



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

THEME DU PROJET :

**DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION DU PLATEAU
BLED EL MADJEN SECTEUR HAIZER (W.BOUIRA) A PARTIR DU
BARRAGE TILES DIT**

PRESENTE PAR :

M^r : BOUSBAINÉ Hichem

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r : MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M ^{me} : SAADOUNE Samra	M.C.B	Examinatrice
M ^{me} : MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Examinatrice
M ^r : KOLAIA Djaffar	Assistant	Examineur
M ^r : AZIB Mekhlouf	M.C.A	Promoteur

Session - 2017-

Dédicace

A MA CHERE MERE, POUR M'AVOIR MIS AU MONDE, SON SACRIFICE ET SA PRESENCE TOUT AU LONG DE A VIE AVEC AUTANT D'AMOUR ET D'AFFECTION ;

A MON CHER PERE, QUI M'A GUIDE VERS LA DROITURE ET LE BON SENS ET M'A SOUTENU TOUT AU LONG DE MA VIE ;

A MES CHERES SŒURS ASSIA, AMEL, BOUCHRA ET BARAA ;

A MON DEFUNT AMI, MASSINISSA ;

A MES GRANDS-MERES ET GRANDS- PERES ;

A MES ONCLES ET TANTES, COUSINS ET COUSINES ;

A TOUTE LA FAMILLE BOUSBAINNE SPECIALEMENT MES AMIS D'ENFANCE ;

A MES CHERS AMIS: TAHAR, YASSINE, MILOUDA, SAID, ADEL, MOH BYLKA, TAKFA, AMMOUCHI, LOTFI, ADNANE , TOUFIK, MOHAND, RAF, NABIL, KARIM ET MAMOU;

A TOUTE PERSONNE PROCHE DU CŒUR QUI SE RECONNAITRA A TRAVERS MES PAROLES.

.....
“Rien n'est meilleur que l'agriculture, rien n'est plus beau, rien n'est plus digne d'un homme libre. Elle suffit amplement aux besoins de notre vie.”

HICHEM

Remerciements

Tout d'abord, je me porte modestement reconnaissant envers DIEU qui m'a guidé vers la voie du savoir. Il a illuminé mon chemin en m'armant avec de la passion, du courage et de la persévérance dans mon parcours d'études ;

Je remercie mes chers parents dont les mots ne peuvent combler les paroles pour exprimer ma gratitude et amour pour tous leurs soutient et présence ;

Je remercie aussi tous les membres de ma famille pour leurs précieuse aide durant mes études, mes chères sœurs;

Je remercie infiniment mon promoteur : Mr M. AZIB de m'avoir orienté avec ses conseils judicieux pour mener à merveille le présent travail ;

Je tiens à remercier :

Les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail ;

Tous les professeurs qui ont contribué à ma formation durant mon cycle d'études ;

Mes chers amis avec lesquels j'ai appris ce qu'est l'amitié et la fraternité ;

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'accomplissement de mon travail ;

Pour terminer, je remercie toute personne de l'ENSH et de la résidence universitaire 03, à qui j'ai une affection particulière.

Sommaire

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Introduction.....	1
I.1. Présentation de la wilaya de Bouira.....	1
I.2. Présentation du secteur agricole	3
I.3. Relief.....	3
I.4. Le climat	3
I.5. Localisation et présentation du périmètre d'étude.....	4
I. 5. 1 Choix du périmètre d'étude.....	5
I.6. Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude	6
I. 6. 1 Pluviométrie	6
I. 6. 2 Les températures	7
I. 6. 3 Humidité relative.....	7
I. 6. 4 Le vent	8
I. 6. 5 Insolation	8
I. 6. 6 Grêle et gelée	9
I.7. Classification du climat	9
I. 7. 1 Indice de Martonne	9
I. 7. 2 Classification du climat selon le diagramme d'Emberger	10
I. 7. 3 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen	11
Conclusion	12

Chapitre II : Ressources en sol

Introduction.....	13
II.1. Classification des sols de la zone d'étude	13
II.2. Description de Profil	14
II.3. Caractéristiques géomorphologie	15
II.4. Analyse physico-chimique des sols	15
II.5. L'aptitude culturale des sols	17
Conclusion	18

Chapitre III : Analyse des ressources en eau

Introduction	19
III. 1 La source d'eau	19
III. 2 Caractéristiques principales du barrage Tilesdit	20
III. 3 La qualité d'eau	20
III. 3. 1 Composition chimique de l'eau d'irrigation	20
III. 3. 2 La conductivité électrique	21
III. 3. 3 Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R	21
III. 4 Etude hydrologique	23
III. 4. 1 Homogénéisation	23
III. 4. 2 Etude fréquentielle des pluies annuelles	25
III. 5 Détermination de l'année de calcul	29
Conclusion	30

Chapitre IV : Choix des techniques d'irrigation

Introduction.....	31
IV. 1 Les différentes techniques d'arrosages	31
IV. 2 L'irrigation de surface	32
IV.2.1 Irrigation par ruissellement ou par planche.....	32
IV.2.2 Irrigation par submersion	33
IV.2.3 Irrigation a la raie	34
IV. 3 L'irrigation par aspersion	35

IV. 3. 1 Caractéristiques de l'irrigation par aspersion	36
IV. 3. 2 Les appareils d'aspersion	37
IV. 4 L'irrigation localisée	39
IV. 4. 1 Caractéristiques de l'irrigation localisée	40
IV. 4. 2 Composition du système d'irrigation localisée	40
IV. 5 Choix de la technique d'irrigation	41
Conclusion	44

Chapitre V : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction.....	45
V.1 Calcul des besoins en eau du périmètre	45
V.2 L'évapotranspiration	45
V.2.1 L'évapotranspiration de référence	45
V.2.2 L'évapotranspiration maximale.....	45
V.3 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ET0 ou ETP).....	46
V.3.1 Les méthodes directes	46
V.3.2 Les méthodes indirectes	46
V.4 Calcul de la pluie efficace	49
V.5 Occupation des sols et choix des cultures	49
V.6 Assolement et rotation des cultures	51
V.7 Calcul du besoin en eau d'irrigation des cultures	53
V.8 Calcul de débit spécifique	58
V.9 Calcul de débit caractéristique	59
V.10 Estimation des besoins en eau totaux du périmètre	59
Conclusion	60

Chapitre VI : Etude du système d'adduction

Introduction.....	61
VI.1. Types d'adduction.....	61
VI.1.1 Adduction gravitaire.....	61
VI.1.2 Adduction par refoulement.....	61
VI.1.3 Adduction mixte.....	61
VI.2 La station de pompage	63
VI.2 Equipement de la station de pompage SP6	63
VI.3 Réservoir de stockage	64
VI.3.1 Classification des réservoirs.....	64
VI.3.2 Choix de l'emplacement des réservoirs	64
VI.3.3 Capacité du réservoir	64
VI.4 Réseau de distribution.....	66
VI.4.1 Tracé du réseau de distribution.....	66
VI.4. 2 Découpage des îlots d'irrigation	66
VI.4. 3Taille des îlots d'irrigation	67
Conclusion	67

Chapitre VII : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Introduction.....	68
VII.1 Calcul du débit fictif continu	68
VII.1.1. Calcul du débit caractéristique	68
VII.1.2. Calcul du débit aux bornes	68
VII.1.3. Implantation des bornes	69
VII.1.4. Fonction de la borne d'irrigation	69
VII.1.5. Choix du diamètre de la borne	69
VII.2 Calcul hydraulique des canalisations	71
VII.2.1. Choix du matériau des conduites	71
VII.2.2. Caractéristiques des canalisations.....	71

VII.2.3. Vitesses admissibles	72
VII.2.4. Calcul des diamètres	73
VII.2.5. Calcul des pertes de charge	73
VII.3 Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion	79
VII.3.1. Données générales	79
VII.3.2. Dimensionnement théorique	79
VII.3.3. Calcul des caractéristiques des équipements de l'asperseur	82
VII.3.4. Dimensionnement hydraulique des rampes	83
VII.4 Dimensionnement d'un système d'irrigation localisée	87
VII.4.1. Données générales	87
VII.4.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	87
VII.4.3. Calcul hydraulique	90
VII.4.4. Dimensionnement des canalisations du réseau	92
Conclusion	95

Chapitre VIII : Estimation du coût de projet

Introduction	96
VIII.1 Calcul du volume des travaux	96
VIII.1.1 Implantation des tracés des tranchées sur le terrain	96
VIII.1.2 Calcul du volume de déblai	98
VIII.1.3 Calcul du volume du lit de sable	99
VIII.1.4 Calcul du volume de remblai	100
VIII.1.5 Calcul du volume excédentaire	100
VIII.2 Devis quantitatif et estimatif du réseau d'irrigation de Haizer	101
Conclusion:	102

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : les Superficie Agricole de Bouira.....	2
Tableau I.2 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles. Période (1980-2014)	6
Tableau I.3 : l'humidité relative de l'air (%) période (1980-2010).	8
Tableau I.4 : Données des vitesses du vent de la zone d'étude (1990-2013)	8
Tableau I.5 : Insolation moyenne mensuelle	9
Tableau I.6 : Nombre moyen de jours de gelée	9
Tableau I.7 : Classification de climat selon Mr Martonne.....	10
Tableau I.8 : les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies.....	12

Chapitre II : Ressources en sol

Tableau II.1 : Caractéristique analytique	15
Tableau II.2 : Différentes classes de perméabilité	16
Tableau II.3 : Densité apparente, réelle et porosité	16
Tableau II.4 : Propriétés hydrodynamiques des sols	17

Chapitre III : Analyse des ressources en eau

Tableau III.1 : Les caractéristiques du barrage TILES DIT	20
Tableau III.2 : Composition chimique moyenne de l'eau	20
Tableau III.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	21
Tableau III.4 : Classification des eaux en fonction du SAR.....	21
Tableau III.5 : Caractéristiques de la station pluviométrique	23
Tableau III.6 : Test de Wilcoxon	24
Tableau III.7 : Résultats du test de Wilcoxon.....	24
Tableau III.8 : Résultat de l'ajustement à la loi Normal.....	26
Tableau III.9 : Résultat du test khi carré	29
Tableau III.10 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	30

Chapitre IV : Choix des techniques d'irrigation

Tableau IV.1 : Analyse multicritères du choix de la technique d'arrosage.....	44
---	----

Chapitre V : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau V. 1 : Calcul de l'ET0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT	48
Tableau V. 2 : Précipitations efficaces dans la zone d'étude.....	49
Tableau V. 3 : les superficies des différentes occupations de la zone d'étude	51
Tableau V. 4 : Calendrier cultural selon l'assolement choisi	52
Tableau V. 5 : Besoin en eau du blé	53
Tableau V. 6 : besoin en eau de la pomme de terre	54
Tableau V. 7 : besoin en eau du piment / poivron	54
Tableau V. 8 : besoin en eau de Luzerne	55
Tableau V. 9 : besoin en eau d'olivier	55
Tableau V. 10 : besoin en eau d'haricot	56
Tableau V. 11 : besoin en eau de carotte	56
Tableau V. 12 : besoin en eau d'oignon	57
Tableau V. 13 : besoins totaux en eau d'irrigation du l'assolement 1	57
Tableau V. 14 : besoins totaux en eau d'irrigation du l'assolement 2	58
Tableau V. 15 : volumes des besoins en eau d'irrigation	59

Chapitre VI : Etude du système d'adduction

Tableau VI.1 : Caractéristiques de la pompe ME 300-450.....	63
Tableau VI.1 : Evaluation du volume résiduel du réservoir	65

Chapitre VII : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Tableau VII.1 : Caractéristiques des bornes	69
Tableau VII.2 : Le choix du type de la borne	70
Tableau VII.3 : Débits et diamètres des bornes	70
Tableau VII.4 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres	72
Tableau VII.5 : Les paramètres de perte de charge	73
Tableau VII.6 : les diamètres des conduites de distribution	74
Tableau VII.7 : Les résultats de calculs	76
Tableau VII.8 : les débits, les vitesses et les pertes de charge.....	77
Tableau VII.9 : Résultat du calcul pratique d'aspersion.....	86
Tableau VII.10 : Diamètre de la rampe	93
Tableau VII.11 : Diamètre de la porte rampe	93
Tableau VII.12 : Diamètre des conduites tertiaires	94
Tableau VII.13: Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable	94

Chapitre VIII : Estimation du cout de projet

Tableau VIII.1 : calcul du volume de déblai pour le réseau	99
Tableau VIII.2 : calcul du volume de sable pour le réseau	99
Tableau VIII.3 : calcul du volume de remblai	100
Tableau VIII.4 : Devis estimatif et estimatif	101

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Carte administrative de la willaya de Bouira	2
Figure I.2 : Situation de la commune de Haizer	4
Figure I.3 : Carte de situation de la zone d'étude	5
Figure I.4 : Evolution des pluies mensuelles	6
Figure I.5 : Variation des temperatures mensuelles	7
Figure I.6 : Variation de la vitesse moyenne du vent.....	8
Figure I.7 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	10
Figure I.8 : diagramme de Gaussen.	11

Chapitre III : Analyse des ressources en eau

Figure III.1 : Barrage TILES DIT	19
Figure III.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation	22
Figure III.3 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Normale	27

Chapitre IV : Choix des techniques d'irrigation

Figure IV.1 : Système d'irrigation.....	31
Figure IV.2 : L'irrigation par ruissellement.....	32
Figure IV.3 : L'irrigation par submersion.....	33
Figure IV.4 : L'irrigation a la raie.....	34
Figure IV.5 : Structure du réseau d'aspersion.....	36

Chapitre VI : Etude du système d'adduction

Figure VI.1 : Système d'adduction	62
---	----

Chapitre VII : Calcul des besoins en eau des cultures

Figure VII.1 : Résultat de la simulation hydraulique a l'aide du logiciel Epanet	80
Figure VII.2 : Schéma explicatif des distributeurs	91
Figure VII.3 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs.....	96

Chapitre VIII : Estimation du coup de projet

Figure VIII.1 : Profil type de la tranchée.....	97
---	----

Liste des planches

Planche 01 : Plan de réseau de distribution du périmètre de Haizer.

Planche 02 : Plan d'occupation de sol et de situation du périmètre de Haizer.

Planche 03 : Plan de réseau par aspersion.

Planche 04 : Vue en plan et profil en long de la conduite principale.

ملخص:

في إطار التنمية الاجتماعية والاقتصادية للمناطق الزراعية من خلال زيادة وتسوية إنتاجية المحاصيل الزراعية الملائمة، فإن إنشاء شبكة الري بمحيط حيزر الواقع بإقليم ولاية البويرة فرصة موصى بها، نظرا لتوفر الموارد المائية وخصائص التربة المواتية.

يتطلب أداء نظام الري دراسة الظروف الطبيعية واحتياجات المحاصيل من المياه. سيكون اختيار تقنية الري المناسبة على محيط الدراسة كما يلي :

✓ الري بالرش لمحاصيل الحبوب والخضروات على مساحة 194 هكتار؛

✓ الري الموضعي للتشجير على مساحة 16 هكتارا.

Résumé:

Dans le cadre du développement socio-économique des zones agricoles l'irrigation est l'instrument indispensable pour l'accroissement et la régularisation de la production des cultures adaptées. Dans ce travail nous avons opéré le dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre Haizer (W.Bouira) pour une meilleure exploitation des ressources en eau et en sol.

Suite à l'étude des conditions naturelles et l'évaluation des besoins en eau des cultures, Le choix des techniques était porté sur:

✓ L'irrigation par aspersion pour les cultures céréales et maraichères sur une superficie de 194 ha;

✓ L'irrigation localisée pour l'arboriculture pratiquée sur une superficie de 16 ha.

Abstract:

In the context of the socio-economic development of agricultural areas, namely the increase and regularization of the production of adapted crops, the dimensioning of the irrigation network of the Haizer perimeter (W.Bouira) is a recommended opportunity with regard to the availability of favorable water and soil resources.

The performance of the irrigation system requires the study of the natural conditions as well as the water needs of the crops. The choice of the appropriate irrigation technique on the perimeter studied will be as follows:

✓ Sprinkler irrigation for cereal and vegetable crops on an area of 194 ha;

✓ Localized irrigation for arboriculture on an area of 16 ha.

Introduction générale

L'eau est un élément essentiel et un facteur stratégique au développement du secteur agricole; avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production des cultures.

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

L'Algérie est confrontée à une agriculture extensive et une irrigation traditionnelle, qui s'est répercutée sur l'économie nationale à savoir l'importation de denrées alimentaires.

La wilaya de Bouira est considérée comme étant une des wilayas à vocation agricoles les plus importantes du pays où l'agriculture demeure le secteur le plus actif de la région. La région de Haizer présente des terres et des potentialités agricoles importantes, mais l'absence de systèmes d'irrigation efficaces a rendu tout développement hydro-agricole caduc. C'est la raison pour laquelle une bonne gestion de la ressource hydrique devient plus qu'une nécessité.

Dans le cadre de l'aménagement hydro-agricole, la région de Haizer (W.Bouira) fera l'objet de notre étude qui consiste à dimensionner un réseau d'irrigation pour un périmètre d'une superficie de 210 ha.

La réalisation d'un tel projet d'irrigation se basera sur les informations collectées et analysées des ressources en eau et en sol pour la détermination des besoins en eau, les caractéristiques des parcelles et le type de cultures à irriguer.

La mobilisation de l'eau au niveau du barrage de Tilesdit (W.Bouira), peut permettre actuellement la mise en place d'un système d'adduction et de distribution d'eau adéquat à travers l'ensemble du périmètre et une irrigation moderne pouvant subvenir aux besoins en eau de tout le périmètre et augmenter le rendement agricole.

Nous avons prévus la mise en place des deux techniques d'arrosage moderne (aspersion et goutte à goutte) pour le réseau à projeter et l'étude des différentes étapes indispensables à son dimensionnement.

Introduction

Lors d'une étude d'un projet d'irrigation d'un périmètre, on a besoin de faire une analyse des conditions naturelles aux quelles le périmètre est confronté. Dans ce chapitre, on va essayer de définir le maximum ces conditions pour mieux comprendre le lieu naturel.

L'étude détaillée des principaux facteurs climatiques, va nous permettre de déterminer le type de climat caractérisant la zone, ceci pour un meilleur aménagement du périmètre d'étude.

I.1.Présentation de la wilaya de Bouira

Issue du découpage de 1974, la wilaya de Bouira est située au sud-est d'Alger avec une superficie de 4454 km². Elle est délimitée

- au nord par les wilayas de Boumerdes et Tizi-Ouzou,
- au sud M'sila et Média,
- à l'est Bejaia et Bordj bouarreridj
- et à l'Ouest Blida et Médéa.

La wilaya abrite les barrages de Tilesdit (167 millions de mètres cubes) et de Koudiet Acerdoune (640 millions de mètres cubes). Sa vocation principalement agricole lui ouvre de larges perspectives dans les activités de transformation agroalimentaire.



Figure I.1 : Carte administrative de la wilaya de Bouira

I.2. Présentation du secteur agricole

L'agriculture constitue la vocation prédominante dans l'activité économique de la wilaya de Bouira, qui revêt par ailleurs un caractère spécifiquement rural.

Tableau I.1 : les Superficies Agricole de Bouira

Superficie Agricole	Superficie Agricole Totale (SAT)	Superficie Agricole Utile (SAU)	Dont irriguée	Parcours
Superficie ha	293.645	189.960	15472	15472

Source : DSA Bouira

- ✓ La zone de montagne au nord, à prédominance arboricole, avec 91030 ha (31% de la S.A.T.)
- ✓ La zone agro-pastorale au sud, à prédominance élevage ovin, avec 85 157 ha (29% de la S.A.T.)
- ✓ La zone de plaine au centre, à prédominance grandes cultures, maraîchage et l'élevage laitier avec 17458 ha (40 % de la S.A.T).

I.3. Relief

Le relief est caractérisé par une configuration à caractère hétérogène ^[1] :

- La zone des piémonts rattachée à la chaîne Blidéenne
- La chaîne du Djurdjura et des Bibans.
- Les zones de plaines constituées globalement des plateaux de Hamza, Bled el madjen, El Hachimia, des plaines des Arribs, des vallées du Sahel et Issers.
- Les zones agropastorales recouvrant toute la frange Sud de la wilaya.

I.4. Le climat

Le climat de la wilaya de Bouira possède tous les caractères essentiels de microclimat régional correspondant à sa position géographique. Les caractères méditerranéens, continentaux de ce climat sont accentués.

Un été sec et chaud dont la durée est relativement longue et un hiver humide et froid.

I.5. Localisation et présentation du périmètre d'étude

Notre périmètre est rattaché administrativement à la commune de Haizer :

La commune de Haizer est limitée :

- au nord, par la montagne de Djurdjura.
- au sud, par la commune d'El Asnam.
- à l'est, par la commune de Bechloul et El Asnam.
- à l'ouest par la commune Taghezout et Bouira.



Figure I.2: Situation de la commune de Haizer (W.Bouira)

I.5.1 Choix du périmètre d'étude

Le plateau de BLED EL MADJEN est situé sur le piedmont Sud du Djurdjura. Il est limité :

- A l'Ouest par la voie ferrée reliant Alger à Constantine
- A l'Est par l'oued Emmerouge.
- Au Sud par les Monts de Bouira et de Haizer
- Au Nord par les Monts de Djebel Haizer .

Cette zone occupe une superficie de 2164 ha dont le territoire de (02) communes : Haizer et Taghezout.

Notre périmètre d'étude est situé dans l'Ouest de la commune de HAIZER qui présente une superficie 210 ha irriguée à partir du barrage Tilesdit .

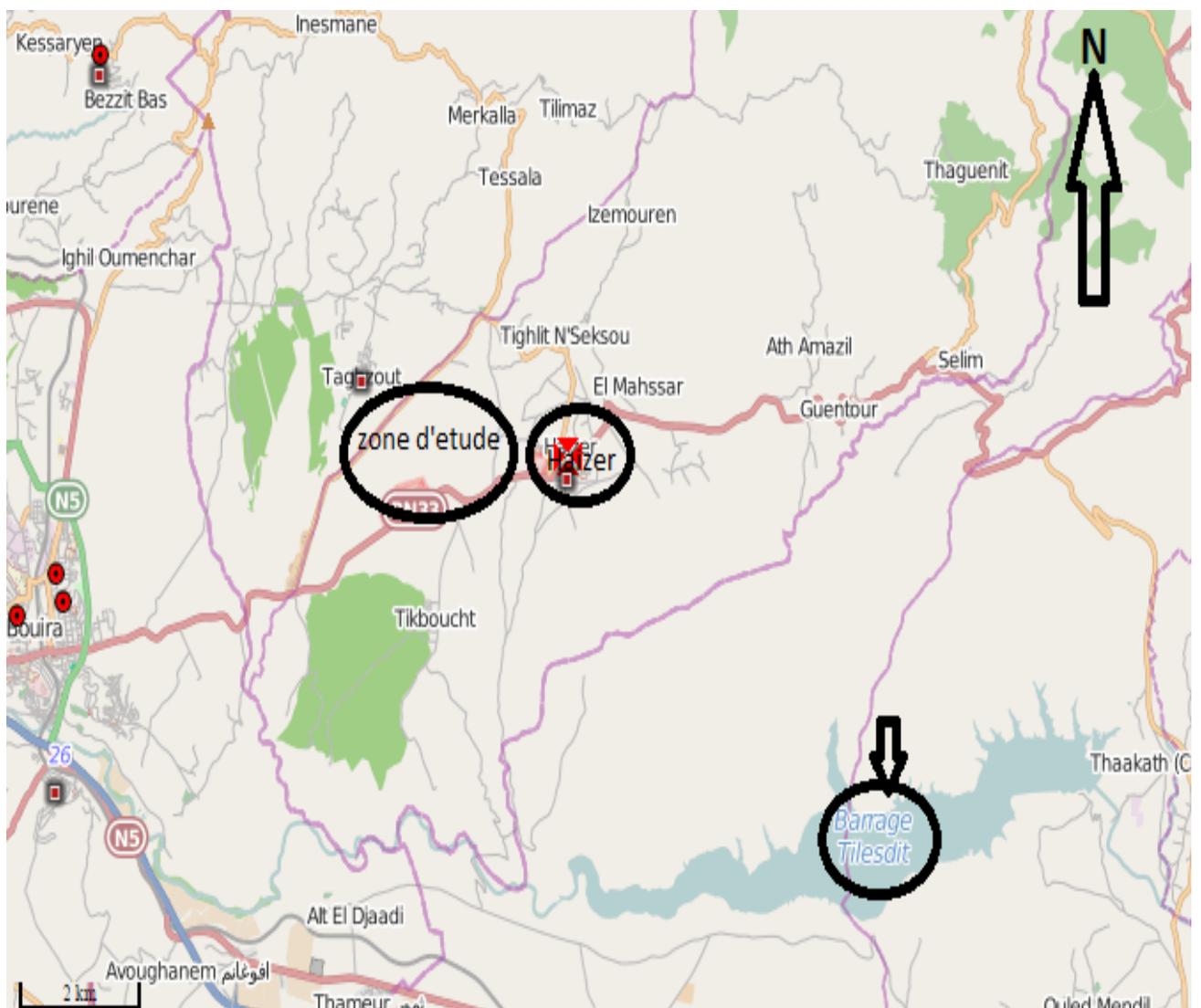


Figure I.3: Carte de situation de la zone d'étude

I.6. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

L'étude climatologique est d'une importance capitale. En effet, le climat est un facteur déterminant pour le choix des cultures ainsi que pour l'estimation des doses d'irrigation nécessaires. Les différents éléments caractérisant le climat, sont principalement : les précipitations, la température, le vent, l'humidité relative de l'air, l'insolation.

I.6.1 Pluviométrie

Les précipitations représentent un facteur climatique très important. L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en irrigation afin d'évaluer les quantités d'eau tombée sur l'ensemble de la zone d'étude et de déduire le régime pluviométrique. Ceci nous permet de connaître les régimes d'irrigation et les besoins en eau des cultures.

Les données climatiques sont fournies par la station météorologique de Bouira ayant comme coordonnées 36°22' Nord pour l'altitude, 03°53'Est pour la longitude. (Annexe 01)

Le tableau suivant donne la répartition moyenne mensuelle des pluies de la station de Bouira qui compte 35 ans d'observations. La pluie moyenne annuelle est de 330.56 mm.

Tableau I.2 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles. Période (1980-2014)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	juin	juil	aout	année
pluie (mm)	24,56	28,52	35,26	45,41	45,79	36,57	31,79	32,58	29,94	8,62	5,11	6,39	330,56

Source : ANRH Blida

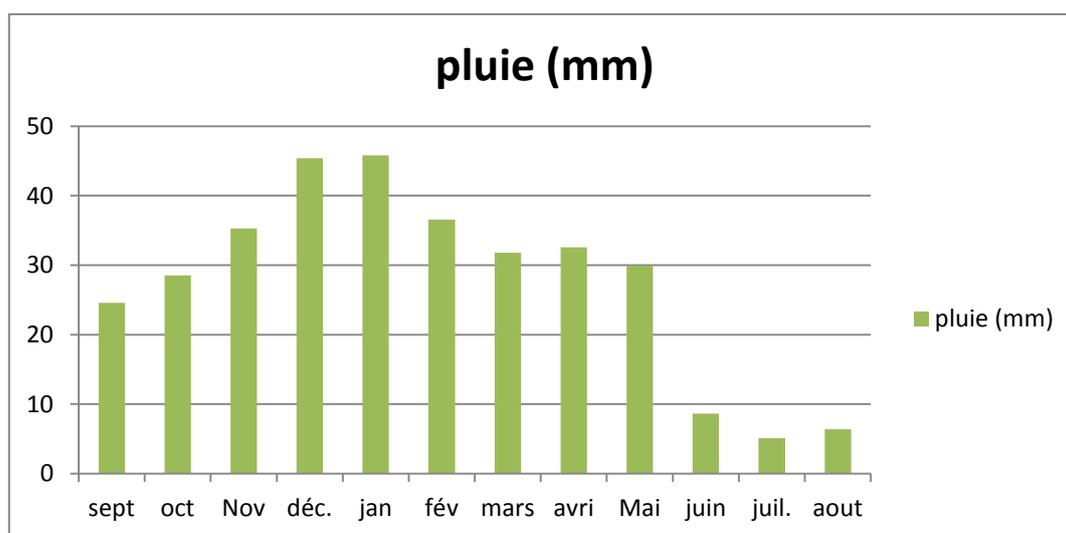
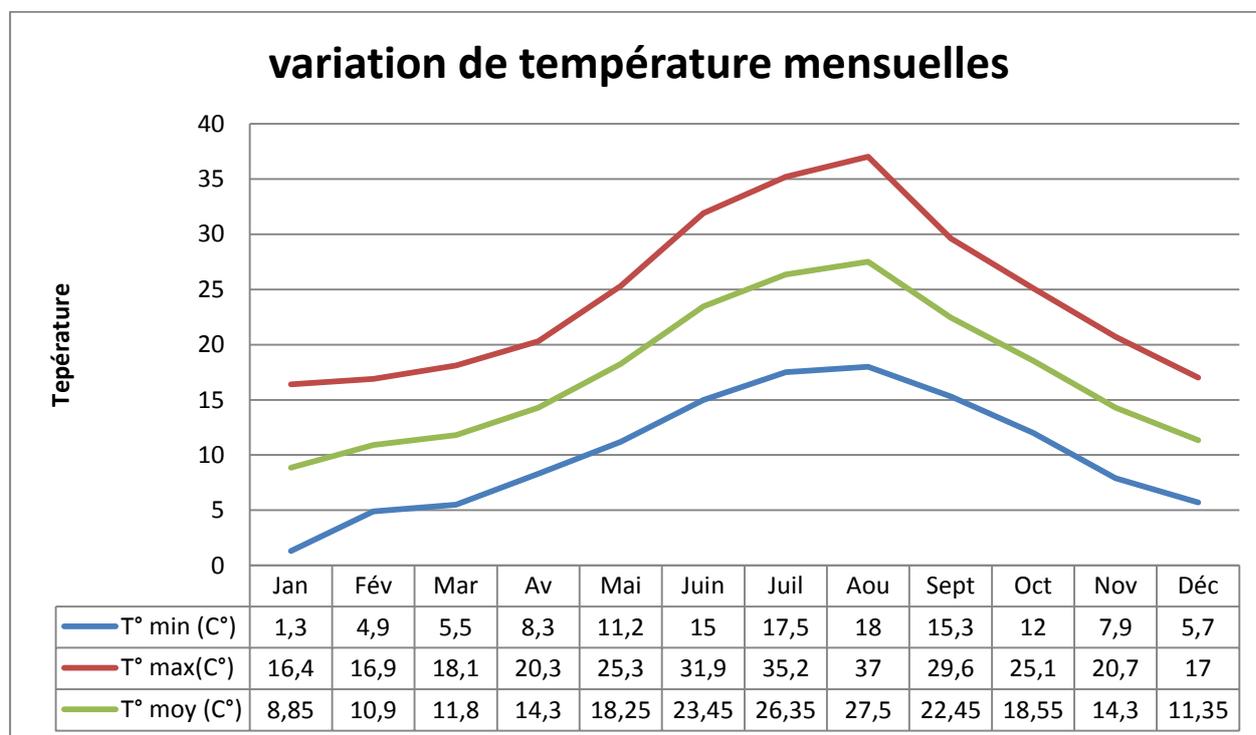


Figure I.4 : Evolution des pluies mensuelles

I.6.2 Les températures

Les températures enregistrées dans la station de de Bouira sont portées dans le tableau suivant :

Figure I.5 : Variation des températures moyennes mensuelles (1990-2016)



Source : ONM Alger

L'analyse du tableau des données de températures, montre que:

- La température moyenne mensuelle minimale est au mois de Janvier elle est de 1,3°
- La température moyenne mensuelle maximale est au mois d'Aout elle est de 37°
- La température moyenne annuelle est de 17,3°.

I.6.3 Humidité relative

L'humidité relative c'est le rapport entre la quantité effective de la vapeur d'eau et la quantité maximum possible dans un volume d'air donné.

Les résultats d'observation sont représentés dans le tableau ci-après

Tableau I.3: l'humidité relative de l'air (%) période (1980-2010).

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	annuel
Hr max (%)	97	97	95	94	91	81	76	80	90	91	95	97	90
Hr min (%)	62	56	47	44	41	30	27	27	37	44	52	62	44
Hrmoy (%)	84	82	74	71	68	56	51	54	66	71	73	84	68

Source : ONM Alger

- Les valeurs maximales se présentent en Janvier (84%) et Décembre (84%).

- Les valeurs minimales se présentent en Juillet (51%) et Aout (54%).

I.6.4 Le vent

Les vitesses des vents et leur direction ont une influence directe sur la mise en culture et l'exploitation des terres agricoles. Il joue un rôle très important surtout dans le choix de la technique d'irrigation (cas d'asperseur).

Tableau I.4: Données des vitesses du vent de la zone d'étude (1990-2013)

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	annuel
V moy (m/s)	2,6	2,6	2,5	3,1	2,8	2,8	2,7	2,5	2,3	2	2,4	2,6	2,6

Source : ONM Alger

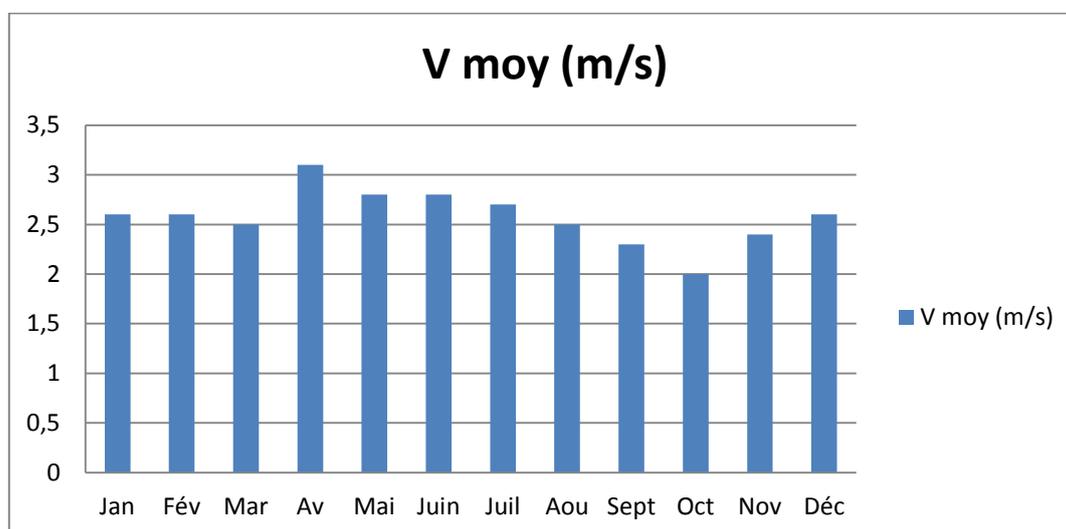


Figure I.5: Variation de la vitesse moyenne du vent.

On remarque une stabilité des vitesses de vent tout le long de l'année, les vitesses varient entre 2 et 2,8 m/s.

I.6.5 Insolation

Les valeurs moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.5 : Insolation moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Moyen (jour)	3,9	6,5	7,1	6,8	5,5	8,8	12,1	9,5	6,9	6,2	1,8	3,2

Source : ONM Alger

I.6.6 Grêle et gelée

Du fait de la continentalité du climat de la région, le risque de gelée existe pendant toute la période allant de Novembre à Avril, le nombre de jour de gelée enregistré est de maximum 7.5 se trouve en février :

Tableau I.6 : Nombre moyen de jours de gelée.

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Moyen (jour)	7.4	7.6	6.4	2.3	0	0	0	0	0	0	0.7	6

Source : ONM Alger

I.7. Classification du climat

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

I.7.1 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 :

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (II)$$

Tableau I.7 : Classification de climat selon Mr 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

Avec : I : Indice De Martonne

P : Précipitation annuelle en (mm) T : Température moyenne annuelle

Pour : P = 330,56mm/an T= 17.3°c

$$I = \frac{330,56}{17,3 + 10} = 12,11$$

$$I_A = 12,11 \quad \text{donc : } 10 < I_A \leq 20$$

Selon l'indice d'aridité calculé, d'après la classification ci-dessus on peut dire que l'irrigation est souvent indispensable.

I.7.2 Classification du climat selon le diagramme d’Emberger

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

$$Q = \frac{P}{\frac{(M + m)(M - m)}{2}} = \frac{2.P}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots(I.2)$$

- Avec : Q : quotient pluviométrique d’Emberger.
- P : précipitation moyenne annuelle (P = 330,56mm).
- M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaude (Kelvin).
- m : moyenne des températures minimales du mois le plus froide (Kelvin).

Dans notre cas, on a

$$Q = \frac{2 * 1000 * 330,56}{(37 + 273)^2 - (1,3 + 273)^2} = 31,77$$

D’où : Q = 31,77

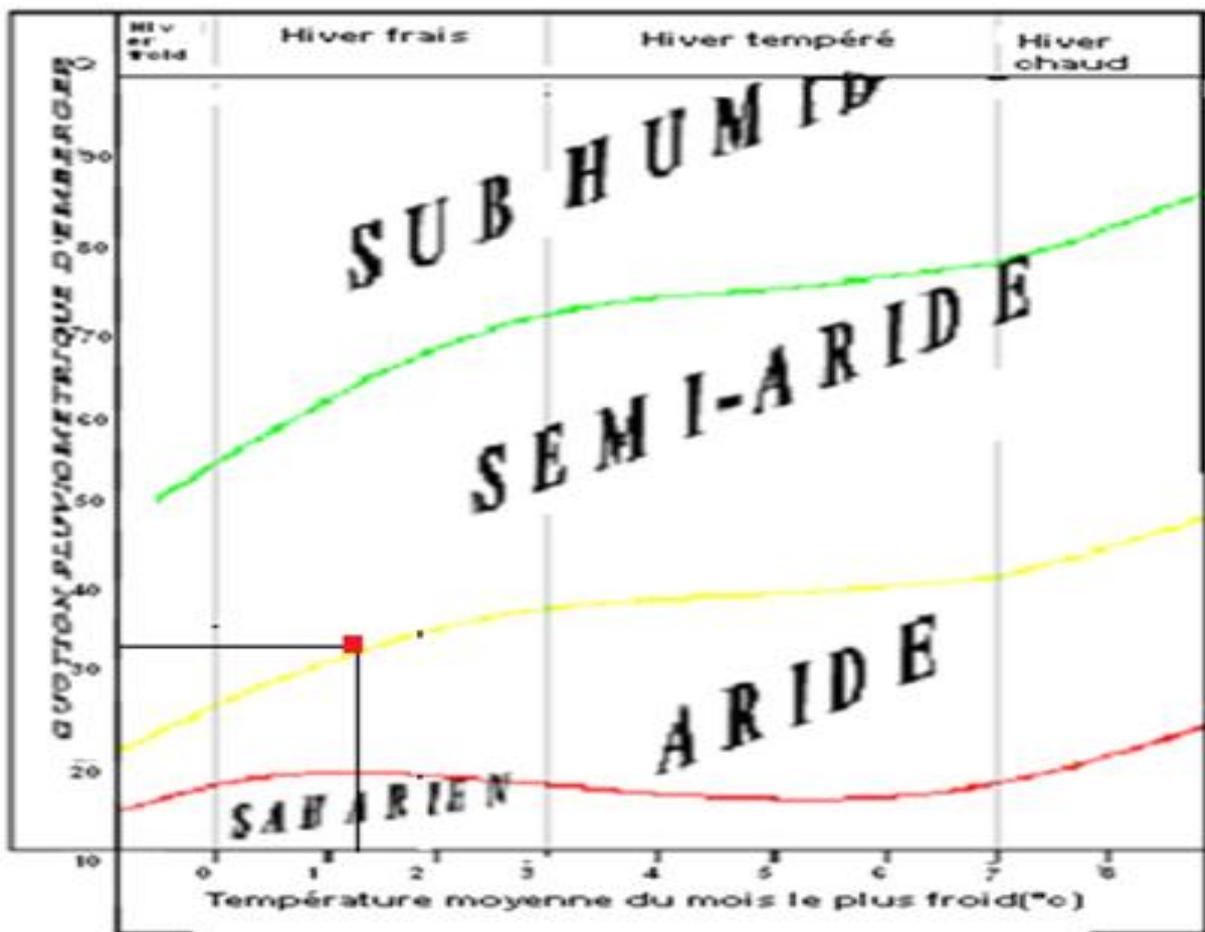


Figure. I.6. : Diagramme bioclimatique d’Emberger.

D’après le diagramme bioclimatique, la valeur de Q situe notre zone comme suit :
 l’étage bioclimatique : semi-aride ,sous l’étage: hiver frais.

I.7.3 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonné les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale au double de celle de la température.

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, c'est-à-dire lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, c'est la période sèche. Dans le cas contraire, il s'agit d'une période humide.

Tableau I.8: les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies

Mois	jan	fév	mars	avri	Mai	juin	juil.	aout	sep	oct	nov	déc
p (mm)	45,79	36,57	31,79	32,58	29,94	8,62	5,11	6,39	24,56	28,52	35,26	45,41
T°moy(C°)	8,85	10,9	11,8	14,3	18,25	23,45	26,35	27,5	22,45	18,55	14,3	11,35

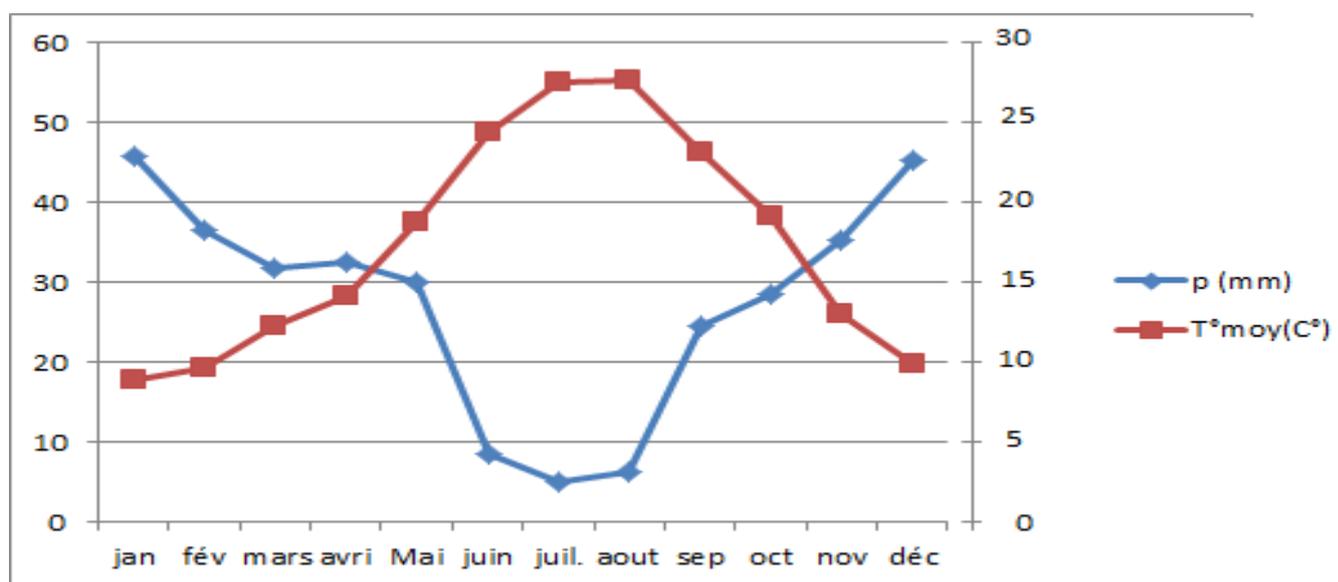


Figure I.7 : diagramme de Gaussen

D'après le climogramme de Gaussen on confirme que le climat de cette zone est semi-aride et pendant cette période l'irrigation est indispensable.

Conclusion :

A travers ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles de la zone d'étude, c'est ainsi que nous avons commencé par une présentation générale de la zone d'étude et ses caractéristiques climatologiques.

La région de Haizer est soumise à un climat semi-aride avec se distingue avec une pluviométrie annuelle de 330,56 mm, l'introduction de irrigation s'avère donc indispensable pour un développement des cultures agricoles.

Introduction:

L'étude des ressources en sol, a pour but de définir les sols destinés aux cultures, ou de localiser les zones aptes à la mise en valeurs sous irrigation, ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques pour assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement.

II.1. Classification des sols de la zone d'étude

Les sols de plateau Bled El Madjen (Haizer) se regroupent en (04) quatre classes pédologiques, à savoir :

- Classe des sols peu évolués.
- Classe des sols calcimagnésiques.
- Classe des sols isohumiques.
- Classe des sols à sesquioxydes de fer ^[1].

1) Les sols peu évolués

Ce sont des sols à profil de type AC, formés d'un horizon peu humifère, reposant sur des alluvions peu différenciés. Les alluvions sont plus ou moins récents et plus ou moins fines. Ils sont en général peu calcaires. La structure des horizons supérieurs est faiblement développée et instable ^[1].

2) Les sols calcimagnésiques

Ce sont des sols à profil de type AC ou A (B) C, formés sur roche mère calcaire, sous un climat méditerranéen, semi-aride, de type semi-continentale, avec un été sec et chaud et un hiver humide et frais.

Les caractères morphologiques de ces sols sont déterminés par l'importance physico-chimique des ions alcalino-terreux (Ca^{++} et Mg^{++}), ces sols sont caractérisés généralement par une structure grumeleuse bien développée dans l'horizon supérieur ^[1].

3) Les sols isohumiques

Ce sont des sols évolués à profil de type A (B) C ou ABC, formés le plus souvent à partir d'une roche-mère calcaire. Ils sont alors plus ou moins décarbonatés au moins dans les horizons supérieurs

Ils se caractérisent par une bonne structure grumeleuse dans l'horizon de surface et polyédrique moyenne ou prostatique dans les horizons inférieurs. La matière organique est régulièrement décroissante jusqu'à la base des profils. Le complexe absorbant est saturé principalement en calcium (Ca^{++}) et en magnésium (Mg^{++}) ^[1].

4) Sols à sesquioxydes de fer

Ce type de sol est défini par un développement de profil ABC ou A (B) C Formés sous un climat de type méditerranéen.

Ils se caractérisent par une couleur ocre, brune, rouge ou rouille due à une individualisation des oxydes de fer et de manganèse. Cette couleur bien distinct résulte d'une richesse en oxydes et hydroxydes de fer ^[1].

II.2. Description de Profil

0-32 cm : Frais, brun, texture limono-argileuse, structure grumeleuse, poreux, assez friable, quelques cailloux, nombreuses concrétion ferrugineuses, aucune effervescence à Hcl.

32-66 cm : Frais, brun, marron, texture argileuse, structure massive, peu poreux, compact, consistant, nombreuses concrétion ferrugineuses, aucune effervescence à Hcl.

66-120cm: Frais, brun foncé, texture argileuse, structure massive, cohérent, pastique, compact, fentes de retrait, concrétion ferrugineuses très abondantes, aucunes effervescence à Hcl.

II.3. Caractéristiques géomorphologie

Le plateau étudié se situe à des altitudes qui varient entre 540 et 600 mètres. Le relief est généralement favorable à l'utilisation agricole des terres et leur irrigation.

Tableau II.1: Caractéristiques analytiques

Profondeur en cm	0-32	32-66	66-120
Argile %	36	53	55
Limon fin %	18	17	18
Limon grossier %	10	05	06
Sable fin %	21	14	14
Sable grossier %	13	09	05
Matière organique %	0,85	0,43	0,31
PH	7,6	7,46	7,74
CE mmhos/cm	0,52	0,43	0,51
CaCO ₃ TOTAL %	22,6	16,8	16,8
CaCO ₃ ACTIF %	14,9	12,8	9,1

II.4. Analyse physico-chimique des sols

L'analyse physico-chimique élaborée par la chambre d'agriculture de Bouira , nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol.

- **Texture des sols :** Les sols étudiés se caractérisent par une texture limoneuse, argilo-limoneuse.
- **La perméabilité :** La perméabilité c'est la quantité maximale d'eau qui peut traverser le sol dans un temps donné ou définie par sa vitesse d'infiltration qu'on l'exprime en général en mm/h est en moyenne de 8 à 20 mm/h. d'après le tableau ci-dessous notre sol est moyennement perméable.

Tableau II.2: Différentes classes de perméabilité ^[2].

Type du sol	Vitesse d'infiltration k			
	cm/s	mm/h	m/s	m/j
Sols imperméables	10^{-5}	0,36	10^{-7}	0.00864
Sols peu perméables	10^{-4}	3,6	10^{-6}	0.0864
Sols moyennement perméables	10^{-3}	36	10^{-5}	0.864
Sols perméables	10^{-2}	360	10^{-4}	8.64
Sols très perméables	$>10^{-2}$	>360	$>10^{-4}$	>8.64

- **La densité apparente** : exprime le rapport entre le poids d'un volume donné du sol séché à l'étuve, et le poids d'un égal volume humide. D'après les analyses des profils.

Tableau II.3 : Densité apparente, réelle et porosité

Horizon (cm)	Densité apparente	Densité réelle	Porosité %
0 -20	1,47	2,54	42,12
20 – 40	1,48	2,56	42,18
40-80	1,60	2,58	37,98

- **PH** : Le pH des sols est neutre il, se situe entre 7,4 à 7,8 c'est une valeur favorable pour la disponibilité en éléments nutritifs pour des plantes.
- **Salinité des sols** : La salinité du sol est une contrainte pour le développement et la croissance des cultures, notre sol n'est pas salin car la conductivité électrique est inférieure à 4 mmhos/cm, ce qui représente un faible risque sur la majeure partie des sols examinés.

Tableau II.4 : Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	28%
Point de flétrissement (%)	15%
La perméabilité	8-20 mm/h
Densité apparente	1.52

II.5. L'aptitude culturale des sols

L'aptitude culturale des sols nous amène au choix des cultures, elle permet de mieux orienter les agricultures dans leurs choix des cultures.

Les critères de la détermination des aptitudes culturales des sols reposent essentiellement sur :

- La profondeur de sol.
- La texture.
- La perméabilité.
- La topographie.
- Le climat.
- La qualité d'eau.

Le climat de la région d'étude est un climat semi-aride. La température moyenne est de 8,5 à 27,5°C .La pluviométrie moyenne est de 330,5.mm /an. L'analyse pédologique a montré que le sol a une conductivité électrique très faible, CE=0.5mmhs/, le PH est légèrement basique, il est de 7,5. Donc ce sol peut convenir pour la plupart des cultures. L'analyse de l'eau d'irrigation nous montre qu'on a une eau de salinité faible, faiblement alcaline. Alors pour la qualité de l'eau on n'a aucun problème.

Alors, les sols ont de bonnes aptitudes aux cultures arboricultures, maraichères, et les cultures céréalières et fourragères.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de classifier le sol de la région de Haizer et de caractériser la pédologie du sol. Les caractéristiques agro-pédologiques, hydrogéologiques, physico-chimiques et texturales) nous permettent de conclure que les sols présentent de bonnes aptitudes aux différentes cultures.

La mise en œuvre d'une irrigation moderne et rationnelle va permettre un développement important des spéculations agricoles pour la région, et cela à l'aide d'une introduction de systèmes d'irrigations adaptés aux cultures du périmètre.

Introduction

L'aménagement agricole d'un périmètre nécessite la mobilisation de ressources en eau car le développement des cultures dépend de l'existence des ressources en eau.

L'analyse de ressource en eau nous permettra de déterminer et de quantifier les caractéristiques hydrologiques de la zone d'étude pour l'irrigation, ainsi que l'estimation des besoins en eau des cultures.

III.1 La source d'eau

Pour l'irrigation de plateau BLED EL MADJEN, l'eau provient du barrage TILES DIT, qui est implanté sur Oued Eddous, à l'exutoire d'un bassin versant de 843 km² avec un apport annuel régularisable de 73 hm³. Le barrage de TILES DIT est situé au milieu de la partie septentrionale de l'Algérie à 18 km à l'est de la ville de Bouira et à 4 km de la route nationale n° 5 reliant Alger et Constantine ^[3].

Le barrage de TILES DIT est implanté dans une région à vocation agricole, il permet de répondre à la double destination: l'alimentation en eau potable et des agglomérations de la Wilaya de Bouira et l'irrigation des périmètres agricoles ^[3].



Figure III.1: Barrage TILES DIT

III.2 Caractéristiques principales du barrage Tilesdit:

Les caractéristiques du barrage sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau III.1: Les caractéristiques du barrage TILES DIT ^[3].

Désignation	Unité	Quantité
Année de construction	/	2000
Année de mise en eau	/	2009
Capacité	Hm ³	167
Apport moyen annuel	Hm ³	83
Hauteur de la digue	m	65
Longueur de la crête	m	425
Volume utile	Hm ³	147
Volume régularise	Hm ³	73
Cote au niveau normal de retenue	m	454,30
Cde plus hautes eaux (NPHE)	m	458,90
Une vidange de fond	m*m	04*240
Une tour de prise	m*m	70*0,9

Source : DRE Bouira

III.3 La qualité d'eau

La vérification de la qualité de l'eau d'irrigation est nécessaire pour assurer le bon développement des cultures ainsi que le bon fonctionnement de réseau d'irrigation. De plus, elle permet de préserver le sol et l'environnement.

III.3.1. Composition chimique de l'eau d'irrigation

Tableau III.2: Composition chimique moyenne de l'eau :

Elément	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO3 (mg/l)	SO4 (mg/l)	CE (mmhos/cm)	Alcalinité (Total mg par CaCO ₃)	PH
Quantité	70	26	17	0.3	167	0,74	130	7,1

Source : ANRH Blida

III.3.2 La conductivité électrique

La conductivité électrique caractérise la salinité totale de l'eau, ce que l'on appelle les risques salins liés à une présence excessive de sels, quelle que soit leur nature. Elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique, selon la classification américaine :

Tableau III.3: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique [2].

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux	Remarque
C1	$CE \leq 0,25$	Eau à faible salinité	Convient pour toutes les cultures
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau à salinité moyenne	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau à forte salinité	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
C4	$CE > 2,25$	Eau à très forte salinité	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

III.3.3 Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

La qualité des eaux pour l'irrigation est déterminée par la méthode de Sodium Adsorption Ratio (S.A.R.). Pour apprécier le risque lié à une teneur relative excessive en sodium (risque alcalin), on compare la concentration en ions Na (facteur de dispersion) et celle en ions Ca et Mg qui eux sont des agents de floculation, au moyen du paramètre suivant:

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \dots\dots\dots(III.1)$$

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺, et Mg⁺⁺ en meq/l.

Tableau III.4: Classification des eaux en fonction du SAR [2].

Classes	S.A.R.	Risque d'alcalinisation
S₁	$SAR \leq 10$	Risque faible
S₂	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S₃	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S₄	$SAR > 26$	Risque très élevé

Pour notre cas :

$$S.A.R = \frac{17}{\sqrt{\frac{70 + 26}{2}}} = 2,45$$

Donc le SAR ≤ 10 alors 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.

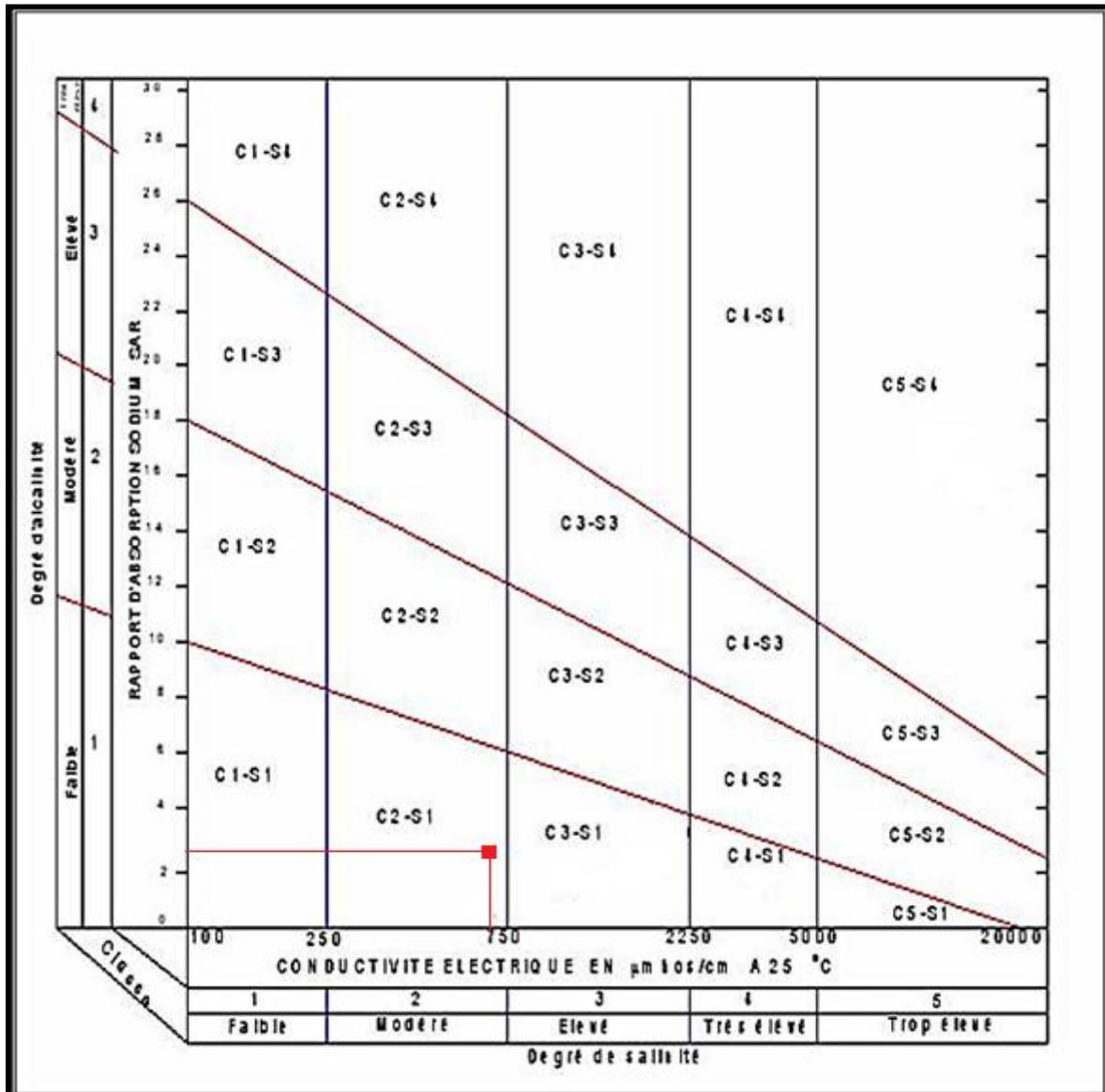


Figure III.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

D'après ce diagramme on remarque que la classification des eaux superficielles est **C2S1**, caractérisé par une salinité moyenne, et une conductivité électrique de 0.74mmhos/cm. En effet ces eaux peuvent être utilisées pour l'irrigation de notre périmètre.

III.4 Etude hydrologique

L’hydrologie est la science qui étudie la phase du cycle d’eau de la nature, donc c’est une étude primordiale en irrigation. Cette étude nous permis de déterminer l’année de calcul à partir de l’analyse fréquentielle de la pluviométrie. De ce fait, l’analyse hydrologique se base sur l’exploitation des données, présentées souvent sous forme de séries statistiques [4].

Tableau III.5 : Caractéristiques de la station pluviométrique.

Nom de la station	Code	Coordonnées en Lambert		Altitude (m)	Période d’observation	Nbr d’années observée
		X (Km)	Y (Km)			
Bouira	150214	620.4	335.5	435	1980-2014	35

Source : ANRH Blida

III.4.1 Homogénéisation

Avant de déterminer les différentes caractéristiques des précipitations une vérification d’homogénéité de la série pluviométrique est nécessaire et pour cela on procède au Test de Wilcoxon, cette méthode repose sur le procédé suivant [4]:

➤ On divise la série complète en deux sous séries (X1 ,.....Xn) et (Y1 ,.....Ym) avec n < m et n , m représentent les tailles des deux échantillons.

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

La condition pour que la série soit homogène est :

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

W_x : représente la somme des rangs des Xi

$$W_{min} = \left(\frac{(n + m + 1)n - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{nm(n + m + 1)}{12} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(III.2)$$

$$W_{max} = [(n + m + 1).n - W_{min}] \dots\dots\dots(III.3)$$

n : Taille de l’échantillon X ;

m : Taille de l’échantillon Y ;

Les résultats des tests de Wilcoxon appliqués à la série pluviométrique sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau III.6 : Test de Wilcoxon

X	Y	XUY par ordre Croissant	Série d'origine	rang	XUY par ordre croissant	Série d'origine	Rang
429,1	384	98,9	Y	1	341,3	X	19
337,6	156,9	156,9	Y	2	352,5	Y	20
320,7	169	169	Y	3	358,6	Y	21
227,3	383,1	213,5	X	4	361,9	X	22
287,9	98,9	214,2	Y	5	372,9	Y	23
361,9	582,7	227,3	X	6	383,1	Y	24
384,9	468,8	237,4	X	7	384	Y	25
320,1	352,5	240,9	Y	8	384,5	Y	26
252	302,4	251,5	X	9	384,9	X	27
315,5	386,8	252	X	10	386,8	Y	28
251,5	358,6	287,9	X	11	407,7	Y	29
341,3	430,9	302,4	Y	12	414,3	X	30
213,5	407,7	309,5	Y	13	429,1	X	31
237,4	384,5	315,5	X	14	430,9	Y	32
414,3	309,5	320,1	X	15	443,3	X	33
443,3	240,9	320,7	X	16	468,8	Y	34
214,2	372,9	324,7	Y	17	582,7	Y	35
	324,7	337,6	X	18			

Tel que :

Tableau III.7 : Résultat du test de Wilcoxon

n	m	W _x	W _{min}	W _{max}
17	18	271	246,11	364,89

La condition du test $W_{min} < W_x < W_{max}$ est vérifiée, donc la série de données est homogène.

III.4.2 Etude fréquentielle des pluies annuelles

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet la Loi de Gauss ou loi Normale.

III.4.2.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi normale

Le procédé de calcul consiste à:

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre décroissant.
- Classer les fréquences des valeurs observées par la formule ^[4] :

$$F(x) = \frac{n - 0,5}{N} \dots\dots\dots(III.4)$$

Avec : n : Numéro d'ordre.

N : Nombre d'années observées.

On doit calculer :

La moyenne arithmétique : $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n} \dots\dots\dots(III.5)$

L'écart type : $\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ Pour $n \geq 30$ $\dots\dots\dots(III.6)$

La variable réduite de Gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} \dots\dots\dots(III.7)$

Le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}} \dots\dots\dots(III.8)$

Pour la mise en œuvre des calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau III.8 : Résultat de l'ajustement a la loi Normale

station de bouira					
Normal (Maximum Likelihood)					
Numéro observations 35					
Paramètres : Mu : 327.148571 ; Sigma : 98.090823					
q= F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T=1/q					
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	692	47.2	765	1520
2000.0	0.9995	650	42.5	691	1280
1000.0	0.9990	630	40.3	658	1180
200.0	0.9950	580	34.8	579	953
100.0	0.9900	555	32.3	543	861
50.0	0.9800	529	29.5	506	770
20.0	0.9500	489	25.6	453	652
10.0	0.9000	453	22.5	410	563
5.0	0.8000	410	19.4	360	474
3.0	0.6667	369	17.4	317	405
2.0	0.5000	327	16.6	274	346
1.4286	0.3000	276	17.7	226	290
1.2500	0.2000	245	19.4	200	262
1.1111	0.1000	201	22.5	167	229
1.0526	0.0500	166	25.6	143	206
1.0204	0.0200	126	29.5	120	182
1.0101	0.0100	98.9	32.3	106	168
1.0050	0.0050	74.4	34.8	95.0	156
1.0010	0.0010	24.0	40.3	75.3	135
1.0005	0.0005	4.36	42.5	68.7	127
1.0001	0.0001	-37.7	47.2	56.3	112

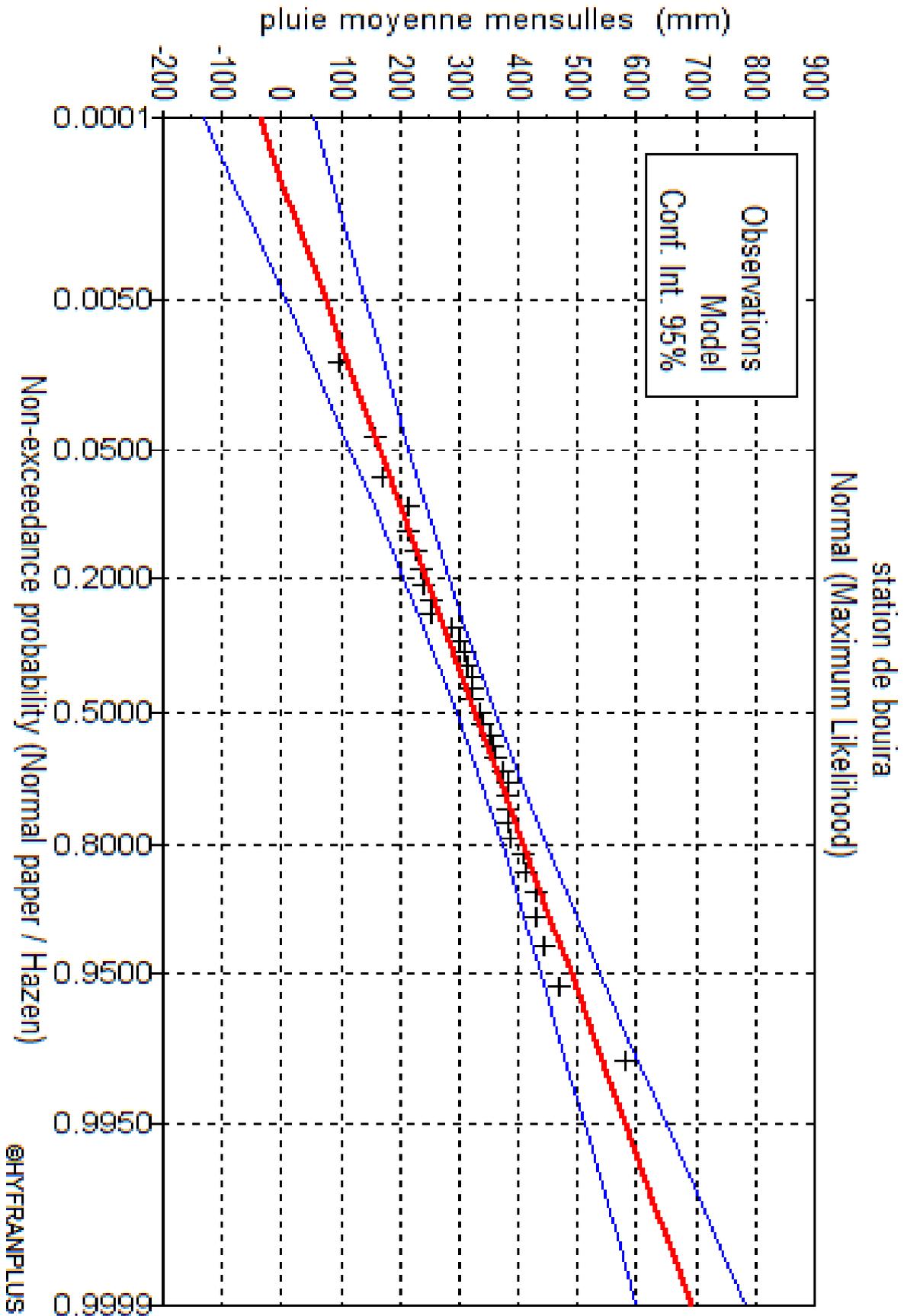


Figure III.3: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Normale

III.4.2.2 Test de validité de l’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 [4]:

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X)dX = N[F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots(III.9)$$

$f(X)$: 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 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \dots\dots\dots(III.10)$$

$$\lambda = K - 1 - P \dots\dots\dots(III.11)$$

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 :

On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson IV (Annexe 02)

Avec : $\chi^2_{théorique} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.01$ si et seulement si :

$$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$$

D’après le logiciel HYFRAN, on obtient les résultats suivants:

Tableau III.9 : Résultat du test khi carré

Lois	Khi carré χ^2 calculée	Degré de liberté γ	Nombres de classes k	Khi carré χ^2 théorique	Observation
Normale	$X^2 = 5.46$	5	8	11.07	adéquate

Donc : $\chi^2_{calculée} < \chi^2_{théorique}$.

L’adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l’ajustement est correct .

III.5 Détermination de l'année de calcul

La détermination de l'année de calcula pour but de connaitre la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante ; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%) [4].

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

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \frac{P_{\text{theorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{theorique (50\%) annuelle}}} \dots\dots\dots(\text{III.12})$$

Tel que : $P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} = 245 \text{ mm}$

$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 327 \text{ mm}$

Donc : $P_{\text{moy } 80\%} = 0,749 P_{\text{moy mensuelle}}$

P_{moy} de chaque mois et $P_{\text{moy } 80\%}$ sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III.10 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	juin	juil	aout	année
P_{moy} (mm)	24,56	28,52	35,26	45,41	45,79	36,57	31,79	32,58	29,94	8,62	5,11	6,39	330,56
P_{80% moy} (mm)	18,40	21,36	26,41	34,01	34,30	27,39	23,81	24,40	22,43	6,46	3,83	4,79	247,59

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons étudié la problématique des ressources en eau au terme de source et qualité d'eau de la zone du projet.

Quant à l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement meilleur avec la loi normale. A partir de cette loi, nous avons déterminé les pluies mensuelles de l'année de calcul nécessaire au dimensionnement de notre périmètre.

Introduction

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour récompenser le manque d'eau induit par un déficit pluviométrique et garantir un rendement optimum des cultures. Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. L'étude comparative entre divers modes d'irrigation permet de mieux choisir le système d'irrigation qui s'adapte à la région d'étude.

Dans ce chapitre, nous présenterons d'abord les différents systèmes d'irrigation, en suite nous définirons les différents éléments qui nous permettront de choisir le système adapté au périmètre de Haizer.

IV.1. Les différentes techniques d'arrosages

Les techniques d'arrosages peuvent être regroupées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface.
- L'irrigation par aspersion.
- L'irrigation localisée (micro irrigation) ^[5].

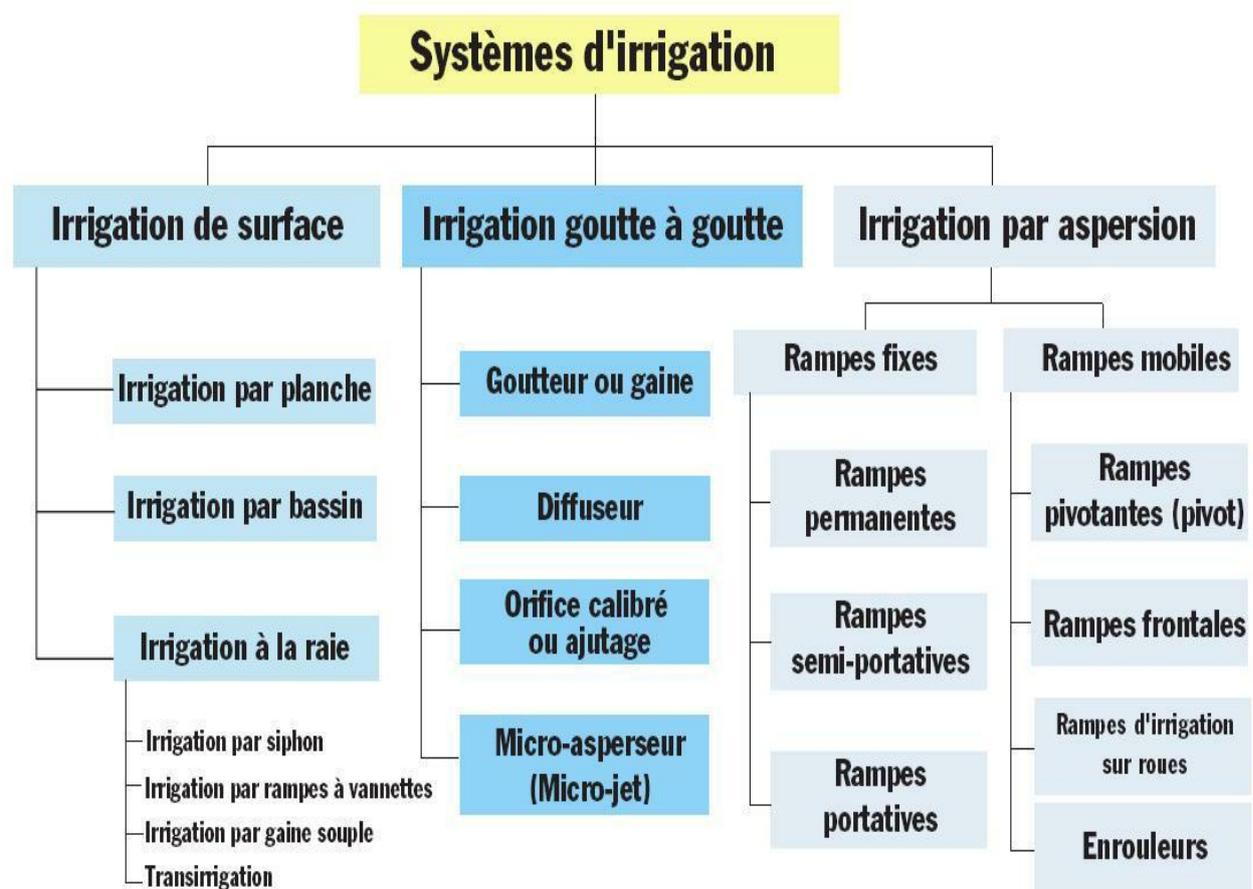


Figure IV.1 : Système d'irrigation

IV.2. L'irrigation de surface

L'irrigation de surface qui est régie par un écoulement gravitaire, est constituée d'un ensemble de canaux qui distribuent et répartissent l'eau d'irrigation d'amont en aval, dans les différents points. De ce fait le tracé est conditionné par les contraintes topographiques, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité) vu que les dessertes en eau se font gravitairement, on distingue ^[5]:

IV.2.1 Irrigation par ruissellement ou par planche

Dans cette technique, on fait diviser la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente. En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m, et leur largeur de 50 à 800 m. Ce type d'irrigation convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5%. Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.

L'irrigation par planches s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales et les vergers.

La préparation des planches est minutieuse et coûteuse, elle exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants. Les pertes par percolation profonde et en colature sont importantes, l'efficacité d'irrigation ne dépasse pas 50%.



Figure IV.2 : L'irrigation par ruissellement

1) Les avantages :

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés
- possibilité de lessivage sans risques d'érosion
- Matériel d'irrigation assez simple

2) Les inconvénients

- Temps d'irrigation important
- Nécessité de nivellement et son entretien
- Pertes importantes d'eau

IV.2.2 L'irrigation par submersion

Dans cette technique, l'eau submerge le terrain et s'y infiltre. Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm de hauteur et une revanche minimum de 10cm. La technique de submersion s'applique de préférence en terrains presque plats (moins de 0,1% de pente). Ce système d'irrigation est employé généralement dans les rizicultures. L'efficacité de la technique d'irrigation en submersion se situe entre 45 et 60% .



Figure IV.3 : L'irrigation par submersion

1) Les avantages :

- Destruction des adventices
- Protégé contre le gel

2) les inconvénients

- Tassement du sol.
- Diminution de la porosité d'où diminution de la perméabilité.
- Nécessite d'assainissement (drainage).
- Manque d'aération.

IV.2. 3 l'arrosage à la raie

Cette technique consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière. Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes $<02\%$. Pour des pentes $>02\%$. Les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente.



Figure IV.4 : L'irrigation a la raie

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4% de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre etc.). Cette technique exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages. L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 % et 50%.

IV.3 L'irrigation par aspersion

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures sous forme de gouttes de pluie (pluie artificielle), grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression. Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer. Pour ce qui est de type de sol, l'irrigation par aspersion s'adapte à tous les types de sols ayant une bonne capacité d'infiltration ($I > 4$ mm/h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm/h pour sols perméables). L'irrigation par aspersion présente une bonne efficacité située entre 65% à 85% essentiellement en fonction de la technique d'aspersion utilisée ^[5].

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses : Fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc.

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.)

1) Les avantages

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- Permet une économie d'eau importante.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

2) Les inconvénients

- Coût très élevé (prix d'achat du matériel très important).
- Une évaporation intense si les gouttes d'eau sont fines.
- Tassement du sol.
- Favorise le développement des mauvaises herbes.
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante.

IV.3.1 Caractéristiques d'irrigation par aspersion

Les asperseurs sont peu susceptibles au colmatage, néanmoins un minimum de précautions doit être pris avec la buse de petit diamètre. Un des inconvénients de l'aspersion est la nécessité au départ pour chaque irrigant d'un investissement relativement important du premier établissement (frais d'installation), et exige une main d'œuvre d'exploitation.

Le réseau d'irrigation par aspersion est un réseau de distribution d'eau caractérisé par une structure de canalisations sous pression, enterrée alimentant un ensemble de bornes d'irrigation sur lesquelles se greffent les installations mobiles d'irrigation par aspersion. La fonction d'un réseau d'irrigation est principalement agro-économique.

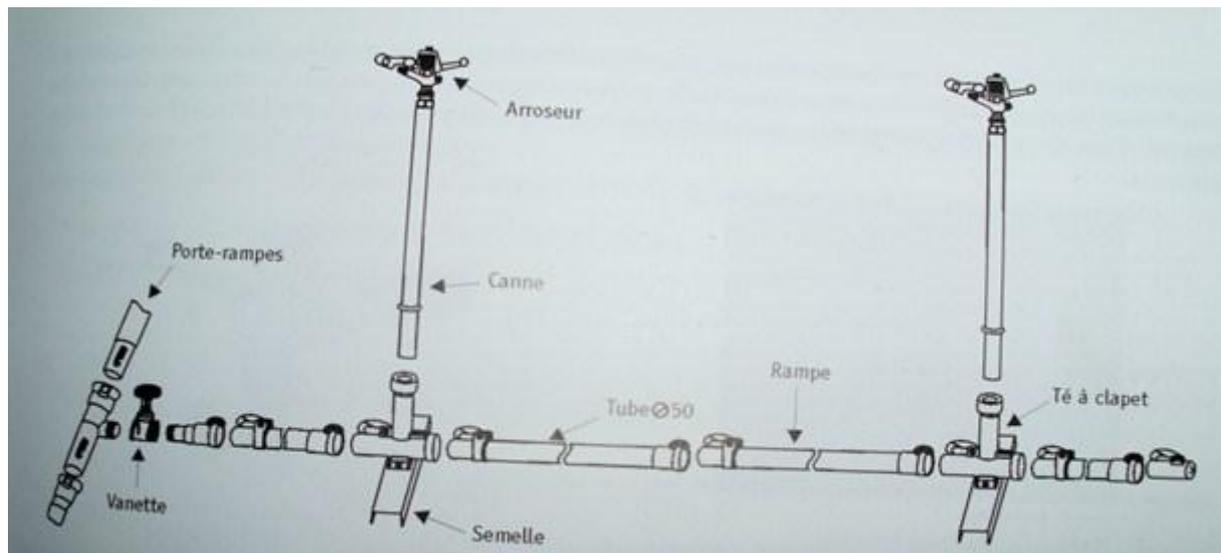


Figure IV.5 : Structure du réseau d'aspersion

A) borne d'irrigation :

Les réseaux mobiles sont branchés sur des bornes d'irrigation piquées sur les conduites de distribution, une borne peut être piquée d'une prise.

B) la canalisation :

1) canalisation principale :

Elle est généralement enterrée pour des diamètres de plus de 100mm et peut être constituée de métaux différents : fonte, acier, ou les matières plastiques (PVC, PE), de nos jours les conduites en fonte et en PVC sont les plus utilisées.

2) les porte-rampes :

Ils sont en général superficiels et mobiles, et sont installés souvent pour la durée de la campagne d'irrigation, ils sont en matières différentes (acier galvanisé, en alliage léger, en PE et PVC), ils sont équipés de rampes, les diamètres les plus utilisés: Aluminium, et alliage, 2", 3", 3"1/2, 4", 5", 6" avec des dimensions pour l'acier galvanisé de 50mm, 70mm, 85mm.

3) Les rampes :

Ce sont des tuyaux légers qui portent les asperseurs, ils sont superficiels généralement en PVC, PE, ou en aluminium. L'assemblage des conduites est réalisé par des emboîtements auto étanches, emboîtement à vis et des raccords ou joint brisés.

C) Les accessoires :**1) Coude et té :**

Ils permettent de donner la forme géométrique voulue à l'installation des rampe ou le diamètre, 76/98, 76/102, 102/76, 76/50.

2) Vanne et robinet vannes (hydrant) :

Permettent la mise en eau et la coupure du réseau, ou asperseur.

3) les tuyaux allongés :

Ils servent à élever les asperseurs dans le cas de l'arrosage des cultures hautes (maïs).

4) les stabilisateurs et trépieds :

Ils permettent d'éviter la rotation des canalisations et de tenir droit les arroseurs.

5) les bouchons et les éléments d'assemblage :

Ils servent à obstruer l'extrémité des canalisations, les éléments d'assemblages, assurent le raccordement des conduites usinées.

6) Raccords rapides :

Ils permettant le montage ou le démontage presque instantané de l'installation et doivent en plus assurer une bonne étanchéité et un accrochage sur les éléments les uns aux autres.

D) La pompe :

On utilise en général les pompes centrifuges. Le choix de la pompe dépend du débit à assurer et la hauteur manométrique de fonctionnement.

IV.3.2 Les appareils d'aspersion

Leur rôle est de répartir l'eau d'irrigation sur le sol sous forme de pluies, le plus uniformément possible.

La transformation du jet en goutte peut s'obtenir de différentes façons :

- Jet libre où la dispersion s'obtient simplement par effet aérodynamique
- Jet éclaté en permanence : le jet se heurte à un obstacle fixé qui le fait éclater.
- Jet éclaté par intermittence : un obstacle mobile provoque l'éclatement périodique du jet.

a) Les arroseurs à bras oscillants 1 ou 2 jet :

Cet appareil, souvent appelé simplement asperseur ou sprinkler, est le plus utilisé, il constitue un appareil réduit et fixé sur les canalisations mobiles ou monté sur un support lui-même relié par un tuyau souple à la canalisation, et peuvent fonctionner en basse et moyenne pression.

L'eau arrive à travers une buse dont le diamètre varie de 4 à 7 mm (pour une seule buse), et peut être à double buses pour augmenter l'uniformité d'arrosage. La pluviométrie horaire d'aspersion varie de 3 à 15 mm/h parfois jusqu'à 20 mm/h, la portée de l'asperseur varie de 10 à 20 m et la pression de 2 à 4 bars.

Les arroseurs à deux buses assurent une meilleure répartition de l'eau mais à égalité de débit et de pression leur portée est plus faible que celle du même arroseur équipé d'une seule buse.

Dispositifs d'arrosage : Pour avoir une bonne répartition de l'eau acquise par le recoupement du jet, on peut jouer sur la géométrie des installations, qui est de trois types ^[5] :

- ❖ **Dispositif en carré (asperseur au sommet des carrés) :** Les asperseurs sont disposés, simultanément ou par poste successifs aux sommets d'un quadrillage régulier dont la longueur du côté dépend du pourcentage de recoupement choisi. Les espacements les plus couramment rencontrés sont : 6x6, 12x12, 18x18, 24x24.
- ❖ **Dispositif en triangle :** Le dispositif théorique est celui du triangle équilatéral.
- ❖ **Dispositif en rectangle :** Il s'agit d'un dispositif où l'espacement des appareils sur la rampe est inférieur à celui entre rampe.

b) Les canons :

Il s'agit d'un appareil à jet unique fonctionnant à des pressions suffisamment élevées (7 à 20 bar) ce qui accroît la dépense d'énergie. Le diamètre de l'ajutage varie de 9 à 16 mm, et de 25 à 30 mm et de portée de 20 à 25m, et de 60 à 80, les débits varient de 3 à 20 l/s.

c) Les pivots fixés ou déplaçables :

C'est un appareil d'irrigation automatique arrosant un cercle ou une portion de cercle, de façon à se déplacer et arroser de grand champs à partir d'une pompe ou d'un puits central, Il est relativement coûteux, mais les frais de main d'œuvre durant la saison sont faible, il convient aux grands champs et relativement plats.

d) L'enrouleur :

C'est le matériel d'irrigation par aspersion le plus utilisé en France. Il se compose essentiellement :

- D'un asperseur, canon d'arrosage le plus souvent monté sur un support à roue, parfois un traîneau.
- D'un flexible d'alimentation de l'asperseur en PE de diamètre et longueur variable.
- D'une bobine d'enroulement du flexible, fixé ou montée sur treuille.
- D'un moteur hydraulique (piston, turbine) assurant la rotation de la bobine d'enroulement.

IV.4 L'irrigation localisée

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par:

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante
- Des débits faibles généralement inférieurs à 12l/h
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goutteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs)^[6].

1) Les avantages :

- Economie d'eau : l'eau est apportée directement et exclusivement au niveau des racines donc l'humidité au voisinage des racines restent élevée.
- Réduction des adventices (mauvaises herbes).
- Contrôle de la fertilisation : dosage régulier en engrais.
- Installation fixe sur le terrain, donc très faible besoin de main d'œuvre.
- Meilleure utilisation des sols difficiles : les sols très lourds sont difficiles à irriguer par aspersion, de plus l'exploitation plus facile : ne gêne en rien les autres opérations culturales.
- Protection sanitaire plus efficace sur les feuillages : les produits phytosanitaires ne sont pas lessivés par l'irrigation.

2) Les inconvénients

- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Exige un haut degré de compétence à tous les niveaux : étude préliminaire agro pédologique, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigation.
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
- Contrôle difficile des goutteurs pour éviter leur obstruction.

IV.4.1 Caractéristiques de l'irrigation localisée

Le principe d'irrigation localisée, n'est en fait qu'une amélioration des techniques traditionnelles. Il consiste à apporter l'eau sous faible pression jusqu'aux racines de chacune des plantes et à la distribuer au compte-goutte, en surface ou en souterrain, à l'aide de petits tuyaux, posés sur le sol ou enterrés. Bien menée, cette technique permet de diminuer la consommation d'eau : elle n'humidifie que la portion de sol située au voisinage immédiat des racines, et elle limite les pertes par évaporation, ruissellement ou infiltration profonde.

Cependant, elle ne peut être utilisée que pour des cultures en ligne, telles les cultures maraîchères et fruitières, et elle nécessite l'usage d'une eau filtrée afin de ne pas obstruer les petits tubes par lesquels l'eau est distribuée ^[6].

IV.4.2 Composition du système d'irrigation localisée

a) Point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre.

b) L'unité de tête:

Cette unité reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des portes rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles.

Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale, envoyée dans le réservoir, s'y enrichit en engrais puis est réinjectée dans la conduite principale.

Quand l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés des saeurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex.

c) La conduite principale:

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers porte-rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène en haute densité peut également être utilisé.

d) Le porte-rampes:

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).

e) Les rampes:

Ces sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

f) Les distributeurs:

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (2-4l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est plus important (12 l/h).

- Goutteurs: les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures arboricoles. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.
- Gaines: destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.
- Tubes poreux: la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.
- Mini diffuseurs: ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

VI.5 Choix de la technique d'irrigation

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur la détermination de certains facteurs ou contraintes à savoir :

a) Les contraintes naturelles

Les conditions naturelles telles que le type de sol, la pente du terrain, le climat, la qualité de l'eau et sa disponibilité, jouent un rôle très important dans le choix adéquat d'une technique d'irrigation

b) L'évaporation

Notre zone d'étude est caractérisée par une évaporation élevée durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau importante

c) le vent

Dans le cas du périmètre de Haizer, les vents sont plus ou moins irréguliers, ils ont des vitesses fréquentes, varient de 2,2 - 3 m/s.

d) Type de sol

La rétention en eau diffère suivant le type de sol, le taux d'infiltration et la capacité de rétention sont spécifiques à chaque sol, la connaissance des conditions d'humidité est importante. Les sols sableux sont caractérisés par une faible capacité de rétention et un taux d'infiltration élevé. C'est pourquoi, en sols sableux, la dose d'arrosage est faible mais les arrosages sont moins espacés, surtout quand ces sols ne sont pas profonds. Dans ces conditions, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface. Avec du limon ou de l'argile les trois méthodes sont utilisables, mais l'irrigation de surface est la plus courante. Les sols argileux à faible taux d'infiltration offrent des conditions idéales à l'irrigation de surface. Quand le sol est hétérogène à l'intérieur d'un périmètre d'irrigation, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte assure une meilleure uniformité de distribution que l'irrigation de surface.

e) La pente

Presque la totalité du périmètre à des pentes qui varient entre [3% – 6%] et le reste à des pentes supérieures à 6%, donc la première ne présente aucune contrainte particulière.

f) La ressource en eau

L'agriculteur doit s'assurer de sa disponibilité au moment voulu pour irriguer, car la connaissance de la quantité d'eau disponible en période de pointe permet de déterminer la superficie à irriguer ; Et en qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour savoir le niveau de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation.

Facteurs conditionnant le choix de la méthode d'irrigation:

- La disponibilité de l'eau dans le temps, en débit et en pression,
- La qualité d'eau,

g) La disponibilité de l'eau

L'efficacité d'un réseau d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est généralement supérieure à celle d'un réseau d'irrigation de surface; par conséquent ces deux méthodes sont préférables à l'irrigation de surface au cas où les ressources en eau sont limitées. Par ailleurs, il est bon de rappeler que l'efficacité d'irrigation dépend aussi bien des compétences de l'agriculteur que de la méthode utilisée.

h) La qualité de l'eau

Avec une eau chargée de sédiments, il est plus convenable d'utiliser la technique d'irrigation de surface que les autres techniques par aspersion ou au goutte à goutte. En effet, les sédiments peuvent provoquer l'obstruction des asperseurs ou des goutteurs. Dans le cas d'une eau saline, l'irrigation goutte à goutte est particulièrement appropriée. En effet, comme l'eau est fournie aux pieds des plantations, la salinité du sol ne sera pas sérieusement affectée par l'irrigation à l'eau saline. Dans le cas d'une irrigation par aspersion par une eau saline ou par une eau usée épurée on risque la création de plusieurs problèmes à savoir :

La production d'aérosols ceux-ci dispersés par les vents, peuvent propager les germes pathogènes vers les voies de circulation et les habitations, contamination des feuillages

i) Les contraintes techniques

- Qualification de main d'œuvre
- Entretien du matériel.

Pour le choix de la technique d'irrigation pour notre périmètre une analyse multicritère doit être qui est fonction de plusieurs paramètres :

Tableau IV.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage^[2].

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 (bonne)	+++	++	+++
➤ Cultures			
▪ Maraîchage	+++	+++	+++
▪ céréales	x	+++	x
▪ arbres	+++	x	+++
➤ économie d'eau	x	++	+++

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

++ : Adapté ; +++ : Très Adapté

Conclusion

La technique d'irrigation devient plus facile à distinguer et à mettre en place une fois que toutes les contraintes précédentes sont définies et connues, en tenant compte des conditions climatiques de la région d'étude et de la nature du sol, de l'aptitude culturale et du volume d'eau disponible, on peut choisir la technique d'irrigation par le goutte à goutte et l'aspersion, ces techniques présentent beaucoup d'avantages par rapport à d'autres techniques d'irrigations, et répondent bien aux besoins de notre étude.

Donc pour les cultures céréales et maraichères on opte pour l'irrigation par aspersion, pour les arboricultures on opte pour l'irrigation par le goutte à goutte.

Introduction

La valorisation des ressources en eau permet de mieux ajuster les besoins en eau dans le temps, cela nécessite l'estimation des besoins en eau d'une façon réaliste et précise pour assurer un optimum de consommation en eau pour une production de qualité et une bonne rentabilité. L'objectif de l'estimation des besoins en eau dans la cadre de notre étude est de prévoir la quantité d'eau globale nécessaire pour toute la période de végétation.

V.1 Calcul des besoins en eau du périmètre

La pièce de base pour la quantification des besoins en eau du périmètre est le calendrier des cultures, établi par des agronomes. Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme la dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal. Pour cela on définit :

V.2 L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène combiné entre l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). On le considérant comme la totalité de la consommation d'eau d'une plante en place, à savoir, l'eau de constitution, l'eau de végétation et les consommations annexes (évapotranspiration directe du sol, herbes...). L'évapotranspiration d'une culture s'exprime en millimètres d'eau, c'est-à-dire en litres d'eau par mètre carré de surface du sol, Nous distinguons :

V.2.1 L'évapotranspiration de référence :(ET0 ou ETP)

L'évapotranspiration de référence c'est l'ensemble des pertes en eau d'une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain, ayant une hauteur uniforme de quelques centimètres, à son stade de développement végétatif maximal et suffisamment pourvue en eau.

V.2.2 L'évapotranspiration maximale (ETM) :

Elle représente la quantité d'eau maximale susceptible d'être perdu lorsque la plante est mise en bonnes conditions d'alimentation hydrique et pour un sol proche de la capacité au champ.

$$ETM = K_c \cdot ET_0 \dots\dots\dots(V.1)$$

K_c : Il représente le coefficient cultural, il dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent (Voir Annexe 03 et 04).

V.3 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ET₀ ou ETP)

On distingue généralement deux (02) méthodes :

- Les méthodes directes.
- les méthodes indirectes.

V.3.1 Les méthodes directes

a) l'évapotranspiration ou cuve lysimétrique:

Un appareil qui sert à mesurer l'évapotranspiration dans un sol nu ou généralement sur un lieu planté (couvert végétal).

b) .Le bac évaporant (bac Colorado):

Un appareil simple qui permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé.

V.3.2 Les méthodes indirectes

Ces méthodes de calcul de l'ETP se font suivantes des formules ne comportant que des données climatiques.

a) La formule de BLANEY et CRIDDLE:

A la suite de plusieurs expérimentations, BLANEY et CRIDDLE, il est révélé que la température et la durée de jour sont les facteurs déterminants pour le calcul de l'ETP (évapotranspiration potentielle), proposés selon la formule suivante :

$$ETP = (0.46t + 8.13) P \dots\dots\dots(V.2)$$

Tel que :

- ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.
- t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois).
- P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne de jour pour l'année.

b) La formule de TURC:

$$\text{ETP} = 0.40 (\text{I}_g + 50) \times T / (T + 15) \text{ en mm/mois.} \dots\dots\dots (\text{V.3})$$

Dans le quelle :

- ETP : évapotranspiration mensuelle (mm/mois).
- I_g : radiation globale en $(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{jour})$.
- T : température moyenne mensuelle ($^{\circ}\text{C}$).

$$\text{Avec : } \text{I}_g = \text{Iga} (0.18 + 0.62) h/H \dots\dots\dots (\text{V.4})$$

Tel que :

- Iga : radiation maximale théorique.
- H : durée astronomique de jour en (heur/mois).
- h : durée de l'insolation de la station considérée en (heur/mois).

c) La formule de PANMEN:

Il est supposé que la formule de **PANMEN**, donne les estimations les plus significatives de l'ETP, dans les différents climats mais reste, que l'inconvénient majeur se situe à l'exigence d'un nombre important de données climatiques à introduire dont certaines sont souvent indisponibles au niveau de la même station. donc, la formule est la suivante :

$$\text{ETP} = p'(t)(R_n/L)\sigma E_a / P(t)+q) \dots\dots\dots (\text{V.5})$$

Tel que :

- $p'(t)$: valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.
- R_n : rayonnement net (climatique).
- E_a : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et de déficit de saturation de
- L : chaleur latente de vaporisation $(2.5.10^6\text{j}/\text{kg})$.
- σ : Constante psychométrique $(0.65 \text{ hla}/^{\circ}\text{C})$.

Dans le tableau suivant représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT 8.0** selon la formule Penman & Monteith.

Tableau V.1: Calcul de l' ET_0 obtenu à l'aide du logiciel CROPWAT

Mois	Tmax (°c)	Tmin (°c)	Humidité (%)	Vent m/s)(Insola. Heures)(Radiation MJ/m ² .Jour)(ET ₀ . PenMon (mm/jour)	ET ₀ . PenMon (mm/mois)
Janvier	1.3	16.4	84	2.6	3.9	7.8	1.63	50,53
Février	4.9	16.9	82	2.6	6.5	12.4	1.96	54,88
Mars	5.5	18.1	74	2.5	7.1	16.0	2.77	85,87
Avril	8.3	20.3	71	3.1	6.8	18.3	3.64	109,20
Mai	11.2	25.3	68	2.8	5.5	17.9	4.41	136,71
Juin	15.0	31.5	56	2.8	8.8	23.1	6.39	191,70
Juillet	17.5	35.2	51	2.7	12.1	27.6	7.59	235,29
Aout	18.0	37.0	54	2.5	9.5	22.6	6.82	211,42
Septembre	15.3	29.6	66	2.3	6.9	16.7	4.31	129,30
Octobre	12.0	25.1	71	2.4	6.2	13.0	3.06	94,86
Novembre	7.9	20.7	73	2.6	1.8	6.3	2.11	63,30
Décembre	5.7	17.0	84	2.6	3.2	6.6	1.39	43,09
Moyenne	10.2	24.4	70	2.6	6.5	15.7	3.84	

V.4 Calcul de la pluie efficace

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

Ces pertes sont estimées à 20 % de la pluie tombée .Pour l'appréciation de la pluie efficace

$$(P_{\text{eff}}) = P \cdot 80 \% \dots\dots\dots (V.6)$$

Tableau V.2 : Précipitations efficaces dans la zone d'étude.

Mois	Précipitation (mm)	Pluie efficace (mm)
Sep	18,40	14,72
Oct	21,36	17,09
Nov	26,41	21,13
Déc	34,01	27,21
Jan	34,30	27,44
Fev	27,39	21,91
Mars	23,81	19,05
Avr	24,40	19,52
Mai	22,43	17,94
Juin	6,46	5,17
Juil	3,83	3,06
Aout	4,79	3,83
Année	247,59	198,07

V.5 Occupation des sols et choix des cultures

Pour 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, en tenant compte des différentes contraintes, d'ordre climatique, social, et agro-pédologique

Le choix des cultures à mettre en place doit coïncider avec les critères suivant :

- 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.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre de BLED EL MADJEN, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.

Pour notre périmètre le choix des cultures s'est basé comme suit :

a) La céréaliculture :

La superficie cultivée en céréales occupe 50 Ha de la surface totale cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture de blé /orge.

b) Cultures maraîchères :

Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 45% sont occupées par le maraichage, soit une superficie totale de 94 Ha.

c) Cultures fourragères :

Les cultures fourragères s'étendent sur une superficie de 50 Ha. Les fourrages verts plus nutritifs et plus énergétiques, tel que la luzerne, qui est la principale plantes fourragères utilisée pour l'alimentation du bétail, car elle est une véritable source de protéines, vitamines et sels minéraux.

d) Arboriculture :

Parmi les arboricultures adaptées à la région de Haizer (W.Bouira), l'olivier est le plus dominant .L'occupation du sol par l'arboriculture (olivier) est de 16 Ha.

IV.6 Assolement et rotation des cultures

Pour mieux valoriser et préserver les ressources du sol, nous avons pris en considération un assolement de cultures maraichères/céréalières.

La répartition des cultures maraichères dans le périmètre est détaillée comme suit :

Tableau V.3: les superficies des différentes occupations de la zone d'étude

Les cultures (assolement 1)	Superficies occupées (ha)	Les cultures (assolement 2)	Superficies occupées (ha)
blé	50	Orge	50
Pomme de terre	45	haricot	45
Luzerne	50	blé	50
Haricot	28	Carotte	28
Piment / poivron	21	Oignon / ail	21
Olivier	16	Olivier	16
Total	210	Total	210

Les assolements préconisés, permettent une meilleure occupation du sol du périmètre, et une meilleure rotation des cultures.

Le calendrier cultural est détaillé comme suit :

Tableau V.4: Calendrier cultural selon l'assolement choisi ^[7].

Culture		Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	
Céréales	Blé/orge			←										
	Pomme de terre													
Cultures maraichères	Poivron/piment						←							
	Haricot									←				
		←												
Fourrages	Luzerne		←											
Arboriculture	Olivier	←												

V.7. Calcul du besoin en eau d’irrigation des cultures

Les besoins en eau mensuels sont déterminés par le bilan hydrique suivant [8]:

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU) \dots\dots\dots (V.7)$$

Avec :

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

E.T.M : évapotranspiration (mm / jour)

Peff : est la pluie efficace

RFU : Réserve facilement utilisable qui représente l’humidité du sol du mois i-1, calculée comme suit :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) Y . D_a . Z \dots\dots\dots (V.8)$$

Avec :

Hcc : humidité à la capacité au champ (28 %);

Hpf : humidité au point de flétrissement (15%);

Y : degré de tarissement ;

Da : densité apparente (1,52) ;

Z : profondeur d'enracinement (mm) qui dépend de la culture et du stade végétatif (Annexe 05);

Les résultats de calcul de chaque culture sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Tableau V.5 : Besoin en eau du blé

mois	kc blé	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	RFU (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0	129,30	0,00	14,72	0,00	0,00
Oct	0	94,86	0,00	17,09	0,00	0,00
Nov	0,6	63,30	37,98	21,13	39,60	0,00
Déc	0,8	43,09	34,47	27,21	46,20	0,00
Jan	0,95	50,53	48,00	27,44	52,80	0,00
Fév	1,1	54,88	60,37	21,91	59,40	0,00
Mar	1,1	85,87	94,46	19,05	66,00	9,41
Avri	1,1	109,20	120,12	19,52	72,60	28,00
Mai	1	136,71	136,71	17,94	79,20	39,57
Juin	0,7	191,70	134,19	5,17	79,20	49,82
Juil	0	235,29	0,00	3,06	0,00	0,00
Ao	0	211,42	0,00	3,83	0,00	0,00

Tableau V.6 : besoin en eau de la pomme de terre

mois	kcPT	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	RFU (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0	129,30	0,00	14,72	0,00	0,00
Oct	0	94,86	0,00	17,09	0,00	0,00
Nov	0	63,30	0,00	21,13	0,00	0,00
Déc	0	43,09	0,00	27,21	0,00	0,00
Jan	0	50,53	0,00	27,44	0,00	0,00
Fév	0	54,88	0,00	21,91	0,00	0,00
Mar	0,75	85,87	64,40	19,05	19,80	25,55
Avri	0,9	109,20	98,28	19,52	33,00	45,76
Mai	1,1	136,71	150,38	17,94	46,20	86,24
Juin	0,8	191,70	153,36	5,17	52,80	95,39
Juil	0	235,29	0,00	3,06	0,00	0,00
Ao	0	211,42	0,00	3,83	0,00	0,00

Tableau V.7 : besoin en eau du piment / poivron.

mois	Kc piment	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	RFU (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0	129,30	0,00	14,72	0,00	0,00
Oct	0	94,86	0,00	17,09	0,00	0,00
Nov	0	63,30	0,00	21,13	0,00	0,00
Déc	0	43,09	0,00	27,21	0,00	0,00
Jan	0	50,53	0,00	27,44	0,00	0,00
Fév	0	54,88	0,00	21,91	0,00	0,00
Mar	0	85,87	0,00	19,05	0,00	0,00
Avri	0	109,20	0,00	19,52	0,00	0,00
Mai	0,6	136,71	82,03	17,94	59,40	4,69
Juin	0,85	191,70	162,95	5,17	72,60	85,18
Juil	0,9	235,29	211,76	3,06	92,40	116,30
Ao	0,7	211,42	147,99	3,83	99,00	45,16

Tableau V.8 : besoin en eau du Luzerne.

mois	Kc Luzerne	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0	129,3	0	14,72	0
Oct	0,65	94,86	61,659	17,09	24,769
Nov	0,7	63,3	44,31	21,13	3,38
Déc	0,8	43,09	34,472	27,21	0
Jan	0,9	50,53	45,477	27,44	0
Fév	0,95	54,88	52,136	21,91	10,426
Mar	1,05	85,87	90,1635	19,05	51,3135
Avri	1,1	109,2	120,12	19,52	80,8
Mai	1,15	136,71	157,2165	17,94	119,4765
Juin	1	191,7	191,7	5,17	166,73
Juil	0	235,29	0	3,06	0
Ao	0	211,42	0	3,83	0

Tableau V.9 : besoin en eau d'olivier.

mois	Kc olivier	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0,65	129,30	84,05	14,72	69,33
Oct	0,6	94,86	56,92	17,09	39,83
Nov	0,6	63,30	37,98	21,13	16,85
Déc	0,5	43,09	21,55	27,21	0
Jan	0,5	50,53	25,27	27,44	0
Fév	0,6	54,88	32,93	21,91	11,02
Mar	0,65	85,87	55,82	19,05	36,77
Avri	0,7	109,20	76,44	19,52	56,92
Mai	0,75	136,71	102,53	17,94	84,59
Juin	0,8	191,70	153,36	5,17	148,19
Juil	0,7	235,29	164,70	3,06	161,64
Ao	0,7	211,42	147,99	3,83	144,16

Tableau V.10 : besoin en eau d'haricot.

mois	Kc haricot	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	RFU (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0,8	129,3	103,44	14,72	13,2	75,52
Oct	1,1	94,86	104,35	17,09	19,8	67,456
Nov	1,15	63,3	72,80	21,13	26,4	25,265
Déc	0,95	43,09	40,94	27,21	33	0
Jan	0,7	50,53	35,37	27,44	39,6	0
Fév	0	54,88	0	21,91	0	0
Mar	0	85,87	0	19,05	0	0
Avri	0	109,2	0	19,52	0	0
Mai	0	136,71	0	17,94	0	0
Juin	0	191,7	0	5,17	0	0
Juil	0	235,29	0	3,06	0	0
Ao	0	211,42	0	3,83	0	0

Tableau V.11 : besoin en eau de carotte.

mois	Kc carotte	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	RFU (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0,00	129,30	0,00	14,72	0,00	0,00
Oct	0,00	94,86	0,00	17,09	0,00	0,00
Nov	0,00	63,30	0,00	21,13	0,00	0,00
Déc	0,00	43,09	0,00	27,21	0,00	0,00
Jan	0,00	50,53	0,00	27,44	0,00	0,00
Fév	0,00	54,88	0,00	21,91	0,00	0,00
Mar	0,45	85,87	38,64	19,05	13,20	6,39
Avri	0,75	109,20	81,90	19,52	26,40	35,98
Mai	1,05	136,71	143,55	17,94	39,60	86,01
Juin	0,85	191,70	162,95	5,17	52,80	104,98
Juil	0,00	235,29	0,00	3,06	0,00	0,00
Ao	0,00	211,42	0,00	3,83	0,00	0,00

Tableau V.12 : besoin en eau d'oignon.

mois	Kc Luzerne	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm)	RFU (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)
Sept	0,00	129,30	0,00	14,72	0,00	0,00
Oct	0,00	94,86	0,00	17,09	0,00	0,00
Nov	0,00	63,30	0,00	21,13	0,00	0,00
Déc	0,00	43,09	0,00	27,21	0,00	0,00
Jan	0,65	50,53	32,84	27,44	39,60	0,00
Fév	0,85	54,88	46,65	21,91	46,20	0,00
Mar	0,8	85,87	68,70	19,05	52,80	0,00
Avri	0,75	109,20	81,90	19,52	52,80	9,58
Mai	0,7	136,71	95,70	17,94	59,40	18,36
Juin	0,65	191,70	124,61	5,17	59,40	60,04
Juil	0,00	235,29	0,00	3,06	0,00	0,00
Ao	0,00	211,42	0,00	3,83	0,00	0,00

Tableau V.13 : besoins totaux en eau d'irrigation du l'assolement 1

Cultures	olivier	PM	luzerne	haricot	piment	blé	Total
Sept	69,33	0,00	0,00	75,52	0,00	0,00	144,85
Oct	39,83	0,00	24,77	67,46	0,00	0,00	132,06
Nov	16,85	0,00	3,38	25,27	0,00	0,00	45,50
Déc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fév	11,02	0,00	10,43	0,00	0,00	0,00	21,45
Mar	36,77	25,55	51,31	0,00	0,00	9,41	123,04
Avri	56,92	45,76	80,80	0,00	0,00	28,00	211,48
Mai	84,59	86,24	119,48	0,00	4,69	39,57	334,57
Juin	148,19	95,39	166,73	0,00	85,18	49,82	545,31
Juil	161,64	0,00	0,00	0,00	116,30	0,00	277,94
Ao	144,16	0,00	0,00	0,00	45,16	0,00	189,32
Total	769,30	252,94	456,90	168,24	251,33	126,80	2025,51

Tableau V.14 : besoins totaux en eau d'irrigation du l'assolement 2

Cultures	olivier	carotte	orge	haricot	oignon	blé	Total
Sept	69,33	0,00	0,00	75,52	0,00	0,00	144,85
Oct	39,83	0,00	0,00	67,46	0,00	0,00	107,29
Nov	16,85	0,00	0,00	25,27	0,00	0,00	42,12
Déc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fév	11,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,02
Mar	36,77	6,39	9,41	0,00	0,00	9,41	61,98
Avri	56,92	35,98	28,00	0,00	9,58	28,00	158,48
Mai	84,59	86,01	39,57	0,00	18,36	39,57	268,10
Juin	148,19	104,98	49,82	0,00	60,04	49,82	412,85
Juil	161,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	161,64
Ao	144,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	144,16
Total	769,30	233,36	126,80	168,24	87,98	126,80	1512,48

V.8 Calcul du débit spécifique

Le débit spécifique est défini comme le débit fictif continu maximum qui est fonction des besoins en eau de chaque culture durant la période de pointe, il est évalué d'après la formule suivante:

$$qs = \frac{Bnet \cdot 10 \cdot 1000}{Nj \cdot Ni \cdot 3600 \cdot Ei} \quad l/s/ha \quad \dots\dots\dots(V.9)$$

Tel que:

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

Ni : nombre des heures d'irrigation=20h

Nj : nombre de jours du mois de pointe =26 jours

Ei : Efficience d'irrigation≈0.75

On a deux méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante ou de la culture la plus dominante.

Les besoins de pointe correspondent au mois de juillet, soient donc pour l'assolement n°01 on a 545,31 mm/mois et pour l'assolement n°02 on a 412,85 mm/mois, Le débit spécifique calculé est très important, il est respectivement de **3,88l/s/ha**, **2,94 l/s/ha**, ce débit dépasse les normes (1,5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement des conduites du réseau.

Alors on doit prendre le débit spécifique de la culture la plus exigeante, celui de Luzerne $q_s = 1,29 \text{ l/s/ha}$, est inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

V.9 Calcul de débit caractéristique

Le calcul des débits caractéristiques 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 :

$$Q_{car} = q_s \cdot S \dots\dots\dots(V.10)$$

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

S : la superficie totale à irriguer = 210ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1,29 \cdot 210 = 270,91/s$$

V.10 Estimation des besoins en eau totaux du périmètre

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

Tableau V.15 : volumes des besoins en eau d'irrigation

Cultures	Superficie (ha)	Besoins net annuels (mm)	Besoins bruts annuels (m ³ /ha)	Volumes des besoin en eau (m ³)
blé	50	126,80	1690,67	84533,33
Pomme de terre	45	252,94	3372,53	151764,00
Luzerne	50	456,90	6092,00	304600,00
Haricot	28	168,24	2243,20	62809,60
Piment / poivron	21	251,33	3351,07	70372,40
Olivier	16	769,30	10257,33	164117,33
Total	210	2025,51	27006,80	838196,67

Le volume d'eau stocké dans le barrage est 167Hm^3 , et le besoin total du périmètre est de $838196,67\text{m}^3$. Donc on remarque que la retenue est capable de satisfaire les besoins de notre périmètre sans problème.

Conclusion

Lors de ce chapitre nous avons estimé les besoins en eau des cultures ainsi que le volume nécessaire pour le mois de pointe et pour l'ensemble de l'année. Les résultats obtenus permettent de confirmer que le volume d'eau stocké au niveau de la retenue est suffisant pour l'irrigation de notre périmètre.

Introduction :

Le système d'adduction consiste à transporter l'eau de la source vers un point d'accumulation, puis le distribué gravitairement vers le réseau d'irrigation. Dans ce chapitre, nous allons aborder le système d'adduction adapté à notre périmètre.

VI .1.Types d'adduction

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en trois groupes :

- Adduction gravitaire ;
- Adduction par refoulement ;
- Adduction mixte.

VI .1.1 Adduction gravitaire

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitaire. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

VI.1.2.Adduction par refoulement

C'est une adduction où l'écoulement se fait sous pression à l'aide des machines hydro-électriques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte inférieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée

VI.1.3. Adduction mixte

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir.

Remarque :

Dans notre étude, la mobilisation des eaux se fera à partir du barrage Tilesdit par une succession de pompage. L'adduction projetée est une adduction mixte (gravitaire et refoulement) assuré par la station de pompage « SP6 ».

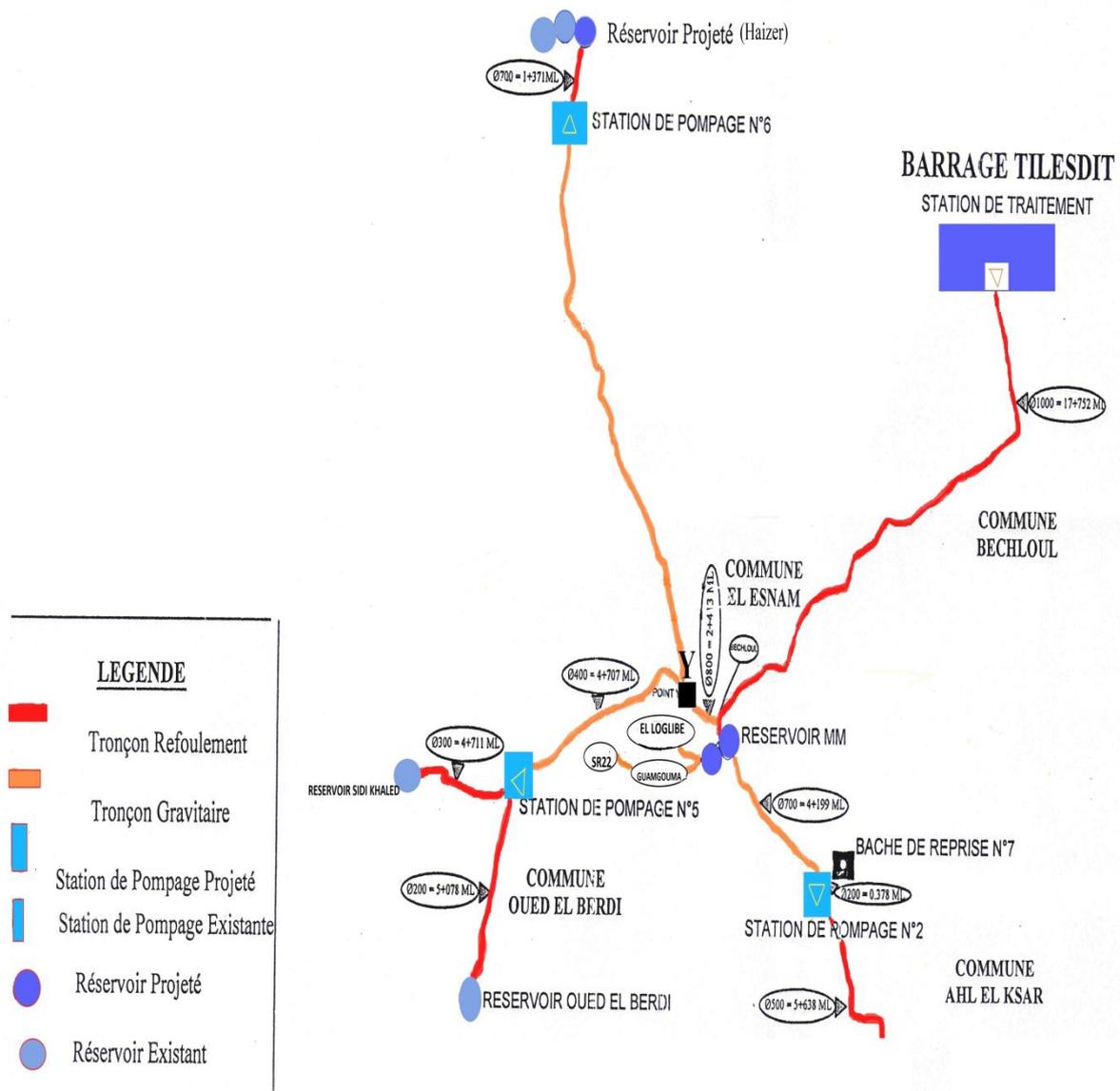


Figure VI.1 : Système d'adduction

VI.2 Station de pompage

La station de pompage « SP6 » reçoit ces eaux à partir d'une conduite d'amené D800 sur un linéaire de 16055 ml gravitairement. Elle va assurer le pompage de l'eau du barrage par voie d'une conduite D700 sur un linéaire de 471 ml vers un réservoir de stockage ^[3].

VI.2.1 Equipement de la station de pompage SP6

La station de pompage est équipée de :

- Un transformateur, installé sur l'arrivée des câbles d'alimentation énergétique, et séparé de la station de pompage.
- 03 groupes motopompes (02 de service et 01 de réserve).

Tableau VI.1 : caractéristiques de la pompe ME 300-450 ^[3].

Q (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	V (tr/min)
410	56	ME 300-450	1475

- Une armoire de commande.
- Une salle électrique.
- Un anti- bélier.
- Deux compresseurs.

Le fonctionnement de la Station de pompage est entièrement automatique et ne nécessite que des prestations d'entretien et de contrôle réguliers. La station de pompage est alimentée en énergie électrique de haute tension à partir de deux sources distinctes garantissant ainsi le fonctionnement permanent des installations même en cas de coupure de courant ^[3].

VI.3 Réservoir de stockage

Pour assurer une irrigation continue, et pour que le réseau de distribution soit alimenté par gravité, un réservoir de stockage s'avère inévitable

VI.3.1 Classification des réservoirs

On peut classer les réservoirs selon les critères suivants:

- D'après la nature des matériaux de construction, on distingue :
 - Les réservoirs métalliques
 - Les réservoirs en maçonnerie
 - Les réservoirs en béton arme, ordinaire ou précontraint

- D'après la situation des lieux, ils peuvent être :
 - Enterrées
 - Semi-enterrés
 - Surélevé
- D'après leurs formes :
 - Circulaires
 - Rectangulaires
 - Ou d'une forme quelconque

VI.3.2 Choix de l'emplacement des réservoirs

Il faut, évidemment, que l'emplacement choisi pour édifier le réservoir, soit compatible avec l'un des rôles qu'il doit jouer, c'est-à-dire donner aux bornes une pression suffisantes, notamment au mois de pointe. Notre réservoir est situé on amont du périmètre à une altitude de 627m.

VI.3.3 Capacité du réservoir

Le réservoir est dimensionné selon les besoins en eau des cultures au mois de pointe.

$Q_{spé} = 1,29 \text{ l/s}$, $Q_{car} = 270,9 \text{ l/s}$

- Le nombre des heures de pompage par jour= 20 heures ce qui nous permet de déterminer la valeur d'apport de = 5% chaque heure.
- Le nombre des heures d'irrigation par jour=24 heures ce qui nous permet de déterminer la valeur de consommation=4,17% chaque heure.

$$V_r = \frac{a Q_{\max j}}{100} \dots\dots\dots (VI.1)$$

Avec : V_r : capacité en (m^3)

a : fraction horaire du débit maximum journalier (%).

$Q_{\max j}$: La consommation maximale journalière (m^3/j).

Tableau VI.2 : Evaluation du volume résiduel du réservoir

Heure	Arrive au R %	Départ vers le réseau %	Surplus %	Déficit %	Résidus %
0-1	5,00	4,17	0,83	--	0,83
1-2	5,00	4,17	0,83	--	1,67
2-3	5,00	4,17	0,83	--	2,50
3-4	5,00	4,17	0,83	--	3,33
4-5	5,00	4,17	0,83	--	4,17
5-6	5,00	4,17	0,83	--	5,00
6-7	5,00	4,17	0,83	--	5,83
7-8	5,00	4,17	0,83	--	6,67
8-9	5,00	4,17	0,83	--	7,50
9-10	5,00	4,17	0,83	--	8,33
10-11	5,00	4,17	0,83	--	9,17
11-12	5,00	4,17	0,83	--	10,00
12-13	5,00	4,17	0,83	--	10,83
13-14	5,00	4,17	0,83	--	11,67
14-15	5,00	4,17	0,83	--	12,50
15-16	5,00	4,17	0,83	--	13,33
16-17	5,00	4,17	0,83	--	14,17
17-18	5,00	4,17	0,83	--	15,00
18-19	5,00	4,17	0,83	--	15,83
19-20	5,00	4,17	0,83	--	16,67
20-21	0,00	4,17	--	-4,17	12,50
21-22	0,00	4,17	--	-4,17	8,33
22-23	0,00	4,17	--	-4,17	4,17
23-24	0,00	4,17	--	-4,17	0,00
Total	100,00	100,00	16,67	-16,67	--

D'après le tableau $a = 16,67\%$

$$Q_{\max} = 270,9 \text{ l/s} = 23405,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Donc } V_r = \frac{16,67 * 23405,76}{100} = 3901,7 \text{ m}^3$$

La capacité normalisée sera $V_r = 4000 \text{ m}^3$

Vu que la forme circulaire est la moins coûteuse et la plus adoptée pour les réservoirs de capacité inférieure à 10000 m^3 . Les dimensions de réservoir à projeter prendre bien entendu cette forme :

- Une hauteur de 5 mètres.
- Rayon du réservoir 16 m.

VI.4 Réseau de distribution

Le réseau de distribution est un système de conduites connectées entre eux. L'eau est distribuée à partir de ce réseau qui doit être dimensionné de telle façon à assurer le débit maximal et la pression suffisante à chaque parcelle.

VI.4.1 Tracé du réseau de distribution

Pour le choix du tracé de la conduite du réseau, il est indispensable de :

- de chercher un profil en long aussi régulier que possible avec un tracé le plus court possible
- Éviter les forêts, bois et zones marécageuses ;
- Éviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds etc.) ;

Une fois que le plan de bornage est établi, nous procéderons à la liaison, le plus économiquement possible, des différentes bornes et l'origine du réseau.

VI.4.2 Découpage des îlots d'irrigation

La délimitation et le parcellement des surfaces à irriguer ont été déterminés sur la base de la disponibilité des ressources hydriques, de la nature topographique et pédologique des terres, et en coordination étroite avec les agriculteurs.

L'étude de base a montré que la surface totale à irriguer est de 210 ha. la délimitation de la surface à irriguer se base sur les critères suivant :

- Distance de la source ;
- Cout de l'investissement ;
- Favoriser le gravitaire au pompage ;

VI.4.3 Taille des îlots d'irrigation

Après une analyse des caractéristique des parcelles individuelles, les îlots d'irrigation types sont définis à partir :

- De la morphologie du terrain.
- Des caractéristiques de l'infrastructure actuelle sur les parcelles.
- La forme de l'îlot type devra être aussi régulière que possible afin d'exploiter au mieux l'équipement d'irrigation.
- Le regroupement concernera avant tout les parcelles homogènes.

Après analyse foncière, topographique et hydraulique, deux (02) modèles d'exploitations ont été définis dans le périmètre de HAIZER:

➤ **Grand parcellaire (>10 ha)**

On recherchera une géométrie de l'îlot permettant de pratiquer différents modes d'irrigation, y compris le système gravitaire dans de bonnes conditions techniques et économiques. L'îlot idéal a les caractéristiques suivantes :

- Forme géométrique
- Born placée au point haut
- Largeur : 400 à 600 m avec la borne centrée
- Longueur maximale : 500 à 1000 m

➤ **Petit parcellaire (<10 ha)**

En petit parcellaire, les critères de dimensions de la parcelle restent identiques à ceux définis précédemment pour le grand parcellaire, mais généralement ils ne sont pas contraignants : la longueur et la largeur de la parcelle restent inférieures aux limites précédemment définies ; sauf dans quelques cas de parcelles de forme très irrégulières (parcelles très longues et très étroites).

Conclusion

Lors de ce chapitre nous avons étudié le système d'adduction composé de deux parties :

- ✓ Le refoulement : à partir d'une station de pompage « SP6 » vers un réservoir de stockage d'une capacité de 4000m³ ;
- ✓ Gravitaire : du réservoir vers le réseau d'irrigation.

Cette étape va assurer l'alimentation en eau de notre périmètre.

Introduction

Dans ce chapitre on va dimensionner le réseau d'irrigation du périmètre de Haizer, ce réseau est constitué de l'ensemble des conduites connectées entre elles permettant d'acheminer l'eau à chaque parcelle. L'alimentation de ces parcelles se fait à partir des bornes d'irrigation. Pour cela on dimensionne premièrement tous les diamètres des conduites qui constituent ce réseau, ensuite on calcule toutes les pressions aux bornes d'irrigation avec une vérification des vitesses pour tous les tronçons.

À la fin on dimensionne le réseau avec les deux techniques choisies, Dans notre périmètre, l'aspersion et l'irrigation localisée représentent deux techniques qui trouvent un engouement dans la région, vu leurs avantages sur les rendements des cultures.

VII.1 Calcul du débit fictif continu

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

VII.1.1. Calcul du débit caractéristique

Le débit caractéristique qui est le débit maximal à fournir au périmètre exprimé en l/s est formulé comme suit :

$$Q_t = q_s \cdot S_t$$

Q_t = débit caractéristique (l/s)

q_s = Le débit fictif continu maximal (débit spécifique) calculé est de : $q_s = 1,29 \text{ l/s/ha}$

S_t = superficie totale du périmètre (ha)

Dans notre cas, on trouve :

$$Q_t = 1,29 \cdot 210 = 270,9 \text{ l/s}$$

VII.1.2. Calcul du débit aux bornes

Le débit de chaque borne pouvant desservir un îlot est formulé comme suit : $Q_b = q_s \cdot S$

Q_b = Débit caractéristique de chaque îlot (l/s)

q_s = Débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie de l'îlot (ha)

VII.1.3. Implantation des bornes

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations :
 - ✓ une prise par îlot d'exploitations
 - ✓ (02) prises maximum sur une même borne
- pour les zones à grande exploitation
 - ✓ La borne se situe au centre de la parcelle
 - ✓ 2 à 4 prises sur la même borne

VII.1.4 Fonction de la borne d'irrigation

La borne assure quatre fonctions :

- Le vannage
- La stabilisation de la pression
- La limite du débit
- Le comptage du volume d'eau délivré.

VII.1.5 Choix du diamètre de la borne

La desserte en eau d'irrigation des îlots d'irrigation sera faite sur la base du classement des bornes définis dans le tableau ci-dessous.

Ce tableau récapitule les classes et sous-classes de bornes retenues avec les débits nominaux pouvant être desservies par chaque classe

Tableau VII.1 : Caractéristiques des bornes

débit fourni (l/s)	diamètre de la borne
$Q \leq 11.1$	D= 65 mm
$11.1 \leq Q \leq 22.22$	D=100 mm
$22.22 \leq Q \leq 33.33$	D=150 mm

Tableau VII.2 : Le choix du type de la borne

type	Entrée	Sortie (prise)
A2	1 entrée Φ 80,100	2 sorties Φ 65
A4	2 entrées Φ 80,100	4 sorties Φ 65
B	2 entrées Φ 80,100,125	2 sorties Φ 100
C	2 entrées Φ 80,100,125	1 sortie Φ 150

Le calcul des débits et des diamètres et des bornes sont présentées dans le tableau VII.3

Tableau VII.3 : Débits et diamètres des bornes

N° de Borne	Surface (ha)	Débit spécifique (l/s)	Débit a la borne (l/s)	type de la borne	Diamètre de la borne (mm)	Nombre de prise
B2	13,6	1,29	17,54	A4	100	4
B1	10,2	1,29	13,16	A2	100	2
B3	12	1,29	15,48	A2	100	2
B4	14,7	1,29	18,96	A4	100	4
B5	12	1,29	15,48	A2	100	2
B6	15,4	1,29	19,87	A4	100	4
B7	11,8	1,29	15,22	A2	100	2
B8	11,1	1,29	14,32	A2	100	2
B9	10,1	1,29	13,03	A2	100	2
B10	10	1,29	12,90	A2	100	2
B12	13,4	1,29	17,29	A4	100	4
B11	11,6	1,29	14,96	A4	100	4
B13	13,4	1,29	17,29	A4	100	4
B14	14,5	1,29	18,71	A4	100	4
B16	13,4	1,29	17,29	A4	100	4
B15	7,5	1,29	9,68	A2	65	2
B17	7,6	1,29	9,80	A2	65	2
B18	7,7	1,29	9,93	A2	65	2

VII.2 Calcul hydraulique des canalisations

Le calcul hydraulique des conduites est une étape cruciale dans le dimensionnement des réseaux en irrigation. Il a pour but de dimensionner les conduites en déterminant leurs diamètres tout en respectant les vitesses minimales admissibles et maximales, et en essayant de minimiser les pertes de charges.

La distribution de l'eau sera assurée par un réseau de type ramifié, défini par le découpage du périmètre d'aménagement en îlot d'irrigation et de l'implantation des bornes d'irrigation.

VII.2.1. Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau utilisé est fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché local et leur production en Algérie) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.).

VII.2.2. Caractéristiques des canalisations

a) **Conduites en fonte** : elles présentent les caractéristiques suivantes :

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

Leur inconvénient est que les conduites en fonte sont très lourdes et relativement chers.

b) **Conduites en acier**

- Les conduites en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Elles présentent une bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est qu'elles sont susceptibles à la corrosion.

c) **Conduites en PEHD**

Présentes sur le marché algérien il y a moins de trente ans, elles présentent :

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile

Leur inconvénient est le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

Remarque :

Nous allons opter pour le PEHD comme matériau pour nos conduites présentes dans notre réseau, car il présente de bonnes caractéristiques hydrauliques (du point de vue étanchéité, résistance à la corrosion et faible rugosité), et disponibilité sur le marché Algérien.

VII.2.3 Vitesses admissibles

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique:

- De faire une économie sur le coût des canalisations ;
- D'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

Tableau VII.4: Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres.

Diamètre (mm)	Seuil des vitesses admissibles (m/s)	
	Vitesse minimum	Vitesse maximum
100	0,20	1,80
125	0,25	1,85
150	0,25	1,95
200	0,35	2,00
250	0,40	
300	0,40	
350	0,40	
400	0,50	
500	0,50	
600	0,50	
700	0,50	
800	0,50	
900	0,50	
1000	0,50	
1100	0,50	
1250	0,50	
1500	0,50	
2000	0,50	

VII.2.4 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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots\dots\dots(VII.1)$$

Avec :

- Q : débit, exprimé en m³/s ;
- D: diamètre exprimé en mm.
- V : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.25 m/s

VII.2.5 Calcul des pertes de charge

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

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots\dots\dots(VII.2)$$

- Avec :
- h_{pu} : perte de charge unitaire en mm/ml
 - Q : débit en m³/s
 - D : diamètre de la conduite considérée

L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations

C : coefficient qui correspond à une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulières

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

Tableau VII.5 : Les paramètres de perte de charge

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

Etant donné que nous avons utilisé le PEHD pour l'ensemble des canalisations, les paramètres de la formule de pertes de charges sont :

$$K=0.1 \text{ mm} : L=1.15, M = 1.89, N = 5.01.$$

Tableau VII.6 : les diamètres des conduites de distribution

Les point	Altitude (m)	N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (ha)	débit (l/s)	débit (m ³ /s)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Normalise (mm)	Vitesse réelle (m /s)
N1	586,32	R1-N1	975,92	0,97	210	270,90	0,271	525,30	500	1,38
B2	573,41	N1-B2	248	0,25	13,6	17,54	0,018	133,68	160	0,87
N2	577,13	N1-N2	180,73	0,16	196,4	253,36	0,253	508,00	500	1,29
B1	582,21	N2-B1	141,35	0,14	10,2	13,16	0,013	115,77	125	1,07
N3	570,36	N2-N3	205,4	0,21	186,2	240,20	0,240	494,63	500	1,22
B3	582,8	N3-B3	217,9	0,22	12	15,48	0,015	125,57	125	1,26
N4	576,21	N3-N4	160,96	0,16	174,2	224,72	0,225	478,43	500	1,14
B4	568,44	N4-B4	216,3	0,22	14,7	18,96	0,019	138,98	160	0,94
N5	569,32	N4-N5	160,18	0,16	159,5	205,76	0,206	457,80	500	1,05
B5	574,73	N5-B5	242,7	0,24	12	15,48	0,015	125,57	125	1,26
B6	567,85	N5-B6	329,03	0,33	15,4	19,87	0,020	142,25	160	0,99
N6	569,2	N5-N6	274,3	0,27	132,1	170,41	0,170	416,63	400	1,36
B7	578,69	N6-B7	220,7	0,21	11,8	15,22	0,015	124,52	125	1,24
N7	568,44	N6-N7	130	0,13	120,3	155,19	0,155	397,58	400	1,23
B8	570	N7-B8	290,1	0,29	11,1	14,32	0,014	120,77	125	1,17
N8	567,35	N7-N8	101	0,10	109,2	140,87	0,141	378,80	400	1,12

B9	573,09	N8-B9	240,2	0,24	10,1	13,03	0,013	115,20	125	1,06
B10	566,7	N8-B10	268,7	0,27	10	12,90	0,013	114,63	110	1,36
N9	567,76	N8-N9	203,2	0,20	89,1	114,94	0,115	342,16	315	1,47
B12	569,1	N9-B12	292,2	0,29	13,4	17,29	0,017	132,69	125	1,41
N10	568,78	N9-N10	126,2	0,13	75,7	97,65	0,098	315,39	315	1,25
B11	570	N10-B11	219,2	0,22	11,6	14,96	0,015	123,46	125	1,22
N11	569,84	N10-N11	122,2	0,12	64,1	82,69	0,083	290,22	315	1,06
B13	572,3	N11-B13	254,5	0,25	13,4	17,29	0,017	132,69	125	1,41
B14	569,62	N11-B14	308	0,31	14,5	18,71	0,019	138,03	125	1,52
N12	572,48	N11-N12	306,7	0,31	36,2	46,70	0,047	218,10	250	0,95
B16	574,58	N12-B16	226	0,23	13,4	17,29	0,017	132,69	125	1,41
N13	573,48	N12-N13	113,4	0,11	22,8	29,41	0,029	173,09	160	1,46
B15	576,11	N13-B15	235,7	0,24	7,5	9,68	0,010	99,27	110	1,02
N14	574,85	N13-N14	127,17	0,13	15,3	19,74	0,020	141,79	160	0,98
B17	577,05	N14-B17	241,9	0,24	7,6	9,80	0,010	99,93	110	1,03
B18	575,6	N14-B18	209,4	0,21	7,7	9,93	0,010	100,59	110	1,05

Après détermination du diamètre, on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse et la perte de charge au niveau de la conduite principale et le réseau de distribution

Les calculs des pertes de charge, vitesse et pression ont été effectués selon la formule de DARCY WEISBACH :

Les résultats des calculs sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

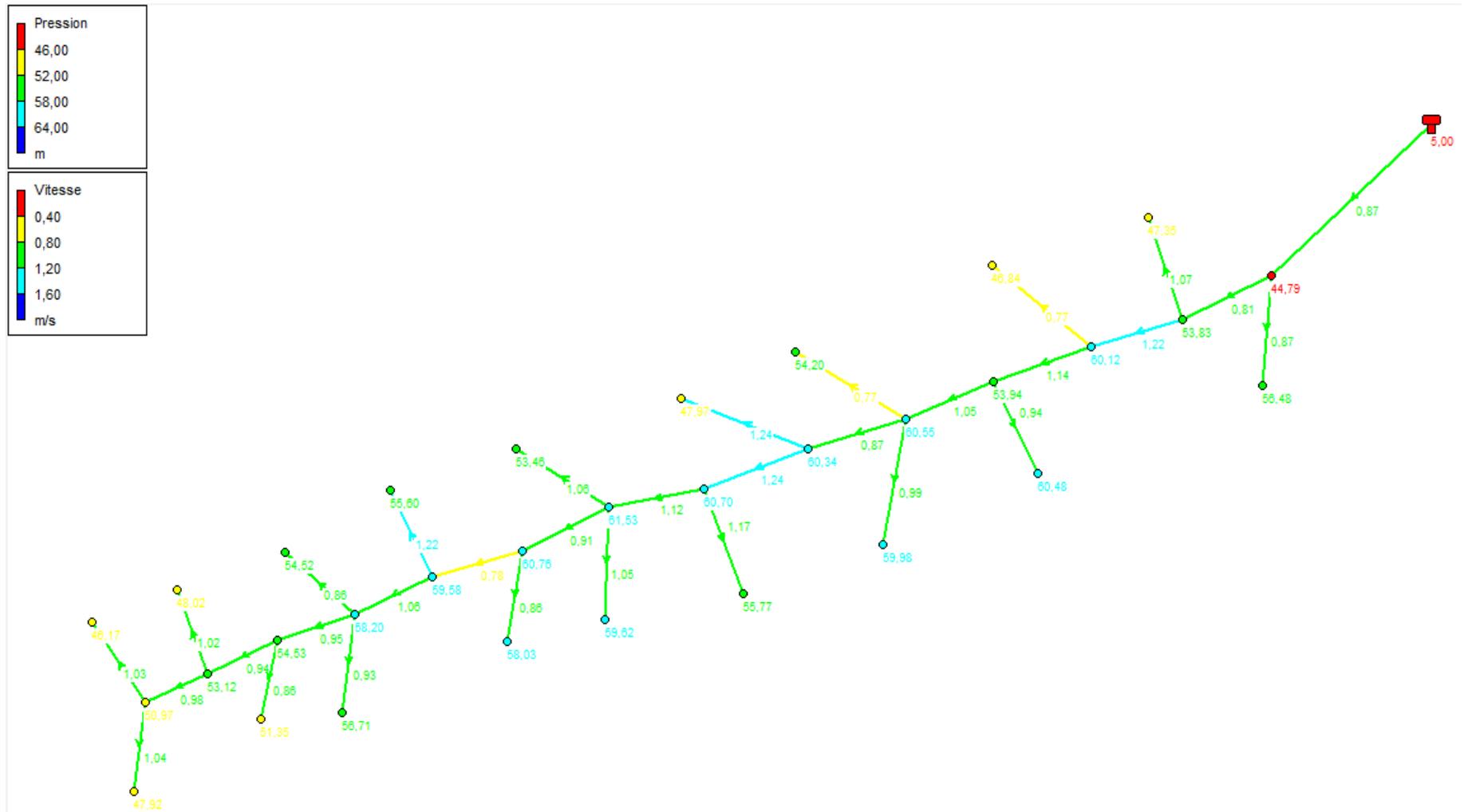
Tableau VII.7 : Les résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et pression).

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	Charge m	Pression m
Noeud N1	586,32	0	629,13	42,81
Noeud N2	577,13	0	628,67	51,54
Noeud N3	570,36	0	628,19	57,83
Noeud N4	576,21	0	627,86	51,65
Noeud N5	569,32	0	627,58	58,26
Noeud N6	569,2	0	626,56	57,36
Noeud N7	568,44	0	626,15	57,71
Noeud N8	567,35	0	625,89	58,54
Noeud N9	567,76	0	624,71	56,95
Noeud N10	568,78	0	624,17	55,39
Noeud N11	569,84	0	623,84	54
Noeud N12	572,48	0	622,82	50,34
Noeud N13	573,48	0	621,6	48,12
Noeud N14	574,85	0	620,82	45,97
Noeud B2	573,41	17,54	627,92	54,51
Noeud B1	582,21	13,16	627,27	45,06
Noeud B3	582,8	15,48	625,25	42,45
Noeud B4	568,44	18,96	623,55	55,11
Noeud B5	574,73	15,48	624,31	49,58
Noeud B6	567,85	19,87	625,53	57,68
Noeud B7	578,69	15,22	623,68	44,99
Noeud B8	570	14,32	622,79	52,79
Noeud B9	573,09	13,03	623,57	50,48
Noeud B10	566,7	12,9	621,01	54,31
Noeud B12	569,1	17,29	619,84	50,74
Noeud B11	570	14,96	621,4	51,4
Noeud B13	572,3	17,29	619,6	47,3
Noeud B14	569,62	18,71	617,87	48,25
Noeud B16	574,58	17,29	621,74	47,16
Noeud B15	576,11	9,68	619,13	43,02
Noeud B17	577,05	9,8	618,23	41,18
Noeud B18	575,6	9,93	618,52	42,92
Réservoir R1	627	Sans Valeur	632	5

Tableau VII.8: les débits, les vitesses et les pertes de charge

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert. Charge Unit. m/km
Tuyau N1-N2	180,73	500	253,37	1,29	2,58
Tuyau N2-N3	205,4	500	240,21	1,22	2,33
Tuyau N3-N4	160,96	500	224,73	1,14	2,05
Tuyau N4-N5	160,16	500	205,77	1,05	1,73
Tuyau N5-N6	274,3	400	170,42	1,36	3,72
Tuyau N6-N7	130	400	155,2	1,24	3,11
Tuyau N7-N8	101	400	140,88	1,12	2,58
Tuyau N8-N9	203,2	315	114,95	1,48	5,85
Tuyau N9-N10	126,2	315	97,66	1,25	4,27
Tuyau N10-N11	122,2	315	82,7	1,06	2,65
Tuyau N11-N12	306,7	250	46,7	0,95	3,34
Tuyau N12-N13	113,4	160	29,41	1,46	10,71
Tuyau N13-N14	127	160	19,73	0,98	6,14
Tuyau N1-B2	248	160	17,54	0,87	4,91
Tuyau N2-B1	141,35	125	13,16	1,07	9,87
Tuyau N3-B3	217,9	125	15,48	1,26	13,47
Tuyau N4-B4	216,3	125	18,96	1,54	19,89
Tuyau N5-B5	242,7	125	15,48	1,26	13,47
Tuyau N5-B6	329,03	160	19,87	0,99	6,22
Tuyau N6-B7	220,7	125	15,22	1,24	13,04
Tuyau N7-B8	290,1	125	14,32	1,17	11,6
Tuyau N8-B9	240,2	125	13,03	1,06	9,68
Tuyau N8-B10	268,7	110	12,9	1,36	18,17
Tuyau N9-B12	292,2	125	17,29	1,41	16,65
Tuyau N10-B11	219,2	125	14,96	1,22	12,61
Tuyau N11-B13	254,5	125	17,29	1,41	16,65
Tuyau N11-B14	308	125	18,71	1,52	19,39
Tuyau N12-B16	226	160	17,29	0,86	4,77
Tuyau N13-B15	235,7	110	9,68	1,02	10,49
Tuyau N14-B17	241,9	110	9,8	1,03	10,74
Tuyau N14-B18	209,4	110	9,93	1,04	11,01
Tuyau R1-N1	975,92	500	270,91	1,38	2,94

Figure VI.1 : Résultat de la simulation hydraulique a l'aide du logiciel Epanet



VII.3 Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion

On va projeter une installation d'aspersion semi-mobile comprenant des canalisations principales fixes et des rampes mobiles. Pour ce fait, on va prendre un îlot qui va servir de modèle pour tous les autres, aléatoirement on a pris l'îlot N°7 (pomme de terre) sur notre périmètre qui s'étend sur une superficie égale à 11,8 Ha qui présente des dimensions de 240x490, elle est alimentée par la Borne N°7 qui dispose d'une pression de **4.79** bars .

VII.3.1. Données générales

- 1) **Choix du mode de couverture** : pour des raisons économiques, on adopte pour la couverture totale.
- 2) **Temps de travail** : 22 heures par jour, et 26 jours par mois
- 3) **Besoins en de pointes** : 166,73 mm
- 4) **Perméabilité du sol** : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée de : $K = 8$ mm/h.
- 5) **Dose pratique** : RFU : elle est calculée comme suit :

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

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

Da : densité apparente : égale à 1,52

Z : profondeur d'enracinement mm (60 cm pour la pomme de terre)

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (28%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (15%).

$$RFU = (28 - 15) / 100 * 0,6 * 1000 * 1,52 * 2/3 = \mathbf{79,04 \text{ mm}}$$

VII.3.2. Dimensionnement théorique

- 1) **Le diamètre de l'ajutage** :

La perméabilité du sol $K = 8$ mm/h.

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

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

$$p = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \dots\dots\dots(VII.3)$$

$$D'où : d = \frac{8 \cdot 1,04}{1,5} = 5,55m$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (ANNEX 06), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de **6 mm**.

2) La portée du jet (L) :

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

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \dots\dots\dots(VII.4)$$

Où d : diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas P= 3,5 bars, h=35m.

$$L = 3 * 6^{0.5} * 35^{0.25} = \mathbf{17,47 \text{ m}}$$

Théoriquement, cette formule est valable, mais demande encore plus de précision en fonction du diamètre choisi qui est recommandé par le fournisseur. D'après le catalogue (Annexe 07), pour le diamètre de la buse de 6mm à une pression minimale de 3,5 bars , la portée est de 17,5m.

3) 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 : 1,3 (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent violent ($V < 10 \text{ Km/h}$).

Les valeurs minimales à des conditions correspondent à des condition de vitesse de vent assez dures ($> 15 \text{ km/h}$)

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de $3,1 \text{ m/s} = 11,16 \text{ Km/h}$, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_L = 1,3 * 17,5 = \mathbf{22,75 \text{ m}}$$

$$E_a = 0,8 * 17,5 = \mathbf{14 \text{ m}}$$

On prend les valeurs normalisées des écartements.

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

4) Débit de l'asperseur

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

$m = (0.94-0.95)$ pour les pressions moyennes où le diamètre des buses $< 12 \text{ mm}$

$m = (0.98-0.99)$ pour des grandes pressions où le diamètre des buses $> 12 \text{ mm}$

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 35} = 0,0007 \text{ m}^3/\text{s} \quad \dots\dots(\text{VII.5})$$

Avec : $q = 2,53 \text{ m}^3/\text{h}$ débit de l'asperseur (m³/s).

5) Vérification de la pluviométrie de la buse

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

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \quad \dots\dots\dots(\text{VII.6})$$

$$\text{D'où} \quad p = \frac{2,53}{24 \cdot 18} 1000 = 5,86 \text{ mm/h}$$

Donc : le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K = 8 \text{ mm/h}$.

6) Calcul du tour d'eau

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose}_{\text{RFU}} \cdot N_j}{B_{\text{mp}}} \quad \dots\dots\dots(\text{VII.7})$$

Dose = RFU = 79,04 mm

$T_{\text{eau}} = (79,04 \cdot 26) / 166,73 = 12,32$ jours

On prend un $T_{\text{eau}} = 12$ jours, on irrigue deux (02) fois par mois .

Efficienc e d'irrigation = 0.75

nouvelle dose brute = $12 \times 5,56 \text{ mm} / 0,75 = 88,92 \text{ mm}$

Temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration

$$T_a = \frac{\text{dose}}{p} \quad \dots\dots\dots(\text{VII.8})$$

; Dose = 88,92 mm

$$P = 5,86 \text{ mm/h d'où} : T_a = \frac{88,92}{5,86} = 15,17 \text{ heures}$$

Donc : $T_a = 15$ heures

Alors on pourra adopter deux 1 positions par jour pour un asperseur

VII.3.3. Calcul des caractéristiques des équipements d'asperseur

1) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

$V_{asp} = \text{nbr de position par jour} * \text{nbr d'irrigation par mois} * \text{Dose} * E_a * E_l$

$$V_{asp} = (1 * 24 * 88,92 * 24 * 18) / 1000 = 921,92 \text{ m}^3$$

2) Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle

$V_t = \text{besoins mensuels en eau} * \text{surface}$

$$V_t = 166,73 / 1000 * 240 * 490 = 19607 \text{ m}^3$$

3) Nombre d'asperseurs pour toute la parcelle

Le nombre d'asperseurs se calcule par le rapport entre toute la quantité d'eau à épandre durant le mois de pointe sur la quantité que peut apporter un seul asperseur.

$$N_{asp} = V_t / V_{asp} = 19607 / 921,92 = 21,26$$

Donc on prend **22 asperseurs**.

4) Longueur de la rampe

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle est basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion, dans notre cas nous avons :

$$L_r = \text{largeur de terrain} / 2 - E_a / 2 = 240 / 2 - 18 / 2 = \mathbf{111 \text{ m}}$$

5) Nbre asperseur/rampe

$$N_{\text{asperseur/rampe}} = L_r / E_a = 111 / 18 = \mathbf{6 \text{ asperseurs}}$$

6) Nombre de position des rampes

$$N_r = \frac{l_r}{E_l} = \frac{490}{24} \approx 21$$

L_r : longueur du terrain = 490 m, E_l : espacement entre les rampes (=24m).

Le nombre de poste égale à **21 positions**.

7) Nombre de rampes qui travaillent en même temps :

$$N_{r_w} = N_{asp} / (\text{nbr asp/ rampe}) = 22 / 6 = \mathbf{3 \text{ rampes}}$$

On travaille avec trois (03) rampes

8) Nombre de poste :

$$N_{\text{poste}} = N_{\text{position}} \frac{N_{\text{bande}}}{N_{r_w}} = 21 * 1/3 = \mathbf{7 \text{ postes}}$$

9) Surface de chaque poste :

$$S_p = S_t/N_p = 11,8 / 7 = \mathbf{1,68ha}$$

a) Calcul du débit de rampe :

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

$$\text{Le débit de la rampe : } Q_{rampe} = 2,53 * 8 = \mathbf{20,24 m^3/h.}$$

b) Débit d'installation :

$Q_{Installation}$ = débit de la rampe * nombre de rampe qui travaille en même temps

$$\text{Donc le débit d'installation : } Q_{Installation} = 20,24 \times 3 = 60,72 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (} 60,72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s).}$$

VII.3.4 Dimensionnement hydraulique des rampes**VII.3.4.1. Calcul des pertes de charge**

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les tubes est calculée généralement par une formule de type Manning :

$$j = a \frac{Q^b}{D^c} \dots\dots\dots(VII.9)$$

Avec :

j : perte de charge unitaire en m/m

Q : débit en m³/s.

D : diamètre de la canalisation en m.

La formule de Manning correspond aux paramètres suivants :

$$a=10.294 \text{ n}^2 ; \quad b=2 ; \quad c=5.333$$

Soit : une rampe équipée de m asperseurs, implantés à un écartement E, avec un asperseur disposé à une distance E du début de la rampe.

L'estimation des pertes de charge totale dans la rampe peut être estimée par deux méthodes :

L'application de la règle de Christiansen conduit à imposer une perte de charge maximale de 20% de la pression de fonctionnement (P=3,5bars, =35m) entre le premier asperseur et l'asperseur le plus défavorisé, soit : $\Delta H = 7\text{m}$.

1) Calcul de la longueur fictive

$$l_f = \frac{E_a(n+1)(2n+1)}{6 \cdot n} = \frac{18 \cdot (8+1)(2 \cdot 8+1)}{6 \cdot 8} = 57,375\text{m} \dots\dots\dots(VII.10)$$

$$L_{FT} = (L_{pr} - E_r) + (l_f \cdot E_a / 2) = (228 - 24) + (57,375 - 9) = 252,375 \text{ m}$$

Tel que la longueur de la porte rampe

$$L_{pr} = \text{Longueur} - \frac{E_l}{2} = 466 \text{ m}$$

$$L_{réelle} = (L_{pr} - E_r) + (L_{rampe} - E_a/2) = (228 - 24) + (111 - 9) = 306 \text{ m}$$

2) Calcul de la perte de charge unitaire

$$20\% = \frac{\Delta H}{H} \text{ donc } \Delta H = J = 35 * 0.2 = 7 \text{ m.c.e}$$

$$j = \frac{J}{L_{FT}} = \frac{7}{252,375} = 0,0277$$

3) Calcul de diamètre de la porte rampe

$$1) \quad D_{ec} = \sqrt{\frac{4 * q_{pr}}{\pi * v}} \dots\dots\dots(VII.11)$$

$$2) \quad \text{avec : } q_{pr} = n * q_r; \quad V = V_{ec} = (1.25-1.5) \text{ m/s}$$

n : nombre de rampe qui fonctionne en même temps = 3 rampe

$$q_{pr} = 3 * 20,24 = 60,72 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$D_{ec} = \sqrt{\frac{4 * 60,72 / 3600}{3.14 * 1.35}} = 0,125 \text{ m} = 125 \text{ mm}$$

$$2) \quad D = \sqrt{\frac{4 * q_{pr}}{\pi * v}} ; \quad V = V_{max} = 1.8 \text{ m/s}$$

$$D_{ec} = \sqrt{\frac{4 * 60,72 / 3600}{3.14 * 1.8}} = 0,109 \text{ m} = 109 \text{ mm}$$

$$3) \quad \text{calcul du diamètre en tenant compte des pertes de charge : } j = \frac{a * q_{pr}^b}{D^c}$$

$$\text{Avec : } a = 10.294 \text{ n}^2 ; b = 2 ; c = 5.33$$

Et n : coefficient de rugosité

$$\checkmark \quad n = 0.095 \quad ; \text{ pour acier galvanisé + raccord}$$

$$\checkmark \quad n = 0.01 \quad ; \text{ pour un alliage aluminium (raccord)}$$

$$D = \sqrt[5.33]{\frac{10.294 n^2 * q_{pr}^2}{j}} = \sqrt[5.33]{\frac{10.294 * 0.01^2 * (38,52 / 3600)^2}{0.022}} = 0.122 \text{ m} = 122 \text{ mm}$$

Les conduites en PVC ou en Aluminium disponibles sur le marché ont les diamètres suivants :

50 ; 63 ; 69 ; 75 ; 80 ; 90 ; 100 ; 125 ; 150 ; 200 ; 126 ; et 151 mm.

On prend le diamètre le plus grand $D = 125 \text{ mm}$ qui correspond au diamètre normalisé

D= 125mm

$$Q_{pr} = v_{pr} * S \Rightarrow v = \frac{60,72/3600}{\left(\frac{125}{1000}\right)^2 * \frac{3,14}{4}}$$

Alors la vitesse sera $V_{pr} = 1,38 \text{ m/s}$

4) Recalcul de j avec le diamètre choisi

$$j = \frac{a * q_{pr}^b}{D^c} = j = \frac{10,294 * 0,01^2 * (60,72/3600)^2}{0,125^{5,33}} = 0,019 \text{ m/m}$$

$$J_r = \Delta H - j * L_{pr} = 7 - (0,019 * 228) = 2,66 \text{ m}$$

5) Calcul de diamètre de la rampe :

$$1) \quad D_{ec} = \sqrt{\frac{4 * q_r}{\pi * v}} ; \quad V = V_{ec} = (1,25 - 1,5) \text{ m/s}$$

$$D_{ec} = \sqrt{\frac{4 * 20,24/3600}{3,14 * 1,35}} = 0,072 \text{ m} = 72 \text{ mm}$$

$$2) \quad D = \sqrt{\frac{4 * q_r}{\pi * v}} ; \quad V = V_{max} = 1,8 \text{ m/s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 20,24/3600}{3,14 * 1,8}} = 0,063 \text{ m} = 63 \text{ mm}$$

3) calcul du diamètre en tenant compte des pertes de charge :

La perte de charge disponible pour la rampe la plus défavorisée est donnée par la formule suivante :

$$i_r = 7 - i(L_{pr} - E_r) = 7 - \frac{\Delta H}{L_{ft}} (L_{pr} - E_r) = 7 - \frac{7}{252,375} (228 - 24) = 1,34 \text{ m}$$

6) Les pertes de charge unitaires dans la rampe sont

$$i_{r \text{ unitaire}} = i_r / L_{ft} = 5,65/57,375 = 0,098$$

$$D = \frac{5,33}{\sqrt{i_r}} \sqrt{10,294 n^2 * q_{pr}^2} = \frac{5,33}{\sqrt{0,098}} \sqrt{10,294 * 0,01^2 * (20,24/3600)^2} = 0,0609 \text{ m} = 61 \text{ mm}$$

On prend le diamètre le plus grand $D = 72 \text{ mm}$ qui correspond au diamètre normalisé $D = 75 \text{ mm}$

$$Q = V * S \Rightarrow v = \frac{20,24/3600}{\left(\frac{75}{1000}\right)^2 * \frac{3,14}{4}}$$

Donc la vitesse sera $V_r = 1,27 \text{ m/s}$

7) Vérification

Il faut que $(\Delta H_{\text{tot}} = \Delta H_{\text{pr}} + n\Delta H_{\text{p}}) \leq (\Delta H = 7\text{m.c.e})$

n : nombre de rampe qui travail en même temps = 3 rampes

$\Delta H_{\text{tot}} = \Delta H_{\text{pr}} + 3\Delta H_{\text{p}} = 2,66 + 2*1,34 = 6,68\text{m.c.e} \leq 7\text{m.c.e.}$

La règle de Christiansen est donc respectée.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.9: Résultat du calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	228	111
Diamètre (mm)	125	75
Débit (m ³ /h)	60,72	20,24
Vitesse réelle (m/s)	1,38	1,27
Perte de charge totale (m)	2,66	1,34

VII.3.4.2 Calcul de la pression à la tête de la parcelle

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 (3,5bar).

H2 : perte de charge totale de la rampe

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

$H = 35 + 6,68 + 0 = 41,68 \text{ m.} < 47,97 \text{ m}$

Donc on obtient une pression P = 4,1 bars, ce qui est suffisant et disponible pour la borne d'irrigation de notre ilot.

VII.4 Dimensionnement d'un système d'irrigation localisée

L'irrigation localisée, concerne les cultures en ligne, nous l'appliquons dans notre cas à la parcelle contenant les oliviers.

VII.4.1 Données générales

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°18 alimentée par la borne **B 18** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de **4,7** bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de **6.9** ha (200X345).

Culture : olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoin de pointe : 161 mm (Juillet), soit 5,37 mm/jour.

Caractéristique de goutteur

- Débit nominale : 4l/h
- Pression nominale : 10mce
- Espacement des goutteurs 1m
- Le nombre de goutteurs par arbre 2

VII.4.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

1) Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite [2].

On applique alors à l'ETM un coefficient de réduction : K_r
 K_r dépend du taux de couverture du sol (C_s) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après.

➤ **KELLER et KARMELI (1 974) :**

$$K_r = \frac{C_s}{0,85} \dots\dots\dots(VII.12)$$

➤ **La formule de Freeman et garzoli :**

$$K_r = C_s + 0,5(1 - C_s) \dots\dots\dots(VII.13)$$

➤ **La formule de Decroix (CTGREF) :**

$$K_r = 0,1 + C_s \dots\dots\dots(VII.14)$$

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

donc : $K_r = 0,71$ Selon Keller et Karmeli ;

$K_r = 0,80$ Selon Freeman et Garzoli ;

$K_r = 0,70$ Selon Decroix (CTGREF)

On prend le ($K_r = 0,80$)

$$B_{ji} = B_j \cdot K_r \dots\dots\dots(VII.15)$$

$$B_{ji} = 5,37 \cdot 0,8 = 4,3 \text{ mm}$$

2) 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 ^[6]

Le calcul de la réserve facilement utilisable dépend de la texture du sol c'est-à-dire sa capacité de rétention en eau. Puisque nous avons un sol limono-argileuse sa rétention en eau est importante, donc on prend ($Y = 2/3$) comme un degré d'extraction de l'eau du sol

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

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ (28%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (15%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1200 mm)

D_a : densité apparente (1,52)

$$P\% = \frac{n \cdot S_d \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \dots\dots\dots(VII.14)$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre : 2 goutteurs.

S_d : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre : 2m.

S_h : Largeur de la bande humidifiée d'après le catalogue elle est de 1m.

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre

S_a : espacement des arbres sur les rangs

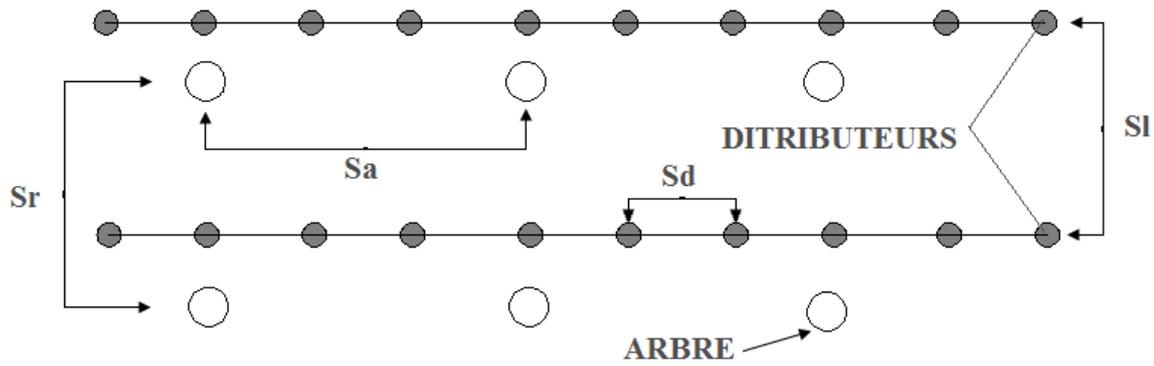


Figure VII.2 : Schéma explicatif des distributeurs

Le calcul de la réserve facilement utilisable dépend de la texture du sol c'est-à-dire sa capacité de rétention en eau. Puisque nous avons un sol limono-argileuse sa rétention en eau est importante, donc on prend ($Y=2/3$) comme un degré d'extraction de l'eau du sol.

$$RFU = (0,28 - 0,15) \frac{2}{3} \cdot 1200 \cdot 1,52 = 158 \text{mm}$$

$$\text{Donc } P\% = \frac{2 * 1 * 2}{4 * 4}$$

$$P\% = 25 \text{ donc } D_p = 158 * 0,25 = 39,5 \text{mm}$$

3) Fréquence des arrosages

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{Bjl} \dots\dots\dots(VII.15)$$

$$Fr = \frac{39,5}{4,3} = 9,18 = 9 \text{jours}$$

4) Calcul de la nouvelle dose réelle

$$Dose_{réelle} = N_j \times Dose_{cor} = 9 \times 4,3 = 38,7$$

D'où

$$Dose_{Brute} = \frac{Dose_{réelle}}{eff \times Cu} = 38,7 / (0,9 \times 0,9) = 47,77 \text{mm}$$

5) Durée d'arrosage

$$\Theta = \frac{Db * Sa * Sr}{n * qg} \dots\dots\dots(VII.16)$$

$$\Theta = \frac{47,77*4*4}{2*4} = 95,54 = \mathbf{96 \text{ heures}}$$

6) Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{96}{9} = 10,67 = \mathbf{11 \text{ heures/jour}}$$

7) Nombre de poste

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{11} = \mathbf{2 \text{ postes}}$$

Donc N = 2 postes

8) Surface de la parcelle (poste)

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{6,9}{2} = \mathbf{3,45 \text{ ha}}$$

VII.4.3. Calcul hydrauliques

1) Conditions hydrauliques

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

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

La variation maximale de la pression :

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

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

Telle que : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

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

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

La répartition de la perte de charge est :

✓ Perte de charge singulière : $p.c.s = 10\% * \Delta H = 0.2 \text{ m}$

- ✓ Perte de charge linéaire : $p.c.l = \Delta H - p.c.s = 1.8 \text{ m}$
- ✓ 1/3 sur les porte- rampes $P.d.c (pr) = 0,6 \text{ m c e ;}$
- ✓ 2/3 sur les rampes $P.d.c (r) = 1,2 \text{ m c e.}$

2) Le débit

$$Q_r = Q_g \cdot N_{g/r}$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

Avec :

- Q_r : Débit de rampe
- Q_g : Débit de goutteur
- $N_{g/r}$: Nombre des goutteurs par rampe
- N_r : Nombre des rampes
- Q_{pr} : Débit de porte rampe

La longueur de la rampe (largeur de terrain): 200m

La longueur de la porte rampe (longueur de terrain) : 345m

La longueur de la conduite secondaire : 100m (maximum)

3) Le nombre d'arbres par rampe

$$N_{\text{arbres}} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{200}{4} = 50 \text{ arbres}$$

4) Nombre des goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} \cdot n = 50 \cdot 2 = 100 \text{ goutteurs}$$

5) Le nombre des rampes

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_{pr}}{E_r} + 1 = \frac{345}{4} + 1 = 87 \text{ rampes}$$

6) Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g \cdot Q_g$$

$$Q_r = 100 \cdot 4 = 400 \text{ l/h}$$

7) Débit de la porte rampe :

$$Q_{Pr} = Q_r \cdot N_r = 400 \cdot 87 = 34800 \text{ l/h}$$

8) Débit de la conduite secondaire

$$Q_{Cs1} = Q_{Pr} \cdot N_{Pr} = 34800 \cdot 1 = 34800 \text{ l/h}$$

VII.4.4 Dimensionnement des canalisations du réseau

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

1) La conduite tertiaire (conduite d'approche)

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses porte-rampes.

2) Porte-rampes :

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

3) 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.

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

$$\varnothing_r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots(VII.17)$$

$$\varnothing_{pr}(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots(VII.18)$$

Avec :

- $P_{dc}(r)$: la perte de charge dans la rampe
- $Q(r)$: le débit de la rampe en l/h
- $L(r)$: la longueur de la rampe en m
- $\varnothing_r(cal)$: le diamètre de rampes
- $\varnothing_{pr}(cal)$: le diamètre de porte rampe

$D_{rampe} = 18,48$ mm, on prend un diamètre normalisé : DN = **20 mm**

$D_{rampe} = 124,22$ mm, on prend un diamètre normalisé : DN = **125 mm**

VII.4.4.1. Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation on applique la formule de « Tison »

$i = 0.478 \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75}$ la perte de charge unitaire

$j = \frac{L}{2,75} i$ la perte de charge le long de la conduite en (m)

Ou : L : la longueur de la conduite ; (m)

Q : débit (l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau :

Tableau VII.10: Diamètre de la rampe

Culture	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Jcal (m)
Olivier	200	100	400	18,48	20	1,19

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

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

Tableau VII.11: Diamètre de la porte rampe

Culture	Lpr (m)	Nr	Qpr (l/h)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Jcal(m)
Olivier	345	87	34800	124,22	125	0.58

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

Remarque :

D'après les deux tableaux précédents, on constate que les pertes de charges totales (**1,77 m**) n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

VIII.4.4.2. Calcul des diamètres des conduites 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 VII.12 : Diamètre des conduites tertiaires

Culture	L(m)	Q (m ³ /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	100	0,0097	1,05	108,45	110	1,02	0,31

VII.4.4.3. La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

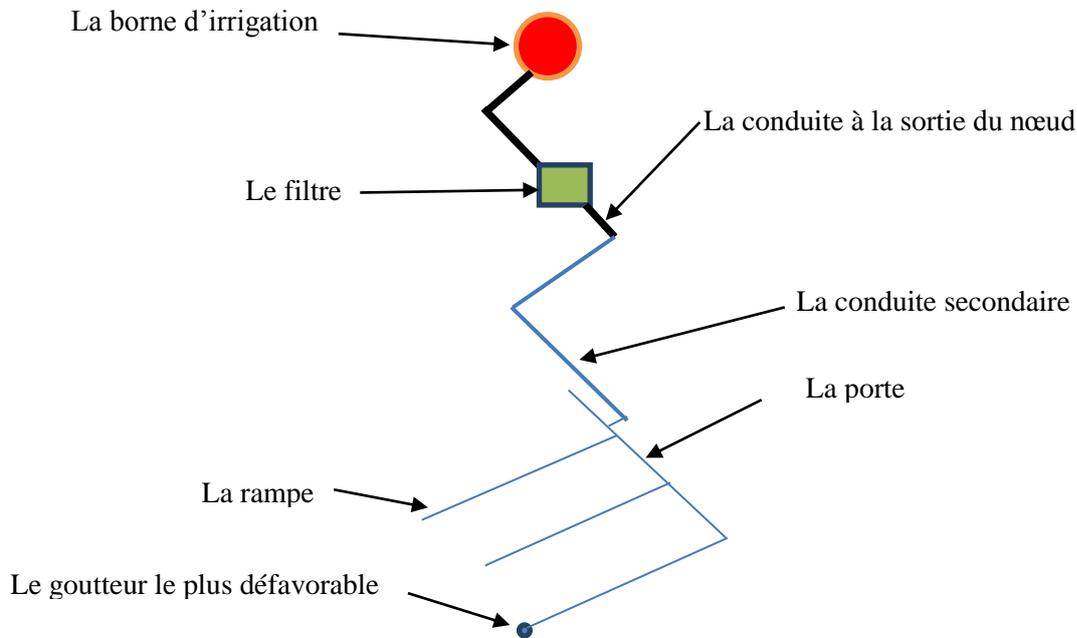


Figure VII.3 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs

Tableau VII 13: Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	200	345	100
Diamètre(m)	20	125	110
Débit (m ³ /s)	1,11 10 ⁻⁴	0,0097	0,0097
Pertes de charge(m)	1,19	0,58	0,31

Remarque

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.

$$P(m) = 10 + 1,19 + 0,58 + 0,31 = \mathbf{12,08\ m.}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1,2 bars ce qui est largement suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

Conclusion

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 18 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 210 ha et une taille moyenne de 11,55 ha.

Lors de ce chapitre on a dimensionné tout le réseau de distribution à partir de réservoir jusqu'à notre zone d'étude, dont le but est d'assurer les besoins en eau des cultures afin d'assurer une pression suffisante.

Nous avons aussi dimensionné la projection des deux techniques d'arrosage (par aspersion et le goutte à goutte).

Conclusion générale

L'objectif visé de notre étude est le dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de Haizer (W.Bouira), avec l'introduction des techniques d'arrosage modernes pour des fins techniques et économiques.

L'analyse des conditions naturelles de la zone d'étude nous donne un climat avec étage bioclimatique semi-aride, et un sol argileux-limoneux moyennement perméable. D'après les résultats caractérisant la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques et agro-pédologiques. L'estimation des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de Penman.

La mobilisation en eau pour le périmètre étudié se fera à partir du barrage Tilesdith (W.Bouira) par l'intermédiaire d'une adduction vers le réservoir projeté. Vue la capacité du barrage en source, nous pourrions dire que les besoins en eau des cultures seront largement satisfaits.

Pour le système de distribution adapté à notre périmètre, on a procédé avec la projection de deux techniques d'arrosage à savoir l'aspersion et le goutte à goutte. On peut dire que ces techniques sont les plus adaptées dans notre pays d'après le contexte actuel de la sécheresse pour une utilisation efficace et rationnelle.

L'acheminement des eaux vers le périmètre et les différentes parcelles s'effectue par gravité. Le calcul a été fait à l'aide du logiciel Epanet afin d'assurer une vitesse admissible d'écoulement et une pression suffisante au niveau des bornes d'irrigation.

Reste à espérer que l'irrigation du périmètre de Haizer verra le jour et que le présent travail servira de document d'inspiration.

Références bibliographiques

- [1] **ANRH** : *Etude hydrodynamique des sols des plateaux de Bled el Madjen, Hamza et El-Hachimia* 1992-1993, Blida.
- [3] **ADE (2008)** : *manuel de description du fonctionnement et de l'exploitation de l'unité de production et de transfert des eaux « Tilesdit »* W.Bouira. Document technique.
- [4] **B.Touaibia (2004)** : *Manuel pratique d'hydrologie*. Presses Madani Frères, 32p.
- [5] **Tiercelin (2006)** : *Traité d'irrigation*. Lavoisier tec & doc, Paris. p1011.
- [6] **Ollée et Poirée (1981)** : *Irrigation (les réseaux d'irrigation, théorie, technique économie des arrosages)* .Ed Eyrolles, Paris 445p.
- [7] **DDZASA-MADR (2013)** : *Conception d'un projet d'irrigation*. Conseils pratiques pour l'investissement en irrigation, Alger. Document technique 17p.
- [8] **FAO (2001)** : *FAO d'irrigation et drainage. Bulletin technique n° 24* tableau 39 (nouvelle version).

Annexe 01

Série pluviométrie (station de Bouira 1980-2014) :

année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1980	18	20,1	70,8	121,2	5,5	34,8	44,7	60,1	7,7	7,8	0	38,4	429,1
1981	11,6	27	7,2	32	85,9	43,3	35,8	31,9	52,4	10,5	0	0	337,6
1982	15	45,7	74,2	72	0	13,9	12	41,3	4	2,7	10,6	29,3	320,7
1983	0	2	13,9	11,8	36,6	59,4	19,4	30,6	27,1	20,5	0	6	227,3
1984	11,3	42,9	11,2	37,4	42,7	17,9	68,7	7,2	46	0	2,6	0	287,9
1985	25,3	44,1	46,6	17,4	109,2	24,9	70,2	6,1	4,1	14	0	0	361,9
1986	40	46,7	23,1	72,9	43,2	95,5	32,6	4,7	8,3	8,8	9,1	0	384,9
1987	0	21,7	55,3	19,5	17,9	22,3	35,9	46,6	9,9	1	0	0	230,1
1988	7,1	1,3	52,9	114,3	1	10,6	20,3	0	33,5	6	1	0	
1989	71,8	6,1	20,2	11,8	32,1	0	0	13,5	65,4	16	44,6	0	
1990	19,7	15,5	26,7	54,5	36,3	59,2	39,4	0	0,2	0	0	0	251,5
1991	12,9	44,1	4	0	42,7	0	31,1	86,2	94,1	12,5	13,7	0	341,3
1992	22,5	22,4	36,6	42,1	10	16,2	4,5	26,5	25,2	5,2	0	2,3	213,5
1993	67,2	21,5	25,6	30,2	11,3	40,1	12,4	22,1	6,3	0	0	0,7	237,4
1994	76,8	27,1	28,9	35,2	120,3	11,8	63,6	5,4	1,1	28,1	0	16	414,3
1995	0	42,5	3	18,4	74,2	103,4	30,7	24,3	41,8	1,7	3,3	0	343,3
1996	31,2	1,6	14,5	36,6	19,3	12,6	15,8	35,8	19,8	0	13	14	214,2
1997	33,3	37	76,1	23	15,1	37,9	5,5	40,9	113,8	0,5	0	0,9	384
1998	17,3	16,5	30,3	7,6	43,6	12,9	20,4	0	7,1	0	0,8	0,4	156,9
1999	24,8	19,3	16,5	75,3	0	0	1,9	6,9	24,3	0	0	0	169
2000	17,9	45,4	40,1	43,1	151,6	27,6	6,5	43,2	4,8	0	0	2,9	383,1
2001	19,2	2,7	7,8	1,2	13,1	13,1	0	6,5	1,2	5,4	4,2	24,5	98,9
2002	5,2	8,6	83,2	155	131	19,3	0	99,5	2,1	6,6	36,1	36,1	582,7
2003	16,6	53,2	44,3	104,8	44,3	12,8	21,1	52,9	100,2	7,4	0	11,2	468,8
2004	11,6	13,4	44,4	67,7	148,8	42,8	12,2	6,2	0	1,3	0	4,1	352,5
2005	20,4	33,7	33,6	33,1	41,6	38,4	17,5	18	50,6	0	15,5	0	302,4
2006	32,4	0,9	27	46,3	9,7	28,7	90,9	124,5	17,3	5,2	0,5	3,4	386,8
2007	39,4	102	44,7	8,7	6,9	37,4	54,1	9,4	38,8	16	0	1,2	358,6
2008	41,2	61,5	32,9	56,1	78,3	22,8	46,8	72,9	7,6	1,5	3,1	6,2	430,9
2009	60,8	6,1	44	54,3	26,8	76,5	45	13,8	39,3	29,1	0	12	407,7
2010	2,1	52,2	48	11	25	61,6	34,2	53,3	71,9	21,3	0,6	2,9	384,1
2011	4,4	30,2	42,6	17,6	28,6	48,5	39,3	79,6	18,3	0,4	0		
2012	0	0	0	0		70	56,2	37,8	58,3	16,8	0	1,8	
2013	45,3	44,5	47,8	20,3	47,8	18,7	88,7	0	15,3	44,5	0	0	372,9
2014	12,7	10,3	21	91,7	56,5	108,5	3,6	0		2,4	15	3	
Total	835	969,8	1199	1544,1	1556,9	1243,4	1081	1107,7	1017,8	293,2	174	217,3	9834,3
moyen	24,56	28,52	35,26	45,41	45,79	36,57	31,79	32,58	29,94	8,62	5,11	6,39	330,56

Annexe 02

LOI DU KHI-DEUX AVEC k DEGRÉS DE LIBERTÉ QUANTILES D'ORDRE $1 - \gamma$

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

Si k est entre 30 et 100 mais n'est pas un multiple de 10, on utilise la table ci-haut et on fait une interpolation linéaire. Si $k > 100$ on peut, grâce au théorème limite central, approximer la loi $\chi^2(k)$ par la loi $N(k, 2k)$.

Annexe 03

7

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL K_c EN FONCTION DU STADE DE CROISSANCE DE DIFFERENTES CULTURES ANNUELLES

Tableau n° 3

cultures annuelles	POURCENTAGE DE LA PERIODE DE CROISSANCE									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Betterave à sucre	0,45	0,50	0,70	0,90	1,05	1,15	1,25	1,28	1,15	1,10
Coton	0,20	0,30	0,40	0,60	0,90	1,00	1,00	0,90	0,700	0,60
Haricots	0,50	0,65	0,80	1,00	1,10	1,15	1,10	0,95	,30	0,70
x Mais Grains	0,45	0,55	0,65	0,80	1,00	1,08	1,08	1,02	0,95	0,85
Mais Fourrage	0,45	0,50	0,60	0,70	0,90	1,02	1,10	1,10	1,05	0,85
Maraiçage	0,35	0,50	0,65	0,75	0,80	0,82	0,80	0,75	0,65	0,50
Melons	0,45	0,58	0,60	0,70	0,80	0,82	0,80	0,75	0,72	0,70
Pomme de terre	0,35	0,45	0,60	0,85	1,10	1,25	1,35	1,38	1,35	1,25
Sorgho grain	0,30	0,50	0,70	0,50	1,10	1,05	0,95	0,80	0,70	0,60
Tomates	0,45	0,45	0,50	0,85	0,85	1,00	1,02	0,95	0,85	0,75

Annexe 04

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS (Hemisphere Nord)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agrumes	0.64	0.66	0.88	0.70	0.71	0.72	0.72	0.78	0.88	0.67	0.86	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques	0.17	0.25	0.40	0.65	0.68	0.95	0.90	0.80	0.50	0.30	0.20	0.15
Arbres fruitiers avec couches herb	0.65	0.75	0.85	0.85	1.10	1.15	1.10	1.05	0.85	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.78	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.65
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.92	0.90	0.88	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.95	1.00	0.85	0.65	0.65	0.30	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.65	0.50	0.35	0.20

Annexe 06

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 07



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 m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,6
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,28
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	4,78
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	6,7

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)