N° VI-3 : Calcul de diamètre des conduites tertiaires

Culture	Surface m ²	L(m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Oliviers	3500	8	0.0021	1.05	50.46	75	0.48	0.03

Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution

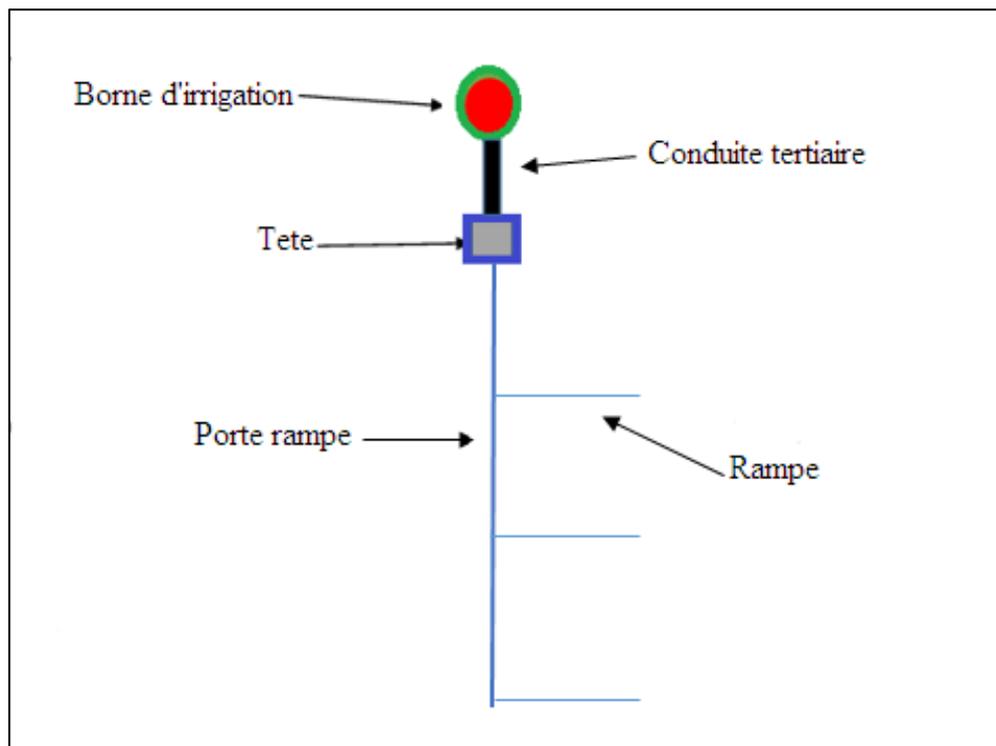


Figure
VI-2:
Schéma

explicatif de goutteur le plus défavorable.

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

Tableau N° VI.4: Récapitulatif des calculs hydrauliques.

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	68	180	25
Diamètre(m)	16	75	75
Débit (m ³ /s)	0,000047	0.0021	0.0021
Pertes de charge(m)	0.58	0.77	0.03

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

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10 + 0.77 + 0.58 + 0.03 = \mathbf{11.38 \text{ m.}}$$

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.

Le dimensionnement des ouvrages cités, 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.

VI.3.1. Données générales

Choix de la culture : Pour laquelle la totalité des canalisations et des asperseurs est mise en place sur la parcelle, durant toute la campagne d'irrigation.

Dans notre cas nous avons choisi l'irrigation de **l'orge en vert**, cette céréaliculture présente des avantages agronomiques et économiques importants et elle est largement extensive.

Choix des parcelles et de l'ilot : les parcelles choisies pour l'arrosage par aspersion sont dans l'ilot N°11 qui présente une superficie de 2.5 ha et qui dispose d'une pression de 3.67 bars.

Surface : 2.5 ha

Longueur : 180 m

Largeur : 160 m

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

Besoins en de pointe : 118 mm/mois pour le mois de pointe (Mai).

Perméabilité du sol : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à :

$K=6.5$ mm/h.

Dose pratique : RFU : elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \quad \text{(VI.10)}$$

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

D_a : 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%).

$RFU = 59.4$ mm

IV.1.1. VI.3.2. Dimensionnement théorique

a) Calcul du diamètre de l'ajutage

La perméabilité du sol $K=6.5$ 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 :

$$P = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \quad (\text{VI.11})$$

$$\text{D'où : } d = \frac{6.5 \cdot 1,04}{1,5} = 4,51 \text{ m m}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (ANNEXE N° 6), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.5 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 :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \quad (\text{VI.12})$$

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

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

$$L = 3 \cdot (4,50)^{0,5} \cdot 45^{0,25} = 16.48 \text{ m}$$

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 (annexe 4), pour le diamètre de la buse de 4.5 mm à une pression minimale de 3 bars, la portée calculée est de 17 m.

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 : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 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 3.5 m/s=12.6Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ m}$$

$$E_a = 1.02 \cdot 16 = 16.32 \text{ m}$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l=24\text{m}, \quad E_a=18\text{m}.$$

La surface mouillée (m²) =24*18= 432 m².

d) Débit de l'asperseur

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,5 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 45} = 0.00045 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{VI.13})$$

$$q = 1.62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Avec q débit de l'asperseur (m³/s).

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 :

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \quad (\text{VI.14})$$

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

$$\text{D'où } p = \frac{1,52}{18 \cdot 24} = 3.52 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K = 6.5 \text{ mm/h}$.

f) Calcul du tour d'eau

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

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}} \quad (\text{VI.15})$$

$$T_{eau} = (59.4 \cdot 26) / 118 = 13 \text{ jours.}$$

Donc on irrigue 3 fois par mois.

On prend un tour d'eau de 10 jours.

g) La dose réelle

$$D_r = T_{eau} \cdot \text{la dose journalière} = 10 \cdot (118/30) = 39.33 \text{ mm.}$$

$$D_r = 39.33 \text{ mm.}$$

h) Calcul de la dose brute

$$D_b = \text{La dose réelle} / 0,75 = 39.33 / 0,75 = 52.44 \text{ mm}$$

i) 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 :

$$T = \frac{\text{dose}_r \text{ réelle}_b}{\text{pluviométrie}} = 52.44 / 6.5 = 8.07 \text{ h}$$

$T = 8 \text{ h}$.

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

j) Calcul du débit d'équipement (Qeq)

$$Q_{eq} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T \cdot n \cdot N_j} = \frac{2,5 \cdot 118 \cdot 10}{8 \cdot 2 \cdot 26} = 7,09 \text{ m}^3 / \text{h}$$

k) Calcul de l'unité d'arrosage (SU)

La surface unitaire arrosée : $SU = \frac{S}{T_{eau} \cdot n} = \frac{2,5}{8 \cdot 2} = 0,15 \text{ ha}$

l) Nombre d'asperseur requis (Nasp)

$$N_{asp} = \frac{SU \cdot 10000}{El \cdot Ea} = \frac{0,15 \cdot 10000}{18 \cdot 24} = 3,62 \text{ asp} \text{ donc on prend 4 asperseur}$$

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

m) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

$V = \text{nbr de position par jour} \cdot \text{nbr d'irrigation par mois} \cdot \text{Dose brute} \cdot Ea \cdot El$

$$V = (3 \cdot 26 \cdot 52,44 \cdot 24 \cdot 18) / 1000 = 1767,168 \text{ m}^3$$

Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :

$V_t = \text{besoins mensuels} \cdot \text{surface}$

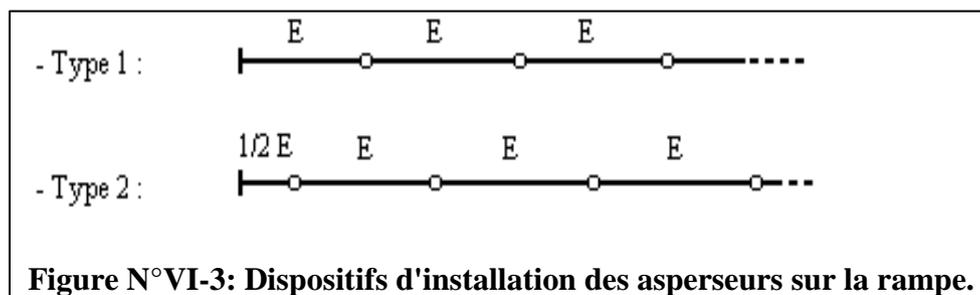
$$V_t = 118 / 1000 \cdot 180 \cdot 160 = 3398,4 \text{ m}^3$$

IV.1.2. VI.3.3. Dimensionnement hydrauliques des rampes

a) Longueur de la rampe

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.

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



La

longueur de la rampe est donc :

Pour le type 1 : $L = n.E$

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

d'où :

$$L = \text{largeur de terrain} / 2 - E_a/2 = 160/2 - 18/2 = 71 \text{ m}$$

b) Nbre asperseur/rampe (N)

$$N = \text{largeur}/E_a = L_r/E_a = 71/18 + 1 = 5 \text{ asperseurs}$$

c) Nombre de rampes(Nr)

$$N_r = N \text{ asp} / (\text{nbr asp/ rampe}) = 0.6 \text{ rampes.}$$

On travaille avec une rampe.

d) Calcul du débit de la rampe(Qr)

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

$$\text{Le débit de la rampe : } Q_r = 1.61 * 7 = 11.31 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{l_r}{E_l} = \frac{180}{18} \approx 10$$

L_r : longueur du terrain = 180 m, E_l : espacement entre les rampes (=18m).

Le nombre de poste égale à 10 postes.

Nous avons les données suivantes :

Longueur de la rampe $L = 80 \text{ m}$.

Nombre d'asperseur par rampe 5 asperseurs

Nombre de rampes =1 rampe

Débit de la rampe = $6.59 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00314 \text{ m}^3/\text{s}$.

e) Calcul du Diamètre de la rampe

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

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

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

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

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00314}{\pi \cdot 1.5}} = 0,077 \text{ m} = 77 \text{ mm}$$

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

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

Le diamètre normalisé ($D_R=90\text{mm}$).

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.00314}{\pi \cdot (90 \cdot 10^{-3})^2} = 01,008 \text{ m/s} \text{ Ce qui est conforme.}$$

f) Dimensionnement de la porte-rampe

La longueur de la porte-rampe est calculée par :

$$L_{pr} = 180 - 24/2 = 168 \text{ m}$$

On recalcule avec le porte-rampe

$$Q_{p_rampe} = Q_{asp} \cdot n_{asp/rampe} \cdot N_{rampe} = 1,61 \cdot 5 \cdot Q = 0,003142623 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

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

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{23.42 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,07747 \text{ m} = 77 \text{ mm},$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr}=90 \text{ mm}$), cependant, les pertes de charges dépassent les normes de Christiansen.

On prend donc un diamètre de la porte rampe de 90mm.

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 3.41 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (90 \cdot 10^{-3})^2} = 01.008 \text{ m/s} \text{ Ce qui est conforme.}$$

g) Calcul des pertes de charge

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

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

Ou $\Delta H =$ Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Debit de la conduite en m³/s

CH : coefficient equivaut à 130.

Pour la rampe on a : $L=80\text{m}$, $D= 90\text{mm}$, $Q= 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$

$\Delta H_{\text{rampe}}= 0.018\text{m}$.

Pour la porte rampe on a : $L=180\text{m}$, $D=90\text{mm}$, $Q=0.00314\text{m}$

$\Delta H_{\text{porte-rampe}} = 0.0176\text{m}$.

Les pertes de charges totales pour les rampes sont de 0.018 m et 0.0176m pour la porte rampe.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°VI.5: Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	180	80
Diamètre (mm)	90	90
Débit (m^3/s)	0.00314	0.0032
Vitesse (m/s)	1.008	0.49
Perte de charge totale (m)	0.018	0.0176

$\Delta H_t=0.018+0.0176=0.036 \text{ m}$ de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

IV.1.3. VI.3.4. Calcul de la pression en tête du réseau

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \quad (\text{VI.18})$$

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)

$$H=30+0.36+0=30,36$$

$P=3,036 \text{ bar}$, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 4.5 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 : aspersion, le système goutte à goutte.

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

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.

Le dimensionnement des ouvrages cités, 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.

VI.3.1. Données générales

Choix de la culture : Pour laquelle la totalité des canalisations et des asperseurs est mise en place sur la parcelle, durant toute la campagne d'irrigation.

Dans notre cas nous avons choisi l'irrigation de **l'orge en vert**, cette céréaliculture présente des avantages agronomiques et économiques importants et elle est largement extensive.

Choix des parcelles et de l'ilot : les parcelles choisies pour l'arrosage par aspersion sont dans l'ilot N°11 qui présente une superficie de 2.5 ha et qui dispose d'une pression de 3.67 bars.

Surface : 2.5 ha

Longueur : 180 m

Largeur : 160 m

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

Besoins en de pointe : 118 mm/mois pour le mois de pointe (Mai).

Perméabilité du sol : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à :

$K=6.5$ mm/h.

Dose pratique : RFU : elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \quad \text{(VI.10)}$$

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 = 59.4 mm

IV.2.1. VI.3.2. Dimensionnement théorique

n) Calcul du diamètre de l'ajutage

La perméabilité du sol $K=6.5$ 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 :

$$P = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \quad (\text{VI.11})$$

$$\text{D'où : } d = \frac{6.5 \cdot 1,04}{1,5} = 4,51 \text{ m m}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (ANNEXE N° 6), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.5 mm.

o) 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 :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \quad (\text{VI.12})$$

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

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

$$L = 3 \cdot (4,50)^{0,5} \cdot 45^{0,25} = 16.48 \text{ m}$$

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 (annexe 4), pour le diamètre de la buse de 4.5 mm à une pression minimale de 3 bars, la portée calculée est de 17 m.

p) 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 : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 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 3.5 m/s=12.6Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ m}$$

$$E_a = 1.02 \cdot 16 = 16.32 \text{ m}$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l=24\text{m}, \quad E_a=18\text{m}.$$

La surface mouillée (m²) =24*18= 432 m².

q) Débit de l'asperseur

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,5 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 45} = 0.00045 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (\text{VI.13})$$

$$q = 1.62 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Avec q débit de l'asperseur (m³/s).

r) 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 :

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \quad (\text{VI.14})$$

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

$$\text{D'où } p = \frac{1,52}{18 \cdot 24} = 3.52 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K = 6.5 \text{ mm/h}$.

s) Calcul du tour d'eau

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

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}} \quad (\text{VI.15})$$

$$T_{eau} = (59.4 \cdot 26) / 118 = 13 \text{ jours.}$$

Donc on irrigue 3 fois par mois.

On prend un tour d'eau de 10 jours.

t) La dose réelle

$$D_r = T_{eau} \cdot \text{la dose journalière} = 10 \cdot (118/30) = 39.33 \text{ mm.}$$

$$D_r = 39.33 \text{ mm.}$$

u) Calcul de la dose brute

$$D_b = \text{La dose réelle} / 0,75 = 39.33 / 0,75 = 52.44 \text{ mm}$$

v) 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 :

$$T = \frac{\text{dose}_r \text{ réelle}_b}{\text{pluviométrie}} = 52.44 / 6.5 = 8.07 \text{ h}$$

$T = 8 \text{ h}$.

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

w) Calcul du débit d'équipement (Qeq)

$$Q_{eq} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T \cdot n \cdot N_j} = \frac{2,5 \cdot 118 \cdot 10}{8 \cdot 2 \cdot 26} = 7,09 \text{ m}^3 / \text{h}$$

x) Calcul de l'unité d'arrosage (SU)

La surface unitaire arrosée : $SU = \frac{S}{T_{eau} \cdot n} = \frac{2,5}{8 \cdot 2} = 0,15 \text{ ha}$

y) Nombre d'asperseur requis (Nasp)

$$N_{asp} = \frac{SU \cdot 10000}{El \cdot Ea} = \frac{0,15 \cdot 10000}{18 \cdot 24} = 3,62 \text{ asp} \text{ donc on prend 4 asperseur}$$

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

z) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

$V = \text{nbr de position par jour} \cdot \text{nbr d'irrigation par mois} \cdot \text{Dose brute} \cdot Ea \cdot El$

$$V = (3 \cdot 26 \cdot 52,44 \cdot 24 \cdot 18) / 1000 = 1767,168 \text{ m}^3$$

Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :

$V_t = \text{besoins mensuels} \cdot \text{surface}$

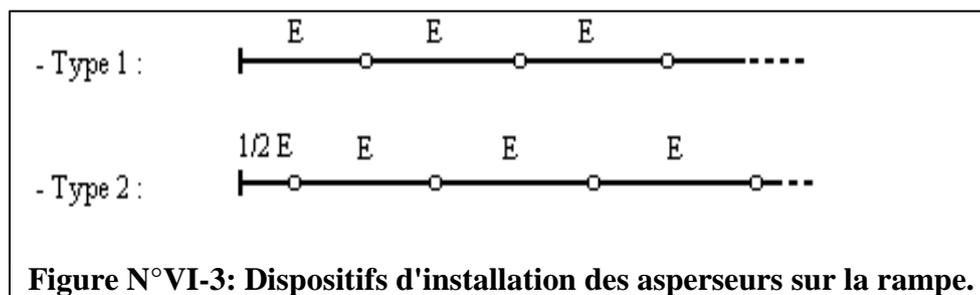
$$V_t = 118 / 1000 \cdot 180 \cdot 160 = 3398,4 \text{ m}^3$$

IV.2.2. VI.3.3. Dimensionnement hydrauliques des rampes

h) Longueur de la rampe

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.

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



La

longueur de la rampe est donc :

Pour le type 1 : $L = n.E$

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

d'où :

$$L = \text{largeur de terrain} / 2 - E_a/2 = 160/2 - 18/2 = 71 \text{ m}$$

i) Nbre asperseur/rampe (N)

$$N = \text{largeur}/E_a = L_r/E_a = 71/18 + 1 = 5 \text{ asperseurs}$$

j) Nombre de rampes(Nr)

$$N_r = N \text{ asp} / (\text{nbr asp/ rampe}) = 0.6 \text{ rampes.}$$

On travaille avec une rampe.

k) Calcul du débit de la rampe(Qr)

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

$$\text{Le débit de la rampe : } Q_r = 1.61 * 7 = 11.31 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{l_r}{E_l} = \frac{180}{18} \approx 10$$

L_r : longueur du terrain = 180 m, E_l : espacement entre les rampes (=18m).

Le nombre de poste égale à 10 postes.

Nous avons les données suivantes :

Longueur de la rampe $L = 80 \text{ m.}$

Nombre d'asperseur par rampe 5 asperseurs

Nombre de rampes =1 rampe

Débit de la rampe = $6.59 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00314 \text{ m}^3/\text{s.}$

l) Calcul du Diamètre de la rampe

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

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

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

On suppose que $V = 1.5 m/s$ et on calcule D_R

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00314}{\pi \cdot 1.5}} = 0,077 m = 77 mm$$

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

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

Le diamètre normalisé ($D_R=90mm$).

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.00314}{\pi \cdot (90 \cdot 10^{-3})^2} = 0,008 m/s \text{ Ce qui est conforme.}$$

m) Dimensionnement de la porte-rampe

La longueur de la porte-rampe est calculée par :

$$L_{pr} = 180 - 24/2 = 168 m$$

On recalcule avec le porte-rampe

$$Q_{p_rampe} = Q_{asp} \cdot n_{asp/rampe} \cdot N_{rampe} = 1,61 \cdot 5 \cdot Q = 0,003142623 m^3/s$$

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

On suppose que $V = 1.5 m/s$ et on calcule D_R

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{23.42 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,07747 m = 77 mm ,$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr}=90 mm$), cependant, les pertes de charges dépassent les normes de Christiansen.

On prend donc un diamètre de la porte rampe de 90mm.

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 3.41 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (90 \cdot 10^{-3})^2} = 0,008 m/s \text{ Ce qui est conforme.}$$

n) Calcul des pertes de charge

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

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

Où $\Delta H =$ Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Debit de la conduite en m³/s

CH : coefficient equivaut à 130.

Pour la rampe on a : L=80m, D= 90mm, Q= 0.0032 m³/s

$\Delta H_{rampe} = 0.018m$.

Pour la porte rampe on a : L=180m, D=90mm, Q=0.00314m

$\Delta H_{porte-rampe} = 0.0176m$.

Les pertes de charges totales pour les rampes sont de 0.018 m et 0.0176m pour la porte rampe.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°VI.5: Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	180	80
Diamètre (mm)	90	90
Débit (m ³ /s)	0.00314	0.0032
Vitesse (m/s)	1.008	0.49
Perte de charge totale (m)	0.018	0.0176

$\Delta H_t = 0.018 + 0.0176 = 0.36$ m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

IV.2.3. VI.3.4. Calcul de la pression en tête du réseau

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \quad (\text{VI.18})$$

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)

$$H = 30 + 0.36 + 0 = 30,36$$

P=3,036 bar, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 4.5 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 : aspersion, le système goutte à goutte.

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

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.

Le dimensionnement des ouvrages cités, 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.

IV.3.1. Données générales

Choix de la culture : nous avons choisi l'irrigation de blé, cette céréaliculture présente des avantages agronomiques et économiques importants.

Choix des parcelles et de l'ilot : les parcelles choisies pour l'arrosage par aspersion sont dans l'ilot n°55, sous la parcelle n°01, qui présente une superficie de 1.5 ha.

La parcelle est de forme rectangulaire présente des dimensions de 130x120m, elle est alimentée par la borne N°55 qui dispose d'une pression de 4.2 bars.

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

Besoins en de pointe : 163.5mm/mois pour le mois de pointe.

Perméabilité du sol : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à:

$K = 7 \text{ mm/h}$.

Dose pratique : RFU : elle est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \quad (\text{VII-1})$$

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)

Hcc: humidité à la capacité au champ (27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (16%).

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

IV.3.2. Dimensionnement théorique

a) Calcul du diamètre de l'ajutage

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

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

$$p = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \quad (\text{VII-2})$$

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

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (**Annexe 4**), 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 :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \quad (\text{VII-3})$$

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

h : pression à la buse (m), dans notre cas $P = 3 \text{ bars}$, hauteur d'eau = 30m.

$$L = 3 \cdot (4,80)^{0,5} \cdot 30^{0,25} = 15,38m$$

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 (**annexe 4**), pour le diamètre de la buse de 4,80mm à une pression minimale de 3 bars, la portée calculée est de 16,0m.

c) Ecartements entre les rampes et arroseurs

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

El entre les lignes d'arrosage : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

Ea entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 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 :

$$E_l = 1,25 \cdot 16 = 20m$$

$$E_a = 0,8 \cdot 16 = 12,8m$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l=18m, \quad E_a=12m.$$

La surface mouillée (m^2) = 216 m^2 .

d) Débit de l'asperseur

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}.$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 30} = 0,00042m^3/s \quad (\text{VII-4})$$

$$q = 1,5m^3/h$$

Avec q débit de l'asperseur (m^3/s).

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 :

$$P = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \quad (\text{VII-5})$$

Q : est le débit de l'asperseur choisi, $q=4,2 \cdot 10^{-4} m^3/s = 1,5 m^3/h$

$$\text{D'où } p = \frac{1,50}{18 \cdot 12} = 6.9 \text{ mm/h}$$

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

f) Calcul du tour d'eau :

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

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}} \quad (\text{VII-6})$$

Teau = (59,4 . 26) / 163,5 = 9,44 jours.

On prend un tour d'eau de 9 jours.

Donc on irrigue 3 fois par mois.

g) La dose réelle :

Dr = Teau . la dose journaliere = 9 . 5,45 = 49,05 mm.

Dr = 49,05 mm.

h) Calcul de la dose brute :

Db = La dose réelle / 0,75 = 49,05 / 0,75 = 65,4 mm

i) 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 :

$$T = \frac{dose_réelle_brute}{pluviometrie} = 65,4 / 7 = 9,34 \text{ h}$$

T = 9,5 h.

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

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

$$Qeq = \frac{S(ha).B(mm).10}{T.n.Nj} = \frac{1,5.163,5.10}{9,5.2.26} = 4,96 \text{ m}^3 / \text{h}$$

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

$$\text{La surface unitaire arrosée : } SU = \frac{S}{Teau.n} = \frac{1,5}{9,5.2} = 0,083 \text{ ha}$$

l) Nombre d'asperseur requis (Nasp) :

$$Nasp = \frac{SU.10000}{El.Ea} = \frac{0,083.10000}{18.12} = 4 \text{ asp}$$

tel que: La dose réelle brute d'arrosage = la dose réelle / 0,75

m) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

$$V = \text{nbr de position par jour} \cdot \text{nbr d'irrigation par mois} \cdot \text{Dose} \cdot E_a \cdot E_l \quad (\text{VII-7})$$

$$V = (2 \cdot 26 \cdot 65,4 \cdot 12 \cdot 18) / 1000 = 735 \text{ m}^3$$

Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :

$$V_t = \text{besoins mensuels} \cdot \text{surface}$$

$$V_t = 163,5 / 1000 \cdot 130 \cdot 120 = 2550,6 \text{ m}^3$$

IV.3.3. Dimensionnement hydrauliques des rampes :**o) Longueur de la rampe**

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.

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

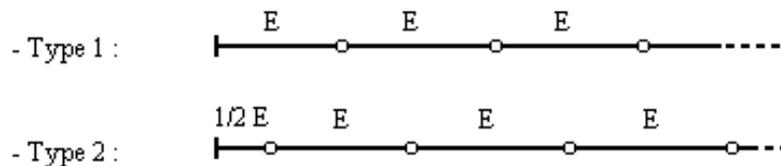


Figure IV-1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe

La longueur de la rampe est donc :

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

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

d'où :

$$L = \text{largeur de terrain} / 2 - E_a / 2 = 120 / 2 - 12 / 2 = 54 \text{ m}$$

p) Nbre asperseur/rampe (N) :

$$N = \text{largeur} / E_a = L / E_a = 54 / 12 + 1 = 5 \text{ asperseurs}$$

q) Nombre de rampes(Nr) :

$$N_r = N_{\text{asp}} / (\text{nbr asp/ rampe}) = 1,25 \text{ rampes.}$$

On travaille avec une rampe.

r) Calcul du débit de la rampe(Qr) :

$Q_r = \text{le débit de l'asperseur} \times \text{le nombre d'asperseur/ rampe.}$ (VII-8)

Le débit de la rampe : $Q_r = 1,50 \times 5 = 7.5 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00208 \text{ m}^3/\text{h}$

Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{L_r}{E_l} = \frac{130}{18} \approx 7$$

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

Le nombre de poste égale à 7 postes.

Nous avons les données suivantes :

Longueur de la rampe $L = 54 \text{ m}$.

Nombre d'asperseur par rampe 5 asperseurs

Nombre de rampes =1 rampe

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

s) Calcul du Diamètre de la rampe

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

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

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 ($D_R = 50 \text{ mm}$).

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 2.08 * 10^{-3}}{\pi * (50 * 10^{-3})^2} = 1,06 \text{ m/s} \text{ Ce qui est conforme.}$$

t) Dimensionnement de la porte-rampe

La longueur de la porte-rampe est calculée par :

$$L_{pr} = 130 - 18/2 = 121 \text{ m}$$

On recalcule avec le porte-rampe

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

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

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

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{2,08 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,042 \text{ m} = 42 \text{ mm},$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr} = 50 \text{ mm}$), cependant, les pertes de charges dépassent les normes de Christiansen.

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

La nouvelle vitesse sera :

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

u) Calcul des pertes de charge :

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \quad (\text{VII-9})$$

Ou ΔH = Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Debit de la conduite en m³/s

CH : coefficient equivaut à 130.

Pour la rampe on a : L=54m, D= 0.050m, Q= 0.00208 m³/s

$$\Delta H_{rampe} = 1.44 \text{ m.}$$

Pour la porte rampe on a : L=121m, D=0.063m, Q=0.00208m³/s

$$\Delta H_{\text{porte-rampe}} = 1.04 \text{ m.}$$

Les pertes de charges totales pour les rampes sont de 1.44 m et 1.04m pour la porte rampe.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV-1: Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	54	54
Diamètre (mm)	63	50
Débit (m ³ /h)	7.57	7.57
Vitesse (m/s)	0.67	1,06
Perte de charge totale (m)	1.44	1.04

$\Delta H_t = 1.44 + 1.04 = 2.48$ m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

IV.3.4. 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)

$$H = 30 + 2.48 + 0 = 32.48 \text{ m.}$$

P=3,3 bar, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 4.2 bars.

CHAPITRE VII : Calcul technico-économique

VII.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de faire une estimation du coût du projet d'irrigation projeté, et d'évaluer le prix de revient par hectare. Ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain.

Pour notre projet nous avons les opérations suivantes :

- Réseau de distribution.
- Conduite d'adduction.
- Travaux divers.

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

a) 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.

b) 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 20cm dans notre cas.

c) Pose des conduites

Avant la pose des conduites dans chaque 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 n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites.

d) 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.

e) Remblayage des tranchées

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

f) 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.

IV.4.1. VII.3. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Les prix des conduites sont détaillés comme suit :

Tableau VII-1 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	de	Unités de mesure	de	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 63	PEHD		m/l		372	288,17	107199,24
Ø 75	PEHD		m/l		1435	404,81	580902,35
Ø 90	PEHD		m/l		1334	188,62	251619,08
Ø 125	PEHD		m/l		348	934,26	325122,48
Ø160	PEHD		m/l		884	1526,93	1349806,12
Ø 200	PEHD		m/l		129	2397,85	309322,65
Ø 250	PEHD		m/l		275	3709,88	1020217
Ø 315	PEHD		m/l		316	5881,51	1858557,16
Ø 355	PEHD		m/l		468	6500,14	3042065,52
Ø 400	PEHD		m/l		717	9500,9	6812145,3
Total(HT) 1							15656956,9
TVA (17%)							2661682,673
Total(TTC)							18318639,57

Tableau VII-2: Fourniture de pose de pièces spéciales.

Code	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
1	Fourniture pose de Té réduit en PEHD diamètre 400-75 mm PN 10	U	7	17900	125300
	Fourniture pose de Té réduit en PEHD diamètre 400-63 mm PN 10	U	4	17200	68800
	Fourniture pose de Té réduit en PEHD diamètre 400-90 mm PN 10	U	7	18100	126700

	Fourniture pose de Té réduit en PEHD diamètre 400-160 mm PN 10	U	1	21000	21000
	Fourniture pose de Té réduit en PEHD diamètre 160-75 mm PN 10	U	5	15 000,00	75000
	Fourniture et pose de Té réduit en PEHD diamètre 160-90 mm PN 10	U	3	16 100,00	48300
2	Fourniture pose de coude 110° en PEHD diamètre 355mm PN 10	U	1	6 789,87	6789,87
	Fourniture et pose de coude 110° en PEHD diamètre 160mm PN 10	U	1	6 789,87	6789,87
3	Fourniture pose de ventouse de décharge diamètre400mm PN 10	U	2	32500	65000
	Fourniture pose de ventouse de décharge diamètre 125 mm PN 10	U	1	28500	28500
	Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 400-75 mm PN 10	U	7	30110,1	210770,7
	Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 400-63 mm PN 10	U	4	29750,15	119000,6
4	Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 400-90 mm PN 10	U	7	25 654,22	179579,54
	Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 400-160 mm PN 10	U	1	27550,22	27550,22
	Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 160-75 mm PN 10	U	5	1 105,00	5525
	Fourniture pose de réduction en PEHD diamètre 160-90 mm PN 10	U	3	12 460,00	37380
5	Fourniture pose de borne d'irrigation diamètre 80mm PN 10	U	26	300 000,00	7800000
Total :					8951985,8

VII.4. Frais des travaux sur réseau d'irrigation

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

IV.4.2. Calcul des volumes de déblais et remblais

La pose des conduites dans le réseau se fait dans des tranchées conçues selon le tracé et l'itinéraire des lignes de conduites et prend en compte les longueurs, les largeurs et les hauteurs de chaque tranchée conçue à recevoir une conduite de diamètre spécifique

La largeur de la tranchée varie selon la section des conduites est de :

$$l = D + 2 \times 0.3 \quad (\text{m})$$

La hauteur est de :

$$H = D + h_{\text{sable}} + 0.8 \quad (\text{m})$$

Avec :

h_{sable} : qui est la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres

Sois L la longueur de la tranchée en mètres.

D : diamètre de la conduite.

IV.4.3. Volume du déblaiement

Le volume des déblaiements sera alors égal à :

$$V_{\text{deb}} = L \times H \times l \quad (\text{m}^3)$$

IV.4.4. Volume de remblais

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - V_{\text{cond}}$$

$$\text{Avec : } V_{\text{cond}} = \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

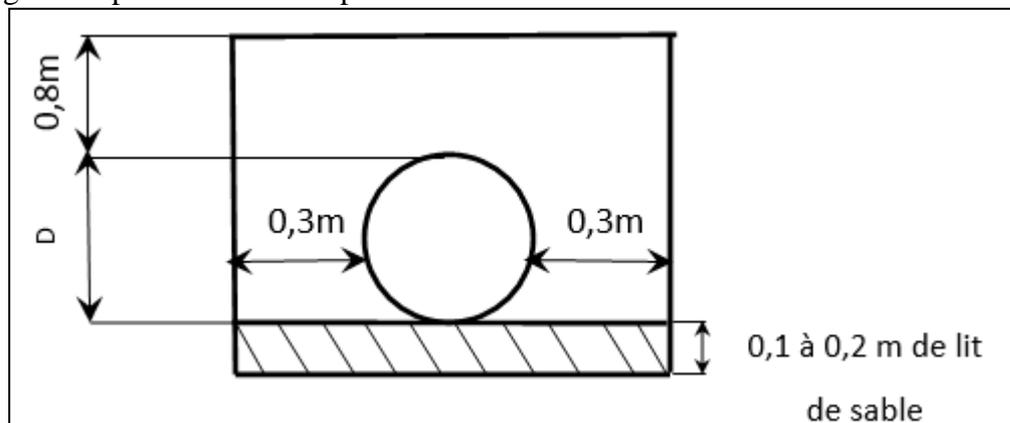
$$\text{Donc : } V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

IV.4.5. Volume de sable

Le Volume du sable nécessaire pour le lit de sable est égale à :

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times l$$

La figure ci après illustre la disposition de la conduite au niveau de la tranchée :



**Figure
VII-1:**

Disposition de la conduite dans une tranchée

Calcul des différents volumes

Tableau N° VII.3 Fourniture du sable.

Type de conduite	Diamètre	Longueur	Largeur	Volume de sable	Prix unitaire	Prix totale
PEHDØ 63	147981,6	372	0,663	24,6636	6000	178538,1924
PEHDØ 75	581175	1435	0,675	96,8625	6000	696392,6821
PEHDØ 90	552276	1334	0,69	92,046	6000	589386,7293
PEHDØ 125	151380	348	0,725	25,23	6000	158814,6987
PEHDØ 160	403104	884	0,76	67,184	6000	344713,0627
PEHDØ 200	61920	129	0,8	10,32	6000	62473,67274
PEHDØ 250	140250	275	0,85	23,375	6000	137625,4845
PEHDØ 315	173484	316	0,915	28,914	6000	163856,881
PEHDØ355	268164	468	0,955	44,694	6000	247108,726
PEHDØ400	430200	717	1	71,7	6000	385149,5613
La somme :						2 909 934,60 DA

Tableau N° VII-4 : Fourniture du remblai.

Type de conduite	Longueur	Volume de déblai	Volume de conduites	Volume de remblai	Prix unitaire	Prix totale (DA)
PEHDØ 63	372	358,236	1,1596	357,0764	500	178538,19
PEHDØ 75	1435	1399,125	6,3396	1392,7854	500	696392,68
PEHDØ 90	1334	1187,26	8,4865	1178,7735	500	589386,72
PEHDØ 125	348	321,9	4,2706	317,6294	500	158814,69
PEHDØ 160	884	707,2	17,7739	689,4261	500	344713,06
PEHDØ 200	129	129	4,0527	124,9473	500	62473,67
PEHDØ 250	275	288,75	13,4990	275,2510	500	137625,48
PEHDØ 315	316	352,34	24,6262	327,7138	500	163856,8
PEHDØ355	468	540,54	46,3225	494,2175	500	247108,7
PEHDØ400	717	860,4	90,1009	770,2991	500	385149,56
La somme :						2 964 059,70 DA

Le cout total des travaux est estimé comme suit : :

$$P_t = F_{\text{remb}} + F_{\text{sable}} \text{ soit donc: } P_t = 2\,964\,059,69 + 2\,909\,934,60 = \mathbf{5\,873\,994,29\,DA}$$

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de :

$$CT = 5\,873\,994,29 + 895\,1985,8 + 183\,18639,57 = 33\,144\,619,70 \text{ DA}$$

Soit donc le cout total du projet est évalué à trente trois millions cent quarante quatre mille et six cent dix neuf dinars TTC. Le cout moyen à l'hectare en irrigué, est évalué à deux cent soixante seize mille dinars (276 000 TTC DA).

VII.5. Conclusion

L'estimation du cout total du projet, englobe, en général, tous les prix des équipements hydrauliques et hydromécaniques à utiliser ou à mettre en place, le réseau de canalisations de transport, les lignes de distribution ainsi la pose des bornes d'irrigation et tous les ouvrages de protection, ajouté à cela, les frais liés à la pose des différentes canalisations, les frais de transport.

En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs. Le cout total du projet est de l'ordre de **33 144 620,00 DA**.

Pour évaluer un projet on doit comparer les rendements financiers nets et les couts. On peut s'appuyer sur la formule suivante:

$$V = \sum_{i=1}^n Rt_i - Dt_i \quad (\text{VIII-1})$$

Ou

Rt_i : sont les rendements financiers de chaque spéculation ; $Rt_i = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i$.

x_i et P_i sont les rendements (qt/ha) et les prix à la parcelle en DA/qt.

Dt : sont les couts nécessaires à chaque spéculation agricole qui englobe les frais d'irrigation et autres intrants agricoles.

Les calculs sont détaillés dans l'Annexe 5, et les besoins en eau sont comme suit :

Tableau VIII.6 : Besoins en eau de chaque culture

Assolement 1					
Culture	Superficies (ha)	Besoins nets (m ³ /ha)	Efficiencie	Besoins bruts (m ³ /ha)	Besoins totaux (m ³)
Blé/ avoine	244.5	4221.5	0.75	5628.6	1 376 200.3
Mais	45.8	5986.6	0.75	7982.2	365 584.4
Luzerne	45.8	5965.3	0.75	7953.8	364 283.4
Oignon Vert	53.8	245.5	0.75	327.4	17612, 9244
Pomme de terre (saison)	64.2	212.0	0.75	282.7	18149, 4827
Tomate	32.1	4702.5	0.75	6270.0	201 265.9
Chou vert	32.1	1298.2	0.75	1731.0	55 564.1
Carotte	32.1	1031.3	0.75	1375.1	44 141.6
Arboriculture	61.1	20982.4	0.75	27976.53	1 709 366.2
Besoin total					4 152 168.3

Les calculs des rendements et les couts de production de chaque spéculacion agricole, sont détaillés comme suit :

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est l'aménagement hydro-agricole du périmètre du Tarik Ibn Ziad dans la wilaya d'Ain Defla d'une superficie de 120 ha, dont les caractéristiques physiques, pédologiques et des conditions socio-économiques sont propices à l'irrigation.

Après le choix des cultures, nous avons estimé les besoins en eau totaux, et les besoins en eau de chaque ilot qui est une phase importante dans la réalisation d'un système d'adduction et d'irrigation.

Pour le système d'adduction, nous avons projeté deux variantes à partir de la retenue de l'oued Rahil, l'une gravitaire vers les parcelles, celle-ci présente un problème de pression qui sont relativement faibles.

La deuxième variante proposée, consiste à alimenter le périmètre par un refoulement vers un réservoir de mise en charge, ce qui a permis d'obtenir des pressions aux bornes satisfaisantes.

Nous avons donc validé cette variante puisqu'elle permet de mieux gérer les systèmes d'irrigation en particulier l'aspersion qui exige une pression élevée.

Pour les systèmes d'irrigation, nous avons insisté sur la nécessité d'introduction des techniques modernes 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, en effet, dans la région d'étude l'agriculture est fortement extensive faute d'un système d'irrigation performant.

L'intérêt de ce projet est immense car l'irrigation va permettre une diversification des cultures en places, un accroissement des rendements surtout pour la céréaliculture.

En effet, cet aménagement peut donc contribuer à améliorer l'ensemble des facteurs socioéconomiques de la région, le but est d'assurer un bon recouvrement du périmètre d'irrigation à fin d'alimenter convenablement toute la superficie à irriguer, ce qui pourra augmenter les rendements et donc améliorer la situation socio-économique de la région.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dubost d. 1992- aridité, agriculture et développement : le cas des oasis algériennes in sècheresse no 2. Vol. 3.

Gobat J.M,Agrano M.,Matthey W, 2010 : Le sol vivant, base de pédologie biologie des sols. Presses universitaires et romandes, EPFL, Lausanne, Suisse.

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

FAO. Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).

Détection des œufs d'helminthes, AbwasserWasserwirtschaftWassertechnik, 16 ; 198-201 (1966).

Hillel, D. 1988. L'eau et le sol: Principes et processus physiques. Ed Academia, 288 pages.

Tiercelin. 2006. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.

Laborde J., 2009 ELEMENTS D'HYDROLOGIE DE SURFACE. ECOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE DE NICE - SOPHIA ANTIPOLIS

NAIT MOHAND Abde latif 2013 : Elaboration d'un code de calcul pour le dimensionnement des réseaux d'irrigation par aspersion en couverture mobile. ENSH 2013.

Ollier ch.et Poirée m. (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.

Perrier A (1975) Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelles. In Annales agronomiques. 26 (1). 1-18.

René Clément et Alain Galand : 1979, L'irrigation par aspersion et réseaux collectif de distribution sous pression, édition, Eyrolles, Paris, pp : 10-147.

L.Rieul: 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

TOUAIBIA B. (Cours d'Hydrologie 3^{ème} Année et Régularisation des débits 4^{ème} année).

ANNEXES

Annexe 1

Coefficients culturaux (Kc)

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

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

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

ANNEXES

Annexe 2

Le cycle végétatif des cultures envisagées

CULTURES / MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
BLE / AVOINE			←————→									
ORGE GRAIN		←————→										
ORGE EN VERT		←————→										
MAIS								←————→				
TOMATE							←————→					
P DE TERRE AR SAIS		←————→										
LUZERNE		←————→										
OIGNON / AIL		←————→										
CHOUX	←————→											
CAROTTE	←————→											
HARICOT	←————→									←————→		
COMCOMBRE										←————→		
PETIT POIS			←————→									
PECHER	←————→											
POMMIER	←————→											
OLIVIER	←————→											

Annexe 3

Caractéristiques hydriques de quelques sol

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 4

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHI ALI)

TABLEAU N° 1 – Diamètre extérieur :

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{ext} (mm)	d_{ext} (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

ANNEXES

Annexe 5 Frais d'exploitation de la conduite de refoulement

Diamètre (mm)	Q (m ³ /h)	Hmt (m)	Puissance (KW)	E KWh annuels	Prix du Kwh (DA)	F _{exploitation} (DA)
100	498,96	388,82	660,837	5306521,508	4,69	24 887 585,9
125	498,96	132,08	224,485	1802613,625	4,69	8 454 257,9
150	498,96	59,98	101,94	818572,4143	4,69	3 839 104,6
200	498,96	24,39	41,45	332877,3591	4,69	1 561 194,8
250	498,96	17,28	29,37	235843,644	4,69	1 106 106,7
300	498,96	15,28	25,97	208533,4345	4,69	978 021,8
350	498,96	14,58	24,78	198949,7617	4,69	933 074,4
400	498,96	14,29	24,287	195025,0323	4,69	914 667,4
500	498,96	14,09	23,950	192319,3193	4,69	901 977,6

Frais d'amortissement de la conduite de refoulement

D (mm)	Prix ML(TTC)	prix de pose	L (m)	Prix (DA)	ANNUITE	F _{Amort} (DA)
100,00	3 150,00	350,00	200,00	700 000,00	0,09	62 300,00
125,00	3 650,00	400,00	200,00	810 000,00	0,09	72 090,00
150,00	4 461,00	420,00	200,00	976 200,00	0,09	86 881,80
200,00	5 100,00	500,00	200,00	1 120 000,00	0,09	99 680,00
250,00	7 140,00	600,00	200,00	1 548 000,00	0,09	137 772,00
300,00	8 000,00	620,00	200,00	1 724 000,00	0,09	153 436,00
350,00	9 100,00	630,00	200,00	1 946 000,00	0,09	173 194,00
400,00	11 300,00	710,00	200,00	2 402 000,00	0,09	213 778,00
500,00	15 300,00	750,00	200,00	3 210 000,00	0,09	285 690,00

Annexe 6
Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



**Caractéristiques de
l'asperseur circulaire
PERROT ZF 30**

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

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

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)