

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

**Etude D'extension du périmètre d'irrigation de Bir
Bouhouche sur une superficie de 562 ha
W. wilaya de SOUK AHRAS**

PRESENTE PAR :

M^r. LOUDA IDIR

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r . RASSOUL ABDELAZIZ	M.C.A	Président
M ^{me} . AZIEZ WAHIBA	M.A.A	Examinatrice
M ^r . YAHIAOUI SAMIR	M.A.B	Examineur
M ^r . KERID RACHID	M.A.A	Examineur
M ^r . TARIK BENKACI	M.C.B	Promoteur

Septembre - 2015

Dédicaces



Je dédie Ce Travail...

✓ *À MES CHERS PARENTS*

*Je ne peux exprimer mon respect, mon amour
et ma considération pour les sacrifice que vous avez consenti pour
mon instruction et mon bien être.*

✓ *A MES CHERS FRERES*

YACINE, YUCEF, YAZID, AGHILES.

✓ *A TOUTE MA FAMILLE SANS EXCEPTION.*

✓ *À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT
PARTICIPÉ A L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL.*

✓ *À MES AMIS QUI M'ONT ACCOMPAGNE TOUS
AU LONG DE MON PARCOURS*

À TOUS CEUX QUE J'AI OUBLIE DE CITER





Remerciement

*Je remercie **mes parents** pour tout le soutien et l'amour qu'ils me portent depuis mon enfance et j'espère que leur bénédiction m'accompagne tous le long de mes expériences.*

*Mon Promoteur **Mr BENKACI ALI TAREK** pour avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse. Je lui exprime mes vifs remerciements.*

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce projet, ainsi que ceux qui ont bien voulu l'évaluer.

*Je remercie tous les **enseignants de l'ENSH** pour m'avoir transmis leur savoir.*

Je remercie encore tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de cette étude.

Merci à tous



ملخص:

عرض العجز الغذائي التي تعرف منطقة دراستنا والإمكانات الزراعية التي تميز ذلك نقترح أن تصحح في إطار برنامج تهيئة الأراضي الزراعية الواقعة بإقليم ولاية سوق أهراس قمنا بدراسة توسعة لشبكة السقي الخاصة بالمحيط الزراعي لبئر بهوش والتي يتم تزويدها بالمياه من القناة الرئيسية لشبكة السقي الخاصة بمحيط قصر صباحي الزراعي. الأراضي الزراعية المعنية تبلغ مساحتها 562 هكتار وهي موجهة لزراعة الحبوب ، النباتات والأشجار والتي تم اختيارها انطلاقا من خصائص التربة ومختلف العوامل الزراعية.

الهدف من الدراسة هو زيادة المردود الزراعي باستعمال أنجع طرق السقي وإستغلال المصادر المائية أحسن إستغلال وذلك بإعتماد نظام سقي حديث أثبتت التجربة جودته على غرار السقي بالتقطير و السقي بالرش المحوري واللذان يعرفان بنجاعتها وجودة المحصول المسقي بهما.

Résumé :

Vue le déficit alimentaire que connais la région de notre étude et les potentialités agricole dont elle se caractérise alors nous nous proposons d'y remédiez

Dans le cadre de l'opération d'aménagement du périmètre hydro-agricole dans la wilaya de Souk Ahras, Nous avons étudié l'extension du périmètre d'irrigation de Bir Bouhouche qui est alimenté à partir de trois piquages réalisés sur une conduite qui alimente le périmètre de Ksar Sbahi. Le périmètre étudié est d'une superficie de 562 ha destinée à la culture des céréales, maraichères et arboriculture. Ces cultures ont été choisies par rapport aux caractéristiques du sol et les différents paramètres agronomiques. L'objectif est d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleures systèmes d'irrigation, et une meilleure gestion des ressources en eau, et cela par l'adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir: l'irrigation localisée ou l'aspersion. Ces systèmes présentent de multiples avantages, comme l'efficacité de l'eau et l'obtention de rendements importants.

Summary:

View the food deficit that know the region of our study and the agricultural potential which it characterizes so we propose that it Rectify.

As part of the development operation of hydro-agricultural perimeter in the wilaya of Souk Ahras. We studied the extension of the irrigation area Bir BOUHOUCHE which is irrigated from three nozzles made on a pipe that feeds the perimeter of Ksar Sbahi .the perimeter is studying an area of 562 hectares for the cultivation of cereals, market garden crops and arboriculture.ces were chosen in relation to the soil characteristics and different agronomic parameters, the objective is to increase agricultural productivity through the use of better

irrigation systems, and better management of water resources and that by the adoption of modern irrigation systems that have imposed their reliability, namely: localized irrigation or sprinkling. These systems have many advantages, such as efficiency of the water and obtaining high yields.

Sommaire :

Chapitre I : Présentation du périmètre

Introduction.....	1
I.1) Localisation du périmètre	1
I.2) Hydrographie	4
I.3) Géologie et géomorphologie.....	4
I.4) Etude socio-économique de la région	6
I.4.a) Population.....	6
I.4.b) Agriculture.....	7
I.5) Caractéristique climatologique de la région d'étude.....	8
I.5.1) Caractéristique de la station météorologique.....	8
I.5.2) Température de l'aire.....	8
I.5.3) Pluviométrie	9
I.5.4) L'humidité de l'air	10
I.5.5) Le vent	11
I.5.6) Insolation	12
I.5.7) Evaporation	12
I.5.8) Grêle blanche –neige	13
I.5.9) Le sirocco	13
I.6) Classification du climat	13
I.6.1) Indice de Martonne	13
I.6.2) Classification du climat selon le diagramme d'Emberger.....	14
I.6.3) Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen.....	15
Conclusion	16

Chapitre II : Ressource en eau et hydrologie

Introduction.....	17
II.1) Ressource en sol	17
II.2) Classification des sols	17
II.3) Caractéristique morphologiques	19
II.4) Analyse physico-chimique des sols.....	19
II.4.1) Interprétation des résultats	21
II.5) Détermination des aptitudes culturales des sols	21
II.5.1) Interprétation	23
II.6) Etude foncière	24

Chapitre III : Ressource en sol

Introduction..... 25

III.1) Ressources en eau..... 25

III.1.1) Présentation du bassin versant du Seybouse25

III.1.2)les grand ensemble physique du bassin versant de la Seybouse 26

III.1.3) Présentation du bassin de oued charef..... 27

III.1.4) Caractéristique hydraulique du basin de oued charef29

III.2) Qualité de l’eau d’irrigation30

III.2.1) La conductivité électrique..... 31

III.2.2) Coefficient d’adsorption du sodium S.A.R31

III.2.3) Composition chimique de l’eau d’irrigation31

III.3) Etude hydrologique..... 33

III.3.1) Choix de la station pluviométrique33

III.3.2) Homogénéité de la série pluviométrique.....34

III.4) Ajustement statistique des pluies36

III.4.1) Ajustement des pluies annuelles à la loi normale et log-normale.....36

III.4.2) Test validité d’ajustement à une loi38

III.4.4) Détermination de l’années de calcul39

Conclusion40

Chapitre IV : besoin en eau des cultures

Introduction.....41

IV.1) Calcul des Besoins en eau..... 41

IV.1.1) L’évapotranspiration.....41

IV.1.2) Calcul de l’évapotranspiration de référence (ET0) par la formule Penman.....43

IV.1.3) Calcul des pluies efficaces44

IV.2) Occupation des sols et choix des cultures45

IV.2.1) Assolement et rotation des cultures.....46

IV.3) Détermination des Besoins en eau des cultures.....49

IV.3.1) Calcul du débit caractéristique56

IV.3.2) Evaluation du débit caractéristique59

IV.3.3) Estimation des besoins en eau totaux du périmètre59

Conclusion61

Chapitre V : Etude du système d’adduction

Introduction.....62

V-1) Découpage des îlots d’irrigation 62

V.1.1) Taille des îlots d’irrigation62

V.2) Mode du tracé et implantation des bornes63

V.2.1) Rôle et fonction de la borne d’irrigation64

V. 3) calcul du débit fictif continu	64
V.3.1) calcul du débit caractéristique.....	64
V.3.2) Calcul du débit aux bornes	64
V.3.3) Choix du type de borne.....	64
V.3.4) Choix du diamètre de la borne.....	65
V.4) Modalités de desserte de l'eau	68
V.4.1) Distribution d'eau à la demande	68
V.4.2) Distribution au tour d'arrosage	68
V.4.3) Tour d'arrosage à la borne	68
V.4.4) Tour d'arrosage au niveau de l'antenne.....	68
V.5) Loi de débit	68
V.6) Description du schéma d'aménagement du réseau de distribution	70
V.6.1) Périmètre existant	70
V.6.2) Station de pompage	70
V.6.3) Variantes d'aménagement	72
V.6.4) Schéma de distribution	72
V. 6.5) Tracé du réseau de distribution	73
V.6.6) Choix du tracé	73
V.7) Calcul hydraulique des canalisations.....	74
V.7.1) Choix du matériau des conduites.....	74
V.7.2) Caractéristiques des canalisations	74
V.7.3) Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire	75
V.7.4) Vitesses admissibles	75
V.7.5) Calcul des diamètres	76
V.7.6) Calcul des pertes de charge.....	76
V.8) Détermination de la pression en tête du réseau	77
V.8.1) Dimensionnement des différents équipements.....	83
Conclusion	87

Chapitre VI : Etude des techniques d'irrigation

Introduction	88
VI.1) Les différentes techniques d'arrosages.....	88
VI.1.1) L'irrigation de surface	88
VI.1.2) L'irrigation par aspersion	90
VI.1.2.1) Caractéristiques de l'irrigation par aspersion	91
VI.1.2.2) Les appareils d'aspersion.....	92

VI.2) L'irrigation localisée.....	94
VI.2.1) Etude théorique de l'irrigation par goutte à goutte	95
VI.3) Composition D'une installation du système goutte à goutte	95
VI.3.1) La conduite principale.....	96
VI.3.2) Différents types de distributeurs	96
VI.4) Choix de la technique d'irrigation	96
CONCLUSION	97

Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Introduction.....	98
VII.1) Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion	98
VII.1.1) Dimensionnement théorique	99
VII.1.2) Calcule des caractéristique des équipements d l'asperseur	101
VII.2) Dimensionnement hydraulique des rampes	102
VII.2.1) Calcul des pertes de charge	102
VII.3) Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte.....	105
VII.3.1) Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	105
VII.3.2) Calculs hydrauliques	108
VII.4) Le débit	108
VII.4.1) Dimensionnement des canalisations du réseau	109
VII.4.2) Vérification des pertes de charges.....	110
VII.4.3) Calcul du diamètre de la rampe	110
VIII.4.4) Calcul de Diamètre de la porte rampe	111
VIII.4.4) Calcul des diamètres des conduites tertiaire	111
VIII.4.5) Calcul de diamètre des conduites tertiaires	111
VII.5) La pression d'eau à la borne de distribution	111
Conclusion	113

Chapitre VIII : Evaluation du projet

Introduction	114
VIII.1) Implantation du tracé des tranchées sur le terrain.....	114
VIII.2) Evaluation du cout du projet	116
VIII.3) Devis quantitatif et estimatif du réseau d'irrigation de Bir Bouhouche	117
Conclusion.....	123

Liste des tableaux :

Chapitre I : présentation de la région d'étude

Tableau N° I-1 : Répartition de la population par sexe et par commune.....	7
Tableau N° I-2 : Répartition des terres agricoles irriguées par commune.....	8
Tableau N° I-3 : Températures de l'air maximales moyennes mensuelles (1989-2011).....	9
Tableau N° I-4 : Caractéristiques de la station pluviométrique.....	9
Tableau N° I-5 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles. Période (1971-2008)...	10
Tableau N° I-6 : Moyenne mensuelles de l'humidité de l'air.....	10
Tableau N° I-7 : Données des vitesses du vent de la zone d'étude.....	11
Tableau N° I-8 : Insolation moyenne mensuelle (1989-2011).....	12
Tableau N° I-9 : Evaporations moyennes mensuelles (1992-1999).....	12
Tableau N° I-10 : Classification de climat selon Mr Martonne.....	13
Tableau N° I-11 : Les précipitations mensuelles et la température (1971-2008).....	15

Chapitre II : Ressources en sol

Tableau N° II-1 : L'analyse des profils au laboratoire.....	20
Tableau N° II-2 : Propriétés hydrodynamiques des sols.....	21
Tableau N° II-3 : Les aptitudes culturales associées à chaque zone.....	22

Chapitre III : Ressource en eau et hydrologie

Tableau N° III-1 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant de Seybouse.....	28
Tableau N° III-1 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant de Seybouse (Suite)..	29
Tableau N° III-2 : Les caractéristiques du barrage de oued charef	30
Tableau N° III-3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	31
Tableau N° III-4 : Classification des eaux en fonction du S.A.R	32

Tableau N° III-5 : Composition chimiques des eaux superficielles	31
Tableau N° III-6 : Coordonnées de la station pluviométrique berriche Oum El Bouaghi	34
Tableau N° III-7 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique	35
Tableau N° III-8 : Résultat de l'ajustement pour les deux lois	39
Tableau N° III-9 : Résultat du test KHI carrée pour les deux lois utilisées	39
Tableau N° III-10 : Pluviométrie moyenne estimée pour l'année de calcul	39

Chapitre IV : les besoins en eau des cultures

Tableau N°IV-1 : Calcul de l'ET0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT	44
Tableau N°IV-2 : Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.....	45
Tableau N°IV-3: L'assolement biennal des cultures en plein champ en irriguées.....	47
Tableau N°IV-4: Calendrier cultural selon l'assolement choisi	48
Tableau N°IV -5: Calcul des besoins en eau du Blé.....	49
Tableau N°IV-6: Calcul des besoins en eau de la luzerne.....	50
Tableau N°IV-7: Calcul des besoins en eau de l'oignon/ail.....	50
Tableau N°IV-8: Calcul des besoins en eau de la pomme de terre de culture de saison.....	51
Tableau N°IV-9: Calcul des besoins en eau de la pomme de terre d'été.....	51
Tableau N°IV-10: Calcul des besoins en eau du poivron/piment.....	52
Tableau N°IV-11: Calcul des besoins en eau de la tomate.....	52
Tableau N°IV-12: Calcul des besoins en eau du pommier/poirier.....	53
Tableau N°IV-13: Calcul des besoins en eau de l'orge en vert.....	53
Tableau N°IV-14: Calcul des besoins en eau de la tomate.....	54
Tableau N°IV-15: Calcul des besoins en eau des petits pois.....	54
Tableau N°IV-16: Calcul des besoins en eau de l'haricot.....	55
Tableau N°IV-17: Calcul des besoins en eau du navet.....	55
Tableau N°IV-18 : Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures pour l'assolement n°1...57	57

Tableau N°IV -19 : Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures pour l'assolement n°2..58

Tableau N°IV-20 : Besoin en eau d'irrigation des cultures60

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tableau N°V-1 : Caractéristiques des bornes.....65

Tableau N°V-2 : Débits au niveau de chaque ilot.....65

Tableau N°V-3: Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pressions).....78

Tableau N°V-4 : Vannes de sectionnement Bir Bouhouche83

Tableau N°V-5: Choix de la ventouse.....84

Tableau N°V-6 : Ventouse par diamètre et classe de pression – Bir Bouhouche.....84

Tableau N°V-7 : Choix de la vidange.....84

Tableau N°V-8 : Vidange par diamètre et classe de pression – Bir Bouhouche.....85

Tableau N°V-9 : Différentes valeurs de K étant les suivantes.....85

Tableau N°V-10: Choix des soupapes de décharges.....86

Tableau N°V-11: Soupape de décharge par diamètre classe de pression – Bir Bouhouche...86

Conclusion87

Chapitre VI : Etude des techniques d'irrigation

Tableau N°VI-1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....97

Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Tableau N°VII.1: Résultat de calcul pratique d'aspersion.....104

Tableau N°VII-2: Diamètre de la rampe.....110

Tableau N°VII-3: Diamètre porte rampe.....111

Tableau N°VII-4 : Diamètre des conduites tertiaires.....111

Tableau N°VII-5: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable..112

Chapitre VIII : Evaluation du projet

Tableau N° VIII-1 : Factures pro-forma de conduite d'adduction.....117

Tableau N° VIII-2 : Factures pro-forma des pièces du réseau de distribution.....119

Tableau N° VIII-3 : Factures pro-forma des travaux divers.....122

Liste des figures :

Chapitre I :

Figure I.1: Situation géographique du périmètre de Bir Bouhouche.....	3
Figure I.2 : Vue aérienne de la parcelle à aménager	4
Figure I.3: Carte géologique de la zone.....	6
Figure I.4 : Moyennes mensuelles et annuelle des températures.....	9
Figure I.5 : Evolution des pluies mensuelles	10
Figure I.6 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative en air.....	11
Figure I.7: Variation de la vitesse moyenne du vent.....	11
Figure I.8 : Evolution de l'évaporation moyenne mensuelle	12
Figure. I.9 : Diagramme bioclimatique d'Emberger	15
Figure I.10 : Climogramme de Gaussen.....	16

Chapitre II : Ressource en sol

Figure II.1 : Carte des pédologie de la zone d'étude.....	18
Figure II-2 : Carte d'aptitudes culturales.....	23

Chapitre III : Ressources en eau et hydrologie

Figure III.1 : Localisation du bassin versant du Seybouse	25
Figure III.2 : Présentation et limites du bassin versant du Seybouse.....	27
Figure III.3 : Présentation du bassin d'oued charef	28
Figure III.4 : Diagramme de classification de l'eau d'irrigation	33
Figure III.5 : Ajustement des pluies annuelles à la loi normale	37
Figure III.6 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-normale	37

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Figure V.1: Représentation graphique de la loi de débit.....	69
---	----

Figure V.2 : Schéma de station de pompage type flottante.....	70
Figure V.3 : Schéma du périmètre Bir Bouhouche	71
Figure V.4 : Schéma d'adduction de l'extension du périmètre de Bir Bouhouche.....	73

Chapitre VI : Etude des techniques d'irrigation

Figure VI.1 : Irrigation par planche	89
---	----

Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Figure VII.1 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs.....	112
--	-----

Liste des planches

Planche 01 : Plan de situation de la zone d'étude

Planche 02 : Projection du réseau de distribution

Planche 03 : Projection du réseau de distribution

Planche 04 : Profil en long de la conduite maitrisasse M1

Planche 05 : Réseau d'irrigation par aspersion

Introduction générale

L'eau constitue à la fois un élément essentiel et un facteur stratégique au développement du secteur agricole; sa disponibilité conditionne de manière déterminante l'efficacité et la rentabilité des récoltes, et celles et des spéculations agricoles.

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

L'extension des superficies irriguées et la modernisation de l'agriculture jouent un rôle déterminant dans le processus de développement économique et social du pays.

Un tel objectif permet d'espérer un accroissement du PIB national, une économie en devises, une augmentation des revenus des exploitants, une création d'emplois ainsi qu'une consolidation de la sécurité alimentaire.

L'objet de ce mémoire rentre dans le contexte cité plus haut, dans le cadre de l'aménagement hydro-agricole de la région de Bir Bouhouche dans la wilaya de Souk Ahras à l'Est du pays où l'étude consiste à dimensionner un réseau d'irrigation pour l'extension du périmètre, afin d'optimiser la ressource en eau et d'assurer les besoins en eau des cultures mises en place.

Sachant que la région de Bir Bouhouche 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.

La mobilisation de l'eau au niveau du barrage de l'oued Charef dans la wilaya de Souk Ahras, 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.

La stratégie de développement agricole adoptée se base essentiellement sur l'utilisation rationnelle de la ressource en eau.

Enfin, dans ce contexte nous avons étudié les différentes étapes indispensables au dimensionnement d'un réseau d'adduction : depuis le barrage aux différentes parcelles, ainsi que l'introduction de systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

Chapitre I :

Conditions naturelles de la zone d'étude

Chapitre I : Conditions naturelles de la zone d'étude

Introduction

Les projets d'irrigation exigent avant toute démarche une bonne analyse des conditions naturelles. Ce chapitre fera l'objet d'une présentation globale du site d'étude, du point de vue situation géographique, conditions climatiques et socio-économique.

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

I.1) Localisation du périmètre d'étude :

La zone d'étude est située dans la commune de Bir Bouhouche, dans la Daïra de Bir Bouhouche, wilaya de Souk-Ahras.

Le périmètre à aménager est subdivisé en deux parties :

- 1) La première partie est située à environ cinq km au Nord du chef-lieu de la commune, rattachée à la commune de Bir Bouhouche. Elle est limitée par :
 - Au Nord : RN 32 sur 2761 m et d'autres espaces agricoles qui se prolongent jusqu'au barrage Foum El Khanga.
 - Au Sud : la zone urbaine de l'agglomération du chef lieu.
 - A l'Est : les communes : Sedrata et Zouabi.
 - Au Sud Ouest et à l'Ouest : la commune de Ksar Sbahi.
- 2) La seconde, se trouve entre les deux routes ; l'une au Nord, c'est l'ancienne route qui rattache la wilaya de Souk Ahras et Oum El Bouaghi, et l'autre est la route secondaire qui relie la route RN 32 avec la commune de Settara au Sud de l'oued Settara du coté Sud de cette partie du périmètre.

La carte de situation de la zone d'étude est présentée dans la figure I.1 :

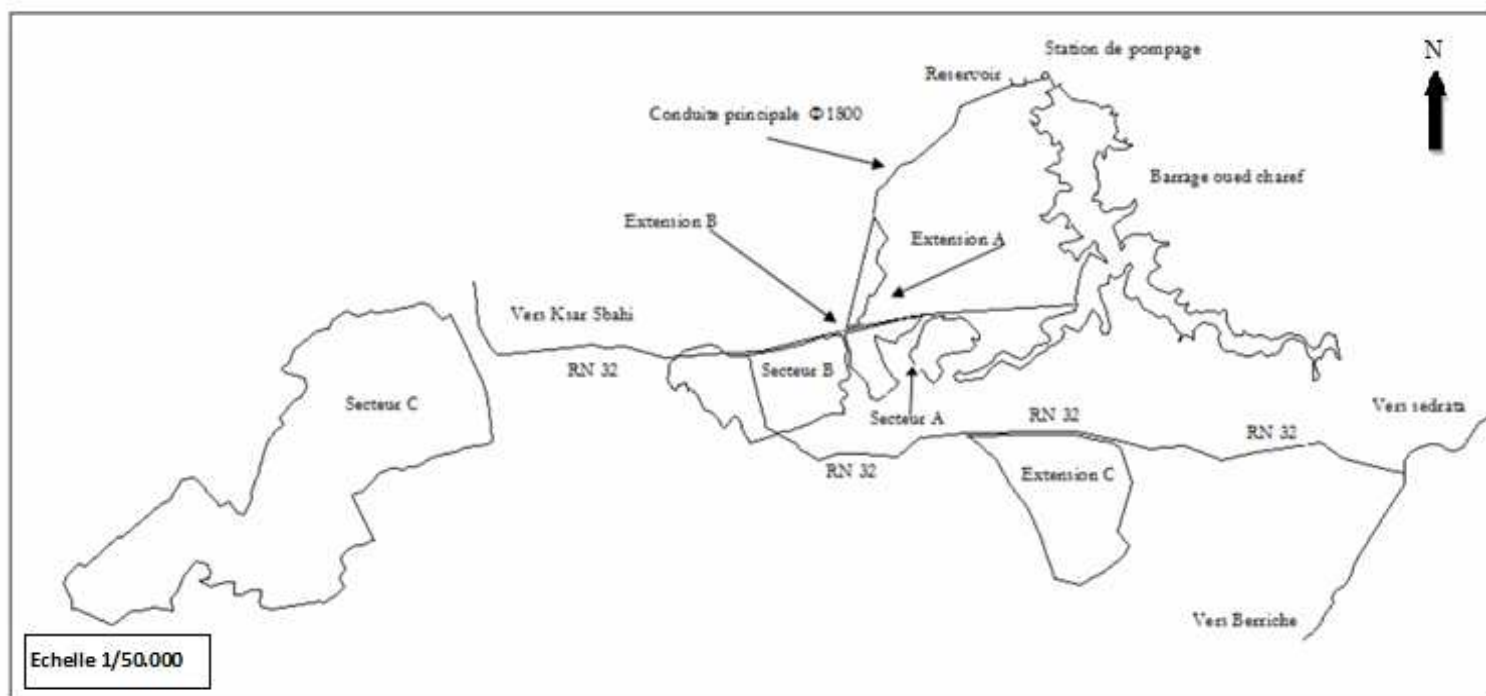


Figure I.1: **Situation géographique du périmètre de Bir Bouhouche.**

Source : ONID

Le périmètre d'étude présente une superficie totale de 562 ha.

La figure ci-dessous représente une photo aérienne de la parcelle en question :

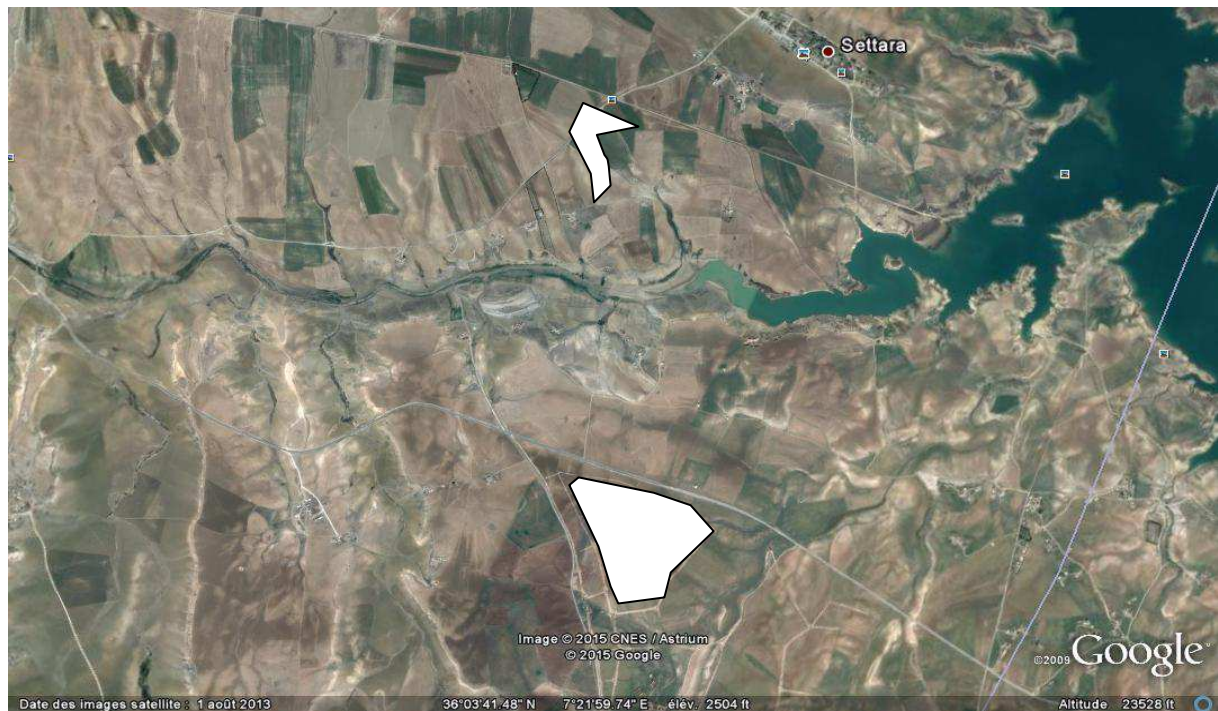


Figure I.2 : Vue aérienne de la parcelle à aménager (Source : Google Earth)

I.2) Hydrographie :

Notre zone d'étude s'étend sur quelques kilomètres de plaine qui se situent dans le bassin de l'oued Charef (Sedrata, Bir bouhouche). Les différents oueds et leurs affluents convergent tous vers l'exutoire où est installée la station hydrométrique Moulin Rochefort. C'est en ces endroits que l'oued Charef proprement dit a réalisé sa capture par érosion régressive à travers le Tell méridional pour venir récupérer les eaux des hautes plaines autrefois sans écoulement vers la mer. Plusieurs oueds drainent aujourd'hui ces grands espaces.

A l'Est, l'oued Tiffech suit l'axe de la plaine synclinale du même nom. Le synclinal qui forme la plaine de Khamissa est traversé par l'oued Crab alimenté par les oueds Behezz, l'oued Ain Sfa et l'oued Es Souk vers lesquels s'écoulent les eaux provenant du versant Sud de la chaîne Atlasique.

I.3) Géologie et géomorphologie :

La région d'étude qui s'insère dans les monts de la Medjerda constitue une zone charnière entre deux domaines structuraux distincts; l'Atlas Saharien Oriental au sud, qui se poursuit en Tunisie par l'Atlas Tunisien, il s'agit d'une chaîne de montagne caractérisée par des anticlinaux et synclinaux perchés orientés suivant une ligne directrice SW-NE.

L'Atlas Saharien est composée d'une série de plis synclinaux larges et d'anticlinaux plus étroits datant du crétacé. Leur couverture est généralement mince, elle présente une épaisseur de quelques milliers de mètres au maximum. Les plis organisés en échelons et formant du SW vers le NW.

La formation géologique est prédominée par les formations du crétacé (notamment mésocrétacé). Celle-ci se trouve partout à la périphérie des noyaux anticlinaux qui forme des dômes. Elles sont parfois en partie ou même en totalité masquées par des sédiments plus récents, qui se revêtent toujours par des traces discernables sous cette couverture. Ces formations notamment marno-calcaire constituent une transition entre le régime « anticlinal » et celui « synclinal » assez constant des terrains plus récents. Ces derniers du mio-pliocène, du miocène et quaternaire, correspondent à une phase d'accumulation intensive des dépôts détritiques. Sur la base de ce substratum géologique assez varié, deux principales caractéristiques lithologiques ont été identifiées dans cette zone à savoir :

-Une lithologie fortement résistante composée essentiellement de calcaire et de dolomie dure, rencontrée surtout au niveau des principaux reliefs.

-Une lithologie peu ou moyennement résistante constituée de calcaires friables, de marnes, de conglomérats et de dépôts alluviaux aux niveaux des vallées et cuvettes encaissées.

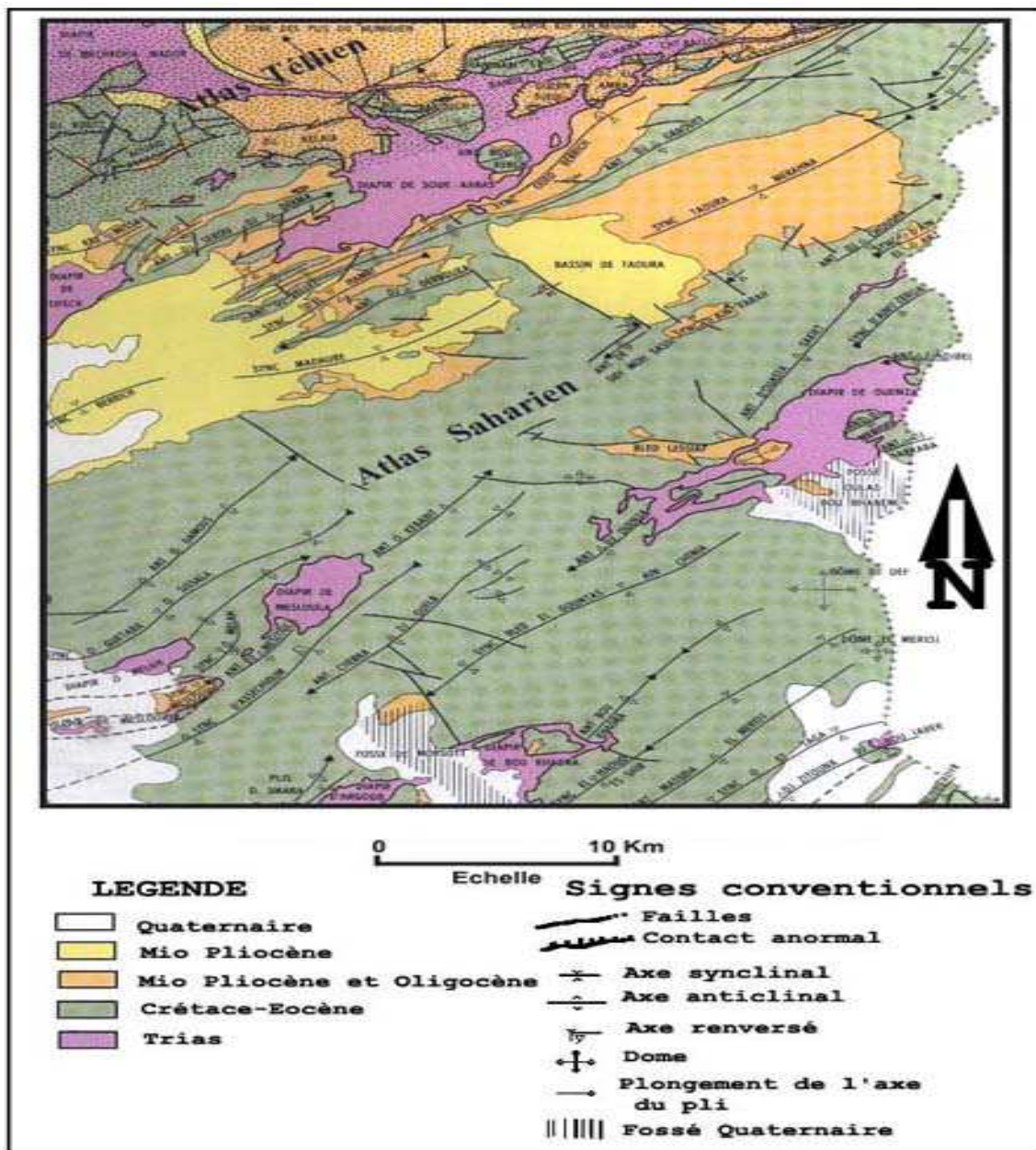


Figure I.3: Carte géologique de la zone d'étude Source (ONID)

I.4) Etude socio-économique de la région :

La wilaya de Souk Ahras est une wilaya à vocation agricole recelant d'énormes potentialités sur les plans culturels. Pour notre projet, il s'agit de faire une étude d'extension du périmètre de Bir Bouhouche sur une superficie de 562 ha.

a) Population :

La Daïra de Bir Bouhouche compte 11 888 habitants. Le tableau suivant donne la répartition de la population par sexe et par commune.

Tableau N° I-1 : Répartition de la population par sexe et par commune

Daïra	Superficie (km ²)	POPULATION			Densité (hab/km ²)
		Masculin	Féminin	Total	
Bir Bouhcouche	636,6	6246	5642	11888	60

Source : monographie de la wilaya souk Ahras

b) Agriculture :

L'activité agricole de la wilaya de Souk Ahras et la surface agricole utile est en plein essor, où la céréaliculture est la plus importante (à plus de 135 000 hectares), cette richesse participe d'une manière significative dans l'économie du pays notamment à travers la production animale (production de viandes blanches 12 500 qx et rouges 45 200 qx, production de lait 45 Millions de litres, production de miel 900 qx).

La surface agricole totale de la wilaya est estimée à 311 492 hectares, soit 67% de la surface totale qui est de 463 000 ha, et sa superficie agricole utile est estimée à 253 606 hectares, soit 81% de la SAT. La configuration géomorphologique de la wilaya fait apparaître deux ensembles non homogènes; une zone au Nord à forte domination d'élevage bovin et arboriculture fruitière (plus de 4 400 Ha), et une zone au Sud à forte domination d'élevage ovin et production céréalière.

La superficie cultivée en irrigué concerne **253 606 ha** en 2013, soit **52.77 %** de la SAU. La superficie irriguée est de 6800 ha.

La superficie agricole utile est répartie comme suit :

- Exploitations agricoles collectives (EAC) : **200** exploitations pour une superficie globale de l'ordre de **20906** ha dont une superficie exploitée de **1190** ha.
- Exploitations agricoles individuelles (EAI) : **11455** Exploitations pour une superficie globale de **184109 ha** toutes exploitées.
- Fermes pilotes : **03** fermes pilotes pour un effectif permanent de **80** personnes et une superficie totale de l'ordre de **1647ha** dont une superficie exploitée de 1279 ha dont **975** ha irriguées.
- Exploitations privées : le nombre de propriétaires privés est de **11455** personnes pour une superficie globale de **184109 ha**, et une superficie exploitée de **143 567ha**, dont **20672** ha irriguées.

Le tableau suivant donne la répartition des terres agricoles :

Tableau N°I-2 : Répartition des terres agricoles irriguées par commune

Commune	SAU (%)		SAT (%)		Sup Irriguées (%)		Terres Improductives %	
	SAU (ha)	SAU /SAT	SAT (ha)	SAT/ ST	SI (ha)	SI/SAU	Ha	TI/ST
Bir Bouhouche	2200	32,35%	6800	3,14%	1500	68,18%	8546	2,7%

Source : DHW Souk Ahras

I.5) Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude :

Pour un aménagement d'un périmètre d'irrigation, 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-5-1) Caractéristiques de la station météorologique :

Dans la région d'étude, on recense plusieurs stations pluviométriques dont la station de Berriche dans la wilaya d'Oum El Bouaghi, que nous avons choisie, car étant la plus proche du périmètre à irriguer. Les données des différents paramètres climatiques de la station de Berriche ont été recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM).

Pour les pluies, nous avons utilisé les données de la station pluviométrique de Berriche gérée par l'ANRH, et ayant comme code 140103 et comme coordonnées :

- 35°- 87' pour la latitude, et 7°- 40' pour la longitude ;
- 800 m N.G.A pour l'altitude

I.5.2) Température de l'air :

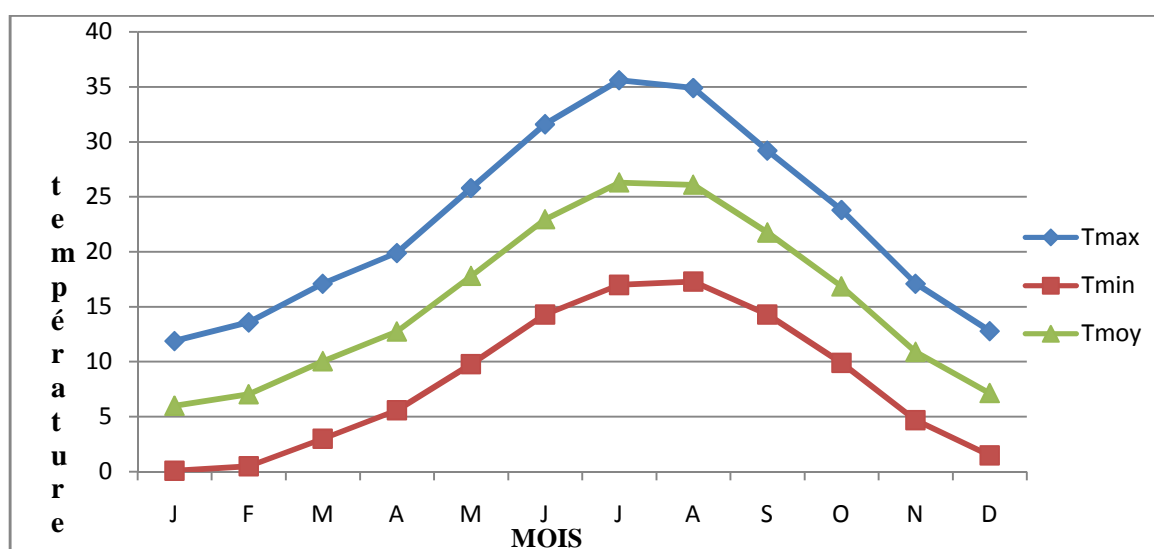
Les températures dans la zone d'étude se caractérisent par une amplitude thermique accentuée entre le jour et la nuit. Le mois le plus froid est janvier avec une moyenne mensuelle de 5,9 C°. La température moyenne annuelle est de 17,14 C°.

Les températures moyennes mensuelles de la zone d'étude sont données par le tableau ci-dessous :

Tableau N° I-3 : Températures de l'air maximales moyennes mensuelles (1989-2011)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Neu	Dec	Année
T° _{max}	11.9	13.6	17.1	19.9	25.8	31.6	35.6	34.9	29.2	23.8	17.1	12.8	22.78
T° _{min}	0.1	0.5	3	5.6	9.8	14.3	17	17.3	14.3	9.9	4.7	1.5	8.2
T° _{moy}	6	7.05	10.0	12.7	17.8	22.9	26.3	26.1	21.7	16.8	10.9	7.15	15.49

Source : Station météorologique d'Oum El Bouaghi

**Figure I.4 : Moyennes mensuelles et annuelle des températures.**

I.5.3) Pluviométrie :

Les précipitations représentent un facteur climatique très important. L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en irrigation afin d'évaluer la lame 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.

Le tableau suivant I.4 donne la répartition mensuelle des pluies de la station Berriche qui compte 38 ans d'observations. La pluie moyenne annuelle est de 277.20 mm.

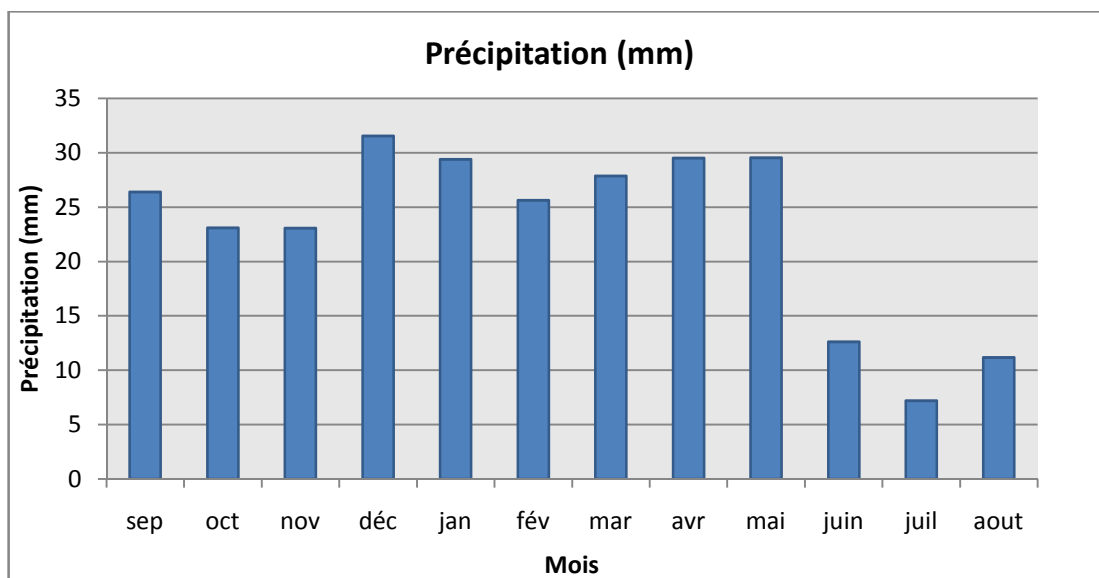
Tableau N° I-4 : Caractéristiques de la station pluviométrique

Nom de la Station	Code de la station	Cordonnées Lambert		Altitude (m)	Années D'observations	N
		X (km)	Y (km)			
Oum el Bouaghi (berriche)	140103	921.85	300.5	800	1971-2009	38ans

Tableau N° I-5 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles. Période (1971-2008)

Mois	sept	oct	Nov	déc.	jan	fév	mars	avri	Mai	juin	juil.	aout	année
pluie (mm)	26.40	23.11	23.08	31.57	29.4	25.64	27.89	29.52	29.56	12.64	7.21	11.19	277.20

Source : ANRH

**Figure I.5 :** Evolution des pluies mensuelles (Station de Berriche)**I-5-4) L'humidité de l'air :**

L'humidité relative ou l'état hygrométrique de l'air (exprimé en %) est le rapport de la tension de vapeur d'eau à sa tension maximale. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre ou avec un psychromètre.

Tableau N° I-6 : Moyenne mensuelles de l'humidité de l'air

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	Aout	59
Humidité(%)	56	61	67	74	74	67	63	60	56	47	39	44	

Source : Station météorologique d'Oum El Bouaghui

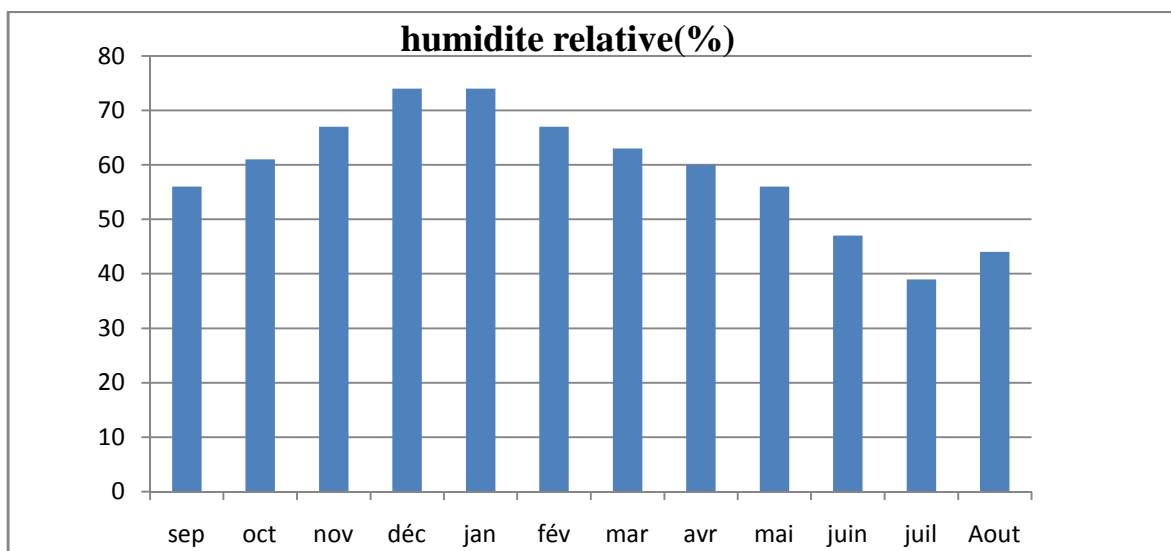


Figure I.6 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative en air (%)

I.5.5) Le vent :

Le vent exerce une influence directe sur les températures et l'humidité, et active l'évapotranspiration.

Les vents dominants sont de direction Sud-ouest. L'intensité maximale est observée durant les mois d'automne. La vitesse moyenne annuelle des vents est d'une valeur voisinant 3.34 m/s.

Tableau N° I-7: Données des vitesses du vent de la zone d'étude

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	Aout
v(m/s)	2,8	3,3	3,6	3,9	3,6	3,7	3,6	3,5	3,3	3	3,2	3

Source : Station météorologique d'Oum El Bouaghi

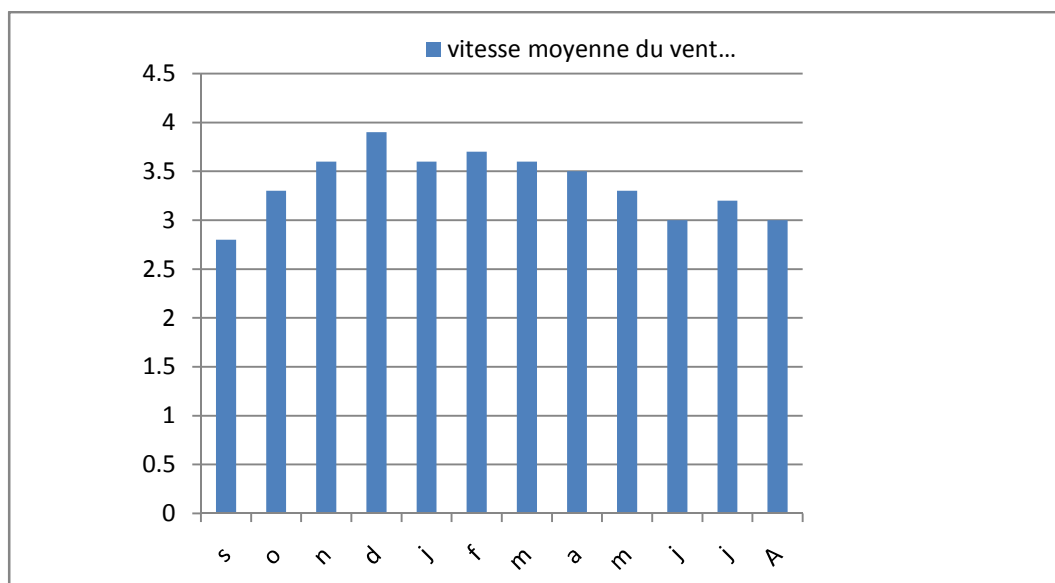


Figure I.7: Variation de la vitesse moyenne du vent.

I.5.6) Insolation :

L'insolation moyenne mensuelle présentée dans le tableau ci-après (relevée dans la station d'Oum El Bouaghi) illustre l'évolution d'insolation dans la zone d'étude.

Tableau N° I-8 : Insolation moyenne mensuelle (1989-2011)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Heur/jour	5,7	6,45	7,66	8,14	9,75	9,92	11,67	10,63	8,41	7,93	6,28	5,56	8,17
Heur	136,8	154,8	183,84	195,36	234	238,08	280,08	255,12	201,84	190,32	150,72	133,44	196,08

Source : Station météorologique d'Oum El Bouaghi

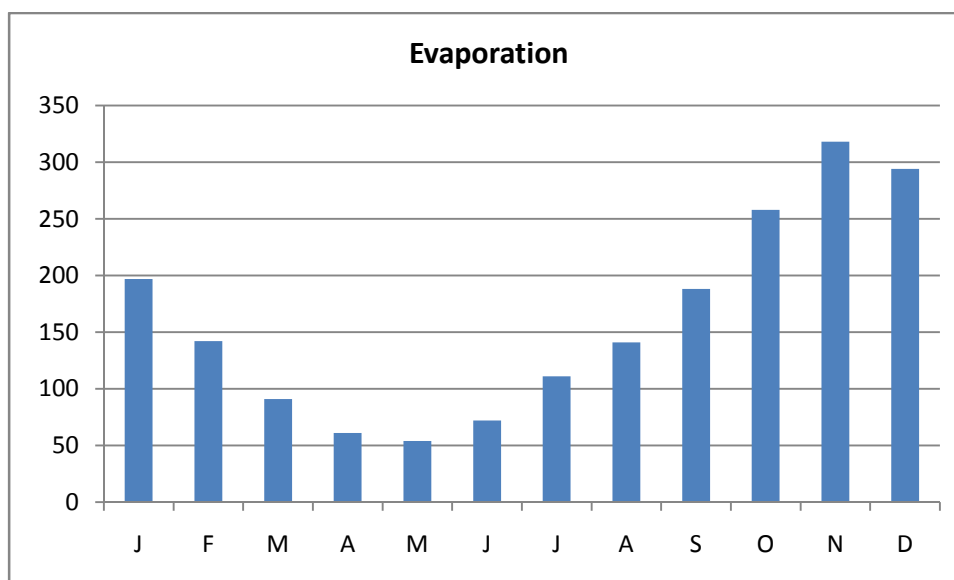
I.5.7) Evaporation :

Le tableau suivant présente les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle de la Station Oum El Bouaghi :

Tableau N° I-9 : Evaporations moyennes mensuelles (1992-1999)

Saison	automne			Hiver			printemps			Eté			Année
mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Evaporation	197	142	91	61	54	72	111	141	188	258	318	294	1827

Source : Station météorologique d'Oum El Bouaghi

**Figure I.8 : Evolution de l'évaporation moyenne mensuelle**

I.5.8) Grêlée blanche-Neige :

La grêle qui provoque en général des dégâts sur la production végétale est très peu répandue dans la région d'étude. Elle s'observe à partir du mois de septembre jusqu'à la fin du mois d'Avril avec un maximum de huit jours aux mois de Décembre et Janvier.

Pour ce qui est de la neige, elle est observée en moyenne 7 jours/an dans la région d'Oum El Bouaghi. Les chutes importantes sont surtout enregistrées sur les hauteurs que sur les plaines.

I.5.9) Le Sirocco :

Le souffle du sirocco est très variable. Il est très fréquent au niveau de la zone d'étude et entraîne une augmentation de l'évapotranspiration. Il est de direction Sud-Nord, il peut souffler à n'importe quel moment de l'année avec des maximas observés durant les mois de Juillet- Aout- Septembre.

I.6) 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.6.1) Indice de Martonne :

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

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

Tableau N° I-10 : 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 = 277,20 mm/an T = 15,49°C

$$I = \frac{277,20}{15,49 + 10} = 10,87$$

$$I_A = 10,87 \quad \text{donc : } 10 < I_A \leq 20$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime de climat **semi-aride** par conséquent, **l'irrigation est utile**.

I.6.2) Classification du climat selon le diagramme d'Emberger :

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

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q : quotient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (P = 277.20mm).

M : Températures maximales (Kelvin).

m : Températures minimales (Kelvin).

Dans notre cas, on a :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 277,20}{(35,6 + 273)^2 - (3 + 273)^2} = 29,1$$

D' où : Q = 29.1

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (fig I.9) les valeurs obtenues de Q correspondent à un climat **semi aride**.

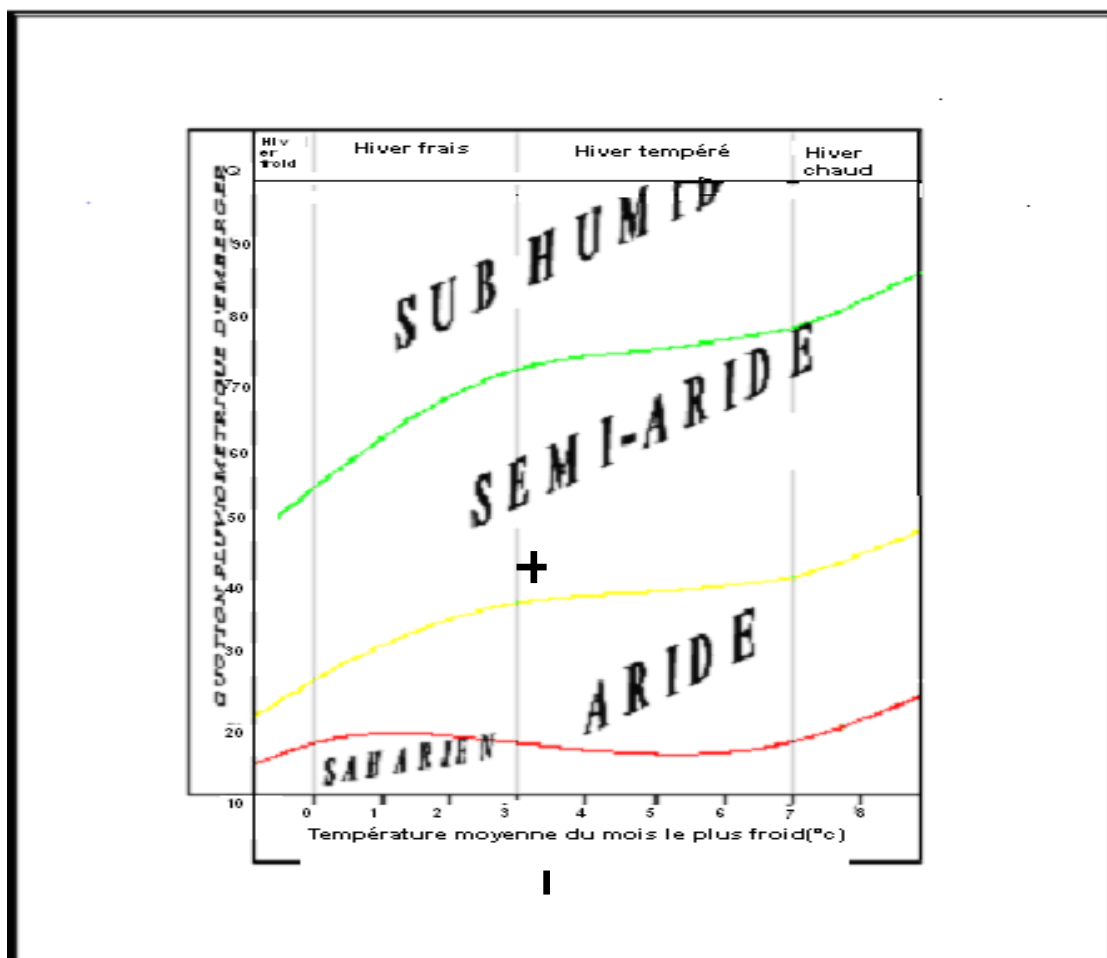


Figure. I.9 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

I.6.3) Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausson :

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.

Description du graphe :

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 N° I-11: Les précipitations mensuelles et la température (1971-2008)

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout
P (mm)	26.4	23.11	23.08	31.57	29.4	25.64	27.89	29.52	29.56	12.64	7.21	11.19
T _{moy}	6	7,05	10,05	12,75	17,8	22,95	26,3	26,1	21,75	16,85	10,9	7,15

Source : Station météorologique d'Oum El Bouaghi

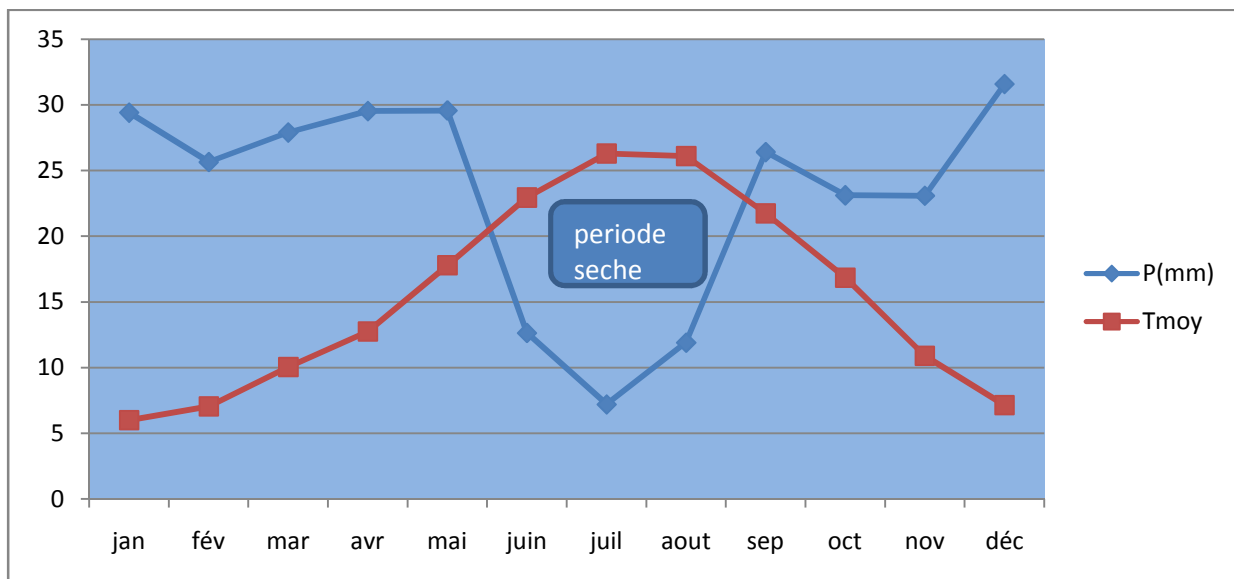


Figure I.10 : Climogramme de Gausse

D'après le climogramme de Gausse, on constate que la période sèche est d'une durée de quatre mois, elle s'étend du mois de juin jusqu'au mois de septembre, ce qui confirme notre que le climat de cette zone est semi aride et pendant cette période l'irrigation est indispensable.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons détaillé les conditions naturelles de la zone d'étude qui nous ont amenés aux conclusions suivantes :

Le périmètre d'irrigation de Bir Bouhouche dans la wilaya de Souk Ahras est un pôle agricole important de la wilaya et recèle d'énormes potentialités qui peuvent être revalorisées. La zone d'étude présente une pluviométrie annuelle de **277mm** et une superficie de 562 ha.

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

Chapitre II :

Etude Agro-Pédologique

Chapitre II : Etude Agro-Pédologique

Introduction

La pédologie est la science qui étudie la formation et l'évolution d'un sol sous l'action du milieu, du climat, de l'activité biologique, et de la végétation.

L'étude pédologique est un facteur primordial pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols.

II.1) Ressource en sol :

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 valeur en irrigation, ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosage et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage.

Dans un projet de mise en valeur, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considération, notamment:

- La profondeur du sol qui régit l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui influe sur la rétention de l'eau.
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages.
- Les caractéristiques chimiques (PH, CE, SAR) qui influent sur les possibilités culturales de la zone à irriguer.

La bonne connaissance des sols permet le bon choix des cultures (**Gobat et al., 2010**).

II.2) Classification des sols :

Levés pédologiques : Des échantillons pris lors de missions de prospection réalisées sur le terrain, avec sondages et géo-référencement des sols par le laboratoire de l'INSID-Est, Wilaya d'Oum-El-Bouaghi ont fait l'objet d'analyses physiques, chimiques et biologiques.

La prospection pédologique effectuée pour l'évaluation de l'état de fertilité des sols du périmètre d'étude au niveau de la commune Bir Bouhouche a montré:

1-Des sols calcimagnésiques lourds, profonds, compacts en profondeur et vulnérables au tassement et des sols **légers**, perméables, bien aérés mais vulnérables également au tassement.

On peut distinguer la grande catégorie selon le COSC (1967) représentée par les sols calcimagnésiques bruns calciques: moyennement légers, perméables, bien aérés mais vulnérables également au tassement.

2-Des sols peu évolués d'apport alluvial: lourds, profonds, parfois hydro-morphes, compacts en profondeur et vulnérables au tassement.

Les 2 classes de sols répertoriées sont présentées dans la figure II.1:

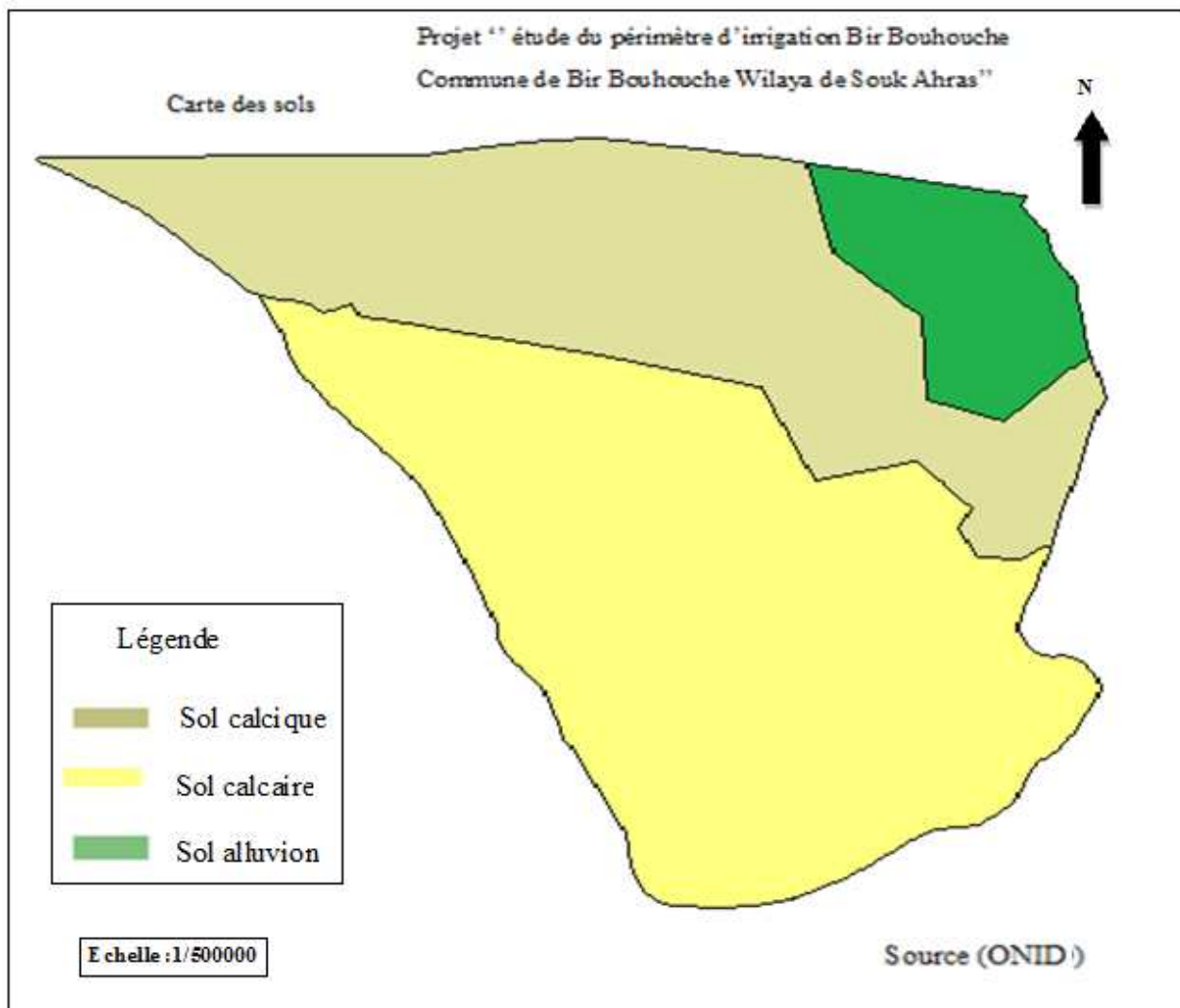


Figure II.1 : Carte des pédologique de la zone d'étude.

II.3) Caractéristiques morphologiques :

Plusieurs profils ont été analysés, nous avons détaillé les caractéristiques le profil 1, résumées comme suit :

Profil :

Profondeur du profil : peu profond, moyen profond et profond

Humidité : sec en superficie et sec à frais en profondeur

Couleur : brun et brun clair brun foncé, jaunâtre

Structure : La majorité des sols définis comme aptes à l'irrigation est caractérisée par une structure polyédrique, grossière et peu prononcée, bien développée.

La perméabilité : se situe entre 0,5 et 2,6 mm/h, alors que sur le reste de la surface elle est comprise entre 2 et 5mm/h.

L'infiltration : est en corrélation avec la texture et la structure. Selon les résultats de mesures sur 78% des superficies irrigables.

La porosité du sol : jusqu'à 100 cm de profondeur varie entre 29 et 46%, la valeur moyenne étant voisine de 35%.

II.4) Analyse physico-chimique des sols :

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire de l'INSID (Oum El Bouaghi) 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, fine et très fine, rarement moyenne grossière.
- **Calcaire actif (caco3) :** La teneur des sols de la région en calcaire total s'avère faible dans la zone des sols rendzines (sol dont la formation résulte de la présence de calcaire dans la roche mère) et moyenne à forte dans la zone des sols à encroûtement calcaire et sols peu évolués, ce qui augmente dans ces derniers les risques de précipitation du phosphore assimilable; les problèmes de rétrogradation et d'antagonisme entre les éléments nutritifs ; cela dit que le calcaire favorise le blocage de certains éléments nutritifs (chlorose ferrique) ce qui oblige le choix des variétés tolérantes au calcaire.
- **PH :** Le pH des sols est neutre il, se situe entre 7,5 à 8,5 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, vu son faible degré, qui est inférieur à 2 mmhos/cm, ce qui représente un faible risque sur la majeure partie des sols examinés.

- **Teneur en matière organique** : les analyses ont donné des valeurs irrégulières dans les premiers horizons, elle varie entre 0,15 à 3%.

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

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

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-35	35-80	80-120
Granulométrie	Argile %	35,20	32,50	30,60
	Limon fin %	18,25	18,20	20,10
	Limon grossier %	9,50	12,45	11,36
	Sable fin %	20,60	18,20	26,89
	Sable grossier %	16,45	18,65	10,96
Matière organique	Matière organique %	1,45	0,56	0,39
	Carbone C ‰	8,55	3,3	2,3
	Azote N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
Réserve minérales	CaCO ₃ TOTAL %	12,04	22,8	21,5
	CaCO ₃ ACTIF %	2 393	2 184	2 315
	P ₂ O ₅ ASSIMIL	28,95	30,44	31,45
	P ₂ O ₅ TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	28,95	30,44	31,45
	K ₂ O TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52	2,04	1,39
Solution du sol	pH Eau	7,3	7,4	7,5
	C.E. mmhos/cm	0,1	0,05	0,11

II.4.1) Interprétations des résultats :

Le sol est de texture argileuse à argilo-limoneuse, avec une teneur en matières organiques irrégulière, ne présente pas de risque salin. Cependant, le taux de calcaire est parfois peu élevé. Les capacités de rétention en eau des sols sont bonnes 20 à 35%. Les vitesses d'infiltration sont variables suivant le type de structure qui caractérise chaque sol.

La perméabilité du sol qui est définie par la vitesse apparente de l'eau s'écoulant à travers un sol saturé, est en moyenne de 6 à 6.8 mm/h

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, la densité apparente de notre sol est de l'ordre de 1,30.

Tableau N° II-2 : Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	27%
Point de flétrissement (%)	16%
La perméabilité	6-6.8 mm/h
Densité apparente	1.30

II.5) Détermination des aptitudes culturales des sols :

L'étude de l'aptitude culturale des sols vise à estimer la valeur agronomique des sols du point de vue cultures, cette étude est primordiale, elle permet de mieux orienter les agriculteurs dans leur choix des cultures.

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

Les classes des aptitudes culturales du périmètre d'étude sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau N° II-3 : Les aptitudes culturales associées à chaque zone

Zones		Zone I	Zone II
Propriétés		Zone des sols calcaire et calcique : moyennement légers, Terres peu profondes, à dominance limoneuse, à tendance battante, perméables, bien aérés mais vulnérables également au tassement.	des alluvions : lourds, argileuse et parfois limoneuse, profondes à bon potentiel de fertilité parfois hydro-morphes, compacts en profondeur et vulnérables au tassement.
Aptitudes	Les cultures maraîchères	Tomate, oignon, ail, pomme de terre, haricot, pastèque, melon, aubergine	Pomme de terre, haricot, aubergine, épinard
	les cultures céréalières	Blé, orge	Blé, orge
	les cultures fourragères	Luzerne, Bersime, Sorgho, ray-grass.	Luzerne, Bersime, ray-grass,
	l'arboriculture fruitière	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abricotier sur le porte greffe (franc d'abricotier), ▪ amandier sur franc ou sur le porte greffe (pêcher x amandier), ▪ cerisier ▪ vigne ▪ pêcher sur porte greffe : amandier ou le porte greffe : prunier saint julien ; ▪ prunier sur la porte greffe : prunier myrobolan ou porte greffe : mariana et GF81, la vigne sur porte greffe : SO4 ou 41B ou 3309C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poirier ▪ Abricotier (porte greffe : prunier myrobolan), ▪ Amandier sur le porte greffe (pêcher x amandier), ▪ Pommier, Prunier sur le porte greffe : mariana et GF81, ▪ la vigne sur porte greffe : SO4 ou 41B. ▪ Pêcher sur porte greffe amandier.
Cultures Exclues		Epinard, Triticale, poirier, pommier	Sorgho, Melon, pastèque, Cerisier, prunier

Source (ONID)

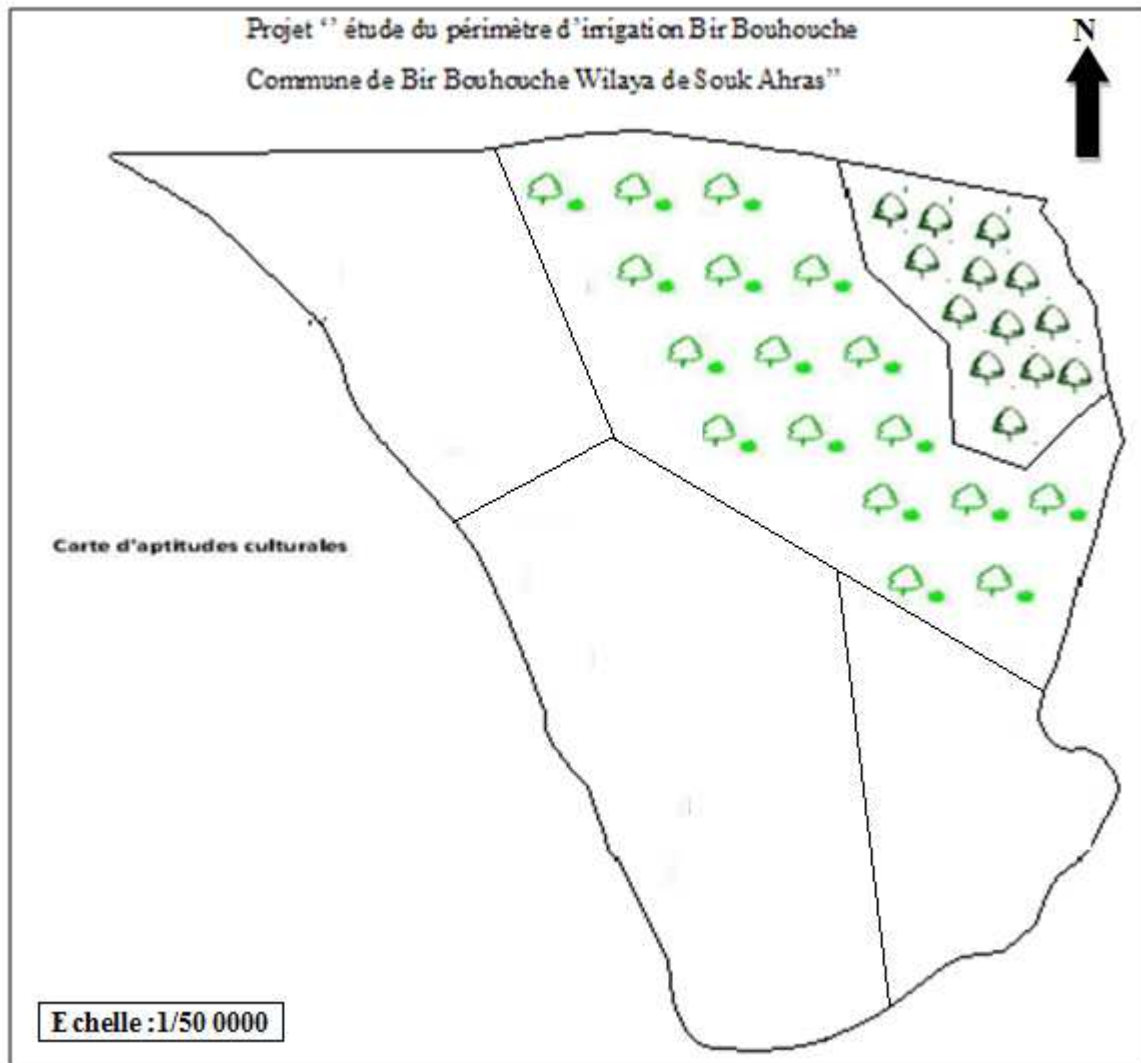


Figure II-2 : Carte d'aptitudes culturales (Source ONID)

II.5.1) Interprétations :

Les sols ont de bonnes aptitudes aux cultures industrielles et maraîchères et moyennes pour les cultures céréalières et fourragères. Quelques unités conviennent moyennement aux cultures arboricoles. La teneur en éléments nutritifs est généralement très élevée dans les sols de la zone d'étude. C'est pour cela, qu'il est préférable de prévoir des apports de redressement et d'entretien selon le calendrier de fertilisation pour pallier aux carences et aux risques de lixiviations surtout dans les sols peu évolués. On préconise un apport d'engrais azotée et phosphatée, et Pour les oligo-éléments l'apport sera par une fertigation.

Toutefois, ces sols restent vulnérables au tassement dans cet intervalle d'humidité. Il est donc déconseillé le passage des engins agricoles lorsque ces sols sont à l'état relativement sec pour éviter le tassement et la prise en masse.

II.6) Étude foncière :

L'étude foncière est une étape primordiale dans un projet hydro-agricole, elle vise à définir le statut juridique des terres mises en valeur.

Pour notre cas, les terres sont divisées en :

-Terres privées, où des exploitations familiales généralement d'une superficie comprise ($13 < S < 1$ ha)

-Terres relevant du domaine de l'état, généralement des EAC ou en concessions agricoles.

Terres relevant du domaine de l'état ,EAI exploitation agricole individuelle.

Conclusion :

Le présent chapitre nous a permis de détailler les caractéristiques agro-pédologiques, hydrogéologiques, physico-chimiques et texturales qui ont révélé que les sols de notre périmètre sont propices au développement hydro-agricole.

Les caractéristiques hydrodynamiques permettent des aptitudes à l'irrigation, les sols présentent de bonnes aptitudes aux différentes cultures en particulier les maraichères et céréalières.

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.

Chapitre III :

Ressources en eau- hydrologie

Chapitre III : Ressources en eau-hydrologie

Introduction

Tout projet d'irrigation nécessite la mobilisation de ressources en eau importantes, car l'aménagement agricole d'un périmètre est fonction de l'existence de ressources en eau disponibles et suffisantes pour le développement de toutes les des cultures.

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques hydrologiques de la zone d'étude, de quantifier les ressources en eau (barrage, forages, etc.) et leur qualité pour l'irrigation, ainsi que les caractéristiques statistiques des pluies, qui vont nous permettre d'estimer l'année de calcul indispensable pour quantifier les besoins en eau des cultures.

III.1) Ressources en eau :

La principale ressource en eau pour la région de Bir Bouhouche est assurée à partir des eaux superficielles emmagasinées dans le barrage de l'oued El Charef, dont une partie des transferts est allouée à l'irrigation des terres, ceci pour l'alimentation de l'extension du périmètre de Bir Bouhouche, Zouabi en tenant compte des besoins des périmètres : Ksar Sbahi et Sedrata.

III.1.1) Présentation du bassin versant de la Seybouse :

Le bassin versant de l'oued Charef fait partie du grand bassin de la Seybouse, ce dernier présente à l'instar des bassins à écoulement exoréique de l'Algérie orientale (Kébir-Rhumel, Soummam, etc...) une extension latitudinale importante. Les limites méridionales du bassin sont à 120 km de la mer à vol d'oiseau.

De ce fait, les milieux physiques et les caractéristiques climatiques et bioclimatiques connaissent une diversité à partir du bassin amont situé dans les Hautes Plaines jusqu'au

littoral, ce qui entraîne des répercussions aussi bien sur les écoulements que sur les aménagements.

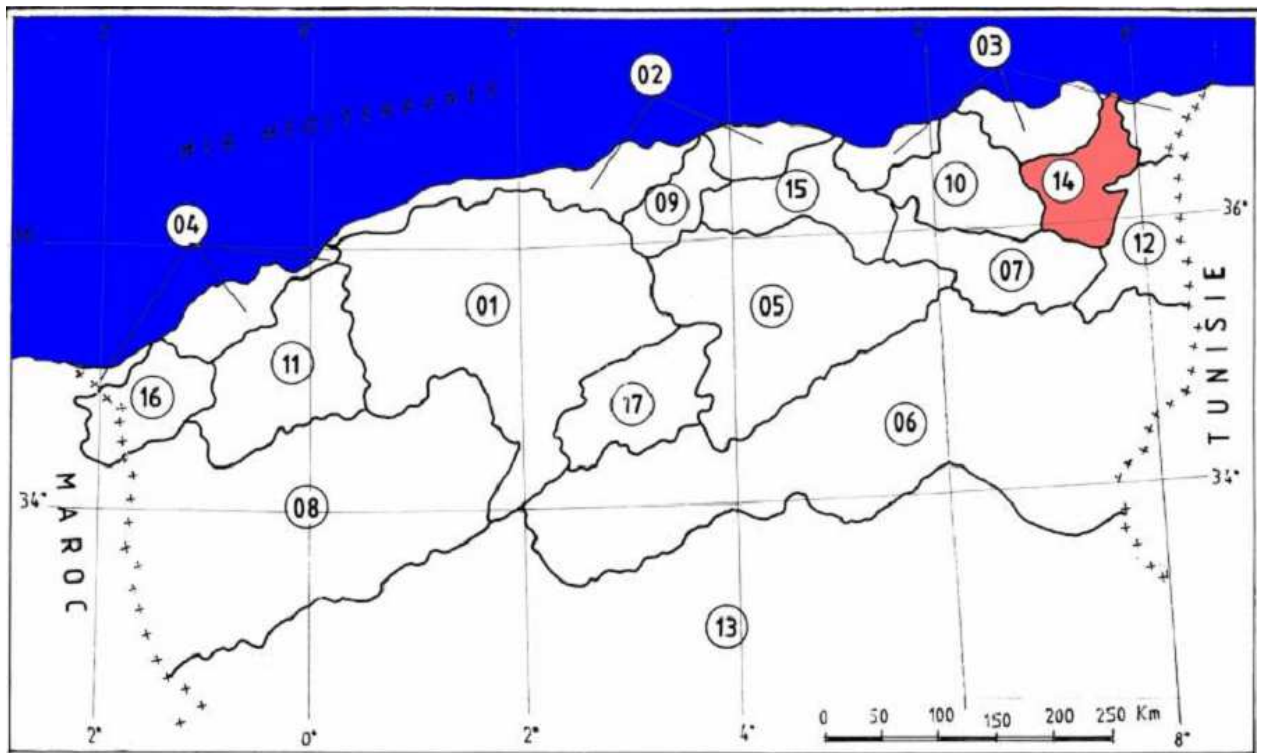


Figure III.1 : Localisation du bassin-versant de la Seybouse en Algérie

III.1.2) Les grands ensembles physiques du bassin de la Seybouse :

Le bassin de l'oued Seybouse (fig. 1) qui couvre une superficie de 6745 km², chevauche trois grands domaines physiques et bioclimatiques :

- le domaine des hautes plaines au Sud .
- le domaine sud-Tellien .
- le domaine Tellien du Nord qui comprend la Seybouse maritime : bassin de l'oued

Ressoul, oued Derdar et la zone des plaines littorales.

Ces grands ensembles physiques présentent des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement (**Figure :III.2**).

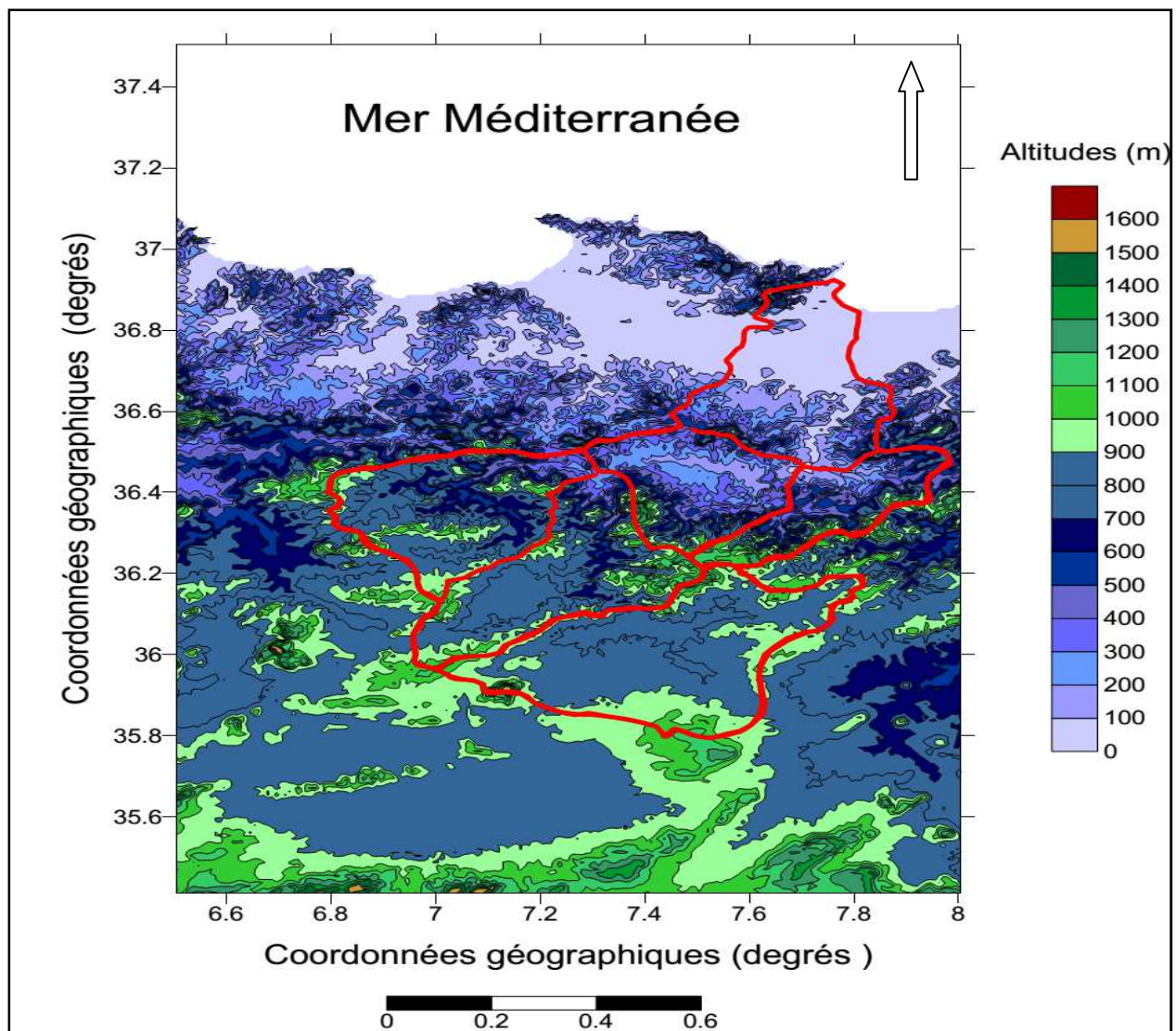


Figure III.2: Présentation et limites du bassin versant de la Seybouse

III.1.3) Présentation du bassin versant de l'oued Charef :

Le bassin de l'oued Charef est l'un des sous bassin du bassin versant de la seybouse , le sous bassin de Charef est composé essentiellement de la plaine de Sedrata et de la plaine de Tamlouka, qui est drainée par l'Oued Melah et prend ses sources dans le Djebel Amar. La plaine de Sedrata représente la plus grande partie de ce sous bassin.

Le sous bassin de Charef est de type "gouttière" où de nombreux petits oueds orientés Est –Ouest, forment le reseau hydrographique du bassin. On dénombre une séries d'oueds dans les deux rives droite et gauche, sur la rive droite, ce sont l'Oued Nil, l'Oued Sept, l'Oued Chenieur, sur la rive gauche, ce sont l'Oued Medjez Bgar, l'Oued Anouna, l'Oued Mgaisba.

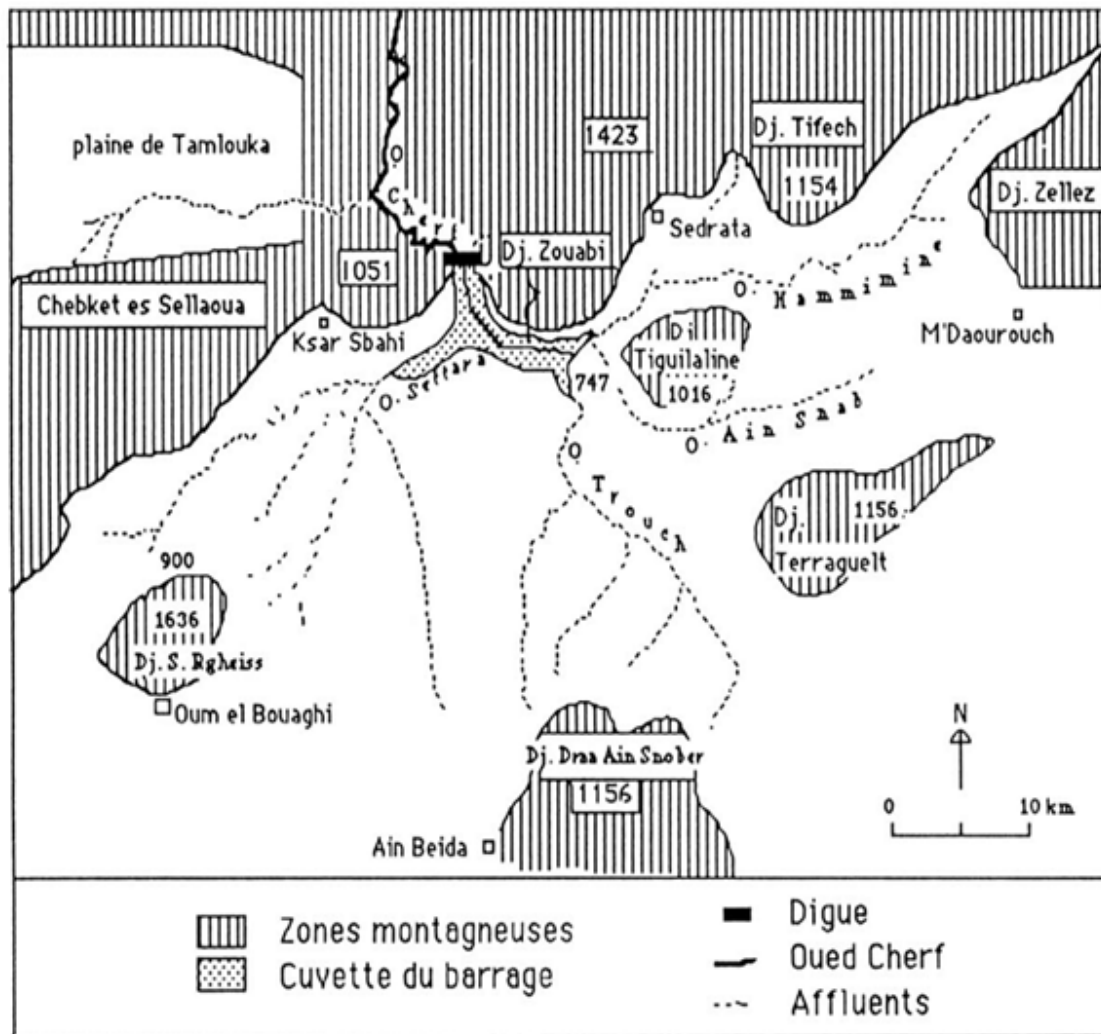


Figure III.3: Présentation du bassin de l’oued El Cheref

Les caractéristiques hydrologiques du bassin de l’oued Cheref sont présentées comme suit :

Tableau N° III-1 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant de Seybouse

Désignation	Symbole	Unités	valeur
Superficie	S	Km ²	1850,427
Périmètre	P	Km	227,927
Largeur	L	Km	19,83

Tableau N° III-1 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant de Seybouse (Suite)

Désignation		Symbole	Unités	valeur
Longueur du thalweg		L	Km	93,33
Indice de compacité		K_c	1,48	1,48
Altitudes	Maximale	H_{max}	M	1432
	Moyenne	H_{moy}	M	703,46
	Médiane	H_{med}	M	774,87
	Minimale	H_{min}	M	0,00
Indice de pente moyenne		I_m	%	0,774
Densité de drainage		D_d	Km^{-1}	0,48
Chevelu hydrographique		l	km	888,204
Débit moyen		Q_0	L/S	226
Débits spécifique		Q_s	$L/S/Km^2$	0,70
Débit de crue		Q_{p100}	M^3/S	1,20

Source :ANRH

III.1.4) Caractéristiques hydrauliques du barrage de Charef :

Le barrage d'Oued El Charef est un barrage zoné en terre et en enrochement, de 60 m de hauteur, la cote au niveau de la retenue normale (NNR) est à 745 m et la cote de la retenue maximale à 750 m. La cote du barrage se situe à la cote 752m, sa largeur étant de 9 m. Le barrage a été construit par la Société COSIDER de 1987-1995.

Le volume total de la retenue à la cote normale est voisin de $157 Hm^3$, sa surface étant de $12 Km^2$. Le bilan hydrique de l'Oued Charef au droit du barrage d'Oued El Charef est défini à partir des données disponibles pour la période de 1972-1993, fournies par l'ANRH.

La pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant est de l'ordre de 319 mm, alors que le débit moyen a été de $1,235 m^3 /s$, ce qui présente l'apport moyen annuel de l'ordre de $38,05 Hm^3$.

L'évaporation à partir de la surface du plan d'eau formée par le barrage de l'oued El Charef a été définie au niveau d'environ 1200 mm annuellement.

Les caractéristiques du barrage sont énumérées dans le tableau suivant :

Tableau N° III-2: Les caractéristiques du barrage d'oued charef

Désignation	Unité	Quantité
Année de construction		1988
Année de mise en eau		1995
Capacité	Hm ³	157
Capacité dernier levé (2004)	Hm ³	152,65
Apport moyen annuel	Hm ³	38,05
Hauteur de la digue	m	60
Longueur de la digue	m	287
Volume utile	M.m ³	129
Volume régularise	M.m ³	30
Cote au niveau mort (NVM)	m	730
Cote au niveau normal de retenue	m	745
Cde plus hautes eaux (NPHE)	m	750
Débit évacué	m ³ /s	1,235
Surface	Km ²	12
Type de barrage	/	enrochement
Déversoir	/	Seuil libre

Source :ANRH

III.2) Qualité de l'eau d'irrigation :

La vérification de la qualité de l'eau d'irrigation permet de préserver le sol et l'environnement. De plus, elle permet le bon développement des cultures.

Dans le cadre de cette étude, la qualité de l'eau de surface qui sera utilisée pour l'irrigation a été étudiée.

L'analyse chimique des eaux superficielles de la région du Barrage de l'oued Charef montre que celle-ci est caractérisée par son agressivité moyenne vis-à-vis du béton et sa forte agressivité à l'encontre de l'acier.

III.2.1) La conductivité électrique :

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique, selon la classification américaine :

Tableau III-3: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé

Remarque :

- C1 : convient pour toutes les cultures
- C2 : convient pour les plantes moyennement tolérantes
- C3 : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
- C4 : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

III.2.2) Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

La qualité des eaux pour l'irrigation est déterminée par la méthode de Sodium Absorption Ratio (S.A.R.). Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux.

Le S.A.R est calculé par la formule suivante :

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

Avec : Na^+ , Ca^{++} , et Mg^{++} en meq/l.

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

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

III.2.3) Composition chimique de l'eau d'irrigation :**Tableau III-5 :** Composition chimique des eaux superficielles (teneurs en mg /l)

Eléments	Ca	Mg	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	Na	NO ₃	CE	Alcalinité	PH
unité	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mg /l	mmhos/cm	Total mg par CaCO ₃	mg /l
Quantité	64	30,20	156,02	20,00	210,64	14	0,3	0,71	126	8,2

Les paramètres de qualité de l'eau ont été étudiés et interprétés selon les normes de la FAO pour la classification des eaux d'irrigation applicables dans la majorité des aménagements hydro- agricoles des régions arides et semi-arides. Pour l'ensemble des paramètres analysés, on remarque que leurs valeurs moyennes correspondent à des valeurs de classes de restriction d'utilisation faibles à modérées; ne causant pas de préjudice aux cultures.

$$SAR = \frac{14}{\sqrt{\frac{64 + 30,20}{2}}} = 2,04$$

Donc: le SAR=2,04 et la CE=0,71, ce qui permet de classer les eaux d'irrigation de notre barrage selon le diagramme de Riverside dans le figure suivante :

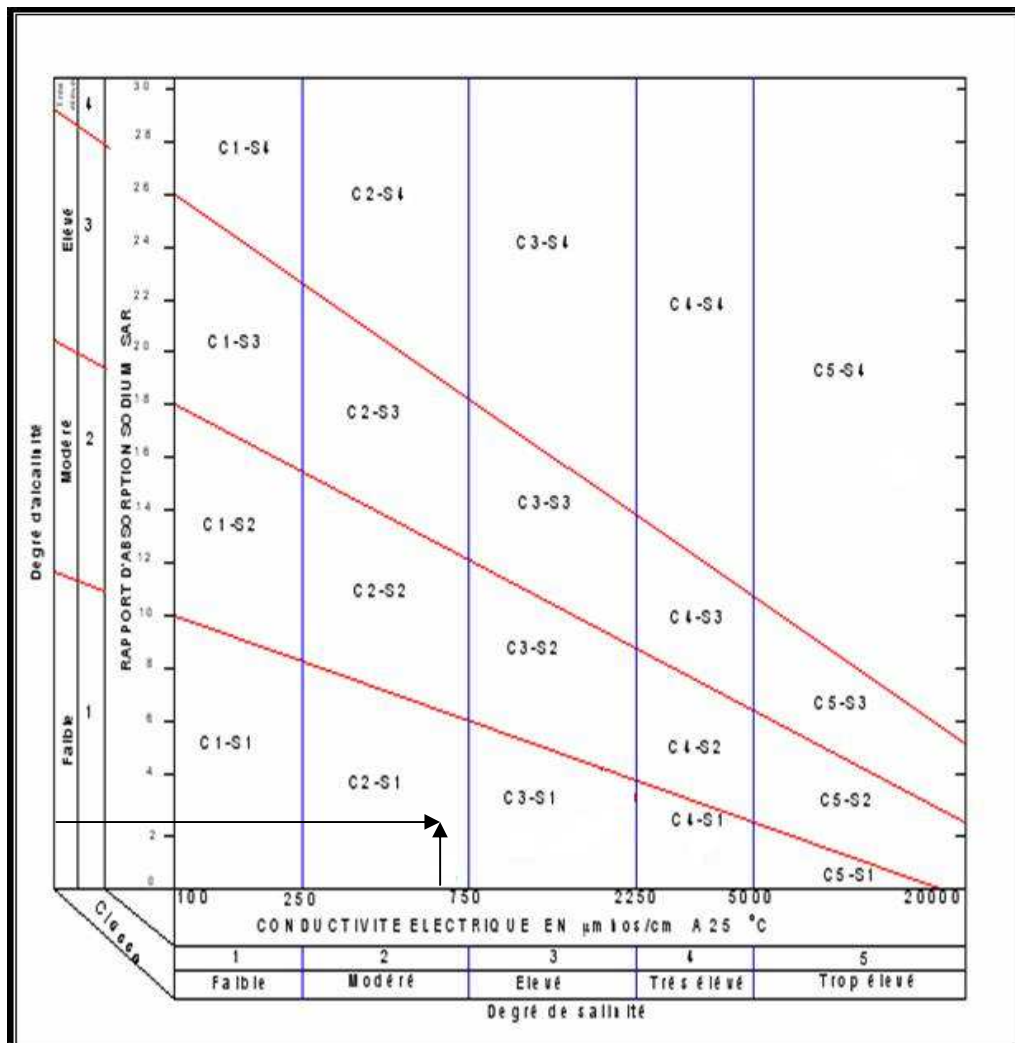


Figure. III.4 : Diagramme de classification de l'eau d'irrigation

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation (*Figure III -2*), on peut affirmer que notre eau est de classée dans (C2S1), ce qui montre que la qualité des eaux est acceptable pour l'irrigation.

III.3) Étude Hydrologique :

L'étude hydrologique est une étape primordiale en irrigation, elle permet l'analyse fréquentielle des pluies annuelles, qui vont nous permettre la détermination de l'année de calcul. L'information de base quand à la qualité des données revêt une très grande importance. On ne peut espérer à des résultats concluants si la donnée de base n'est pas fiable.

De ce fait, l'analyse hydrologique se base sur l'exploitation de données, présentées souvent sous forme de séries statistiques et sujettes à des erreurs, qu'il convient de détecter et de corriger.

III.3.1) Choix de la station pluviométrique :

Pour l'analyse des données pluviométriques, nous avons choisi la station de Berriche, située à Oum El Bouaghi. Les données pluviométriques recueillies au niveau de l'A.N.RH d'Alger se présentent sous forme de totaux mensuels et annuels pour la période (1971–2008).

Tableau III-6: Coordonnées de la station pluviométrique Berriche Oum El Bouaghi

Nom de la Station	Code de la station	Cordonnées Lambert		Altitude (m)	Années D'observations	N
		X (km)	Y (km)			
Berriche Oum El Bouaghi	140103	921.85	300.5	800	1971-2008	38ans

Source : ANRH

III.3.2) Homogénéité de la série pluviométrique :

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

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

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 > N_2$

- 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.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (**Touaibia, 2004**), si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec :

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

$$W_x = \left| \text{Rang} \right|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous séries

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

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

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III-7 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique

Série Y	Séries X	Série d'origine	X union Y	rang	Série d'origine	X union Y	Rang
306.4	428.8	428.8	X	1	306.4	Y	21
229.1	453.7	453.7	Y	2	229.1	X	22
149.8	208.1	208.1	Y	3	149.8	X	23
189.9	212.2	212.2	X	4	189.9	X	24
463.3	283.9	283.9	Y	5	463.3	Y	25
136.8	312.4	312.4	X	6	136.8	Y	26
287.2	174.4	174.4	Y	7	287.2	Y	27
287.8	299.6	299.6	Y	8	287.8	Y	28
239.4	278.6	278.6	Y	9	239.4	X	29
272.6	359.1	359.1	Y	10	272.6	X	30
286.6	328.8	328.8	X	11	286.6	Y	31
406.7	252.8	252.8	Y	12	406.7	X	32
369	310.2	310.2	Y	13	369	Y	33
243.6	379.6	379.6	X	14	243.6	X	34
274.9	187.8	187.8	X	15	274.9	Y	35
203.7	209.6	209.6	X	16	203.7	X	36
180.7	146.5	146.5	Y	17	180.7	Y	37
203.9	191.5	191.5	Y	18	203.9	X	38
	208.3	208.3	X	19			
	299.1	299.1	X	20			

Après les calculs on a :

N1	N2	Wmin	Wx	Wmax
18	20	283,46	374	418,54

Donc : $283,46 < W_x < 418,54$

D'après les calculs, on voit que la condition de Wilcoxon $W_{min} < W_x < W_{max}$ est vérifiée, donc le série des précipitations moyenne annuelles est homogène.

III.4) Ajustement statistique des pluies :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

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

III.4.1) Ajustement des pluies annuelles à la loi de log normal et loi normale :

Le procédé de calcul consiste à:

Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.

Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.

Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

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

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

Le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$.

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien:

$$XP\% = \bar{X} + \delta * U_{p\%} \quad \text{Avec:}$$

Avec : $XP\%$: précipitation de probabilité $P\%$.

$U_{p\%}$: variable réduit de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Écart type

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

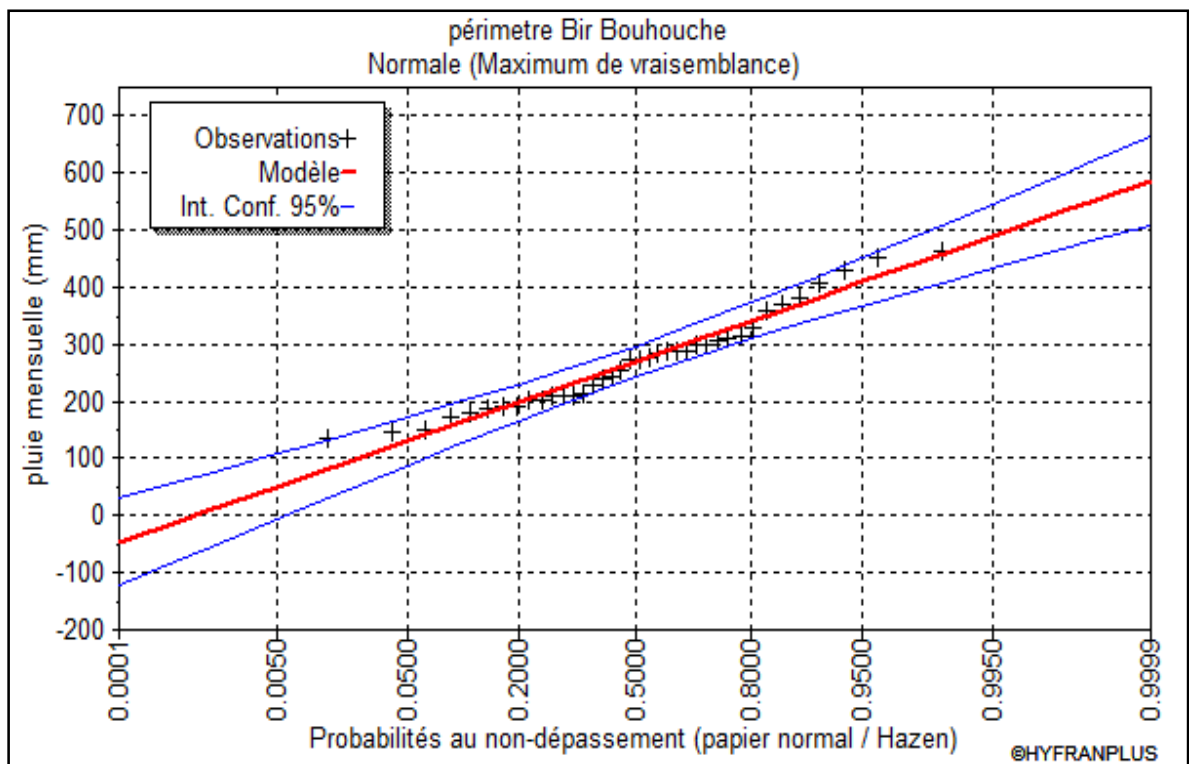


Figure III.5 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Normale

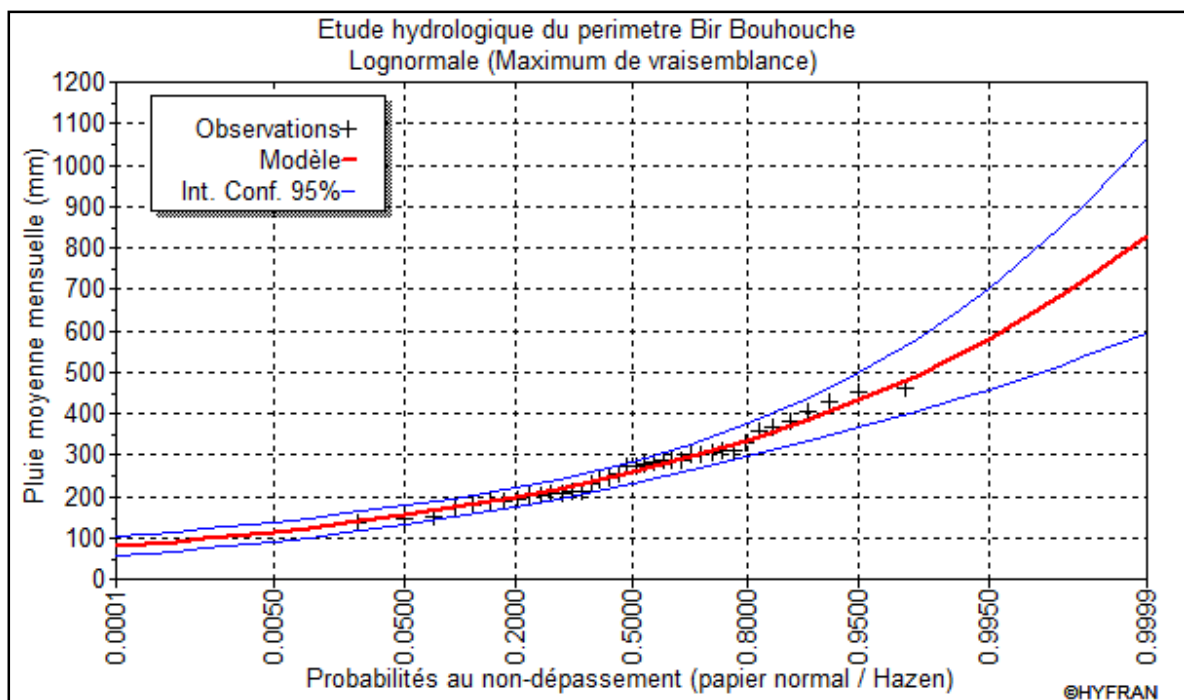


Figure III.6 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale

III.4.2) Test de validité d'un ajustement à une loi :

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 le quel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

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

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

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

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - V_i)^2}{V_i}$$

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

Avec :

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

On calcule χ^2 .

On calcule le nombre de degré de liberté γ :

On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson IV (voir tableau IV -5 ci-après)

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

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

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

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

Tableau III-8: Résultat de l'ajustement pour les deux lois utilisées

$T = 1/q$	$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)				
T (ans)	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
5.0	0.8000	343	28.1	288	398
2	0.5	264	18.4	228	300
1.25	0.8	203	16.6	170	235

Tableau III-9 : Résultat du test khi carré pour les deux lois utilisées

Lois	Nombre degré de liberté γ	Test khi χ^2 Calculé	Test khi χ^2 d'après la table Pearson	Comparaison
Normale	5	15,05	11,07	Non adéquate
Log-normale	5	4,95	11,07	Adéquate

Donc l'ajustement à la loi log-normale est à considérer. Les pluies annuelles pour différentes fréquences sont données comme suit :

III.4.4) Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région. L'estimation sera pour l'année sèche de fréquence 80%; on utilise la formule suivante :

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

$$P_{\text{théorique de 50\%}} = 264 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique de 80\%}} = 200 \text{ mm}$$

$$P_{\text{moy } 80\%} = 0.75 P_{\text{moy mensuelle}}$$

Tableau III-10: Pluviométrie moyenne estimée pour l'année de calcul

Mois	Jan	Fév	Mars	avri	Mai	Juin	juil.	Aou	sept	Oct	nov	déc.
P_{moy} mm/mois	29.40	25.64	27.89	29.52	29.56	12.64	7.21	11.19	26.40	23.11	23.08	31.57
$P_{\text{moy } 80\%}$ mm/mois	22.3	19.4	21.1	22.4	22.4	9.6	5.5	8.5	20.0	17.5	17.5	23.9

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons étudié la problématique des ressources en eau de notre zone d'étude.

Pour ce qui est de l'alimentation en eau, le périmètre sera irrigué à partir du barrage de l'oued Charef qui présente une capacité de 45.hm³.

Pour ce qui est de la qualité de l'eau d'irrigation, les analyses physico-chimiques ont révélé qu'elle est bonne et apte à l'irrigation.

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 log-normale. A partir de cette loi, nous avons déterminé les pluies mensuelles de l'année de calcul nécessaire au dimensionnement de notre périmètre.

Chapitre IV :

Calcul des besoins en eau des cultures

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction

L'estimation des besoins en eau d'une façon réaliste et précise, permet d'assurer un optimum de consommation en eau pour une production de qualité et une bonne rentabilité. Dans un contexte de valorisation des ressources en eau dans un climat semis aride comme c'est le cas de notre projet, cela permet d'ajuster au mieux les besoins dans le temps. L'objectif de cette 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.

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région. Le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration.

IV.1) Calcul des Besoins en eau :

Toute plante a des exigences vis-à-vis du climat au sein duquel elle pousse. Celles-ci se traduisent par un certain nombre de besoins climatiques : besoins en rayonnement solaire intercepté par le feuillage, besoins thermiques pour l'accomplissement de son développement, besoins en eau pour sa croissance (**FAO, 1975**).

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

IV.1.1) L'évapotranspiration :

On appelle évapotranspiration d'une culture la combinaison du phénomène physiologique de la transpiration et de celui, purement physique, de l'évaporation d'eau à la surface d'une feuille, et à la surface du sol sur lequel la culture est implantée. Comme pour la pluie, 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 (**Perrier, 1975**)

On distingue :

1-L'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP ou ET_0) :

C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant totalement le sol (tondu à 10 cm), bien alimenté en eau en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment.

2-L'évapotranspiration maximale (ETM) :

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

$$ETM = K_C * ET_0$$

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

3-L'évapotranspiration réelle (ETR) :

Elle correspond à l'évapotranspiration qui se produit dans les conditions réelles de teneur en eau du sol.

4-Eléments climatiques intervenants dans le processus d'évapotranspiration :

Se sont des données météorologiques de base qui existent et disponibles, moyennées ou cumulées, à différentes échelles de temps (l'heure, le jour, la décade, le mois, la saison ou l'année).

Cinq variables météorologiques sont principalement utilisées:

- Il s'agit de la température de l'air (mesurée sous abri à 2 mètres au-dessus du sol).
- La pression partielle de vapeur d'eau dans l'air (mesurée sous abri à la même hauteur).
- De la vitesse du vent (mesurée à 10 mètres au-dessus du sol).
- Du rayonnement solaire global (ou de la durée d'insolation journalière)
- De la pluviométrie.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence :

- Méthodes des lysimètres.
- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes empiriques.

5-Méthodes empiriques :

En ce qui concerne les méthodes empiriques, on peut citer plusieurs formules dont les principales sont :

- Formule de Thornthwaite (1948).
- Formule de Penman.
- Formule de Blaney- Criddle (1959).
- Formule de Turc (1960).
- Formule de Bouchet (1960)
- Penman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures a été effectué à l'aide du logiciel *CROPWAT* version 8, qui permet l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode *Penman et Monteith* modifiée.

IV.1.2) Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET₀) par la formule Penman Monteith:

La détermination de l'évapotranspiration de référence (ET₀) est calculée en se basant sur la formule de Penman-Monteith modifiée (Allen et al., 1998) :

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

Avec:

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

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

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

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

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

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

e_a : pression de vapeur réelle [kPa],

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

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1],

G : constante psychrométrique [kPa °C-1].

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

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

Dans le tableau **IV.1**, nous présentons les données de l'évapotranspiration de référence E_{T0} , calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT. 8**, selon la formule de **Penman&Monteith**, modifiée.

Tableau N°IV-1 : Calcul de l' E_{T0} obtenu à l'aide du logiciel CROPWAT

Station : OUM EL BOUAGHI						
Altitude :955 m		Longitude : 7,4°		Latitude :35,87°		
Mois	T _{emp} M _{oy} °C	Humidité %	vent m/s	Insolation heures	Radiation MJ/m ² /jour	E _{T0} mm/jour
Janvier	6.0	74	3.6	5.7	9.5	1.27
Février	7.0	67	3.7	6.5	12.5	1.86
Mars	10.0	63	3.6	7.7	16.8	2.71
Avril	12.8	60	3.5	8.1	20.1	3.59
Mai	17.8	56	3.3	9.8	24.1	4.93
Juin	22.9	47	3.0	9.9	24.7	6.16
Juillet	26.3	39	3.2	11.6	26.9	7.43
Aout	26.1	44	3.0	10.6	24.2	6.56
Septembre	21.7	56	2.8	8.4	18.7	4.43
Octobre	16.8	61	3.3	7.9	15.0	3.16
Novembre	10.9	67	3.6	6.3	10.6	1.92
Décembre	7.2	74	3.9	5.6	8.8	1.30
Moyenne	15.5	59	3.4	8.2	17.6	3.78

IV.1.3) Calcul des pluies efficaces :

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend des caractéristiques du sol, et de l'intensité des pluies.

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, dans notre cas, nous retenons la méthode de pourcentage détaillée comme suit :

Pluies efficaces (en mm/mois) = A × Pluies totales (mm/mois)

Avec :

A : coefficient estimé à 0,8. Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant :

Tableau N°IV-2 : Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

Mois	Jan	fév	mars	avril	mai	Juin	juil.	aout	sept	Oct	nov	déc.
P_{sec80%}	22.93	20.00	21.76	23.02	23.06	9.86	5.62	8.73	20.59	18.03	18.00	24.62
P_{eff}	18.35	16.00	17.40	18.42	18.45	7.89	4.50	6.98	16.47	14.42	14.40	19.70

IV.2) Occupation des sols et choix des cultures :

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle 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 culturelle des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre Bir bouhouche, 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 est la plus importante, d'après une enquête réalisée elle occupe 157,36 ha de la surface totale cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture de blé.

Les céréales sont cultivées en tête d'assolement, elles sont semées dès les premières pluies du mois d'octobre et de novembre.

b) Cultures fourragères :

Les cultures fourragères s'étendent sur une superficie de 112,40 ha. Les fourrages verts plus nutritifs et plus énergétiques, tel que la luzerne, ne sont pas pratiqués d'une part et d'autre part l'élevage bovin est quasiment absent dans les exploitations. Elles sont cultivées généralement au mois de Mars.

c) Arboriculture :

L'occupation du sol par l'arboriculture de toutes espèces confondues est de 44,96 Ha. Parmi les espèces fruitières rencontrées nous citons, le pommier. L'irrigation de l'arboriculture dans la zone d'étude est relativement faible.

d) Cultures maraîchères :

Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 44% sont occupées par le maraichage, soit une superficie totale de 247,28 Ha. Ces cultures sont pratiquées généralement en plein champ. Les cultures maraîchères de plein champ pratiquées sont la pomme de terre, de saison et d'été (AS), la tomate, le poivron. L'importance de la culture de la pomme de terre est suivie par celle de la tomate qui très développée dans l'aire d'étude utilisée à double fins la consommation et l'industrie.

IV.2.1) Assolement et rotation des cultures:

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

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

Tableau N°IV-3: L'assolement biennal des cultures en plein champ en irriguées

<i>SOLE I (Modèle I)</i>			<i>SOLE II (Modèle II)</i>		
Culture	%	Superficie	Culture	%	Superficie
Blé – Avoine	28	157.36	Orge en vert	28	157.36
Luzerne	20	112.4	Blé	20	112.4
Ail + Oignon vert	10	56.2	Tomate de saison	10	56.2
Pomme de terre culture d'été	10	56.2	Petit pois (s)	10	56.2
Pomme de terre de saison	7	39.34	Haricot (s)	8	44.96
Poivron et Piment	6	33.72	Navet (s)	6	33.72
Tomate de saison	11	61.82	Ail + Oignon vert	10	56.2
Pommier Poirier	8	44.96	Pommier Poirier	8	44.96
TOTAL	100%	562 Ha		100%	562 Ha

D'après le tableau précédent, nous avons 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 N°IV-4: Calendrier cultural selon l'assolement choisi.

	Culture	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
Céréales	Blé/avoine			←							→		
Cultures maraichères	Tomate							←			→		
	Pomme de terre de saison					→							←
	Pomme de terre de culture d'été						←			→			
	Poivron/piment									←			
	Oignon/ail						←				→		
Fourrages	Luzerne	←											→
Arboriculture	Pommier/poirier	←											→

IV.3) Détermination des Besoins en eau des cultures :

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

$$B = ETP - (P_{eff} + RFU)$$

Avec :

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

E.T.P : 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 :

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

Avec :

Hcc : humidité à la capacité au champ (27 %);

Hpf : humidité au point de flétrissement (16 %);

Y : degré de tarissement ;

Da : densité apparente (1.35) ;

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

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

(annexes 8)

Tableau N°IV -5: Calcul des besoins en eau du Blé/Avoine.

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ET0 (mm/mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	0	0,7	25,92
Décembre	24,62	19,7	40,3	0	0,7	8,51
Janvier	22,93	18,35	39,37	16,50	0,85	-
Février	20,00	16	53,94	16,50	0,95	18,74
Mars	21,76	17,4	84,01	0	1,05	70,81
Avril	23,02	18,42	107,7	0	1,05	94,67
Mai	23,06	18,45	152,83	0	0,9	119,10
Juin	9,86	7,89	184,8	0	0,7	-
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-

Août	8,73	6,98	203,36	-	-	-
------	------	------	--------	---	---	---

Tableau N°IV-6: Calcul des besoins en eau de la luzerne.

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ET0 (mm/mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	0,00	-	136,37
Octobre	18,03	14,42	97,96	0,00	0,65	49,25
Novembre	18,00	14,4	57,6	0,00	0,70	25,92
Décembre	24,62	19,7	40,3	23,10	0,80	0,00
Janvier	22,93	18,35	39,37	29,70	0,90	0,00
Février	20,00	16	53,94	0,00	0,95	35,24
Mars	21,76	17,4	84,01	0,00	1,05	70,81
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	1,10	100,05
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	1,15	157,30
Juin	9,86	7,89	184,8	0,00	1,15	204,63
Juillet	5,62	4,5	230,33	0,00	-	260,38
Août	8,73	6,98	203,36	0,00	-	226,88

Tableau N°IV-7: Calcul des besoins en eau de l'oignon/ail

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/ mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	-	-	-
Décembre	24,62	19,7	40,3	-	-	-
Janvier	22,93	18,35	39,37	6,57	0,35	0,00
Février	20,00	16	53,94	19,80	0,85	10,05
Mars	21,76	17,4	84,01	0,00	0,8	49,81
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	0,75	62,36
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	0,7	88,53
Juin	9,86	7,89	184,8	0,00	0,65	112,23
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-
Août	8,73	6,98	203,36	-	-	-

Tableau N°IV-8: Calcul des besoins en eau de la pomme de terre de culture de saison

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/ mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	-	-	-
Décembre	24,62	19,7	40,3	-	-	-
Janvier	22,93	18,35	39,37	-	-	-
Février	20,00	16	53,94	6,12	0,45	2,16
Mars	21,76	17,4	84,01	0,00	0,80	49,81
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	1	89,28
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	0,7	88,53
Juin	9,86	7,89	184,8	-	-	-
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-
Août	8,73	6,98	203,36	-	-	-

Tableau N°IV-9: Calcul des besoins en eau de la pomme de terre d'été

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/ mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	0,00	0,80	89,85
Octobre	18,03	14,42	97,96	0,00	1	83,54
Novembre	18,00	14,4	57,6	0,00	0,7	25,92
Décembre	24,62	19,7	40,3	-	-	-
Janvier	22,93	18,35	39,37	-	-	-
Février	20,00	16	53,94	-	-	-
Mars	21,76	17,4	84,01	-	-	-
Avril	23,02	18,42	107,7	-	-	-
Mai	23,06	18,45	152,83	-	-	-
Juin	9,86	7,89	184,8	-	-	-
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-
Août	8,73	6,98	203,36	0,00	0,45	84,53

Tableau N°IV-10: Calcul des besoins en eau du poivron/piment

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/mois)	RFU réel	KC	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	-	-	-
Décembre	24,62	19,7	40,3	-	-	-
Janvier	22,93	18,35	39,37	-	-	-
Février	20,00	16	53,94	-	-	-
Mars	21,76	17,4	84,01	-	-	-
Avril	23,02	18,42	107,7	-	-	-
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	0,4	42,68
Juin	9,86	7,89	184,8	0,00	0,85	149,19
Juillet	5,62	4,5	230,33	0,00	0,9	202,80
Août	8,73	6,98	203,36	0,00	0,7	135,37

Tableau N°IV-11: Calcul des besoins en eau de la tomate

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/mois)	RFU réel	KC	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	-	-	-
Décembre	24,62	19,7	40,3	-	-	-
Janvier	22,93	18,35	39,37	-	-	-
Février	20,00	16	53,94	-	-	-
Mars	21,76	17,4	84,01	0,00	0,45	20,40
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	0,80	67,74
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	1,05	142,02
Juin	9,86	7,89	184,8	0,00	0,70	121,47
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-
Août	8,73	6,98	203,36	-	-	-

Tableau N°IV-12: Calcul des besoins en eau du pommier/poirier

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	0,00	0,7	76,56
Octobre	18,03	14,42	97,96	0,00	0,7	54,15
Novembre	18,00	14,4	57,6	0,00	0,7	25,92
Décembre	24,62	19,7	40,3	74,25	0,75	-
Janvier	22,93	18,35	39,37	74,25	0,75	-
Février	20,00	16	53,94	74,25	0,75	-
Mars	21,76	17,4	84,01	74,25	0,85	-
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	0,85	73,13
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	0,85	111,46
Juin	9,86	7,89	184,8	0,00	0,85	149,19
Juillet	5,62	4,5	230,33	0,00	0,7	156,73
Août	8,73	6,98	203,36	0,00	0,7	135,37

Tableau N°IV-13: Calcul des besoins en eau de l'orge en vert

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	0,00	0,7	25,92
Décembre	24,62	19,7	40,3	0,00	0,7	8,51
Janvier	22,93	18,35	39,37	16,50	0,85	0,00
Février	20,00	16	53,94	16,50	0,95	18,74
Mars	21,76	17,4	84,01	0,00	1,05	70,81
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	1,05	-
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	1,05	-
Juin	9,86	7,89	184,8	0,00	0,6	-
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-
Août	8,73	6,98	203,36	-	-	-

Tableau N°IV-15: Calcul des besoins en eau des petits pois

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	-	-	-
Décembre	24,62	19,7	40,3	0,00	0,50	0,45
Janvier	22,93	18,35	39,37	13,20	0,8	0,00
Février	20,00	16	53,94	23,10	0,95	12,14
Mars	21,76	17,4	84,01	0,00	1,05	70,81
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	0,8	67,74
Mai	23,06	18,45	152,83	-	-	-
Juin	9,86	7,89	184,8	-	-	-
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-
Août	8,73	6,98	203,36	-	-	-

Tableau N°IV-16: Calcul des besoins en eau de l'haricot

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9	-	-	-
Octobre	18,03	14,42	97,96	-	-	-
Novembre	18,00	14,4	57,6	-	-	-
Décembre	24,62	19,7	40,3	-	-	-
Janvier	22,93	18,35	39,37	6,57	0,50	-
Février	20,00	16	53,94	9,90	0,90	22,65
Mars	21,76	17,4	84,01	0,00	0,95	62,41
Avril	23,02	18,42	107,7	0,00	0,90	78,51
Mai	23,06	18,45	152,83	0,00	0,85	111,46
Juin	9,86	7,89	184,8	-	-	-
Juillet	5,62	4,5	230,33	-	-	-
Août	8,73	6,98	203,36	-	-	-

Tableau N°IV-17: Calcul des besoins en eau du navet

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff (mm)	ETO (mm/mois)	RFU réel	Kc	Besoin bruts (mm)
Septembre	20,59	16,47	132,9			
Octobre	18,03	14,42	97,96			
Novembre	18,00	14,4	57,6			
Décembre	24,62	19,7	40,3			
Janvier	22,93	18,35	39,37			
Février	20,00	16	53,94		0,7	15,64
Mars	21,76	17,4	84,01		0,8	49,81
Avril	23,02	18,42	107,7		0,8	67,74
Mai	23,06	18,45	152,83		0,75	96,17
Juin	9,86	7,89	184,8			
Juillet	5,62	4,5	230,33			
Août	8,73	6,98	203,36			

IV.3.1) Calcul du débit caractéristique :

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 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:

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

B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

N_i : nombre des heures d'irrigation=24h

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

E_i : Efficience d'irrigation≈75

Tableau N°IV-18 : Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures pour l'assolement n°1

Désignation	Pourcentage d'occupation (Ha)	Besoins mensuel (mm)											Total	
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt		A
Blé/avoine	28	-		25,92	8,51	-	18,743	70,8105	94,665	119,097	121,47	-	-	459,22
luzerne	20	-	49,254	25,92	-	-	35,243	70,8105	100,05	157,3045	204,63	-	-	643,21
Oignon /ail	10	-	-	-	-	-	10,049	49,808	62,355	88,531	112,23	-	-	322,97
Pomme de terre de saison	10	-	-	-	-	-	2,16	49,81	89,28	88,53		-	-	229,78
Pomme de terre d'été	13	89,85	83,54	25,92	-	-	-	-	-	-	-	-	84,53	283,84
Poivron/piment	11	-	-	-	-	-	-	-	-	42,68	149,19	202,80	135,37	530,04
tomate	28							20,40	67,74	142,02	121,47	-	-	351,64
Pommier/poirier	20	76,56	54,15	25,92	-	-	-	-	73,13	111,46	149,19	156,73	135,37	782,51
Total	100	166,41	186,95	103,68	8,51	0,00	66,19	261,6	487,22	749,62	858,18	359,53	355,28	3603,20

Tableau N°IV -19 : Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures pour l'assolement n°2

Désignation	Pourcentage d'occupation (Ha)	Besoins mensuel (mm)											Total	
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt		A
Blé	20	-	-	25,92	8,51	-	18,743	70,8105	94,665	119,097	121,47	-	-	459,22
haricot	8	-	-	-	-	0,00	22,65	62,41	78,51	111,46				275,02
Oignon /ail	10	-	-	-	-	-	10,049	49,808	62,355	88,531	112,23	-	-	322,97
Petit pois	10	-	-	-	0,45	0,00	12,14	70,81	67,74	-	-	-	-	151,14
Navet	6	-	-	-	-	-	15,64	49,81	67,74	96,17	-	-	-	229,36
Orge en vert	28	-	-	25,92	8,51	0,00	18,74	70,81	94,67	142,02	102,99	-	-	463,66
tomate	10	-	-	-	-	-	-	20,40	67,74	142,02	121,47	-	-	351,64
Pommier/poirier	8	76,56	54,15	25,92	-	-	-	-	73,13	111,46	149,19	156,73	135,37	782,51
Total	100	166,41	186,95	103,68	8,51	0,00	66,19	261,6	487,22	749,62	858,18	359,53	355,28	3603,20

- Pour l'assolement n°1, et d'après le tableau IV.18, les besoins de pointe correspondent au mois de Juin, soient donc **858,18** mm/mois

Le débit spécifique calculé est très important, il est de **4,41** 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.

- Pour l'assolement n°2 (tableau IV.19) les besoin de pointe correspondent au mois de Mai, soient donc 975,70 mm/mois.

Le débit spécifique calculé est très important, il est de 5,02 l/s/ha, ce débit dépasse les normes (1,5 l/s/h), ce qui risque d'avoir un surdimensionnement.

Dans ce cas, 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;

Dans notre cas, le débit spécifique est celui de la luzerne durant le mois de juin, il est de : **Qs =1.05 l/s/ha**, est inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

IV.3.2) Evaluation du 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 :

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

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

S : la superficie totale à irriguer = 562 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.05 \cdot 562 = \mathbf{590,1 \text{ l/s}}$$

IV.3.3) Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :

La connaissance 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.

Étant donné, que nous avons pris en considération deux assolements, nous avons calculé les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant, en plus des besoins de l'arboriculture (hors assolement).

Tableau N°IV-20 : Besoin en eau d'irrigation des cultures

Cultures	Superficie en ha	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau brut (m3/ha)	Besoins bruts totaux (m3)
Céréales	157.36			
Blé/avoine	157.36	459,22	6122,87	963495,3477
Cultures maraichères	247.28			
Tomate	61,82	351,64	4688,48	289841,8336
pomme de terre de saison	39,34	229,78	3063,67	172178,3164
Pomme de terre d'été	56.2	283,84	3784,56	148884,5904
Poivron/piment	33,72	530,04	7067,21	238306,4336
Oignon/ail	56,2	322,97	4306,32	242015,184
Arboriculture	44.96			
Pommier	44.96	782,51	10433,41	469085,9637
Fourrages	112.4			
Luzerne	112.4	643,21	8576,16	963960,384
			total	3 487 768

D'après le tableau précédent, on remarque que le volume total des besoins en eau des cultures de notre périmètre est de 3 487 768 m³. Le volume régularisé du barrage de l'oued Charef est de (30 Hm³) et le volume alloué à l'irrigation est de 11 Mm³, il peut donc satisfaire les besoins en eau du périmètre de Bir Bouhouche et celui de Ksar Sbahi d'un volume de estimer a environ 5000000 m³. La mobilisation des eaux du barrage est destinée à l'irrigation, ce qui représente un atout considérable pour le développement de l'irrigation dans le périmètre de la commune de Bir Bouhouche.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les besoins en eau des cultures du périmètre de Bir Bouhouche dans la wilaya de Souk Ahras, ce qui nous a permis d'atteindre deux objectifs principaux :

-D'abord l'estimation du débit spécifique de notre périmètre qui intervient dans le dimensionnement du réseau d'irrigation, et cela vu les principales spéculations agricoles et les contraintes agronomiques, en tenant compte de la culture la plus exigeante.

-L'estimation des volumes d'eau d'irrigation nécessaires du périmètre. Vu la superficie du périmètre, le choix des cultures proposé a mis en évidence des besoins importants qui s'élèvent à plus de 3 487 768 m³.

Le barrage de l'oued Charef, pourra subvenir aux besoins en eau de ces cultures, du fait que le volume du barrage alloué à l'irrigation est de 11 hm³.

Chapitre V :
Etude du système
d'adduction

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Introduction

Une des premières exigences pour une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation est une organisation convenable de ce système, depuis sa conception jusqu'à sa gestion en passant par son exploitation et sa maintenance.

Une foi délimitée, la surface totale du périmètre a été divisé en îlots. Pour le lotissement du périmètre Bir Bouhouche, les règles suivantes ont été appliquées :

- Les îlots d'irrigation sont constitués par le groupement de plusieurs parcelles existantes dont les limites ont été scrupuleusement respectées ;
- Dans toute la mesure du possible, chaque îlot d'irrigation est composé de parcelles privées seules, soit de 2 à 4 parcelles au maximum pouvant être raccordées à une borne d'irrigation
- Diminuer au maximum le parcellement des terres ;
- La délimitation des îlots a été effectuée de façon à leur donner la forme la plus régulière possible.

V-1) 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 562 ha. la délimitation de la surface à irriguer se base sur les critères suivant qui ont été discutés dans la phase de l'étude de base :

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

V.1.1) Taille des îlots d'irrigation :

Après une analyse des caractéristiques 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.
- Les 562 ha constituant ce périmètre sont repartis en 83 îlots d'irrigation.

Après analyse foncière, topographique et hydraulique, trois (3) modèles d'exploitations ont été définis dans le périmètre Bir Bouhouche:

➤ **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).

➤ **Micro parcellaire (<5 ha) :**

Le micro parcellaire se caractérise par des parcelles exploitées par plusieurs familles séparément ou en commun en petites superficies : le choix des systèmes d'irrigation et de production étant restreint.

V.2) Mode du tracé et 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
 - ✓ Bornes implantées en limites d'îlots
- pour les zones à grande exploitation

- ✓ La borne se situe au centre de la parcelle
- ✓ 2 à 4 prises sur la même borne

V.2.1) Rôle et 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

V. 3) 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.

V.3.1) 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 : **$q_s = 1.05 \text{ l/s/ha}$**

S_t = superficie totale du périmètre (ha)

Dans notre cas, on trouve :

$$Q_t = 1.05 \cdot 562 = 590.1 \text{ l/s}$$

V.3.2) Calcul du débit aux bornes :

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

$$Q_b = q_s \cdot S$$

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

q_s = Débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie de l'ilot (ha)

V.3.3) Choix du type de borne :

Le choix de la borne dépend de la surface

- Pour les surfaces $S \leq 10ha$ on prend la Borne à deux prises
- Pour les surfaces $S \geq 15ha$ on prend la Borne à quatre prises

V.3.4) 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 N°V-1 : Caractéristiques des bornes

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8$ l/s	D= 65mm
$8 < Q < 20$ l/s	D= 100mm
$20 < Q < 25$ l/s	D= 150mm
$Q > 25$ l/s	D= 200mm

Le calcul des débits des prises et des bornes sont présentées dans le tableau N° V-2

Tableau N°V-2 : Débits au niveau de chaque îlot

Branche S/Branche	Numéro de l'îlot ou de borne	Surface (ha)	Débit spécifique (l/s)	Débit brut des îlots (l/s)	débit de la borne L/S	Diamètre de la borne mm	Nombre des prises
CM1	Piquage 1- B83	3,67	1,05	3,84	3,84	65	1
	B82	3,3	1,05	3,47	3,47	65	1
	B81	7,4	1,05	7,77	7,77	65	1
	B80	10	1,05	10,50	10,50	100	1
	B79	6	1,05	6,3	6,3	65	1
	B78	10,8	1,05	11,34	11,34	100	1
	B77	3,96	1,05	4,16	4,16	65	1
CM 1-1	B83 Bis 1	3,67	1,05	3,84	3,84	65	1
	B83 Bis 2	3,66	1,05	3,84	3,84	65	1
	B82	3,3	1,05	3,47	3,47	65	1
CM 1-2	B79 bis	6	1,05	6,3	6,3	65	1
BR1	B65	8,84	1,05	9,28	9,28	100	1
	B68	4,78	1,05	5,02	5,02	65	1
	B70	4,28	1,05	4,49	4,49	65	1
	B71	7,81	1,05	8,20	8,20	100	1
	B74 -75	3,40	1,05	3,57	9,06	100	2
5,23		1,05	5,49				

SBR 1-1	B 67	11,88	1,05	12,47	12,47	100	1
	B76	6	1,05	6,3	6,3	65	1
	B76 Bis	6	1,05	6,3	6,3	65	1
SBR 1-2	B 66	3,41	1,05	3,58	3,58	65	1
SB 1-3	B 65	8,83	1,05	9,27	9,27	100	1
SBR 1-4	B 69	9,57	1,05	10,05	10,05	100	1
SBR 1-5	B 73	5,40	1,05	5,67	5,67	65	1
SBR 1-6	B 72	5,25	1,05	5,51	5,51	65	1
BR2	B 45 – 46	6,04	1,05	6,34	12,92	100	2
		6,27	1,05	6,58			
	B 44	2,34	1,05	2,46	2,46	65	1
	B 43	1,31	1,05	1,38	1,38	65	1
	B 43	1,31	1,05	1,38	1,38	65	1
	B 19 – 20	4,02	1,05	4,22	9,28	100	2
		5,15	1,05	5,40			
	B 19	5,15	1,05	5,40	5,4	65	1
B 18 – 64	7,90	1,05	8,30	12,88	100	2	
	4,36	1,05	4,58				
SBR 2 - 1	B 58	9,53	1,05	10,01	10,01	100	1
	B 63	6,78	1,05	7,12	7,12	65	1
	B 3	2,83	1,05	2,97	2,97	65	1
	B 4	6,73	1,05	7,07	7,07	65	1
SBR 2 - 1.1	B 59 – 62	7,10	1,05	7,46	11,38	100	2
		3,73	1,05	3,92			
SBR 2 - 1.2	B 61	5,03	1,05	5,28	5,28	65	1
SBR 2 - 1.3	B 2	6,70	1,05	7,04	7,04	65	1
	B 1	4,41	1,05	4,63	4,63	65	1
SBR 2 - 2	B 57	5,11	1,05	5,37	5,37	65	1
	B 55 – 60	6,71	1,05	7,05	11,25	100	2
		4	1,05	4,2			
	B 56	7,41	1,05	7,78	7,78	65	1
	B 17	6,28	1,05	6,59	6,59	65	1
B 5	6,40	1,05	6,72	6,72	65	1	
SBR 2 - 2.1	B 54	5,77	1,05	6,06	6,06	65	1
SBR 2 - 3	B 50	3,30	1,05	3,47	3,47	65	1
SBR 2 - 4	B 50	3,30	1,05	3,47	3,47	65	1
	B 51	4,46	1,05	4,68	4,68	65	1
	B 52 -53	4,48	1,05	4,70	8,71	100	2
		3,82	1,05	4,01			
SBR 2 - 5	B 48 – 49	1,86	1,05	1,95	5,53	65	2
		3,41	1,05	3,58			
SBR 2 – 6	B 48 – 47	1,86	1,05	1,95	6,36	65	2
		4,20	1,05	4,41			
SBR 2 – 7	B 42	3,13	1,05	3,29	3,29	65	1
	B 22	3,25	1,05	3,41	3,41	65	1
SBR 2 - 8	B 20	5,15	1,05	5,41	5,41	65	1
SBR 2 - 9	B19	4,02	1,05	4,22	4,22	65	1
	B 21	6,02	1,05	6,32	6,32	65	1

BR 3	B 39	8,19	1,05	8,60	8,60	100	1
	B 36 – 37	3,39	1,05	3,56	11,15	100	2
		7,23	1,05	7,59			
	B 38	5,13	1,05	5,39	5,39	65	1
	B 35	1,81	1,05	1,90	1,90	65	1
	B 34	6,82	1,05	7,16	7,16	65	1
	B 33	4,56	1,05	4,79	4,79	65	1
	B 32	5,61	1,05	5,89	5,89	65	1
	B 29	8,30	1,05	8,72	8,72	100	1
	B 27 – 28	9	1,05	9,45	14,55	100	2
		4,86	1,05	5,1			
	B 12 – 13	1,48	1,05	1,55	6,86	65	2
		5,06	1,05	5,31			
B 11 – 12	5,06	1,05	5,31	7,53	65	2	
	2,11	1,05	2,22				
SBR 3 – 1	B 39	8,19	1,05	8,60	8,60	100	1
	B 40	8,30	1,05	8,72	8,72	100	1
	B 24 – 41	4,61	1,05	4,84	11,40	100	2
		6,59	1,05	6,92			
	B 23	4,26	1,05	4,47	4,47	65	1
	B 15 - 19 – 21	6,02	1,05	6,32	13,61	100	3
		2,92	1,05	3,07			
		4,02	1,05	4,22			
	B 16	4,36	1,05	4,58	4,58	65	1
	B 16 bis	4,36	1,05	4,58	4,58	65	1
	B 8	4,28	1,05	4,49	4,49	65	1
	B 7 – 8	5,91	1,05	6,2	10,7	100	2
		4,28	1,05	4,49			
B 6 – 17	3,33	1,05	3,5	10,09	100	1	
	6,28	1,05	6,59				
SBR 3 - 1.1	B 25	5,78	1,05	6,07	6,07	65	1
SBR 3 - 1.2	B 25 bis	5,78	1,05	6,07	6,07	65	1
SBR 3 - 1.3	B 26	3,31	1,05	3,48	3,48	65	1
	B 26-28	4,86	1,05	5,01	8,49	100	1
3,31		1,05	3,48				
SBR 3 - 1.4	B 14 – 26	3,31	1,05	3,48	8,18	100	1
		4,48	1,05	4,7			
SBR 3 - 1.5	B 14	4,48	1,05	4,70	4,70	65	1
SBR 3 - 1.6	B 8	4,28	1,05	4,49	4,49	65	1
	B 9	6,44	1,05	6,76	6,76	65	1
	B 10	5,65	1,05	5,93	5,93	65	1
SBR 3 - 2	B 36	3,39	1,05	3,56	3,56	65	1
SBR 3 - 3	B 30 – 31	5,40	1,05	5,67	7,86	65	1
		2,09	1,05	2,19			

Le nombre total de bornes est **88 bornes**.

V.4) Modalités de desserte de l'eau :

La distribution de l'eau d'irrigation est dans certains cas problématique en particulier dans les mois de pointe, car la demande ne peut dépasser la main d'eau. On distingue :

V.4.1) Distribution d'eau à la demande :

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit. Dans certains cas, le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu (le débit qui serait nécessaire si l'irrigation s'effectuait 24h sur 24 pendant la période de pointe).

V.4.2) Distribution au tour d'arrosage :

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module.

V.4.3) Tour d'arrosage à la borne :

Chacune des bornes représentant le tertiaire dans le réseau de surface, reçoit un débit correspondant au débit fictif continu ce qui constitue alors le module d'irrigation qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne.

V.4.4) Tour d'arrosage au niveau de l'antenne :

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles en appliquant la modalité précédente pourront être trop faibles. On peut alors songer à regrouper plusieurs bornes sur une antenne donnée. Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées desservies par cette antenne constituera le module d'irrigation successivement délivré aux différentes prises de l'antenne.

V.5) Loi de débit :

Dans le cadre d'une irrigation à la demande, le débit affecté à chaque prise, sera fonction des caractéristiques de la parcelle à desservir.

Les paramètres de la loi de débit sont définis, ci-après :

- * la conception des modèles.
- * l'évaluation des besoins en eau du périmètre.
- * l'analyse de la trame technique et hydraulique.
- * la définition des tailles des îlots d'irrigation.

Conformément à la figure V.I, la loi des débits est donnée sous la forme suivante :

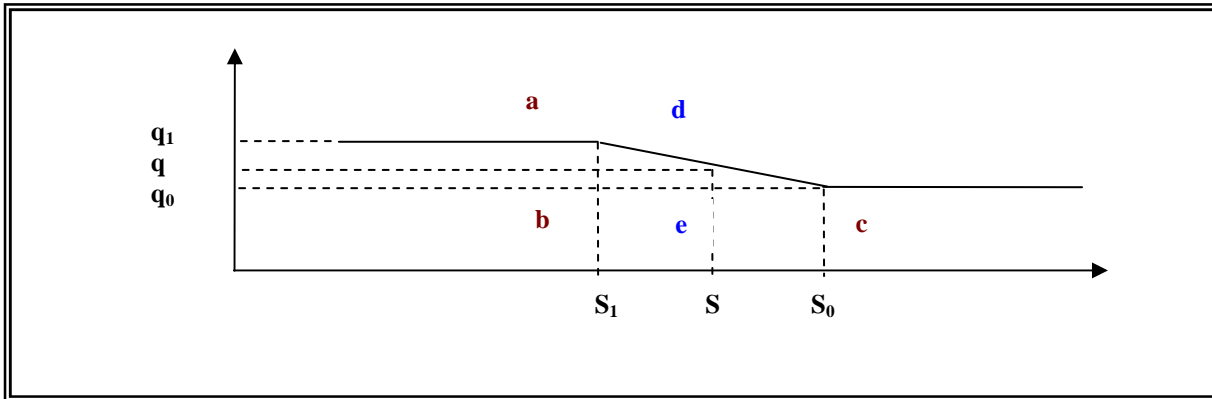


Figure V.1: Représentation graphique de la loi de débit.

Pour $S \leq S_1$: On a : $q = q_1$,

Pour $S_1 < S \leq S_0$:

En appliquant la théorie des triangles semblables [$\triangle abc$ et $\triangle dec$], on aura :

$$\frac{(q_1 - q_0)}{(q - q_0)} = \frac{(S_0 - S_1)}{(S_0 - S)}$$

$$\text{D'où : } q = q_0 + (q_1 - q_0) * \frac{(S_0 - S)}{(S_0 - S_1)}$$

Pour $S > S_0$:

On a : $q = q_1$.

Dans lesquelles :

q_1 : Débit caractéristique du modèle le plus exigeant : **1,05 l/s/ha**

q_0 : Débit caractéristique moyen des modèles : **0.7 l/s/ha**

S_1 : Surface occupée par le modèle le plus exigeant sur la plus longue branche (100 ha)

S_0 : Surface occupée par les modèles dont le débit caractéristique est supérieur au débit moyen des modèles (40 ha).

On obtient les calculs suivants :

1^{er} cas : $q = 1.05 * S$; **si** $S < 40$ ha

2^{ème} cas : $q = 0.55 * S + 2.25$ **si** $40 < S < 100$ ha

3^{ème} cas : $q = 0.55 * S$ **si** $S > 100$ ha

V.6) Description du schéma d'aménagement du réseau de distribution :**V.6.1) Périmètre existant :**

Le périmètre de Bir Bouhouche est situé en aval du barrage de l'oued Charef sur la rive gauche, d'une superficie de 2062 ha, issu après extension du grand périmètre qui a touché des superficies arables situées dans les localités de Bir Bouhouche divisés en trois secteurs A, B, C. L'extension du périmètre permettra d'accroître sa superficie de l'ordre 562 ha

V.6.2) Station de pompage :

La construction de la station de pompage de sedrata a posé un certain nombre de problèmes, elle ne possédait qu'un niveau de prélèvement. Ainsi, en cas de sécheresse, le niveau d'eau disponible aurait pu être inférieur à celui de la station. D'où la nécessité de la réalisation d'un ponton flottant abritant des pompes submersibles et situé au centre du réservoir afin de prélever une eau de la meilleure qualité possible avec un taux minimal d'impuretés, quel que soit le niveau de la retenue, elle permettra l'alimentation du réservoir de 15000 m³ qui est situé en amont de cote 857,17 m .

Plus de 300 mètres de tuyaux résistants ont été posés pour relier le ponton à la station de pompage temporaire. L'installation de quatre pompes de 150 l/s pour un HMT d 127 m sur le ponton flottant. Trois d'entre elles étaient destinées au pompage régulier tandis que la quatrième servait de pompe de secours pour les périodes d'activité plus intense. La station a été équipée de dispositifs de contrôle à fréquence variable afin d'assurer un fonctionnement optimal des pompes et de garantir le pompage le plus efficace possible.(annexes 7)

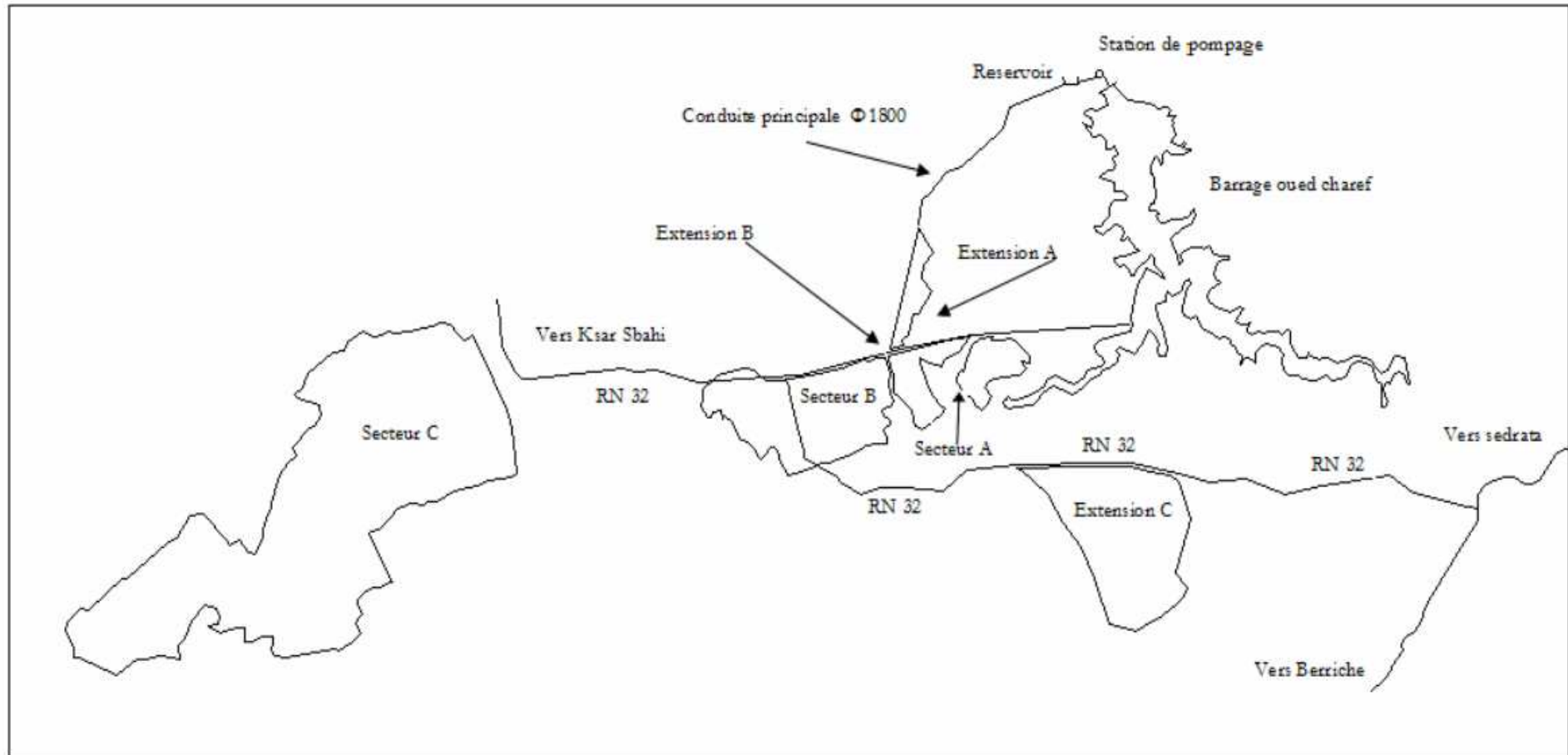


Figure V.3 : Schéma du périmètre Bir Bouhouche

source : ONID

V.6.3) Variantes d'aménagement :

Le réseau d'irrigation du périmètre Bir Bouhouche est de type ramifié. Il a l'architecture suivante : Le périmètre d'irrigation est situé juste en aval du barrage de l'oued Charef où l'extension se situe entre le secteur A et B du périmètre.

A partir du réservoir situé en aval du barrage à une cote 857m, une conduite de 1500 mm PN16 en Béton fretté passe en rive gauche de l'oued Charef pour alimenter le périmètre de Ksar Sbahi, d'où des piquages sur la conduite ont été réalisés pour desservir chaque groupement de parcelles à partir de chaque piquage (1, 2,3) pour chaque extension du périmètre respectif A, B, C comme le montre la figure ci après.

V.6.4) Schéma de distribution :

Le principe de distribution de la variante retenue consiste à irriguer le périmètre d'une desserte gravitaire à partir de trois piquages sur la conduite existante puis distribuer gravitairement vers le périmètre à travers un réseau constitué de conduites enterrée en PEHD depuis l'ouvrage de prise d'eau aux bornes d'irrigation situées en tête de chaque ilot ou parcelle. Sachant que la surface totale à irriguer est de 562 ha.

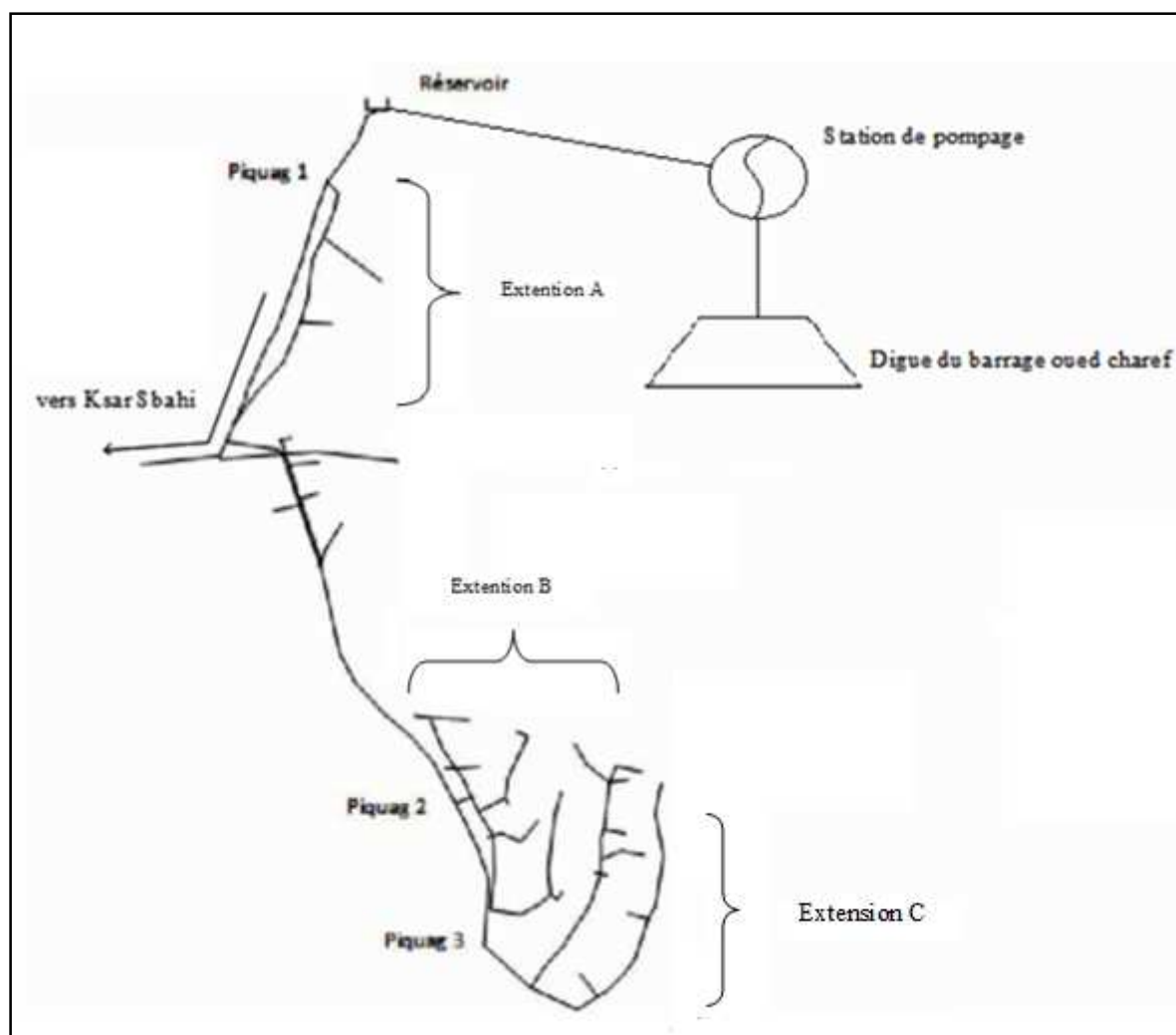


Figure V.4 : Schéma d'adduction de l'extension du périmètre de Bir Bouhouche

V. 6.5) Tracé du réseau de distribution :

Le périmètre est irrigué en gravitaire à partir de trois piquages. L'eau est transportée par un réseau de distribution constitué de conduites enterrées depuis l'ouvrage de prise d'eau aux bornes d'irrigation situées en tête de chaque ilot ou parcelle. La surface nette totale à irriguer est de 562 ha.

V.6.6) Choix du tracé :

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction, 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.

a) 1ere phase : Tracé par proximité :

Il s'agit d'un tracé avec des longueurs aussi minimales que possible, ayant pour sommet les seules bornes du réseau. Dans certains cas, on utilise l'algorithme de M^r Kruskal.

b) 2eme phase : Tracé à 120° :

Dans ce tracé, les bornes d'irrigation sont reliées par deux segments, formant entre eux un angle de 120°.

c) 3eme phase : tracé économique :

Le tracé économique est voisin du tracé à 120° mais avec des angles aux points de jonction modifiés en fonction des positions des points.

V.7) Calcul hydraulique des canalisations :

Le calcul hydraulique des conduites est une étape cruciale dans le dimensionnement des réseaux d'adduction 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.

Les conduites de distribution parcourent les limites des îlots, traversent les parcelles et suivent par fois les routes et les pistes existantes.

V.7.1) 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.).

V.7.2) Caractéristiques des canalisations :

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

Présentent plusieurs avantages :

- 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.

a) 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 :

Dans notre cas, nous utiliserons les conduites circulaires, en PEHD (polyéthylène à haute densité) pour les conduites dont le diamètre est inférieur à 400 mm et inférieur à 16 Bars, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 400 mm.

V.7.3) Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot ou parcelle, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite de refoulement, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau gravitaire, qui correspond à la détermination des diamètres du réseau de distribution gravitaire, c'est-à-dire du bassin d'accumulation vers les bornes ou parcelles.

Il existe de nombreuses solutions adéquates aux contraintes techniques du problème.

V.7.4) 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)

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

V.7.5) 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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

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

V.7.6) 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 :

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

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 (K_s) 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 VI-7 : 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 et la fonte pour l'ensemble des canalisations, les paramètres de la formule de pertes de charges sont :

$K=0.1$ mm : $L=1.15$, $M = 1.89$, $N = 5.01$.

V.8) Détermination de la pression en tête du réseau :

La pression de service nous été déterminée et nous a été fournie par les sévices hydrauliques, pour les trois piquages comme suit :

- Pour le piquage 1 est de **6,74 bars** ;
- Piquage 2 est de **7,12bars** ;
- Piquage 3 est **4.1 bars**.

La connaissance de cette pression est capitale puisqu'elle permet d'effectuer les calculs hydrauliques des canalisations, et d'estimer ainsi les pressions de chaque borne.

Tableau N°V-3: Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pressions)

Branche S/Branche	Tronçon	Débit m3/S	diamètre calculé	Diamètre normalisé	Vitesse m/s	Longueur km	perte de charge totale	cote terrain naturel		Cote piézométrique		Charge Dynamique (m)		Pression statique (m)	
								amont	aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
	Piquage 1 - B1	0,12	348,81	400,00	0,95	0,12	0,26	792,43	789,88	829,54	829,28	37,11	39,40	68,74	39,66
	B1-B2	0,11	331,52	400,00	0,86	0,19	0,35	789,88	789,90	829,28	828,93	39,40	39,03	39,66	39,64
	B2 - CM1-1 (10)	0,10	313,27	315,00	1,24	0,25	1,23	789,90	790,92	828,93	827,71	39,03	36,79	39,64	38,62
	10-B6	0,08	288,39	315,00	1,05	0,23	0,83	790,92	790,54	827,71	826,88	36,79	36,34	38,62	39,00
	B6- B7	0,07	267,21	315,00	0,90	0,30	0,80	790,54	790,40	826,88	826,07	36,34	35,67	39,00	39,14
	B7 - B8(CM1-2)	0,06	253,66	250,00	1,29	0,26	1,87	790,40	788,63	826,07	824,21	35,67	35,58	39,14	40,91
	B8 - B9	0,04	198,28	250,00	0,79	0,38	1,06	788,63	795,64	824,21	823,15	35,58	27,51	40,91	33,90
	B9- B10	0,03	169,18	200,00	0,89	0,19	0,91	795,64	778,45	823,15	822,24	27,51	43,79	33,90	51,09
	B10 -B11	0,02	125,64	160,00	0,77	0,19	0,87	778,45	785,54	822,24	821,37	43,79	35,83	51,09	44,00
	B11 - B12	0,00	65,08	90,00	0,65	0,35	2,41	785,54	784,25	821,37	818,96	35,83	34,71	44,00	45,29
CM1-1	10 - B3	0,01	122,37	125,00	1,20	0,17	2,40	790,92	787,22	827,71	825,30	36,79	38,08	38,62	42,32
	B3-B4	0,01	108,47	110,00	1,22	0,14	2,38	787,22	783,79	825,30	822,92	38,08	39,13	42,32	45,75
	B4-20	0,01	92,50	110,00	0,88	0,14	1,37	783,79	777,31	822,92	821,56	39,13	44,25	45,75	52,23
	20-B5	0,01	92,50	110,00	0,88	0,23	2,16	777,31	777,31	821,56	819,39	44,25	42,08	52,23	52,23
CM1-2	B8-21	0,01	92,50	110,00	0,88	0,15	1,48	788,63	788,63	824,21	822,73	35,58	34,10	52,23	40,91
	21-B13	0,01	92,50	110,00	0,88	0,05	0,52	788,63	788,00	822,73	822,22	34,10	34,22	40,91	41,54
CM2	Piquage 1 - A	2,20	1497,01	1500,00	1,25	2,12	1,56	792,43	783,34	859,42	858,00	66,99	74,66	68,74	77,83
	A - Point 1	0,58	765,40	800,00	1,14	0,53	0,72	783,34	772,72	858,00	857,35	74,66	84,63	77,83	88,45
	Point 1 - Point de liaison	0,50	712,56	800,00	0,99	1,89	1,96	772,72	770,03	858,00	856,22	85,28	86,19	88,45	91,14
	Point de liaison - Point 2	0,50	712,56	800,00	0,99	1,09	1,13	770,03	782,95	856,22	855,19	86,19	72,24	91,14	78,22
	Point 2 - Piquage 2	0,50	712,56	800,00	0,99	1,41	1,47	782,95	791,05	857,35	856,01	74,40	64,96	78,22	70,12
	Piquage 2 - Piquage 3	0,30	555,33	600,00	1,07	1,37	2,34	791,05	820,51	856,22	854,09	65,17	33,58	70,12	40,66

BRI

	piquage (1-1)-N93	0,08	279,46	315,00	0,98	0,04	0,14	779,43	778,53	806,98	806,83	27,55	28,30	27,55	28,45
	N93-B65	0,08	279,46	315,00	0,98	0,35	1,13	778,53	773,42	806,83	805,71	28,30	32,29	28,45	33,56
	B65-N91	0,08	279,46	315,00	0,98	0,24	0,76	773,42	772,48	805,71	804,95	32,29	32,47	33,56	34,50
	N91-B68	0,06	243,31	250,00	1,18	0,10	0,61	772,48	771,23	804,95	804,34	32,47	33,11	34,50	35,75
	B68-N87	0,04	200,75	200,00	1,26	0,17	1,49	771,23	765,67	804,34	802,85	33,11	37,18	35,75	41,31
	N87-B70	0,03	187,33	200,00	1,10	0,02	0,17	765,67	763,57	802,85	802,69	37,18	39,12	41,31	43,41
	B70-B71	0,03	174,68	200,00	0,95	0,24	1,25	763,57	761,09	802,69	801,44	39,12	40,35	43,41	45,89
	B71-B74.75	0,02	132,60	200,00	0,55	0,31	0,58	761,09	760,44	801,44	800,86	40,35	40,42	45,89	46,54
	B65-B67	0,04	189,89	200,00	1,13	0,45	3,29	773,42	765,83	805,71	802,42	32,29	36,59	33,56	41,15
SBR 1 - 1	B67-B76	0,01	117,91	160,00	0,68	0,27	1,00	765,83	759,78	804,95	803,95	39,12	44,17	41,15	47,20
	B76-B76bis	0,01	117,91	160,00	0,68	0,29	1,08	759,78	758,21	804,34	803,26	44,56	45,05	47,20	48,77
SBR 1-2	N91-B66	0,00	57,95	75,00	0,75	0,15	1,65	772,48	772,17	804,95	803,30	32,47	31,13	34,50	34,81
SBR 1-3	N91-B65	0,02	137,47	160,00	0,92	0,08	0,53	772,48	768,17	804,34	803,81	31,86	35,64	34,50	38,81
SBR 1-4	N87-B69	0,01	101,17	110,00	1,06	0,22	3,01	765,67	765,01	802,85	799,84	37,18	34,83	41,31	41,97
SBR 1 - 5	C2-B73	0,01	76,00	90,00	0,89	0,14	1,71	774,32	761,92	802,69	800,98	28,37	39,06	32,66	45,06
SBR 1 - 6	C1-B72	0,01	74,93	75,00	1,25	0,20	6,01	772,76	762,45	804,34	798,33	31,58	35,88	34,22	44,53
BR 2	Piquage 2 - 10 '(SBR2-1)	0,20	446,49	450,00	1,23	0,14	0,44	791,05	792,66	838,11	837,66	47,06	45,00	70,12	45,45
	10 - 11 (SBR2-2 et 3)	0,14	377,94	400,00	1,12	0,14	0,44	792,66	789,13	837,66	837,23	45,00	48,10	45,45	48,98
	11 - 12(SBR2-4 et 5)	0,09	307,79	315,00	1,19	0,25	1,17	789,13	794,08	837,23	836,05	48,10	41,98	48,98	44,03
	12 - 13(SBR2-6)	0,07	268,18	315,00	0,91	0,17	0,48	794,08	799,47	836,05	835,57	41,98	36,10	44,03	38,64
	13- 13'	0,06	255,81	315,00	0,82	0,50	1,15	799,47	810,00	835,57	834,42	36,10	24,42	38,64	28,11
	13'- 14	0,06	255,81	315,00	0,82	0,06	0,15	810,00	808,80	834,42	834,28	24,42	25,48	28,11	29,31
	14 - 15	0,05	228,64	250,00	1,05	0,21	1,03	808,80	803,75	834,28	833,25	25,48	29,50	29,31	34,36
	15- 16	0,05	220,90	250,00	0,98	0,16	0,67	803,75	807,54	833,25	832,58	29,50	25,04	34,36	30,57
	16- 17 (SBR2-7)	0,05	217,71	250,00	0,95	0,17	0,69	807,54	806,30	832,58	831,89	25,04	25,59	30,57	31,81
	17 - 18(SBR2-8 et 9)	0,04	197,92	200,00	1,22	0,21	1,82	806,30	800,00	831,89	830,06	25,59	30,06	31,81	38,11
	18 - 19	0,02	151,40	200,00	0,72	0,51	1,57	800,00	789,15	830,06	828,50	30,06	39,35	38,11	48,96
	19 - Ilôts 18 et 64	0,01	114,51	125,00	1,05	0,22	2,50	789,15	784,70	828,50	825,99	39,35	41,29	48,96	53,41

SBR 2 - 1

	10 - 46	0,06	237,73	250,00	1,13	0,17	0,96	792,66	793,82	822,63	821,67	29,97	27,85	45,45	28,81
	46 - 47(SBR2-1-1 et 2)	0,05	215,22	250,00	0,93	0,13	0,49	793,82	791,91	821,67	821,18	27,85	29,27	28,81	30,72
	47 - 48	0,03	171,34	200,00	0,92	0,22	1,07	791,91	786,66	821,18	820,11	29,27	33,45	30,72	35,97
	48 - 49(SBR2-1-3)	0,02	148,68	200,00	0,69	0,29	0,85	786,66	786,32	820,11	819,26	33,45	32,94	35,97	36,31
	49 - 50	0,01	101,12	110,00	1,06	0,10	1,34	786,32	785,90	819,26	817,92	32,94	32,02	36,31	36,73
	50 - Îlot 4	0,01	84,84	110,00	0,74	0,26	1,77	785,90	782,85	817,92	816,15	32,02	33,30	36,73	39,79
SBR 2 - 1.1	47 - Îlot 59	0,01	107,62	125,00	0,93	0,22	1,93	791,91	789,73	821,18	819,25	29,27	29,52	30,72	32,90
SBR 2 - 1.2	47 - Îlot 61	0,01	73,35	75,00	1,20	0,09	2,44	791,91	786,32	821,18	818,74	29,27	32,42	30,72	36,31
SBR 2 - 1.3	49 - Îlot 2	0,01	109,01	110,00	1,23	0,00	0,02	786,32	786,32	819,26	819,24	32,94	32,92	36,31	36,31
	Îlot 2 - Îlot 1	0,00	68,68	75,00	1,05	0,14	3,02	786,32	787,54	819,24	816,22	32,92	28,68	36,31	35,09
SBR 2 - 2	11 - 51(SBR3-2-1)	0,04	211,12	250,00	0,89	0,27	0,97	788,70	789,76	837,23	836,26	48,53	46,50	48,98	47,47
	51 - 52	0,03	181,48	200,00	1,03	0,25	1,55	789,76	786,05	836,26	834,71	46,50	48,66	47,47	51,18
	52 - 53	0,02	146,57	160,00	1,05	0,14	1,13	796,00	782,71	834,71	833,58	38,71	50,87	51,18	54,52
	53 - 54	0,01	116,43	125,00	1,09	0,21	2,58	782,61	780,31	833,58	831,00	50,97	50,69	54,52	56,92
	54 - Îlot 5	0,01	82,73	90,00	1,06	0,11	1,87	780,40	778,82	831,00	829,13	50,60	50,31	56,92	58,41
SBR 2 - 2.1	51 - Îlot 54	0,01	78,56	90,00	0,95	0,06	0,85	789,76	789,70	836,26	835,41	46,50	45,71	47,47	47,53
SBR 2 - 3	11 - Îlot 50	0,00	59,41	63,00	1,11	0,01	0,37	789,13	788,45	835,41	835,04	46,28	46,59	48,98	48,78
SBR 2 - 4	12 - 55	0,02	131,06	160,00	0,84	0,07	0,41	794,08	792,57	835,04	834,64	40,97	42,07	44,03	45,54
	55 - 56	0,01	116,82	125,00	1,09	0,20	2,42	792,57	789,30	834,64	832,21	42,07	42,91	45,54	48,81
	56 - Îlots 52 et 53	0,01	94,22	125,00	0,71	0,24	1,32	789,30	789,37	832,21	830,89	42,91	41,52	48,81	48,74
SBR 2 - 5	12 - Îlot 48 et 49	0,01	75,08	75,00	1,25	0,05	1,60	789,13	796,17	836,05	834,45	46,92	38,29	44,03	41,94
SBR 2 - 6	13 - Îlots 48 et 47	0,01	80,51	90,00	1,00	0,07	1,12	799,47	800,58	835,57	834,46	36,10	33,88	38,64	37,53
SBR 2 - 7	17 - Îlot 42	0,01	82,60	90,00	1,05	0,06	1,09	806,30	806,30	831,89	830,79	25,59	24,49	31,81	31,81
	Îlot 42 - Îlot 22	0,00	58,96	63,00	1,10	0,07	1,94	806,90	804,02	830,79	828,85	23,89	24,83	31,81	34,09
SBR 2 - 8	18 - Îlot 20	0,01	74,22	75,00	1,22	0,05	1,53	800,00	794,84	830,06	828,53	30,06	33,69	38,11	43,27
SBR 2 - 9	18 - Îlot 19	0,01	103,64	110,00	1,11	0,04	0,62	800,00	801,24	830,06	829,44	30,06	28,20	38,11	36,87
	Îlot 19 - Îlot 21	0,01	80,24	90,00	0,99	0,07	1,12	801,24	794,84	829,44	828,33	28,20	33,49	36,87	43,27

BR 3

	Piquage 3 - 20(SBR3-1)	0,30	555,33	600,00	1,07	0,57	0,97	820,51	808,15	841,35	840,38	20,84	32,23	40,66	33,20
	20 - 21	0,15	396,91	400,00	1,23	0,27	0,98	808,15	804,50	840,38	839,40	32,23	34,90	33,20	36,85
SBR 3-1	21 - 21'	0,14	382,34	400,00	1,14	0,20	0,63	804,50	808,20	839,40	838,78	34,90	30,58	36,85	33,15
	21' - 22	0,14	382,34	400,00	1,14	0,09	0,28	808,20	809,50	838,78	838,50	30,58	29,00	33,15	31,85
	22 - 23(SBR3-2)	0,14	375,09	400,00	1,10	0,14	0,41	809,50	809,50	838,50	838,09	29,00	28,59	31,85	31,85
	23 - 24	0,13	370,23	400,00	1,07	0,31	0,88	809,50	811,60	838,09	837,21	28,59	25,61	31,85	29,75
	24 - 25	0,13	367,61	400,00	1,06	0,09	0,25	811,60	805,50	837,21	836,96	25,61	31,46	29,75	35,85
	25 - 26	0,13	357,55	400,00	1,00	0,09	0,23	805,50	802,20	836,96	836,72	31,46	34,52	35,85	39,15
	26 - 27	0,12	350,66	400,00	0,96	0,27	0,61	802,20	806,50	836,72	836,11	34,52	29,61	39,15	34,85
	27 - 28(SBR3-3)	0,11	342,00	400,00	0,91	0,09	0,19	806,50	791,37	836,11	835,92	29,61	44,55	34,85	49,98
	28 - 29	0,11	330,08	400,00	0,85	0,13	0,23	791,37	805,68	835,92	835,69	44,55	30,01	49,98	35,67
	29 - 29' (SBR3-4)	0,10	316,35	315,00	1,26	0,04	0,22	805,68	798,79	835,69	835,47	30,01	36,68	35,67	42,56
	29' - 30	0,03	177,84	200,00	0,99	0,43	2,43	798,79	793,68	835,47	833,04	36,68	39,36	42,56	47,67
	30 - 31	0,02	129,62	160,00	0,82	0,43	2,28	793,68	790,31	833,04	830,77	39,36	40,46	47,67	51,04
	31 - Îlot 11 et Îlot 12	0,01	99,03	125,00	0,78	0,29	1,89	790,31	786,99	830,77	828,88	40,46	41,89	51,04	54,36
	Îlot 11 et Îlot 12-B38	0,00	46,25	63,00	0,67	0,09	1,02	786,99	775,47	828,88	827,86	41,89	52,39	54,36	65,88
SBR 3-1	20 - 32	0,14	376,95	400,00	1,11	0,28	0,85	808,15	806,50	840,38	839,53	32,23	33,03	33,20	34,85
	32 - 33	0,13	365,15	400,00	1,04	0,16	0,44	806,50	804,45	839,53	839,10	33,03	34,65	34,85	36,90
	33 - 34	0,12	352,78	400,00	0,97	0,41	0,95	804,45	792,80	839,10	838,14	34,65	45,34	34,65	46,30
	34 - 35	0,11	335,37	400,00	0,88	0,10	0,19	792,80	790,70	838,14	837,95	45,34	47,25	46,30	47,44
	35 - 36(SBR3-1-1 et 2)	0,11	328,51	400,00	0,84	0,26	0,46	790,70	787,42	837,95	837,49	47,25	50,07	47,44	50,53
	36 - 37(SBR3-1-3)	0,09	309,12	315,00	1,20	0,13	0,61	787,42	795,00	837,49	836,88	50,07	41,88	50,53	42,49
	37 - 38	0,08	291,62	315,00	1,07	0,19	0,71	795,00	792,80	836,88	836,17	41,88	43,37	42,49	44,08
	38 - 39(SBR3-4-4)	0,07	268,64	315,00	0,91	0,09	0,25	792,80	790,94	836,17	835,92	43,37	44,98	44,08	45,23
	39 - 40	0,06	239,57	250,00	1,15	0,17	0,96	790,94	787,84	835,92	834,96	44,98	47,12	45,23	48,08
	40 - 41(SBR3-1-5 et 6)	0,05	229,62	250,00	1,06	0,25	1,23	787,84	784,23	834,96	833,73	47,12	49,50	48,08	50,73
	41 - 42	0,03	160,49	200,00	0,81	0,11	0,41	784,23	782,70	833,73	833,33	49,50	50,63	50,73	51,03
	42 - 43	0,02	145,52	160,00	1,03	0,16	1,29	782,70	779,30	833,33	832,04	50,63	52,74	51,03	54,03
43 - Îlot 6 et Îlot 17	0,01	101,35	110,00	1,06	0,22	2,95	779,30	777,33	832,04	829,09	52,74	51,76	54,03	54,71	

SBR 3 - 1.1	36 - Îlot 25	0,01	78,62	90,00	0,95	0,07	0,92	808,80	785,50	837,49	836,57	28,69	51,07	30,30	53,60
SBR 3 - 1.2	36 - Îlot 25	0,01	78,62	90,00	0,95	0,06	0,84	808,80	790,16	837,49	836,65	28,69	46,49	29,34	48,94
SBR 3 - 1.3	37 - 37'	0,01	102,53	110,00	1,09	0,20	2,85	795,00	789,00	836,88	834,03	41,88	45,03	42,95	50,10
	37' - Îlot 28	0,01	72,10	90,00	0,80	0,21	2,11	789,00	780,00	834,03	831,92	45,03	51,92	50,10	59,10
SBR 3 - 1.4	39 - Îlot 14 et 26	0,01	100,53	110,00	1,04	0,20	2,58	790,94	783,53	835,92	833,34	44,98	49,81	48,16	55,57
SBR 3 - 1.5	41 - Îlot 14	0,00	69,22	90,00	0,74	0,18	1,55	784,23	781,50	833,73	832,18	49,50	50,68	54,87	57,60
SBR 3 - 1.6	41 - 44	0,02	132,33	160,00	0,86	0,16	0,93	784,23	781,30	833,73	832,80	49,50	51,50	49,50	52,43
	44 - 45	0,01	113,71	125,00	1,03	0,11	1,25	781,30	779,20	832,80	831,55	51,50	52,35	52,43	54,53
	45 - Îlot 10	0,01	77,74	90,00	0,93	0,12	1,67	779,20	776,00	831,55	829,88	52,35	53,88	54,53	57,73
SBR 3 - 2	23 - Îlot 36	0,00	60,21	90,00	0,56	0,26	1,34	809,50	799,50	838,09	836,74	28,59	37,24	31,85	41,85
SBR 3 - 3	28 - Îlot 30	0,01	89,50	110,00	0,83	0,19	1,61	802,20	791,37	835,92	834,31	33,72	42,94	39,15	49,98

D'après le tableau précédent, on remarque que les bornes présentent des pressions satisfaisantes, ce qui permet l'implantation de systèmes d'irrigation les plus performants tel que l'aspersion.

V.8.1) Dimensionnement des différents équipements :

a) Vannes de sectionnement :

Elles sont nécessaires pour l'exploitation des réseaux et permettent d'en isoler une partie pour l'intervention sans arrêter totalement l'irrigation. Il est prévu d'installer des vannes de sectionnement au départ de toutes les branches et des sous branches importantes.

Pour des raisons d'exploitation et de facilité de fermeture, les vannes de diamètre supérieur ou égal à 400 mm seront du type papillon. Elles seront associées à un by-pass pour permettre la remise en eau progressive et couplées à un dispositif de démontage (joint de démontage).

Les vannes choisies sont à fermeture et ouverture progressive dans le but de diminuer les surpressions transitoires.

Le nombre de vanne prévu est indiqué par les tableaux suivants :

Tableau N°V-4 : Vannes de sectionnement Bir Bouhouche

Diamètre	Classe de pression		Total	Réalisé
	6 Bars	10 Bars		
800	2	1	3	4
600	1	1	2	1
500		1	1	3
400	1		1	4
300	1		1	5
250	2	1	3	1
200	1		1	
160	2	1	3	4
100	1		1	3
30		1	1	2
Total	11	6	17	28

a) Ventouses :

Elles sont destinées à évacuer les poches d'air et sont placées aux points hauts des adductions et systématiquement entre deux vannes. Le choix de la ventouse est fait directement en fonction du diamètre de la conduite.

Elle est portée sur le profil en long et désignée par le diamètre de l'orifice assurant l'évacuation de l'air.

La mise en place de ventouses à chaque point haut, espacées de 500 mètres au maximum, est également indispensable.

Le tableau ci-après précise le choix de la ventouse en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau N°V-5: Choix de la ventouse

Diamètre de la conduite	Type de ventouse
$D < 500$ mm	D 80 mm
$600 < D < 900$ mm	D 100 mm
$900 < D < 1200$ mm	D 150 mm
$D > 1200$ mm	D 200 mm

Le nombre de ventouse par classe et par diamètre est donné par les tableaux suivants :

Tableau N°V-6 : Ventouse par diamètre et classe de pression

Diamètre	A Triple effet		Simple effet		Totale étudié
	Classe de pression		Classe de pression		
	6	10	6	10	
80	2	1	1	1	6
100	3	1	1	2	7
50					
65					
Total					

b) Vidange :

Les vidanges sont placées en des points bas pour permettre l'évacuation gravitaire de l'eau. Pour les branches extrêmes de petit diamètre la vidange sera faite par pompage vu les faibles volumes à évacuer ou par des bornes placées à des points bas.

Le tableau ci-après précise le choix de la vidange en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau N°V-7 : Choix de la vidange

Diamètre de la conduite	Type de vidange
$100 < D < 500$ mm	D 100 mm
• $600 < D < 800$ mm	D 150 mm

Le nombre de vidange par classe et par diamètre est donné par les tableaux suivants :

Tableau N°V-8 : Vidange par diamètre et classe de pression.

Diamètre	Vidange	
	6 Bars	10 Bars
100	1	1
150	2	1

c) Soupapes de décharge - anti bélier :

Elles sont destinées à écrêter les surpressions accidentelles importantes. Elles seront placées sur les tronçons protégés par un stabilisateur de pression aval. Ces dernières seront réglées à une pression de tarage supérieure à la pression fixée par les stabilisateurs, de s'ouvrir en cas de défaillance de ces derniers et aussi dans la limite de ses caractéristiques écrêtera également les surpressions résultantes de la manœuvre des bornes d'irrigation situées dans son voisinage immédiat.

Les soupapes sont caractérisées par le débit à évacuer et la pression d'étanchéité. Tels que le débit à évacuer est une proportion du débit nominal de la conduite projetée.

$$Q_e = K \cdot Q_c$$

Avec :

Q_e : Débit à évacuer par la soupape

Q_c : Débit nominal de la conduite

K : Fraction de débit.

Tableau N°V-9 : Différentes valeurs de K étant les suivantes

Diamètre conduite (mm)	Fraction de débit K
$D > 1100$ mm	$K = 1/6$
$700 < D < 1000$ mm	$K = 1/5$
$350 < D < 600$ mm	$K = 1/4$
$200 < D < 300$ mm	$K = 1/2$
$D < 150$ mm	$K = 1$

La condition de fonctionnement imposée à la soupape est que :

$$Q_s > 0,8 Q_e$$

Q_s étant de débit évacué garanti par le fournisseur et Q_e le débit à évacuer calculé selon l'approche ci-dessus. Traduite en diamètre, cette condition permet de fixer le diamètre de la soupape par tranche de diamètre de tuyaux, ce qui donne:

Tableau N°V-10: Choix des soupapes de décharges

Diamètre conduite (mm)	Diamètre buse de la soupape (mm)
100 à 500	50
500 à 800	80

La pression d'étanchéité de la soupape (P_e) doit être supérieure ou égale à la pression de réglage (P_r).

$$P_e \geq P_r$$

La pression de réglage est la pression souhaitée pour l'ouverture de la soupape. Elle doit approcher au mieux égaliser la pression statique (P_s) s'établissant en un point confondu avec l'anti-bélier, ce qui équivaut à poser :

$$P_r = P_s + c$$

En général, la bride de la soupape est calée à un niveau sensiblement identique à celui du terrain naturel.

Pour tenir compte de l'incertitude des côtes déduites des plans au 1/5000e, on adopte $c = 4$ m, la relation précédente s'écrit alors :

$$P_r = P_s + 4$$

Avec :

P_r : Pression de réglage (m)

P_s : Pression statique (m)

Le nombre de soupape de décharge par classe et par diamètre est donné par les tableaux suivants :

Tableau N°V-11: Soupape de décharge par diamètre classe de pression

Diamètre	Soupape de décharge		Totale	Réalisé
	6 Bars	10 Bars		
50	2	2	4	5
80	3	1	4	23
100				6
65				2
Total	5	3	8	36

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction ainsi que les calculs relatifs aux bornes d'irrigation.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 83 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 562 ha et une taille moyenne de 6.77 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système d'adduction du périmètre d'étude qui présente une superficie de 562 ha.

Chapitre VI :Etude des techniques d'irrigation

Chapitre VI : Etude des techniques d'irrigation

Introduction

L'humidité du sol à l'état naturel est souvent insuffisante, et pour garantir un rendement optimum des cultures, on a recours à l'irrigation. Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. Dans l'étude comparative entre divers modes d'irrigation permet de mieux choisir le système d'irrigation qui s'adapte à la région d'étude.

Sachant que le choix du mode d'irrigation dépend de certains facteurs : techniques et sociologiques, le type de sol, la structure parcellaire, la topographie, la qualité d'eau d'irrigation et les coûts d'investissement.

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

VI.1) Les différentes techniques d'arrosages:

Les techniques d'arrosages peuvent être regroupées en trois (03) classes (**Tiercelin, 2006**), soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée ou micro irrigation

VI.1.1) L'irrigation de surface :

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

On distingue :

a) Irrigation par ruissellement ou par planche :

Dans cette technique, on divise 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 elle 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%.

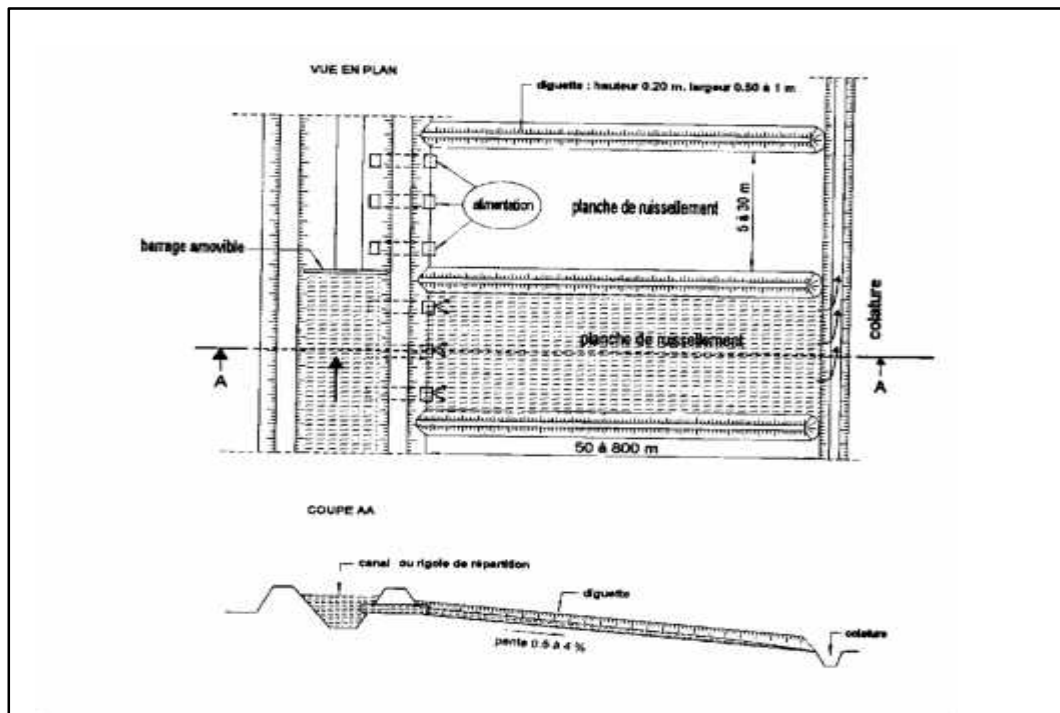


Figure VI.1: Irrigation par planche

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

b) l'arrosage a la raie :

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière.

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes $< 02 \%$. Pour des pentes $> 02 \%$. Les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente.

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 %.

c) 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 10 cm. 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%.

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.
- Manque d'aération.

VI.1.2) L'irrigation par aspersion :

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures sous forme de gouttes de pluie, 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.

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.

VI.1.2.1) Caractéristiques de l'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.

a) Structure d'un réseau d'aspersion :

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

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 tés :**

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.

VI.1.2.2) 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 peu 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 par fois 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 (Tiercelin, 2006) :
- ❖ **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 grands 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 faibles, 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.

VI.2) L'irrigation localisée :

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle (**Ollée et Poirée, 1981**). 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 12 l/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 (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs).

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.

VI.2.1) Etude théorique de l'irrigation par goutte à goutte :

Dans son principe, le goutte-à-goutte, ou 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 (**Ollier et Poiree, 1981**). 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.

a) Qualité de l'eau :

Elle représente un élément essentiel en micro-irrigation, car le colmatage des distributeurs est le premier risque que doit affronter l'ingénieur. Les eaux de mauvaise qualité sont généralement issues des eaux de surface (rivière, canaux lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique. Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit.

VI.3) Composition D'une installation du système goutte à goutte :**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 :

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 dessaleurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex.

c) Description des conduites et rampes :

Le système d'irrigation est composé de canalisations suivantes :

VI.3.1) 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 haute densité peut également être utilisé.

1) 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).

2) Les rampes :

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

3) 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 (2-4 l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est plus important (12 l/h).

VI.3.2) Différents types de distributeurs :

- 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.4) Choix de la technique d'irrigation :

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

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

Contraintes	Irrigation de surface Par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
▪ Evaporation	+	++	++
▪ Vent (1.9 m/s)	+++	+	+++
▪ Texture (argileux-limoneuse)	++	++	+++
▪ Perméabilité (bonne)	+++	+++	+++
▪ Pente	+++	+++	+++
▪ Qualité d'eau (bonne)	+++	++	+++
• Cultures			
▪ Maraîchage	+++	+++	+++
▪ céréales	x	+++	x
▪ arbres	+++	x	+++
• Contraintes économique			
▪ économie d'eau	x	++	+++

Remarque :

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

++: Adapté ; +++: Très Adapté

Conclusion :

Il existe plusieurs systèmes d'irrigation que l'ingénieur doit maîtriser et sélectionner pour optimiser les rendements des cultures.

En tenant compte des conditions climatiques de la région d'étude et de la nature du sol, de l'aptitude culturale et de volume d'eau disponible, on peut choisir la technique d'irrigation par goutte à goutte et l'aspersion, ces techniques présentent beaucoup d'avantages par rapport à d'autres techniques d'irrigations, et répond conformément aux besoins de notre étude.

Chapitre VII :
Dimensionnement d'un
réseau d'aspersion

NChapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Introduction

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, et de créer des conditions les plus favorables pour la croissance des plantes. Mais quelque soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème de répartir cette eau sur le sol de façon, à ce que les plantes en tirent le maximum de profit.

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, et les investissements engagés pour l'intensification des cultures céréalières et fourragères. Par contre l'irrigation gravitaire reste encore trop consommatrice en volume d'eau, en particulier pour l'arboriculture, et reste inappropriée pour la céréaliculture.

VII.1) Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

Le dimensionnement par aspersion, nécessite au préalable de quantifier certains paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette technique.

Données générales :

1) Choix de la culture :

D'après les cultures mises en places et très appréciées dans la région, nous avons choisi l'irrigation du blé (*Triticum durum*) par aspersion. En effet, le blé est cultivé d'une manière très extensive, l'irrigation par aspersion peut contribuer à augmenter les rendements de cette culture.

2) Choix de l'ilot :

L'ilot choisi pour l'arrosage par aspersion est l'ilot N°3, la parcelle choisie est d'une superficie de **2.83** ha, qui présente des dimensions de 200x130, elle est alimentée par la Borne N°03 qui dispose d'une pression de **3.69** bars

3) **Choix du mode de couverture** : pour des raisons économiques, on adopte pour la couverture totale.

4) **Temps de travail** : 22 heures par jour, et 26 jours par mois

5) **Besoins en de pointes** : 204 mm

6) **Perméabilité du sol** : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée de : $K = 6$ mm/h.

7) Dose pratique : RFU : elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \dots\dots\dots (VII.1)$$

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

Da : densité apparente : égale à 1.35

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

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

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

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

VII.1.1) Dimensionnement théorique :

1) Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol K= 6mm/h.

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

Le diamètre de la buse se calcul, par la relation 29 :

$$p = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \dots\dots\dots (VII.2)$$

$$D'où : d = \frac{6 \cdot 1,04}{1,5} = 4,16m$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (ANNEX 5), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.2 mm.

1) La portée du jet (L) :

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

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

Ou d : diamètre de la buse (mm)

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

$$L = 3 \cdot 4.20^{0,5} \cdot 30^{0,25} = 14.39 \text{ m}$$

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 (voir annexe 5), pour le diamètre de la buse de 4,20mm à une pression minimale de 3 bars , la portée calculée est de 15m.

2) Écartements entre les rampes et arroseurs :

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

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

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

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 3,34 m/s = 12,02 Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1,25 \cdot 15 = 17,98 \text{ m}$$

$$E_a = 0,8 \cdot 15 = 12 \text{ m}$$

On prend les valeurs normalisées des écartements.

El=18m, Ea=12m.

3) Débit de l'asperseur :

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,20 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 30} = 0,00032 \text{ m}^3/\text{s} \dots (\text{V.II.4})$$

Avec : q= 1.15 m3/h débit de l'asperseur (m3/s).

4) 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 :

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

$$\text{D'où } p = \frac{1,15}{18 \times 12} \times 1000 = 5,32 \text{ mm/h}$$

Donc : le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie **P≤K=6mm/h**.

5) Calcul du tour d'eau :

$$T_{\text{eau}} = \frac{\text{Dose}_{\text{RFU.NJ}}}{\text{Bmp}} \dots \dots \dots (\text{V.II.5})$$

Dose = RFU=59.4 mm

$$T_{\text{eau}} = (59.4 \cdot 26) / 204.63 = 7.5 \text{ jours}$$

On prend un T_eau= 7 jours, on irrigue une (1) fois par semaine.

Efficiéce d'irrigation =0.75

nouvelle dose brute =7 x 6.8 mm /0.75= **63.46 mm**

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

$$T_a = \frac{\text{dose}}{p}$$

La dose d'irrigation = RFU/0.75

Dose = 63.46 mm

P = 6 mm/h d'où :

$$T_a = \frac{63.46}{6} = 10.5 \text{ heures}$$

Donc : $T_a = 10.5$ heures

Alors on pourra adopter deux 2 positions par jour pour un asperseur, ce qui donne un temps d'arrosage de 22 h.

VII.1.2) Calcul des caractéristique des équipements d'asperseur :

1) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

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

$$V = (2 * 26 * 63.46 * 12 * 18) / 1000 = 712.78 \text{ m}^3$$

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

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

$$V_t = 204 / 1000 * 130 * 210 = 5304 \text{ m}^3$$

3) Nombre d'asperseurs pour toute la parcelle :

$N_{asp} = (\text{surface à arrosée (m}^2) / (\text{implantation} * \text{nombre de poste} / \text{tours d'eau}))$

Surface à arrosée = $130 * 200 = 26\ 000 \text{ m}^2$

Implantation des asperseurs = $12 * 18 = 187 \text{ m}^2$.

Nombre de poste /tour d'eau = 2

$$N_{asp} = \frac{26000}{12 * 18 * 2} = 60 \text{ asperseurs}$$

4) Nombre d'asperseur fonctionnant simultanément :

$$N_{asp/fct} = V_t / V_{asp} = 5304 / 712.85 = 7.44 = 8 \text{ asperseurs}$$

5) Longueur de la rampe :

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

$$L = \text{largeur de terrain} / 2 - E_a / 2 = 130 / 2 - 12 / 2 = 59 \text{ m}$$

6) Nbre asperseur/rampe :

$$N_{\text{aspereur/rampe}} = L_r/E_a = 59/12 + 1 = 6 \text{ asperseurs}$$

7) Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{l_r}{E_l} = \frac{130}{18} \approx 7 \dots\dots\dots(\text{VII.5})$$

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

Le nombre de poste égale à **7 postes**.

$$N_{r_w} = N_{\text{asp}} / (\text{nbr asp/ rampe}) = 8/6 = 2 \text{ rampes}$$

8) Nombre de rampes qui travaillent en même temps :

On travaille avec deux (2) rampes

a) Calcul du débit de rampe :

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

Le débit de la rampe : $Q_{\text{rampe}} = 1,15 \times 6 = 6,897 \text{ m}^3/\text{h}$.

b) Débit d'installation :

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

Donc le débit d'installation : $Q_{\text{Installation}} = 6,897 \times 2 = 13,794 \text{ m}^3/\text{h}$ ($3,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$).

VII.2) Dimensionnement hydraulique des rampes :**VII.2.1) 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 :

$$j = a \frac{Q^b}{D^c}$$

Avec :

j : perte de charge unitaire en m/m

Q : débit en m^3/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 :

a) La méthode itérative :

$$\Delta H = \left[\frac{a \cdot Q^b}{D^c} \right] \cdot E \cdot \frac{1}{m^b} \sum_{i=1}^m i^b$$

Le premier terme représente la perte de charge unitaire j provoquée par le débit Q entrant dans la rampe de diamètre D .

Le deuxième terme peut définir une longueur fictive de la rampe L_f , par laquelle il suffit de multiplier la perte de charge unitaire j pour obtenir la perte de charge totale de la rampe.

$$\Delta H = j \cdot L_f$$

Soit : F_c le rapport entre la longueur réelle de la rampe et la longueur fictive qui s'écrira :

$$F_c = \frac{1}{m^{b+1}} \sum_{i=1}^m i^b$$

Cette équation peut être remplacée par une bonne approximation qui s'écrit :

$$F_c = \frac{1}{b+1} + \frac{1}{2 \cdot m} + \frac{\sqrt{b-1}}{6 \cdot m^2}$$

Dans notre cas le premier asperseur d'une rampe va être disposé à une distance de son origine égale à la moitié de l'écartement E . le rapport L_f/L_r vaudra :

$$F_m = \frac{F_c - \frac{1}{2 \cdot m}}{1 - \frac{1}{2 \cdot m}}$$

L'application de la règle de Christiansen conduit à imposer une perte de charge maximale de **20%** de la pression de fonctionnement ($P=3\text{bars}$, $=30\text{m}$) entre le premier asperseur et l'asperseur le plus défavorisé, soit : **$\Delta H = 6\text{m}$** .

1) Diamètre de la rampe :

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

Avec :

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

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

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

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.91 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1.5}} = 0,040 \text{m} = 40,3 \text{mm}$$

Les conduites en PEHD sur le marché ont les diamètres suivants : 50 ; 63 ; 69 ; 75 ; 80 ; 90 ; 100 ; 125 ; 150 ; 200 ; 126 ; et 151 mm.

On prend un diamètre de : **D = 50 mm** en Aluminium.

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 1.91 * 10^{-3}}{\pi * (50 * 10^{-3})^2} = 0,97 \text{ m/s} \quad \text{Ce qui est conforme.}$$

Les pertes de charges avec ce nouveau diamètre sont de **2.36** pour les rampes.

2) Dimensionnement du porte-rampe :

La longueur du porte rampe est calculée par :

$$L_r = 200 - (18/2) = 191 \text{ m}$$

3) Dimensionnement de la porte rampe : On recalcule avec le porte-rampe

$$Q_{\text{rampe}} = Q_{\text{asp}} * n_{\text{asp/rampe}} * N_{\text{rampe}} \quad Q = 0.00383 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

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

$$D_{PR} = \sqrt{\frac{4.3.83.10^{-3}}{\pi.1.5}} = 0,057 \text{ m} = 57 \text{ mm},$$

Les conduites en PEDH sur le marché ont les diamètres suivants :

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

Remarque : Si on prend une conduite en 63 mm les pertes de charge totales excéderont 11 m ce qui constitue un excès. Pour y remédier et respecter la règle de Christiansen, on choisit un diamètre de 75 mm en Aluminium.

Le choix du diamètre est normalise à **D=75 mm**.

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 3.83 * 10^{-3}}{\pi * (75 * 10^{-3})^2} = 0.86 \text{ m/s}$$

Les pertes de charges totales sont dans le réseau d'aspersion sont de 5.89, soit 2,36 m pour les rampes et 3.53 m pour le porte-rampe.

Les résultats sont présentés dans le tableau VII.1:

Tableau N°VII.1: Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	191	59
Diamètre (mm)	75	50
Débit (m ³ /h)	13,789	6,897
Vitesse réelle (m/s)	0,86	0,97
Perte de charge totale (m)	3.53	2.36

$\Delta H_t = 2,36 + 3.53 = 5.89$ m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

4) 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 (3bar).

H2 : perte de charge totale de la rampe

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

$H = 30 + 5.89 + 0 = 35.89$ m.

Donc on obtient une pression $P = 3,6$ bars, ce qui est suffisant et disponible pour la borne d'irrigation de notre ilot.

VII.3) Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

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

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°13 alimentée par la borne N° B 13-12 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de **2.8** bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de **1,48** ha (98X151) et présente une forme relativement rectangulaire.

Culture : pommier/poirier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoin de pointe : 156 mm (Juillet), soit 5.20 mm/jour.

Caractéristique du goutteur :

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

VII.3.1) 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 :

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : K_r

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

- KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

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

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s$$

Dans 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 prendra un coefficient : $K_r = 0.80$

$B_{jl} = B_j * K_r$

$B_{jl} = 5.20 * 0.8 = 4,16$ mm/j.

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 h (Ollier & Poirée, 1981).

La dose (RFU) étant définie comme suit :

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

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

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

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

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié.

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

P : Volume du sol humidifié

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

S_{pd} : 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

$$P = 25\%$$

Donc :

$$R_u = D_p = (0.27 - 0.16) \cdot 1500 \cdot 2/3 \cdot 1,35 = \mathbf{D_p = 148.50 \text{ mm.}}$$

3) Calcul de la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_p \cdot 0.25}{C_u \cdot eff} = \frac{148.5 \cdot 0.25}{0.9 \cdot 0.9} = 45.8 \text{ mm / mois}$$

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

E_{ff} : efficacité du réseau d'irrigation $E_{ff} = 90\%$

4) Fréquence des arrosages :

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

$$\text{Dose nette} = D_p \cdot 0.25 = 148.50 \cdot 0,25 = \mathbf{37.125 \text{ mm.}}$$

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{37.125}{4.16} = 8.92 \text{ jours}$$

Donc on prend : **Fr = 9 jours.**

4.1) On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = 9 \times 4.16 = 37.44 \text{ mm}$$

Et la dose brute :

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_r}{C_u * \text{eff}} = \frac{37.44}{0.9 * 0.9} = 46.22 \text{ mm}$$

5) Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_n * S_r * S_d}{n * q_g}$$

S_r et S_d représentent respectivement l'espacement entre rang et distributeurs, n et Q_g nombre et débit du goutteur (2 goutteurs et 4l/h).

$$\theta = \frac{46.22 * 4 * 2}{2 * 4} = 46.22 \text{ heures/mois}$$

On prend **47 heures**.

6) Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{47}{9} = 5.20 \text{ heures/jour}$$

7) Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{5.2} = 3 \text{ postes}$$

8) Surface du poste :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.48}{3} = 0.49 \text{ ha}$$

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et porte rampes.

VII.3.2) Calculs hydrauliques :**1) Conditions hydrauliques de base :**

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 :

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

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

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

$H(n)$ pression nominal

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

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

VII.4) 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 : **85m**
- ✓ La longueur de la porte rampe : **100m**
- ✓ La longueur de la conduite secondaire : **30m**

a) Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{\text{arbres}} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{85}{4} = 21,25 \text{ arbres}$$

$$N_{\text{arbres}} = 22 \text{ arbres}$$

b) Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{\text{arbres}} \cdot n = 22 \cdot 2 = 44 \text{ goutteurs}$$

$$N_g = 44 \text{ goutteurs}$$

c) Le nombre des rampes :

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{100}{4} = 25 \text{ rampes}$$

$$N_{\text{rampe}} = 25 \text{ rampes}$$

d) Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g \cdot Q_g$$

$$Q_r = 44 \cdot 4 = 176 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 176 \text{ l/h}$$

e) Débit de la porte rampe :

$$Q_{Pr} = Q_r \cdot N_r = 176 \cdot 25 = 4400 \text{ l/h}$$

$$Q_{Pr} = 4400 \text{ l/h}$$

f. Nombre de porte Rampe :

Nombre de porte rampe = 1

f) Débit de la conduite secondaire :

$$Q_{Cs1} = Q_{Pr} * N_{Pr} = 4400 * 1 = \mathbf{4400 \text{ l/h}}$$

$$Q_{Cs1} = \mathbf{4400 \text{ l/h}}$$

VII.4.1) Dimensionnement des canalisations du réseau :

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

1) La conduite tertiaire (conduite d'approche):

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

2) 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).

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 :

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

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

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
- $\phi_r (cal)$: le diamètre de rampes
- $\phi_{pr} (cal)$: le diamètre de porte rampe

$D_{rampe} = 11.38 \text{ mm}$, on prend un diamètre normalisé : **DN = 12 mm**

VII.4.2) Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un **D = 12 mm**.

Perte de charge selon Hazen-williams :

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

Ou : L : la longueur de la conduite.

Q : débit (l/h).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

$C_w = 140$, $L = 85\text{m}$, $D = 0.012\text{m}$, $Q = 0.000048\text{ m}^3/\text{s}$

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.55\text{ m}$

VII.4.3) Calcul du diamètre de la rampe :

Tableau N°VII-2: Diamètre de la rampe

Culture	Surface (m ²)	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m) P. charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	ΔHcal (m)
Pommier	4900	85	4	176	1.2	11.4	12	0.47	2.18

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

VII.4.4) Calcul de Diamètre de la porte rampe :

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

Tableau N°VII-3: Diamètre porte rampe

Culture	Surface m ²	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Pommier	4900	100	25	4400	0.6	44,68	50	0.62	0.68

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

D'après les deux tableaux précédents, on constate que les pertes de charges totales (**2.87 m**) n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

VII.4.4) 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 :

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

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

VIII.4.5) Calcul de diamètre des conduites tertiaires :

Tableau N°VII-4 : Diamètre des conduites tertiaires

Culture	Surface m ²	L(m)	Q (m ³ /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Pommier	4900	30	0.0012	1.05	39,45	50	0.62	0.20

VII.5) La pression d'eau à la borne de distribution :

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a 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).

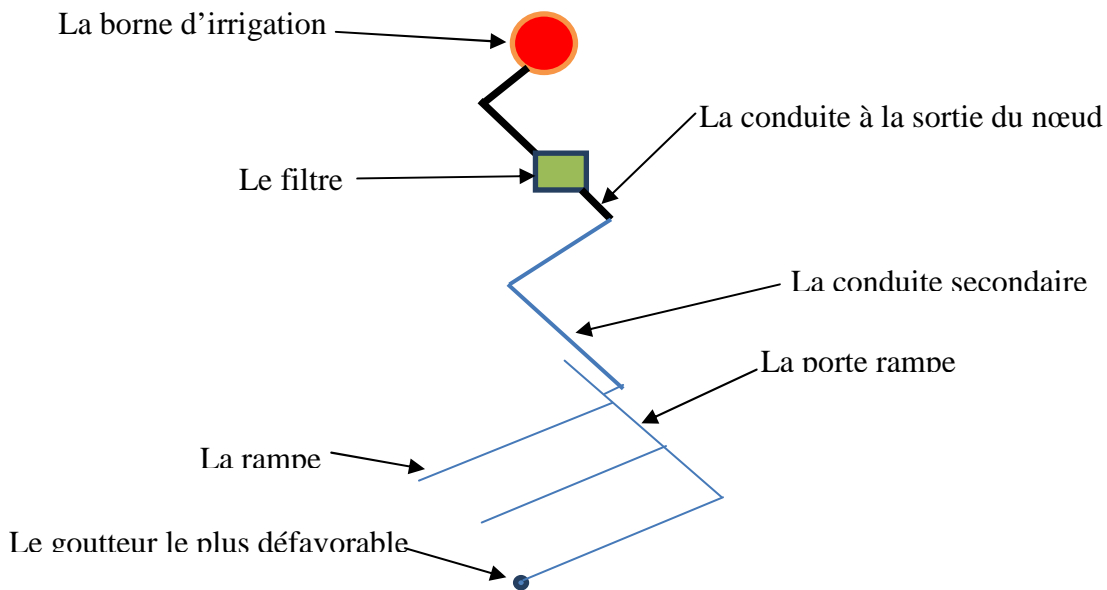


Figure VII.1 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs

Tableau N°VII-5: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	85	100	30
Diamètre(m)	12	50	50
Débit (m ³ /s)	4.48 10 ⁻⁵	0.0012	0.0012
Pertes de charge(m)	2.18	0.68	0.2

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable, Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10 + 2.18 + 0.68 + 0.2 = \mathbf{13.06\ m.}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.1 bars ce qui est largement suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes consacrés au dimensionnement à la parcelle. Notre travail consiste à projeter deux systèmes d'irrigation différents à savoir: l'irrigation par aspersion et par goutte à goutte.

Nous disposons donc d'une pression suffisante au niveau de chaque borne permettant ainsi d'utiliser ces deux systèmes, qui sont fortement adaptés aux conditions naturelles du terrain surtout avec une perméabilité faible.

En effet, l'irrigation de surface est à proscrire car la conductivité hydraulique du sol est faible ce qui engendre de grosses pertes en eau. De plus la main d'eau nécessaire est le choix de l'irrigation localisée c'est porté sur les cultures en lignes, nous avons donc fait la projection sur une parcelle portants le pommier et poirier.

Finalement, il importe de souligner l'aspect économique, vis a vis de la ressource en eau ou le gain peut dépasser les 30% par rapport à une irrigation de surface trop consommatrice en eau d'où l'intérêt d'un tel projet.

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

Chapitre VIII : Evaluation du cout de projet

Introduction

L'organisation de chantier consiste à la détermination, la coordination et à la mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais

VIII.1) Implantation du tracé des tranchées sur le terrain :

a) Matérialisation :

On matérialise l'axe de la tranchée sur le terrain avec des jalons placés en ligne droite et espacés de 50 m. On effectue ce travail en mesurant sur le plan leurs distances par des repères fixés où des bornes.

La direction des axes et leurs extrémités sont ainsi bien déterminée.

b) Nivellement :

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux ou plusieurs points situés sur une pente uniforme. Lorsque le terrain compte des obstacles on procède au nivellement par cheminement et par un simple calcul, on détermine la hauteur de chaque point ainsi la profondeur de tranchée en ce point.

c) excavation des tranchées :

Cette opération se divise en deux étapes :

c.1) Enlèvement de la couche végétale :

L'opération de décapage des terres végétales sur des faibles profondeurs. Le volume de la couche à décapier donnée par la formule suivante :

$$V_{cv} = L \cdot b \cdot e \text{ (VI-1)}$$

V_{cv} : volume de la terre décapée en (m³)

L : longueur total des tranchées en (m),

b : largeur de la couche végétale en (m),

e: épaisseur de la couche en (m), e = 10 cm

Pour la réalisation de cette opération, on opte pour un bulldozer ou un angledozer.

c.2) Excavation :

Selon les caractéristiques du terrain, l'excavation sera réalisée mécaniquement. La profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Protéger la canalisation contre le gel.

La largeur de la tranchée doit être tel qu'un homme puisse travaillé sans difficulté, elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successif, en commençant par les points hauts pour assurer s'il y a lieu un écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

Pour la réalisation de cette opération, on opte pour une pelle mécanique.

Donc l'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que:

- La profondeur de la tranchée (H_{tr}).
- La largeur de la tranchée (b).

a) La profondeur (H_{tr}) :

La profondeur de la tranchée dépend du diamètre de la conduite.

$$H_{tr} = D + h + h_1$$

Elle est donnée par la relation suivante :

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

D : diamètre de la conduite (m).

H : hauteur de la génératrice supérieur de la conduite à la surface du sol.

On prend : $h=0,8$ m.

h_1 : épaisseur du lit de pose

$h_1= 0,1$ m.

D'ou: $H_{tr}= 0,9 + D$ (m).

b) Largeur de la tranchée:

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

$b = D + 0,6$ m.

b : largeur de la tranchée (m) et D : diamètre de la conduite (m).

c) Section de la tranchée:

Les sections des tranchées sont :

$$S_{tr} = b \cdot H_{tr} \dots\dots\dots (VI-3)$$

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

b : Largeur du fond de la tranchée (m) ;

d) Volume à excaver :

Le volume d'excavation est : $VD = S_{tr} \cdot L = (b \cdot H_{tr}) \cdot L \dots\dots\dots (VI-4)$

VD : Volume du déblai (m³)

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

L : Longueur de la tranchée (m).

b : Largeur de la tranchée (m).

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

VIII.2) Evaluation du cout du projet :

L'étude du devis estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation de notre projet. Ce calcul consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations à effectuer sur le terrain, on multiplie le volume des travaux par le prix unitaire et les frais d'équipement.

Pour notre projet nous avons les travaux suivants :

- Réseau de distribution.
- Conduite d'adduction.
- Travaux divers.

L'objectif de ce chapitre est donc l'évaluation du coût estimatif de notre projet.

1) Dépense des travaux :

Le prix de terrassement est égal à :

Pour les déblais :

$$F_{deb} = V_{deb} \cdot K_{deb} \dots\dots\dots (VI.1)$$

K_{deb} : prix de 1 m³ de déblai=300 DA

V_{deb} : volume total de déblai

Pour les remblais:

$$F_{rem} = V_{rem} \cdot K_{rem} \dots\dots\dots (VI.2)$$

K_{rem} : prix de 1 m³ de remblai=100 DA

V_{rem} : volume total de remblai

• **Calcul du volume de déblai et remblai :**

La pose en terre des conduites s’effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B = D + 2 \times 0,3 \dots\dots\dots(VII.3)$$

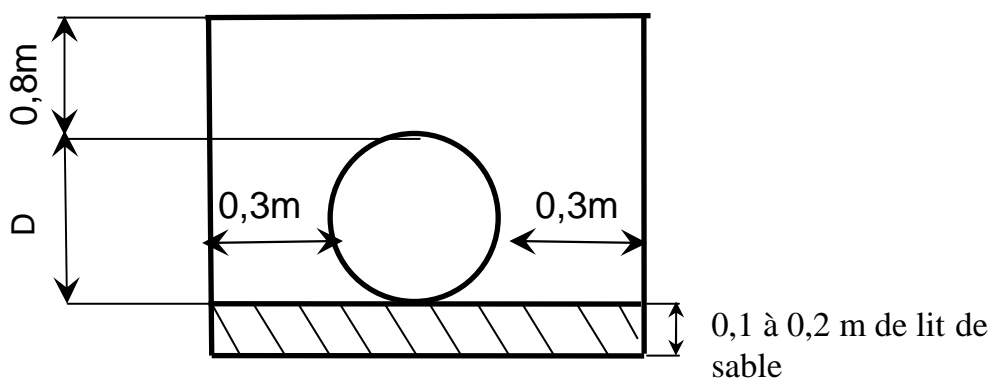
D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de la fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8 \dots\dots\dots(VI.4)$$

$$\text{Déblai} = L.H.B \dots\dots\dots(VI.5)$$

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right).L \dots\dots\dots(VI.6)$$



VIII.3) Devis quantitatif et estimatif du réseau d’irrigation de Bir Bouhouch :

L’estimation du réseau d’irrigation (Adduction et distribution) est détaillée comme suit :

Tableau N° VIII-1 : Factures pro-forma de conduite d’adduction

Conduite adduction				
Terrassement				
Désignation des travaux	unité	quantité	Prix unitaire	montant
Décapage de la terre végétale au-dessous des conduites sur épaisseur de 20cm	m^2	10800	150,00	1 620 000,00
Fouilles en terrain meuble pour tranchée des conduites	m^3	15120	220,00	3 326 400,00
fourniture, transport et pose de lit de sable de 10cm d’épaisseur	m^3	756,00	1 500,00	1 134 000,00

Evacuation des terres excédentaires dans un rayon de 3 km à la décharge publics	m ³	2 119,50	450,00	953 775,00
Remblaiement et compactage pour les tranchées	m ³	7 560,00	500,00	3 780 000,00
Conduite et accessoires				
F.T.P des conduites en fonte de diamètre 800 mm pn 16 bars	ml	2 325,00	25740	59845500
Coudes (Ø 800 mm)	U	4,00	400 210,00	1 600 840,00
Té Ø (800 /300/800) mm	U	1,00	351 210,00	351 210,00
F.T.P de débitmètre	U	1,00	2 059 520,00	2 059 520,00
F.T.P de vanne papillon (Ø 800 mm)	U	4,00	1 812 710,00	7 250 840,00
F.T.P de vanne de ventouse automatique à triple effet	U	3,00	106 580,00	319 740,00
F.T.P de vanne de vidange	U	3,00	106 580,00	319 740,00
Vanne de sectionnement (Ø 800 mm)				
Fouilles en terrain meuble	m ³	140,00	300,00	42 000,00
Confection du béton de propreté dosé à 150kg/m ³	m ³	5,02	10 000,00	50 200,00
confection et mise en place du béton armé dosé à 350kg/m ³	m ³	53,59	30 000,00	1 607 700,00
Fourniture, transport et pose d'échelle typique	U	4,00	37 500,00	150 000,00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	4,00	27 000,00	108 000,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m ³	28,40	500,00	14 200,00
Regards pour vidange				
Fouilles en terrain meuble	m ³	96,00	300,00	28 800,00
fourniture, transport et pose du lit de sable de 10 cm d'épaisseur	m ³	1,80	1 500,00	2 700,00
Confection du béton de propreté dosé à 150kg/m ³	m ³	2,30	10 000,00	23 000,00
confection et mise en place du béton armé dosé à 350kg/m ³	m ³	42,30	30 000,00	1 269 000,00
Fourniture, transport et pose d'échelle typique	U	3,00	37 500,00	112 500,00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	3,00	27 000,00	81 000,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m ³	60,00	500,00	30 000,00
Regards pour ventouse				
Fouilles en terrain meuble	m ³	68,00	300,00	20 400,00
fourniture, transport et pose du lit de sable de 10 cm d'épaisseur	m ³	2,70	1 500,00	4 050,00
Confection du béton de propreté dosé à 150kg/m ³	m ³	2,19	10 000,00	21 900,00
confection et mise en place du béton armé dosé à 350kg/m ³	m ³	17,60	30 000,00	528 000,00
Fourniture, transport et pose d'échelle typique	U	3,00	37 500,00	112 500,00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	3,00	27 000,00	81 000,00

remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m3	19,00	500,00	9 500,00
Partie béton - Support de conduite				
Fouilles en terrain meuble	m3	30,00	300,00	9 000,00
fourniture, transport et pose du lit de sable de 10 cm d'épaisseur	m3	3,00	1 500,00	4 500,00
Enrochement de 25 cm d'épaisseur	m3	7,50	12 000,00	90 000,00
Confection du béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	3,00	10 000,00	30 000,00
confection et mise en place du béton armé dosé à 350kg/m3	m3	19,50	30 000,00	585 000,00
coffrage	m2	65,00	600,00	39 000,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage	m3	5,00	500,00	2 500,00
Partie charpente métallique - support de conduite				
Profil HE 600	T	5,50	228 000,00	1 254 000,00
Profil HE 300 M	T	50,00	130 000,00	6 500 000,00
Profil HE 200 B	T	3,80	280 000,00	1 064 000,00
Plaque métallique ep=12 mm pour les supports des conduite	T	1,70	400 000,00	680 000,00
Plaque métallique ep=8 mm et largeur =60 cm pour la protection de conduite	T	4,00	190 000,00	760 000,00
Garde corps	ml	150,00	4 500,00	675 000,00
Echelon métallique	ml	8,00	20 000,00	160 000,00

Tableau N° VIII-2 : Factures pro-forma des pièces du réseau de distribution

Réseau de distribution				
Terrassement				
Décapage de la terre végétale au-dessous des conduites sur épaisseur de 20cm	m2	8240	150,00	1 236 000,00
Fouilles en terrain meuble pour tranchée des conduites	m3	13184	300,00	3 955 200,00
fourniture, transport et pose du lit de sable de 10 cm d'épaisseur	m3	824	1 500,00	1 236 000,00
Evacuation des terres excédentaires dans un rayon de 3 km à la décharge publics	m3	1617	450,00	727 650,00
Remblaiement et compactage pour les tranchées	m3	10743	500,00	5 371 500,00
Conduite et Accessoires				
F.T.P des conduites en fonte de diamètre (800) mm	ml	2 598,88	22 000,00	67144000
F.T.P des conduites en fonte de diamètre (600) mm	ml	1 936,27	25144,84	48687199,3
F.T.P des conduites en fonte de diamètre (450) mm	ml	139,59	16333,4	2279979,31
F.T.P des conduites en fonte de diamètre (400) mm	ml	3 242,44	13912,9	45111743,5
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (315) mm	ml	2778,04	4093,57	11372101,2
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (250) mm	ml	2114,06	2595	5485985,7
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (200) mm	ml	3397,70	1650,84	5609059,07
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (160) mm	ml	1795,76	1142,25	2051206,86

F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (125) mm	ml	1659,76	650,13	1079059,77
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (110) mm	ml	2140,45	540,5	1156913,23
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (90) mm	ml	1753,47	359,09	629653,542
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (75) mm	ml	544,23	300,6	163595,538
F.T.P des conduites en PEHD de diamètre (63) mm	ml	170,51	209,89	35788,3439
Té				
(Ø 1500) mm	U	1,00	600 000,00	600 000,00
(Ø 400) mm	U	4,00	60 000,00	240 000,00
(Ø 315) mm	U	2,00	30 000,00	60 000,00
(Ø 250) mm	U	1,00	15 000,00	15 000,00
(Ø 200) mm	U	2,00	8 000,00	16 000,00
Coudes				
(Ø 400) mm	U	1,00	1,00	60 000,00
(Ø 315) mm	U	1,00	1,00	30 000,00
(Ø 250) mm	U	2,00	2,00	16 000,00
(Ø 160) mm	U	1,00	1,00	6 000,00
Réducteurs				
Ø (1500/400) mm	U	2,00	450 000,00	900 000,00
Ø (1500/315) mm	U	1,00	450 000,00	450 000,00
Ø (800/315) mm	U	1,00	200 000,00	200 000,00
Ø (315/250) mm	U	1,00	55 000,00	55 000,00
Ø (200/160) mm	U	1,00	32 000,00	32 000,00
Ø (400/90) mm	U	4,00	26 000,00	104 000,00
Ø (315/125) mm	U	1,00	12 000,00	12 000,00
Ø (315/160) mm	U	2,00	12 000,00	24 000,00
Ø (250/200) mm	U	2,00	4 500,00	9 000,00
Ø (250/125) mm	U	1,00	4 500,00	4 500,00
Ø (200/110) mm	U	2,00	4 500,00	9 000,00
Ø (200/90) mm	U	2,00	4 500,00	9 000,00
Ø (160/90) mm	U	2,00	3 000,00	6 000,00
Vanne				
Papillon Ø 800 mm	U	3,00	1 600 000,00	4 800 000,00
Papillon Ø 600 mm	U	2,00	900 000,00	1 800 000,00
Papillon Ø 500 mm	U	1,00	650 000,00	650 000,00
Opercule Ø 400 mm	U	1,00	250 000,00	250 000,00
Opercule Ø 300 mm	U	1,00	150 000,00	150 000,00
Opercule 250 mm	U	3,00	120 000,00	360 000,00
Opercule Ø 200 mm	U	1,00	85 000,00	85 000,00
Opercule Ø 160 mm	U	3,00	65 000,00	195 000,00
Opercule Ø 100 mm	U	1,00	45 000,00	45 000,00
Opercule Ø 90 mm	U	1,00	35 000,00	35 000,00
Ventouse simple de dégazage	U	5,00	45 000,00	225 000,00
Ventouse automatique à triple effet	U	7,00	300 000,00	2 100 000,00
Vidange	U	5,00	65 000,00	325 000,00
Vanne de sectionnement (Ø 800, 600, 500, 400 et 300mm)				
Fouilles en terrain meuble	m3	315,00	300,00	94 500,00
confection du béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	12,00	10 000,00	120 000,00

confection et mise en place du béton armé dosé à 350kg/m3	m3	121,00	30 000,00	3 630 000,00
fourniture, transports, pose d'échelle typique	U	10,00	37 500,00	375 000,00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	10,00	27 000,00	270 000,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m3	64,00	500,00	32 000,00
Vanne de sectionnement ≤ Ø250				
Fouilles en terrain meuble	m3	221,00	300,00	66 300,00
confection du béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	10,00	10 000,00	100 000,00
confection et mise en place du béton armé dosé à 350kg/m3	m3	91,00	30 000,00	2 730 000,00
fourniture, transports, pose d'échelle typique	U	9,00	37 500,00	337 500,00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	9,00	27 000,00	243 000,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m3	54,00	500,00	27 000,00
Regards pour vidange				
Fouilles en terrain meuble	m3	287,00	300,00	86 100,00
fourniture, transport et pose du lit de sable de 10 cm d'épaisseur	m3	5,50	1 500,00	8 250,00
confection du béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	6,80	10 000,00	68 000,00
confection et mise en place du béton armé dosé à 350kg/m3	m3	127,00	30 000,00	3 810 000,00
fourniture, transports, pose d'échelle typique	U	9,00	37 500,00	337 500,00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	9,00	27 000,00	243 000,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m3	186,00	500,00	93 000,00
Regards pour ventouse				
Fouilles en terrain meuble	m3	180,00	300,00	54 000,00
fourniture, transport et pose du lit de sable de 10 cm d'épaisseur	m3	7,50	1 500,00	11 250,00
confection du béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	6,00	10 000,00	60 000,00
confection et mise en place de béton armé dosé à 350kg/m3	m3	47,00	30 000,00	1 410 000,00
fourniture, transports, pose d'échelle typique	U	8,00	37 500,00	300 000,00
fourniture, transport et pose couverture typique	U	8,00	27 000,00	216 000,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m3	50,00	500,00	25 000,00
Borne d'irrigation				
Fouilles manuelle en terrain meuble	m3	242,00	242,00	300,00
Gabion grillage ordinaire, galets 30/50	m3	60,00	60,00	4 500,00
Confection et mise en place de béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	14,00	14,00	30 000,00
Fourniture, transport et pose de tube préfabriqué en béton armé d=800mm l=80cm	U	84,00	84,00	9 000,00
fourniture, transport et pose de graviers 15/20	m3	29,60	29,60	3 500,00
remblaiement et compactage autour de l'ouvrage	m3	194,00	194,00	500,00
fourniture, transport et pose de plaque pleine	U	84,00	84,00	2 000,00
Borne				

fourniture, transport et pose de borne avec 1 prise	U	73	115 000,00	8 395 000,00
fourniture, transport et pose de borne avec 2 prises	U	15	190 000,00	2 850 000,00
fourniture, transport et pose de borne avec 3 prises	U	1	520 000,00	520 000,00

Tableau N° VIII-3 : Factures pro-forma des travaux divers

Travaux divers				
Pistes				
Décapage de la terre végétale au dessous des pistes nouvelle sur une épaisseur de 20 cm et mise en dépôt des matériaux	m2	129586	80,00	10 366 880,00
Rechargement et compactage de la couche de fondation en TVN ep=20cm	m3	14137	400,00	5 654 800,00
Rechargement et compactage de la couche de base en GC ep=15cm	m3	10603	1 100,00	11 663 300,00
Brise- vent primaire				
Préparation du sol pour la plantation	m2	3 049,00	80,00	243 920,00
Evacuation des trous pour la plantation, diamètre de 40 cm et profondeur de 50 cm	U	24274	95,00	2 306 030,00
plantation	U	24274	70,00	1 699 180,00
Soins dans la première année	U	12137	90,00	1 092 330,00
Soins dans la deuxième année	U	12137	90,00	1 092 330,00
Brise- vent secondaire				
Préparation du sol pour la plantation	m2	472,00	80,00	37 760,00
Evacuation des trous pour la plantation, diamètre de 40 cm et profondeur de 50 cm	U	3 758,00	95,00	357 010,00
plantation	U	3 758,00	70,00	263 060,00
Soins dans la première année	U	3 758,00	90,00	338 220,00
Soins dans la deuxième année	U	3 758,00	90,00	338 220,00
Dalot simple (1.5×1.5)				
Fouilles en terrain meuble	m3	1 080,00	300,00	324 000,00
fourniture, transport et pose du lit des graviers de 10 cm d'épaisseur	m3	45,00	3 000,00	135 000,00
Enrochement de 25 cm d'épaisseur	m3	113,00	12 000,00	1 356 000,00
confection du béton de propreté dosé à 150kg/m3	m3	36,00	10 000,00	360 000,00
confection et mise en place du béton dosé à 350kg/m3	m3	270,00	30 000,00	8 100 000,00
Remblais et compactage autour de l'ouvrage	m3	617,00	500,00	308 500,00
Faussées				
Décapage de la terre végétale au-dessous des nouvelles pistes sur une épaisseur de 20 cm et mise en dépôt des matériaux	m2	59853	90,00	5 386 770,00
déblai en tranché des fossés y compris transport des déblais pour mise en remblais ou en dépôt	m3	29927	300,00	8 978 100,00

Total HT	399 104 760,36
TVA 17%	67 847 809,26
TOTAL TTC	466 952 570.62

Donc le coût total du projet d'extension du périmètre de Bir Bouhouche (562 ha) dans la wilaya de Souk Ahras est de **466 952 570,62 DA**.

Conclusion

On constate que le coût de la projection du réseau d'irrigation et l'adduction est évalué à **466 952 570,62 DA**.

Ce coût prend en considération tous les travaux réalisés sur le chantier et les équipements en totalité, l'aménagement du périmètre permettra un développement socio-économique important pour la région Bir Bouhouche.

Conclusion général

L'objectif fondamental visé par l'élaboration de cette étude est de dimensionner un réseau d'irrigation pour l'extension du périmètre de Bir Bouhouche (wilaya de Souk Ahras) d'une superficie de 562 ha présente des caractéristiques physiques, pédologiques et des conditions socio-économiques propices à l'irrigation, L'aménagement hydro-agricole de ce périmètre avec un réseau d'adduction sous pression alimenté à partir du barrage de oued charef, était l'objectif de notre étude.

Au cours de celle-ci nous avons constaté que le retard de développement de la production agricole dans la région d'étude qui se heurte en premier lieu, à une réalité climatique dont on a pu en faire une analyse et en déterminer les contraintes naturelles, Parce qu'étant un support indispensable on peut dire que notre climat est de type « semis aride ».Donc nécessite une irrigation plus importante pendant les périodes sèches .qui nécessitent la détermination des besoin totaux en eau de la zone durant le mois de pointe, et après avoir quantifié les besoins en eau de chaque ilot qui est une phase importante pour la réalisation d'un système d'adduction et d'irrigation. Nous avons projeté un réseau d'adduction gravitaire a partir de piquages, et un système de distribution vers les parcelles par une desserte gravitaire plus économique.

Enfin, le choix du système de distribution consiste à projeter deux systèmes d'irrigation différents à savoir l'aspersion et le localisé.

Ce choix ne s'est pas fait fortuitement, l'eau décernée au périmètre provient d'un système de distribution en conduite sous pression gravitaire, Nous disposons donc d'une pression suffisante au niveau de chaque borne permettant ainsi d'utiliser l'aspersion et le localisé, les deux systèmes sont fortement adapter aux conditions naturelles du terrain en particulier la faible perméabilité.

On suggère l'irrigation de surface car la conductivité hydraulique du sol est faible ce qui va engendre une grosse perte en eau de plus la main d'eau nécessaire qui est importante. Le choix de l'irrigation localisée s'est porter sur les cultures en lignes, nous avons donc fait la projection sur une parcelle portant le pommier.

Quant à l'aspersion notre choix est porté sur une parcelle de blé ; cette culture étant de référence dans cette région agropastorale donc socio-économique.

D'autre part, on peut dire que ces techniques d'arrosages sont plus adaptées dans notre pays d'après le contexte actuel de la sécheresse des dernières années et le développement au niveau de l'économie nationale.

Une fois que les conditions agronomiques et hydrauliques seront respectées, les agriculteurs observeront une hausse de leurs rendements habituels qui leur sera bénéfique et qui reflèteront les vraies potentialités du périmètre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Allen R. G., Pereira L. S., Raes D. & Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, 300 p.
- [2] Touaibia, (Cours d'Hydrologie 3^{ème} Année et Régularisation des débits 4^{ème} année) 2004.
- [3] Mémoire de fin d'étude intitulé : Mise en valeur du périmètre irriguée de Tazoult a partir du barrage de Koudiat El Medouar W.de Batna ,153 P.
- [4] Dubost d.1992- aridité, agriculture et développement : le cas des oasis algériennes .in sècheresse no 2. Vol. 3.
- [5] Bulletin DE FAO N° 24 (1975) Les besoins en eau des cultures, 1975 (A C* E F
- [6] Gobat J.M , Agrano M., Matthey W, 2010 : Le sol vivant, base de pédologie biologie des sols. Presses universitaires et romandes, EPFL, Lausanne, Suisse.
- [7] Hillel, D. 1988. L'eau et le sol: Principes et processus physiques. Ed Academia, 288 pages.
- [8] Ollier ch.et Poirée m. (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.
- [9] Tiercelin. 2006. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
- [10] Perrier A (1975) Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelles II. Expression et paramètres donnant l'ETR d'une surface mince.III .ETR et ETP des couverts Végétaux .In Annales agronomiques. 26 (1). 1-18.

Annexe 1

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	1,25	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	.80	0,70
* Mais Grains	0,45	0,55	0,65	0,80	1,00	1,05	1,05	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	0,95
Maralchage	0,35	0,50	0,65	0,75	0,80	0,82	0,80	0,75	0,65	0,50
Melons	0,45	0,55	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	1,35	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	0,65	0,85	1,00	1,02	0,95	0,85	0,75

Annexe 2

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	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.72	0.68	0.67	0.66	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 couverts	0.65	0.75	0.85	0.95	1.10	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.70	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.80	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.85
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.92	0.90	0.85	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 3

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

Annexe 4

5. RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND $ET_{cult} = 5-6$ mm/jour

Cultures	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ²		
			T.fin	T.moyenne	T.grossières
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	55
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.5-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Trifile	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Coccolombes	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Dattes	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitiers cadu.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lin ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales ²	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Cér. d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Maïs ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Maïs-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmier	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poivron	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Canthare ²	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Épinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave suc.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Canne à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournefort ²	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Pâtate douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - init.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
lard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	100	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Blé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maturité		0.9	180	130	55
Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m)			300	140	60

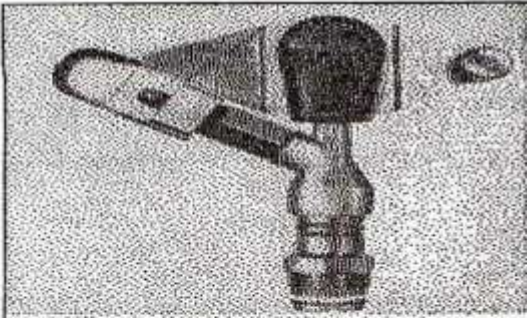
¹ Quand $ET_{cult} < 3$ mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand $ET_{cult} > 8$ mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 2 dS/m).

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

Sources: Taylor (1965), Stuart et Hagan (1972), Saher et Goods (1967), Rijssen (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).

Annexe 5



**Caractéristiques de
l'asperseur circulaire
PERROT ZF 30**

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

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

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

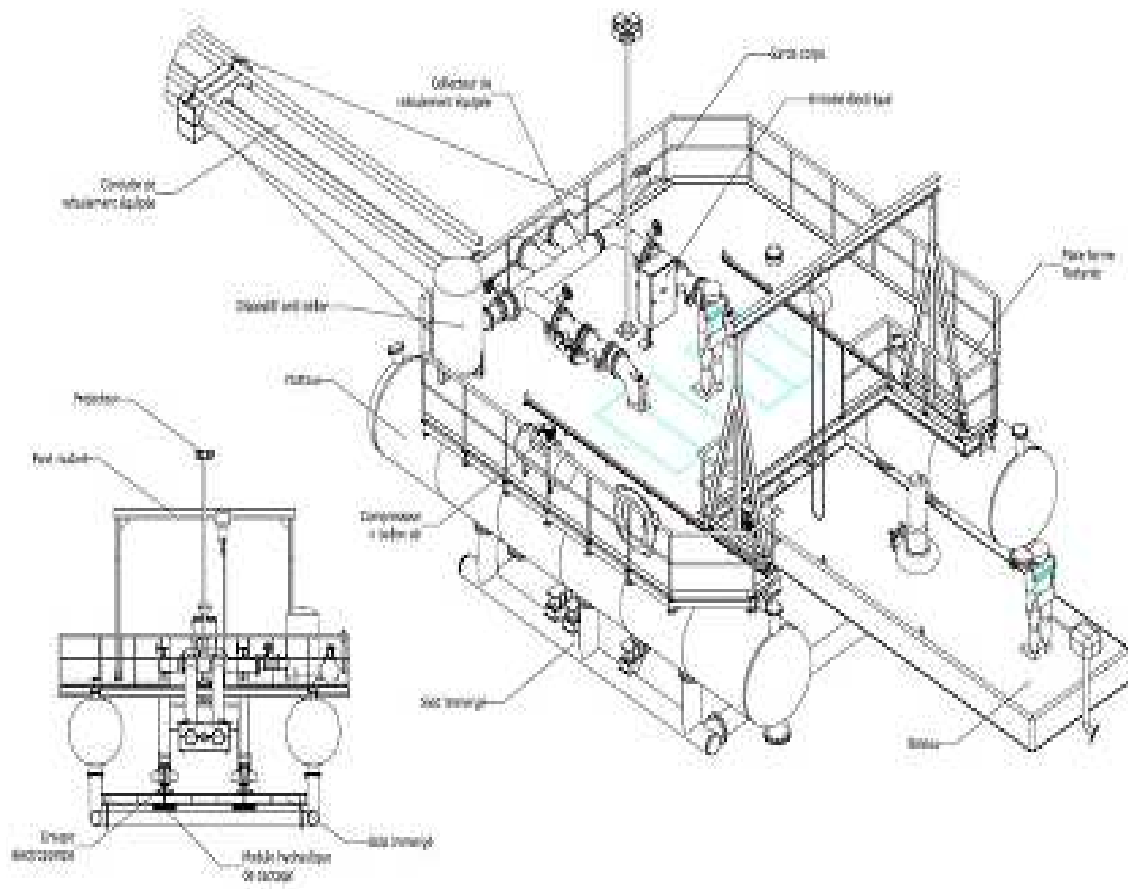
- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)

Annexe 6

année	Sep	oct	nov	déc	Jan	Fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	total
1971	84.5	43.7	9	10.7	91.5	13.6	23.5	88.1	29.7	17.2	0	17.3	428.8
1972	44.1	63.9	3	71.7	57.3	39.8	103.1	38.6	0	12.7	0.2	19.3	453.7
1973	16.1	26.5	4.6	60.4	9.8	35.4	24.8	20.3	0	10	0	0.2	208.1
1974	3.3	25.8	14.1	8.4	15.1	55.9	39.7	21.2	27.2	0	0	1.5	212.2
1975	26.7	0	16.4	0	13	33.6	54.8	22.4	61	37,5	56	18,6	283.9
1976	41.7	46	64.8	15.5	22.3	0	18.2	24.7	24.2	11.3	0	43.7	312.4
1977	0	1.7	43.1	2	13.3	28.6	17	17.6	37.1	0	0	14	174.4
1978	0	11.3	6.6	14.5	11.6	52.7	13.3	137.4	16.7	35.5	0	0	299.6
1979	28.7	3.6	15.2	3.4	31.9	26.5	64.7	41.9	53.7	0	0	9	278.6
1980	48	21.7	18.7	97.7	23.2	26.2	30	34.9	17	28.5	3.5	9.7	359.1
1981	31.5	21	8.1	14.4	25	40.6	22.1	57	107.6	0	0,3	1.5	328.8
1982	0	28.5	61.4	37.6	10.3	6	38.6	0	14.4	26.6	8.2	21.2	252.8
1983	0	48.4	33.7	29.2	46.5	89.4	24.9	18	0	13.1	0	7	310.2
1984	7.5	26.8	0	104.7	33.5	45.2	77.1	25.8	54.4	0	4.6	0	379.6
1985	47	29.4	10.2	0	25.1	7.1	41.6	12.9	10.3	0	1.3	2.9	187.8
1986	12.7	18.6	38.6	5.6	9.3	27	30.2	10.3	38.4	8.5	9.7	0.7	209.6
1987	0	21.1	19.7	2.6	13.2	0	14	19	19	24.5	8.5	4.9	146.5
1988	11.2	5.5	25.3	21.5	6.3	23	10.5	5.8	14.3	53.2	12	2.9	191.5
1989	14.2	8	14.8	4.3	31.8	0	11.7	8	65	33.5	6.5	10.5	208.3
1990	19	20.9	39	32.1	16.9	15.9	33.7	59.3	53.9	4.9	3.5	0	299.1
1991	10.4	65.7	17.9	3.7	12.4	48.3	31.7	53.7	64,5	5	35.9	21.7	306.4
1992	4.5	14	30.5	78.4	12.1	25.3	4	15.9	24.9	2	0	17.5	229.1
1993	0	13.8	1.2	43.7	12.1	17.2	17.1	14.9	24.8	0	5	0	149.8
1994	18.6	35.2	0	9.6	44.1	15.4	9.4	7.9	3.7	30.9	8	7.1	189.9
1995	87.3	55.7	28.8	7.1	44.6	83.6	31.7	45.1	33	18	18	10.4	463.3
1996	5.5	0.8	2.1	3.9	33.4	1.7	15.2	7	9	39.7	1.8	16.7	136.8
1997	43.2	35	39.6	43.7	9.3	15.1	10.2	56.8	26.7	3	2.3	2.3	287.2
1998	49.9	14.7	43.4	34.9	54.8	6.7	54.3	9.5	2.3	4.3	10.9	2.1	287.8
1999	52.5	2.4	33.7	52.8	6	1.3	1.8	3.2	48	9.4	1.1	27.2	239.4
2000	53.6	26.8	12.5	7.4	92.5	3.6	1.3	31.5	37.4	0	0	6	272.6
2001	81.5	8.9	7.3	36.4	11.4	17.7	5.8	0	3.9	10.2	35.9	67.6	286.6
2002	49.4	5.9	83.1	32.8	124.7	42.7	9.8	28.7	10.6	2.3	7.2	9.5	406.7
2003	20.6	16.4	16.7	68.2	21.5	7.7	22.7	19.3	80.8	56	8.1	31	369
2004	3.9	8.4	31.5	69.9	65.7	36.2	3.5	12.3	2.6	3.8	0	5.8	243.6
2005	19.1	22.6	13.5	36.8	12.9	16.7	26.8	30.1	56.3	3.5	18.5	18.1	274.9
2006	0	13.9	11.2	45.2	2.2	9.4	53.5	57.7	8.3	0	0	2.3	203.7
2007	23.9	3.2	15.1	34.3	8.1	0	28.5	9.7	55.6	0	0	2.3	180.7
2008	16.6	39.4	19.5	22.9	13.2	33.4	11.2	25.7	22	0		0	203.9

Annexes 7 :



Annexes 8

blé/avoine								
mois	P eff	ETP	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	0,5	49,5	16,50	0,85	33,46	0,00
Février	16	53,94	0,6	59,4	16,50	0,95	51,24	18,74
Mars	17,4	84,01	0,6	59,4	0,00	1,05	88,21	70,81
Avril	18,42	107,7	0,6	59,4	0,00	1,05	113,09	94,67
Mai	18,45	152,83	0,6	59,4	0,00	0,9	137,55	119,10
Juin	7,89	184,8	0,6	59,4	0,00	0,7	129,36	121,47
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6	0,3	29,7	0,00	0,7	40,32	25,92
Décembre	19,7	40,3	0,5	49,5	0,00	0,7	28,21	8,51

luzerne								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	1	99	29,70	0,90	35,43	0,00
Février	16	53,94	1,2	118,8	0,00	0,95	51,24	35,24
Mars	17,4	84,01	1,5	148,5	0,00	1,05	88,21	70,81
Avril	18,42	107,7	1,5	148,5	0,00	1,10	118,47	100,05
Mai	18,45	152,83	1,5	148,5	0,00	1,15	175,75	157,30
Juin	7,89	184,8	1,5	148,5	0,00	1,15	212,52	204,63
Juillet	4,5	230,33	1,5	148,5	0,00	1,15	264,88	260,38
Août	6,98	203,36	1,5	148,5	0,00	1,15	233,86	226,88
Septembre	16,47	132,9	1,5	148,5	0,00	1,15	152,84	136,37
Octobre	14,42	97,96	0,4	39,6	0,00	0,65	63,67	49,25
Novembre	14,4	57,6	0,7	69,3	0,00	0,70	40,32	25,92
Décembre	19,7	40,3	0,9	89,1	23,10	0,80	32,24	0,00

ognion/ail								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	0,6	59,4	6,57	0,35	13,78	0,00
Février	16	53,94	0,7	69,3	19,80	0,85	45,85	10,05
Mars	17,4	84,01	0,7	69,3	0,00	0,8	67,21	49,81
Avril	18,42	107,7	0,7	69,3	0,00	0,75	80,78	62,36
Mai	18,45	152,83	0,7	69,3	0,00	0,7	106,98	88,53
Juin	7,89	184,8	0,7	69,3	0,00	0,65	120,12	112,23
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3						

pt S								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37						
Février	16	53,94	0,3	29,7	6,12	0,45	24,27	2,16
Mars	17,4	84,01	0,6	59,4	0,00	0,80	67,21	49,81
Avril	18,42	107,7	0,6	59,4	0,00	1	107,70	89,28
Mai	18,45	152,83	0,6	59,4	0,00	0,7	106,98	88,53
Juin	7,89	184,8						
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3						

pt été								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37						
Février	16	53,94						
Mars	17,4	84,01						
Avril	18,42	107,7						
Mai	18,45	152,83						
Juin	7,89	184,8						
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36	0,3	29,7	0,00	0,45	91,51	84,53
Septembre	16,47	132,9	0,6	59,4	0,00	0,80	106,32	89,85
Octobre	14,42	97,96	0,6	59,4	0,00	1	97,96	83,54
Novembre	14,4	57,6	0,6	59,4	0,00	0,7	40,32	25,92
Décembre	19,7	40,3						

poivron/piment								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37						
Février	16	53,94						
Mars	17,4	84,01						
Avril	18,42	107,7						
Mai	18,45	152,83	0,5	49,5	0,00	0,4	61,13	42,68
Juin	7,89	184,8	0,9	89,1	0,00	0,85	157,08	149,19
Juillet	4,5	230,33	0,9	89,1	0,00	0,9	207,30	202,80
Août	6,98	203,36	0,85	84,15	0,00	0,7	142,35	135,37
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3						

tomate								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37						
Février	16	53,94						
Mars	17,4	84,01	0,4	39,6	0,00	0,45	37,80	20,40
Avril	18,42	107,7	0,9	89,1	0,00	0,80	86,16	67,74
Mai	18,45	152,83	1,2	118,8	0,00	1,05	160,47	142,02
Juin	7,89	184,8	1,2	118,8	0,00	0,70	129,36	121,47
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3						

Pommier/poirier								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	1,5	148,5	74,25	0,75	29,53	0,00
Février	16	53,94	1,5	148,5	74,25	0,75	40,46	0,00
Mars	17,4	84,01	1,5	148,5	74,25	0,85	71,41	0,00
Avril	18,42	107,7	1,5	148,5	0,00	0,85	91,55	73,13
Mai	18,45	152,83	1,5	148,5	0,00	0,85	129,91	111,46
Juin	7,89	184,8	1,5	148,5	0,00	0,85	157,08	149,19
Juillet	4,5	230,33	1,5	148,5	0,00	0,7	161,23	156,73
Août	6,98	203,36	1,5	148,5	0,00	0,7	142,35	135,37
Septembre	16,47	132,9	1,5	148,5	0,00	0,7	93,03	76,56
Octobre	14,42	97,96	1,5	148,5	0,00	0,7	68,57	54,15
Novembre	14,4	57,6	1,5	148,5	0,00	0,7	40,32	25,92
Décembre	19,7	40,3	1,5	148,5	74,25	0,75	30,23	0,00

orge en vert								
mois	P eff	ETP	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	0,5	49,5	16,50	0,85	33,46	0,00
Février	16	53,94	0,6	59,4	16,50	0,95	51,24	18,74
Mars	17,4	84,01	0,6	59,4	0,00	1,05	88,21	70,81
Avril	18,42	107,7	0,6	59,4	0,00	1,05	113,09	94,67
Mai	18,45	152,83	0,6	59,4	0,00	1,05	160,47	142,02
Juin	7,89	184,8	0,6	59,4	0,00	0,6	110,88	102,99
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6	0,3	29,7	0,00	0,7	40,32	25,92
Décembre	19,7	40,3	0,5	49,5	0,00	0,7	28,21	8,51

petit pois								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	0,7	69,3	13,20	0,8	31,50	0,00
Février	16	53,94	0,7	69,3	23,10	0,95	51,24	12,14
Mars	17,4	84,01	0,7	69,3	0,00	1,05	88,21	70,81
Avril	18,42	107,7	0,7	69,3	0,00	0,8	86,16	67,74
Mai	18,45	152,83						
Juin	7,89	184,8						
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3	0,4	39,6	0,00	0,50	20,15	0,45

haricot								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	0,3	29,7	6,57	0,50	19,69	0,00
Février	16	53,94	0,3	29,7	9,90	0,90	48,55	22,65
Mars	17,4	84,01	0,5	49,5	0,00	0,95	79,81	62,41
Avril	18,42	107,7	0,5	49,5	0,00	0,90	96,93	78,51
Mai	18,45	152,83	0,5	49,5	0,00	0,85	129,91	111,46
Juin	7,89	184,8						
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3						

navet								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37						
Février	16	53,94	0,6	59,4	6,12	0,7	37,76	15,64
Mars	17,4	84,01	0,7	69,3	0,00	0,8	67,21	49,81
Avril	18,42	107,7	0,7	69,3	0,00	0,8	86,16	67,74
Mai	18,45	152,83	0,7	69,3	0,00	0,75	114,62	96,17
Juin	7,89	184,8						
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3						

ognion/ail								
mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	18,35	39,37	0,6	59,4	6,57	0,35	13,78	0,00
Février	16	53,94	0,7	69,3	19,80	0,85	45,85	10,05
Mars	17,4	84,01	0,7	69,3	0,00	0,8	67,21	49,81
Avril	18,42	107,7	0,7	69,3	0,00	0,75	80,78	62,36
Mai	18,45	152,83	0,7	69,3	0,00	0,7	106,98	88,53
Juin	7,89	184,8	0,7	69,3	0,00	0,65	120,12	112,23
Juillet	4,5	230,33						
Août	6,98	203,36						
Septembre	16,47	132,9						
Octobre	14,42	97,96						
Novembre	14,4	57,6						
Décembre	19,7	40,3						