

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 :

**DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION DU
PERIMETRE DE BERRIHANE A PARTIR DU BARRAGE
BOULATHANE (W EL TAREF)**

PRESENTE PAR

M^r Mehira Ammar

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M^r : MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M^{me} : SAADOUNE Samra	M.C.B	Membre
M^{me} : MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Membre
M^r : KOLAIA Djaffer	assitant	Membre
M^{me} : MAZOUZI sabra	M.A.A	Promotrice

Sept – 2017

Remerciements

Avant de présenter mon projet de fin d'étude, je tiens à remercier ALLAH qui m'a donné la force, la volonté et le courage pour arriver jusque-là.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à M^{me} Mazouzi Sabra, pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils fructueux qu'il m'a prodigués le long de mon projet.

A tous ceux qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'à L'université.

A tous les personnes de DRE et ADE de la wilaya D'el Taref.

Aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.

Et en fin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Mehira Ammar

Dédicace

A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur.

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect :

- ✚ A mes parents pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard*
- ✚ A mes amis*
- ✚ A toute ma famille*
- ✚ A tous mes enseignants de l'ENSH*

الملخص :

يزخر سهل الطارف بثروة مائية وفلاحية ضخمة، زيادة على كون المنطقة قطبا اقتصاديا هاما على الصعيد الوطني والمحلي مما يستوجب الاهتمام البالغ لمثل هكذا ثروة .

وفي هذا الصدد قمنا بدراسة مشروع يهدف إلى تزويد سهل الطارف - منطقة بريحان II- انطلاقا من سد بولطحان، بشبكة ري زراعية مكونة من أنظمة حديثة ومعايير علمية كنظام السقي بالرش بعد اخضاع المنطقة إلى دراسة شاملة، وهذا بغية زيادة المردود وتوفير المياه والتنوع في المحاصيل الزراعية بغية الرفع من مستوى العائدات الاقتصادية.

Résumé :

La pleine d'El TAREF représente une ressource importante en eau et en agriculture, d'autant plus que la région est un pôle économique important au niveau local et national.

A cet égard, nous avons étudié dans ce travail un projet qui consiste à irriguer le périmètre de Berrihane secteur II à partir du barrage de Boulathane , avec un réseau d'irrigation contenant de nouvelles méthodes et des normes scientifiques entre-autre l'irrigation par aspersion ainsi pour garantir un meilleur rendement agricole et économique

Abstract:

El TAREF plain is an important resource for water and agriculture, especially since the region is an important economic hub at local and national levels. In this respect, our project consists in irrigating the perimeter of Berrihane sector II from Boulathane dam, with an irrigation network containing new methods and scientific norms among which irrigation by sprinkling to ensure better agricultural and economic returns.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I :Analyse des conditions naturelles.	
I. Introduction.....	3
I.1 Situation géographique de la zone d'étude.....	3
I.1.1 Situation de la plaine d'El Taref :.....	3
I.2.1 Pluviométrie :	6
I.2.2 la température moyenne de l'air :.....	7
I.2.3 Humidité relative :.....	8
I.2.4 Le vent :	9
I.2.5 L'insolation :	10
I. 2.8 Les indices climatiques :	12
I.2.8.1 L'indice d'aridité de MARTON :	12
I.2.8.2 Quotient pluviométrique d'Emberger :.....	13
I.2.8.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :.....	15
Description de graphique :	15
I.3.1 Les ressource des eaux d'irrigation :	16
a) Les caractéristiques du barrage Boulathane :	16
b)Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation:.....	16
c) reservoir R2.....	19
Conclusion.....	20

Chapitre II : Etude hydrologique

Introduction :.....	21
II.1Présentation de la station pluviométrique :.....	21
II.2 Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique	23
II.3 Etude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :	26
II.3.1 Lois d'ajustement	26

II.3.1.a) Ajustement à la loi normale (gauss)	27
II.3.1.b) Ajustement à la loi log-normale (Galton)	31
II.3.2. Test de validité d'un ajustement	33
II.3.2.a) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale	34
II.3.2.b) Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale	34
II.3.3 Détermination de l'année de calcul :	34
Conclusion	36

Chapitre III : Aptitude culturale

Introduction	37
III.1 Les différentes classes d'aptitude des sols	37
III.2 Les types de sols du périmètre	39
III.2.1 Classe des vertisols	39
III.2.2 Classe des bruns méditerranées	40
III.3 Rotation des assolements	42
Conclusion	44

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction :	45
IV.1 Besoins en eau des cultures :	45
IV.2 Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées :	45
IV.3 L'évapotranspiration :	45
IV.3.1 L'évapotranspiration potentielle :	46
IV.3.2 L'évapotranspiration réelle :	46
IV.4 Les méthodes d'évaluation de L'évapotranspiration :	46
IV.4.1 Les méthodes directes :	46
IV.4.1.a l'évapotranspirationomètre ou cuve lysimètre :	46
IV.4.1.b Le bac évaporant (bac Colorado):	46
IV.4.2 Les méthodes indirectes :	46
IV.4.2.a La formule de BLANEY et CRIDDLE :	47
IV.4.2.b La formule de TURC :	47
IV.4.2.c La formule de PANMEN :	48
IV.4.3 Calcul de l'évapotranspiration :	49

IV.5 Le bilan hydrique :	50
IV.5.1 Le coefficient cultural (K_c) :	51
IV.5.2 Les profondeurs d'enracinement:.....	51
IV.6 Cycle végétatif des cultures :.....	51
IV.7 La réserve facilement utilisable (RFU) :.....	52
IV.8 Estimation des besoins en eau des cultures :	53
IV.8.1 Estimation des besoins en eau des blés :.....	53
IV.8.2 Estimation des besoins en eau des pommes de terre :	54
Tableau IV.6 Besoins en eau des pommes de terre	54
IV.8.3 Estimation des besoins en eau des tomates :.....	55
IV.8.4 Estimation des besoins en eau des carottes	56
IV.8.5 Estimation des besoins en eau des Laitues :.....	57
IV.8.6 Estimation des besoins en eau des Betteraves :.....	58
IV.8.8 Estimation des besoins en eau des Haricots :.....	59
IV.8.9 Estimation des besoins en eau des oignons :.....	60
IV.9 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :.....	61
IV.10 Calcul de débit spécifique :	61
III.11 Débit caractéristique :	64
Conclusion :.....	65

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Introduction.....	66
V.1 Les techniques d'irrigation de surface	67
V.1.1 Généralités	67
V.1.2 Irrigation par ruissellement	67
V.1.3 Irrigation par submersion	68
V.1.4 Irrigation mixte	68
V.1.4.a. L'épandage de crue	68
V.1.4.b. Les raies courtes (bouchées ou bouclées)	68
V.1.5 Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation de surface	69
V.2 Les techniques d'irrigation souterraine	69
V.2.1 Généralités	69
V.2.2 Conditions d'application de la technique	70
V.2.3 Avantages et inconvénients de l'irrigation souterraine	71
V.3 L'irrigation par sous pression	71
V.3.1 l'irrigation par aspersion	72

V.3.2 l'irrigation par pivot	73
V.4 L'irrigation localisée (goutte à goutte)	74
V.4.1 Composition d'une installation goutte à goutte	75
V.4.2 Conduites et rampes	76
V.4.3 Différents types de distributeurs.....	77
V.5 Choix de la technique d'arrosage	79
IV.6 L'asperseur	80
Introduction	80
IV.6.1 Aspersion simple	80
IV.6.2 Les micro-asperseurs	81
IV.6.3 Aspersion par machines à irriguer	81
IV.6.3.c. Les rampes pivotantes	82
IV.6.3.3 Les rampes pivotantes	82
Conclusion :	82

Chapitre VI : dimensionnement de réseau d'irrigation

Introduction.....	83
VI.1 Description du Schéma de distribution :	83
VI.2 variante d'aménagement de réseau:	84
VI.3 Choix Du Trace :	84
VI.4 La méthodologie de dimensionnement :	84
VI.5 Implantation des bornes d'irrigation:	85
VI.5.1 Choix du type de la borne mise en place :.....	85
Tableau VI.1 Choix du diamètre de la borne mise en place :.....	86
VI.5.2 Débit aux bornes :	86
VI.6 Dimensionnement de la conduite enterrée à mode gravitaire :	86
VI.7 Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion :	94
VI.7.1 Détermination du diamètre d'ajutage, le nombre d'asperseurs à utiliser et le nombre de rampes à mettre en place :	94
VI.7.1.a. Le diamètre de l'ajutage :	94
VI.7.1.b. La portée de jet :	94
VI.7.1.c. Ecartement entre les rampes et les arroseurs :	95
VI.7.1.d. Débit de l'asperseur :	95
VI.7.1.e. Surface de chaque poste :	96

IV.6.1.f. Nombre de position des rampes :.....	98
VI.6.1.g. Nombre d'asperseurs :.....	98
VI.6.1.h. la rampe :	98
VI.7.1.i. La porte rampe :.....	100
VI.8 Dimensionnement de la conduite :.....	100
VI.9 Calcul de pression :.....	101
Conclusion :.....	102

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

VII. 1 Factures des équipements hydrauliques	103
VII. 2 Frais des travaux sur réseau d'irrigation	104
VII.2.1 Calcul des volumes de déblais et remblais	104
VII.2.1.a. Volume du déblaiement	105
VII.2.1.b. Volume de remblais	105
VII.2.1.c. Volume de sable	105
VII.3 Cout total des travaux publics sur réseau d'irrigation	106
VII.3.1 Déblaiement	106
VII.3.2 Remblais	106
VII.3.3 Sable	106
Conclusion	107
Conclusion générale.....	108

LISTES DES TABLEAUX

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles.

Tableau I.1 : Répartition mensuelle des pluies	6
Tableau I.2 : les Températures mensuelles (C°).....	7
Tableau I.3 : l'humidité moyenne mensuelle relative (%)	8
Tableau I.4 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s).....	9
Tableau I.5 : le durée moyenne mensuelle de l'insolation (h)	10
Tableau I-6 : Nombre moyen de jour de sirocco mensuel et annuel.....	11
Tableau I-7 : Nombre moyen de jours de neige.....	11
Tableau I.8 : Classification du climat selon MARTON.....	13
Tableau I.9 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage Boulathane	16
Tableau I.10 : Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	17
Tableau I.11 Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	17
Tableau I.12 : coordonnées des aménagement hydrotechnique	19
Tableau I.13 : caractéristique de la conduite d'adduction	19

Chapitre II : Etude hydrologique

Tableau II.1 : Coordonnées de la station d'Ain El Assel.....	21
---	----

Tableau II.2: Répartition mensuelle et annuelle des pluies.....	22
Tableau II.3: Test d'homogénéité de Wilcoxon.	24
Tableau II.4 : Résultats du test de Wilcoxon.....	26
Tableau II.5 : L'allure des points sur le papier probabilité à la loi log normal	31
Tableau II.6 : L'allure des points sur le papier probabilité à la loi log normal	31
Tableau III.7 : Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%.....	35

chapitre III :aptitude culturale

Tableau III.1 Aptitude culturales de sol de la zone d'étude.	38
Tableau III.2 les caractéristiques des sols de types vertisols	40
Tableau III.3 Les espèces culturales pratiqués antérieurement dans la zone d'étude.....	40
Tableau III.4 Degré d'aptitude culturale dans la zone d'étude.	41
Tableau III.5 Occupation culturale du périmètre (réalisation)	41
Tableau III.6 : Calendrier d'exploitation, assolement (Rotation des cultures).....	43

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.

Tableau IV.1 : Graphique de l'évapotranspiration (ETO).....	49
Tableau IV.4 Cycle végétatif des cultures	51
Tableau IV.3 Les profondeurs d'enracinements en m des différentes cultures.....	51
Tableau IV.2 Le Coefficient cultural (Kc) des différentes cultures.....	51
Tableau IV.5 besoins en eau du blé	53
Tableau IV.6 Besoins en eau des pommes de terre.....	54
Tableau IV.7 besoins en eau des tomates.....	55
Tableau IV.8 besoins en eau des carottes.....	56
Tableau IV.9 besoins en eau des laitues.....	57
Tableau IV.10 besoins en eau des Betteraves.....	58
Tableau IV.12 besoins en eau des haricots.....	59
Tableau IV.13 besoins en eau des ails.....	60
Tableau IV.14 volumes d'eau d'irrigation.....	61

Tableau IV.15 Besoins nets (mm) en eau d'irrigation.....	63
---	----

Chapitre V : etude des techniques d'irrigation

Tableau V. 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	79
---	----

chapitre VI : dimensionnement de reseau de distribution

Tableau VI.1 Choix du diamètre de la borne mise en place.....	86
Tableau VI.2 les vitesses admissibles.....	86
Tableau VI.3: Diamètres des différents tronçons.....	88
Tableau IV-4 Vitesse d'infiltration pour chaque type de sol	94
Tableau IV.5 : Calcul de nombre des postes.	97
Tableau IV.6 : Calcul de diamètre de la conduite tertiaire	101
Tableau IV.7 : Résultat de calcul théorique d'aspersion	101

chapitre IIV estimation du cout final du projet

Tableau VII.1 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	103
Tableau VII.2 : Facture du matériel de surface (irrigation par aspersion).....	104
Tableau VII.3 : Calcul des volumes des déblais et remblais du réseau de distribution.....	106

LISTES DES FIGURES

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles.

Figure I.1 : Disposition des sites de l'aménagement dur la carte.....	5
Figure I.2 : Graphique des pluies en (mm).....	6
Figure I.3 : Graphique de la température moyenne mensuelle.....	7
Figure I.4 : Graphique de l'humidité relative.	8
Figure I.5 : Graphique de vent moyenne	9
Figure I.6 : Graphique de l'insolation (heure).....	10
Figure I.7 : Diagramme bioclimatique d'emberger.....	14
Figure I.8 : Climmogramme pluviométrique de GAUSSEN.....	15
Figure I.9 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation	18

Chapitre II : Etude hydrologique

Figure II.1 : Allure des points sur le papier à probabilité d'ajustement à la loi normale(Gauss).....	30
Figure II.2 : L'allure des points sur le papier probabilité à la loi log normal	32

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.

Figure IV.1 : Graphique de l'évapotranspiration (ET0).....	50
---	----

Chapitre V : ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION DES CULTURES

Figure V.1 : Schéma d'un réseau jouant le double rôle de sub-irrigation et drainage.....	70
Figure V.2 : l'irrigation par aspersion.....	72
Figure. V.3 : l'irrigation par pivot.....	73
Figure. V.4 : Système d'irrigation localisée.....	74
Figure V.5 : Dilueur d'engrais.....	75
Figure V. 6 :Filtre à gravier.....	79
Figure V.7 : Goutteur.....	76
Figure V.8 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte a goutte.....	78

Chapitre VI : DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'IRRIGATION

Figure VI.1 Résultat de la simulation hydraulique à l'aide du logiciel Epanet I.....	91
Figure VI.2 Résultat de la simulation hydraulique à l'aide du logiciel Epanet II.....	92
Figure VI.3 Résultat de la simulation hydraulique à l'aide du logiciel Epanet III	93

Chapitre VII : ESTIMATION DU COUT FINAL DU PROJET

Figure VII.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.....	100
---	-----

Liste des Planches

Planche N°1 : Plan d'Occupation de Sol et de Situation du Périmètre de Berrihane.

Planche N°2 : Projection d'un Réseau d'aspersion de périmètre de Berrihane.

Planche N°3 : Plan du réseau d'irrigation du périmètre de Berrihane .

Planche N°4 : Profil en long de la conduite principal du périmètre de Berrihane.

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture est, de loin, l'industrie ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier. En Algérie, l'irrigation représente jusqu'à 60 % de toutes les utilisations d'eau, et joue un rôle important dans l'approvisionnement des marchés nationaux « Fruits et Légumes » sans grande possibilité à couvrir les besoins nationaux si on tient compte de l'importation de ces denrées.

En Algérie, l'agriculture irriguée ne peut excéder un total de 173 000 ha relevant des **G.P.I** (Grands Périmètres Irrigués) ; Une faible plateforme agricole qui ne peut en aucun cas entraîner un grand développement agricole si les pouvoirs publics ne se penchent pas sur cette stratégie alimentaire dans un vaste pays en procédant à : Mise en valeur des terres agricoles, interdiction de l'utilisation des terres agricoles à l'usage d'habitation, des réformes en ce qui concerne les terres de l'Etat, confiées aux Exploitants agricoles et la création de fermes pilote. En parallèle, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

Dans cette optique qui vise la gestion rationnelle des eaux , notre modeste travail se situe dans un cadre limité à concrétiser le projet d'un réseau hydraulique pour l'irrigation d'une superficie totale de 500 Ha , choisi à être mis en place dans une partie du Périmètre de la plaine d'El Taref qui compte une surface globale à irrigable de 11 380 Ha . Tenant compte du mode d'irrigation adopté : Aspersion, notre projet est maintenu dans cette option (Mode : Aspersion) avec des changements des types et sections de canalisations de transport de l'eau (Conduites principales, secondaires et tertiaires). Ce qui nous conduit à redimensionner selon les besoins toutes les canalisations de ce projet de réseau – Un dimensionnement correct , calculé selon plusieurs paramètres techniques agro-pédo-climatiques qui tendent à améliorer le système selon une technique qui consiste à imiter l'effet des précipitations où l'eau à usage agricole est acheminée sous pression par des canalisations à dimensions spécifiques , est propulsée en l'air sous forme de gouttelettes suivant une pression de service commune à chaque borne d'irrigation . Cette technique presque semblable à celle pratiquée dans le

périmètre mais reste plus économe en eau dans le but d'éviter le gaspillage des eaux et la possibilité d'accroître et de régulariser la distribution dans tous les secteurs avec maîtrise de

l'irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au coût optimal) visés.

Dans ce mémoire de fin d'études, nous avons pris en compte dans le **premier chapitre** l'analyse des conditions naturelles afin de mieux comprendre la situation climatique de la zone d'étude. Dans le **chapitre II**, nous avons mis en évidence la détermination de l'année de calcul à l'aide des lois d'ajustements car l'étude hydrologique est nécessaire aux calculs des besoins en eau. En parallèle, nous avons enchaîné notre travail dans le **chapitre III** pour la mise en œuvre d'une étude pédologique et géologique (Aptitudes culturales) dans le but de mieux connaître les types de sols et les cultures (rotation/assolement) à pratiquer dans cette zone d'étude. De cette appréciation conditionnelle, nous avons consacré le **chapitre IV** pour calculer les besoins en eau d'irrigation en utilisant un logiciel de calcul. Par contre, le **chapitre V** est réservé au descriptif des différentes techniques d'irrigation et notre choix adopté dans le cadre de ce projet. A partir de toutes ces données techniques relatives et vérifiées, nous avons conclu, dans le **chapitre VI**, tous les dimensionnements des canalisations (conduites principales, secondaires et tertiaires) ainsi le choix dans les équipements hydrauliques (bornes d'irrigation, ouvrages de protection). En définitive, le travail effectué dans un cadre technique et caractéristique, se solde par la nécessité de finaliser le coût d'investissement dans le **chapitre VII** dans le but de définir avec précision le montant d'investissement avec en prime la possibilité de concrétiser un projet à gestion rationnelle des eaux.

I. Introduction :

Avant tout, la réalisation d'un projet destiné au domaine de l'irrigation, exige en priorité la nécessité d'une l'étude minutieuse, descriptive et méthodique d'avant-projet ou dite phase préliminaire du projet qui vise la connaissance parfaite de toutes les caractéristiques techniques du lieu d'affectation du projet envisagé.

Une superficie occupant près de 14 500 da a fait l'objet des travaux pédologique , soit 9218 ha sont favorable a l'irrigation .

Avant de se lancer dans la réalisation du projet, il nous a été nécessaire de prendre le temps de délimiter la surface d'étude (500 Ha) afin de planifier l'exécution des tâches et de déterminer les ressources à mobiliser.

En parallèle, nous avons mis l'accent sur la communication avec plusieurs acteurs (Irrigants, responsables, administrateurs et les techniciens de la Station de pompage) relevant du domaine afin d'animer notre programme par des sorties régulièrement organisées sur la surface d'étude afin de mieux connaître les différents aspects techniques qui constituent le référentiel de base de notre projet- cadre suivant toutes les données propres sur les sols de la zone d'étude et l'analyse des conditions naturelles (pédologie, climatologie et aptitude culturale) ainsi que la connaissance de la géologie structurale (géométrie), les ressources en eau disponibles et les capacités artificielles pour le transport de l'eau (Volume barrage , volume affecté à l'irrigation et le débit de la station) ce qui permettra de prendre les dispositions nécessaires en vue de faire les calculs sur des données formelles, les valeurs des paramètres de dimensionnement du réseau, les équipements à utiliser et surtout la dimension multi-échelles des installations de façon à permettre l'estimation chiffrée du coût selon cette proposition technique en termes de principes retenus, d'architecture générale et tous les éléments constitutifs à la faisabilité de ce projet que j'expose techniquement sur ce mémoire de fin d'études.

I.1 Situation géographique de la zone d'étude :

I.1.1 Situation de la plaine d'El Taref :

Le périmètre d'irrigation de la plaine d'El Taref est limité au sud par le lac des oiseux .et au Nord par le sahel par bande collinaire de quelques Kilomètre de large qui borde la mer Méditerranée et sur laquelle est situé la commune de Berrihane .il est décomposé en deux secteurs DR1 et DR2.

- Secteur DR1 : d'une superficie de 4132 ha et situé dans l'est de la wilaya de Annaba à environ 40 Km d'El Taref .

- Secteur DR2 : d'une superficie de 5068 ha et situé dans l'ouest de la wilaya d'El Taref à environ 25 Km .

Il est limité par 05 communes à savoir:

- Au Nord : Ben mhidi, Berrihane et el Kala .
- Au Sud : Chafia et Bouteldja .

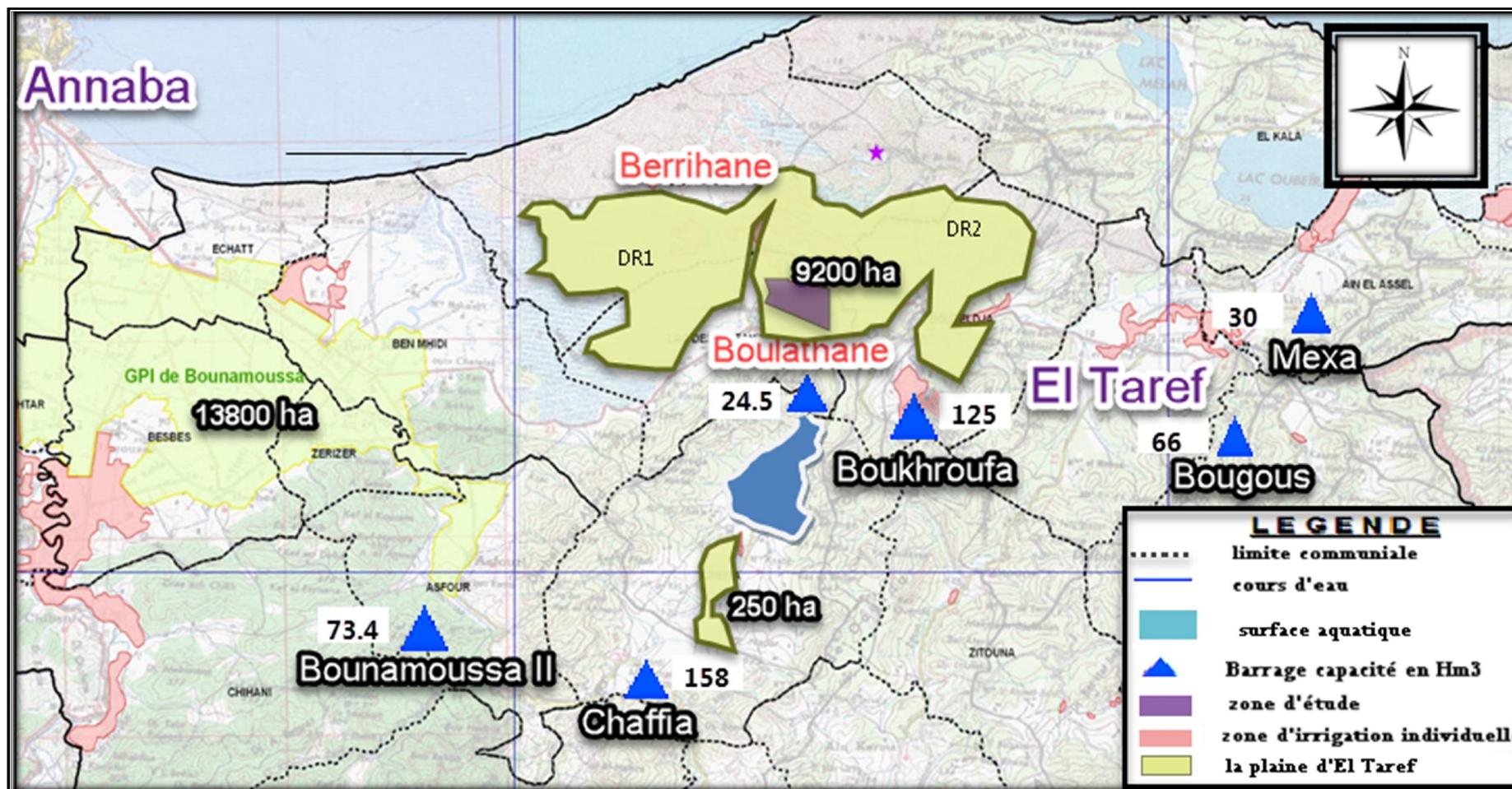


Figure I.1 : Disposition des sites de l'aménagement dur la carte

I.2 L'étude climatologique:

En Algérie, les données hydro climatiques sont en général fournies par des organismes publics tels que : l'agence national des ressources hydrauliques (A.N.R.H) et l'office national de la météorologie (O.N.M).

Dans la zone étudiée, les enregistrements sont faits au niveau de la station la plus représentative qui est la station de Ain al Assel (code.031718)-EPEA.

Les données climatiques considérées concernent essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité,... etc)

I.2.1 Pluviométrie :

Les précipitations moyennes annuelles, représentées sont évaluées selon la moyenne pondérée dans notre station sont d'environ **661.16** mm, (Source Météorologique ANRH de constantine).

La répartition mensuelle des pluies de l'année 2012 est représentée sur le tableau suivant.

Tableau N°I.1 : Répartition mensuelle des pluies

P(mm)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Mois	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,40	16,00	4,20	7,1	27,02	63,9	103	661.16

Source : ARNH Constantine

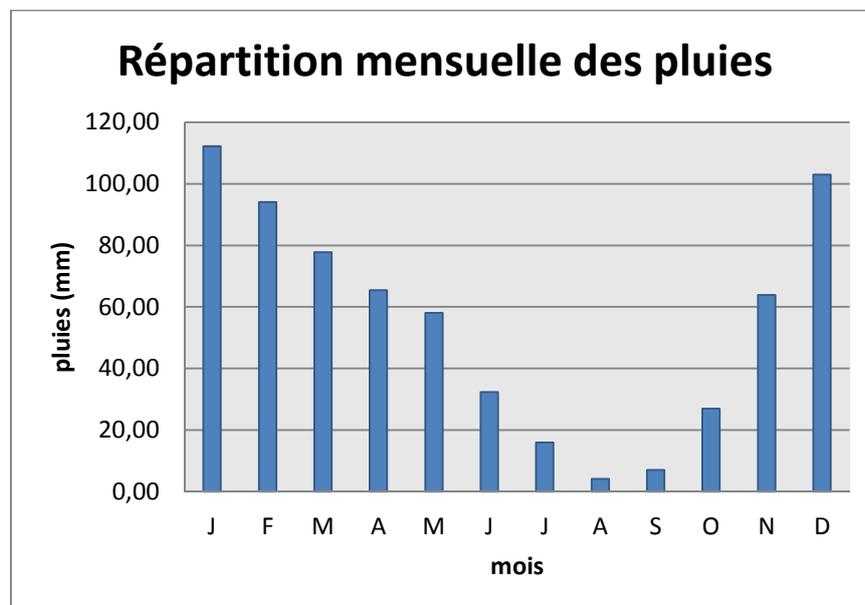


Figure I.2 : Moyennes mensuelles des précipitations

I.2.2 la température moyenne de l'air :

La distribution moyenne mensuelle de la température de l'année 2012 de l'air est représentée ci-après :

Tableau N° I.2: les variations moyennes mensuelles et annuelles des températures (C°)
(Période (1984-2012))

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T_{\min} (°C)	6.9	7.3	7.7	9.8	12.7	16.1	18.8	19.6	18.4	14.5	10.7	7.9	12.5
T_{\max} (°C)	16.2	17	18.2	20.2	23.2	26.8	30.3	30.5	28.7	25.5	20.4	17.5	22.9
T_{moy} (°C)	11.5	12.1	12.9	15	18	21.4	24.6	25	23.5	20	15.6	12.7	17.7

Source : station météorologique des Salines.

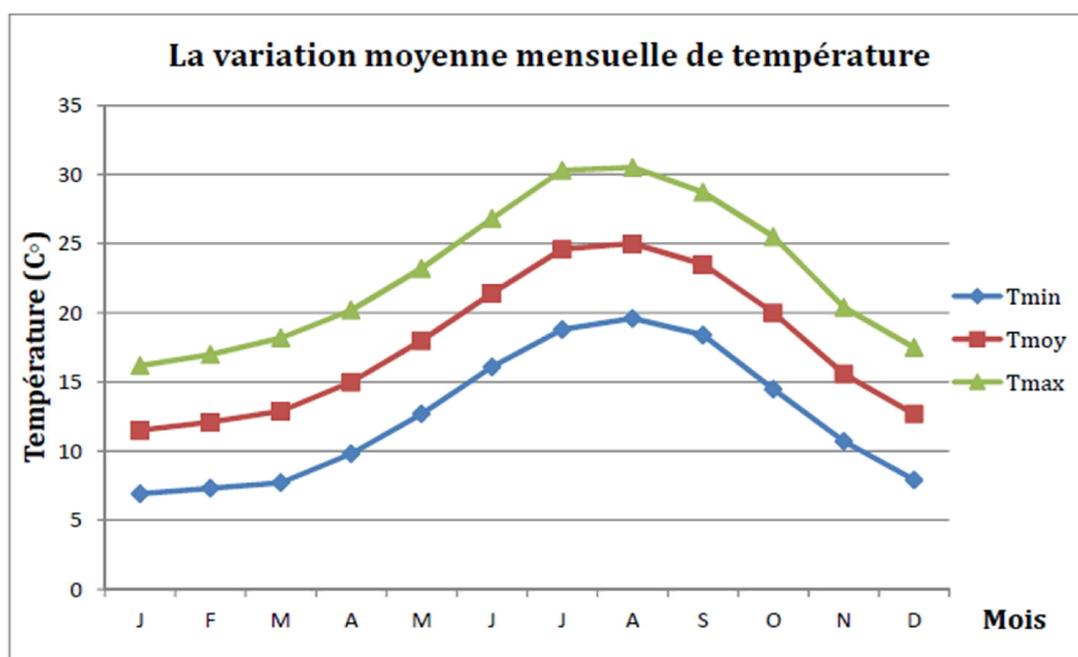


Figure I.3 : Graphique de la température moyenne mensuelle.

L'examen du tableau des températures moyennes mensuelles montre que :

- La valeur min de la température moyenne dans le mois de Janvier (6.9°C).
- La valeur max de la température moyenne dans le mois août (30.5°C).
- La température moyenne annuelle est de (17.7 °C) .

I.2.3 Humidité relative :

Les variations de l'humidité relative de l'air sont fondamentalement conditionnées par les variations de la température et par la nature des masses d'air locales.

On admet que la variation de la température de l'air provoque, en règle générale, une variation contraire de l'humidité relative de l'air.

La distribution spatiale des valeurs de l'humidité de l'air et variations journalières et annuelles, peuvent être modifiées par l'action des facteurs locaux

Tableau N°I.3 : l'humidité moyenne mensuelle relative (%).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Hr(%)	76.8	77.3	75.8	74.6	75.3	72.6	69.6	71.2	72.8	74.2	76.6	76.1	74.5

Source : station météorologique des Salines .

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons que l'humidité maximale à la station des Salines est de l'ordre de 80% au mois de Fevrier , par contre l'humidité minimale est de l'ordre de 70% au mois d'Aout

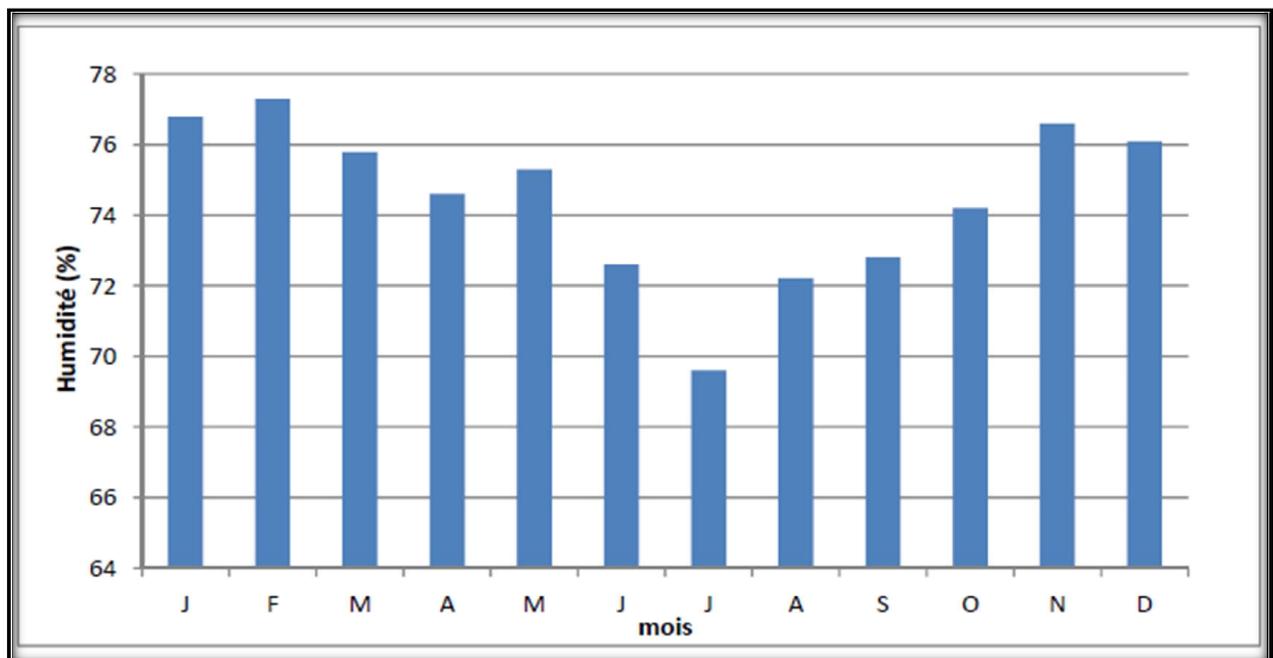


Figure I.4 : moyenne mensuelle de l'humidité relative.

I.2.4 Le vent :

Le vent est un paramètre très important qui entre la projection du système d'irrigation surtout dans le cas où on utilise l'aspersion, il est caractérisé par sa direction et sa vitesse.

Le tableau suivant représente les valeurs moyennes mensuelles de la vitesse de vent (m/s).

Tableau N° I.4 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	moy
V(m/s)	2.08	2.19	1.95	2.02	1.67	1.59	1.61	1.8	1.79	1.9	2.07	2.57	1.94

Source : ONM.

La moyenne annuelle de la vitesse maximale instantanée du vent est de 1.9 m/s. Elle varie de 2.5 à 2m/s entre Décembre et Avril. Cette vitesse diminue durant la période estivale où elle atteint 1.6 m/s (Juin – Juillet) ce qui nous permet d'éviter toutes sortes de problèmes lorsqu'on envisage une irrigation par aspersion.

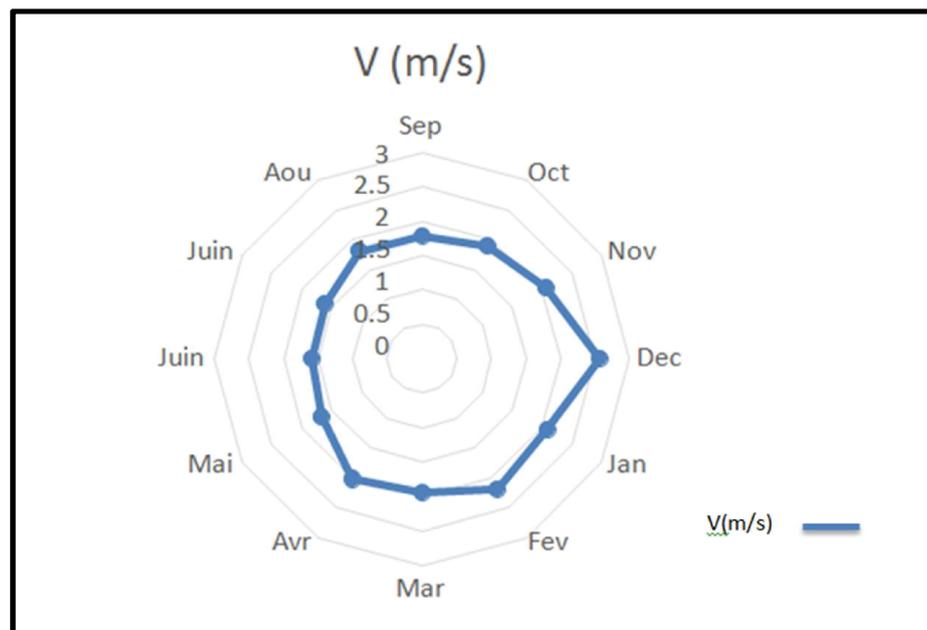


Figure I.5 : Graphique du vent moyenne.

I.2.5 L'insolation :

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de la station météorologique O.N.M présenté dans le tableau suivant :

Tableau N° I.5 : le durée moyenne mensuelle de l'insolation (h) .

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc
Insolation (heures)	4,43	6,00	7,09	7,65	9,66	10,12	11,29	10,58	9,29	7,07	5,32	4,09

Source : ONM.

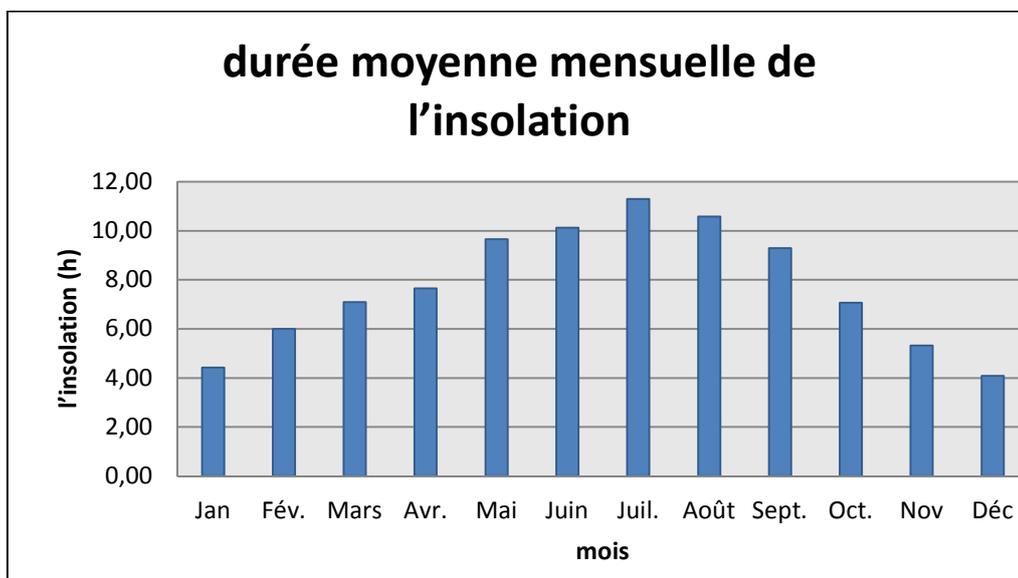


Figure I.6 : Graphique de l'insolation (heures).

I.2.6. Le Sirocco :

Ce vent poussiéreux, bien qu'il soit faible durant la période hivernale, apparaît tout au long de l'année. Il provoque une augmentation de la température, ce qui peut causer des dégâts quant à la croissance des cultures et les ressources en eaux (superficielles et souterraines) par l'augmentation de l'évaporation.

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
La Calle	1.9	1.1	1.0	0.2	00	0.2	1.2	1.6	1.8	1.1	2.0	2.3	14.2
Souk- Ahras	2.6	1.3	0.7	00	00	0.7	1.1	1.3	1.7	2.7	4.0	4.0	20.1

Source : O.N.M Annaba

Tableau I-6 : Nombre moyen de jour de sirocco mensuel et annuel

Le nombre de jours de sirocco est de 14.2 ; 20.1 jours/an aux stations de la Calle, et Souk Ahras.

I.2.7 Les Précipitation Solides :

Contrairement aux pluies liquides, qui par torrencialité ravagent les sols et alimentent les nappes, les précipitations solides laissent le sol s'imbiber lentement, et par conséquent s'humecter profondément en favorisant l'alimentation continue des nappes souterraines, ce qui explique les différentes réactions des sols et de la végétation face à ces deux formes de précipitations. En raison de la rareté de plusieurs phénomènes météorologiques dans notre région d'étude, comme les chutes de neige, la gelée blanche et la grêle, et, par voie de conséquence des données relatives à ces paramètres, nous avons utilisés des données anciennes :

- **La Neige**

D'après le tableau ci-dessous, on constate que la neige est présente dans la région de Souk- Ahras, qui se situe sur le versant Sud de Djebel M'Sid, qui fait la limite Sud du Bassin versant. Le nombre moyen de jours d'enneigement est de 4,5.

Stations	Nombre de jours de neige	Nombre des jours d'enneigement
Souk Ahras	5.8	4.5

Tableau I-7: Nombre moyen de jours de neige.

- **La Grêle :**

Les données récentes recueillies auprès de la station de Annaba les Salines pour la période de 1992-2003 déterminent l'absence de ce phénomène et avoisinent le Zéro à part les quelques rares chutes enregistrées durant le mois de Février.

- **La Gelée Blanche**

D'après les données récentes recueillies auprès de la station d'Annaba les Salines pour la période de 1992-2003, les chutes de gelée blanche est égale à Zéro.

I. 2.8 Les indices climatiques :

Le but de ce calcul c'est la détermination de type de climat et voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes.

Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels : pluviométrie et température.

Les indices les plus connue sont ceux de MARTON (1926) et E.EMBERGER (1932).

I.2.8.1 L'indice d'aridité de MARTON :

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquence de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (I-1)$$

IA : indice d'aridité de MARTON.

- **P** : précipitation moyenne annuelle.
- **T** : température moyenne annuelle.

Avec : P= 661.16 mm et T= 17.7 °C

$$AN : IA = \frac{661.16}{17.7+10} = 23.87$$

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE sont donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° I.8 : Classification du climat selon MARTON.

Valeurs de (IA)	Type de climat	Irrigation
$IA \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < IA \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < IA \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < IA \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$IA > 30$	Humide	Inutile

Source: Bulletin n°24 FAO.

Selon la classification de MARTON, $I_A = 23.87$ mm donc $20 < I_A \leq 30$ ce qui correspond d'après les valeurs du tableau au climat « **relativement humide** » d'où l'irrigation est parfois utile.

I.2.8.2 Quotient pluviométrique d'Emberger :

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique. Il est déterminé par la formule d'EMBERGER :

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

- Q Quotient pluviométrique d'EMBERGER
- P : Précipitation moyenne annuel mm
- M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en K°(degré kelvin)
- m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en K°

Avec

- P : 661.12 mm
- M : 30.5 °C
- m : 6.9 °C

On aura

$$Q = \frac{2.1000.661.16}{(30.5 + 273)^2 - (6.9 + 273)^2} = 96.06mm$$

D’après le diagramme bioclimatique d’EMBERGER, (fig. II-8), la valeur de **Q = 96.06 mm /°K** pour une température du mois le plus froid, **T = 6.9 °c**, nous donne un étage bioclimatique «Subhumide».

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

- L’étage bioclimatique : Subhumide
- Sous étage : Hiver Tempérés.

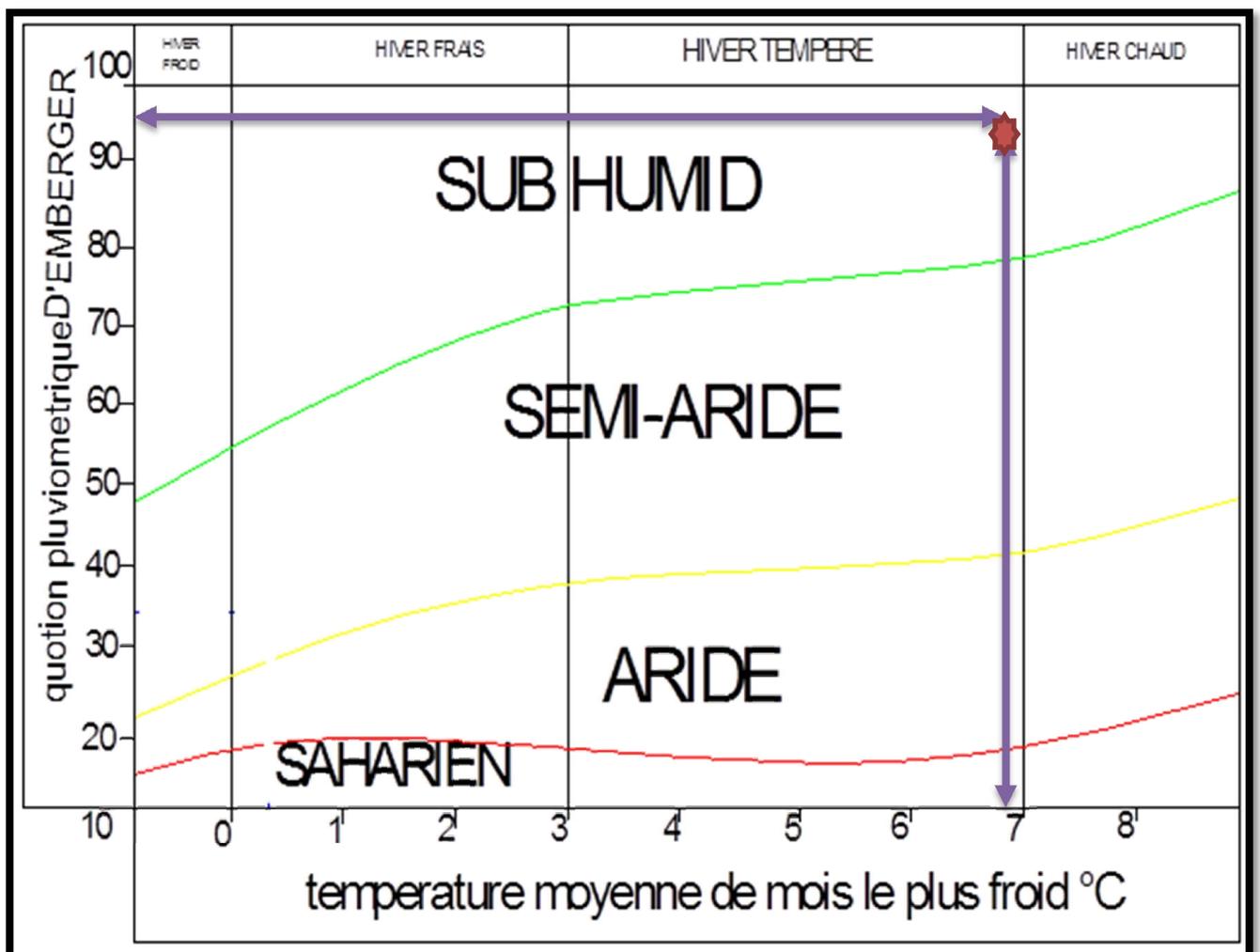


Figure I.7 Diagramme bioclimatique d’Emberger.

I.2.8.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Il est établi selon la méthode mis au point par F.BANGNOULS et GAUSSEN ce diagramme nous permettra de dévaluer de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique. (Voir figure I.8)

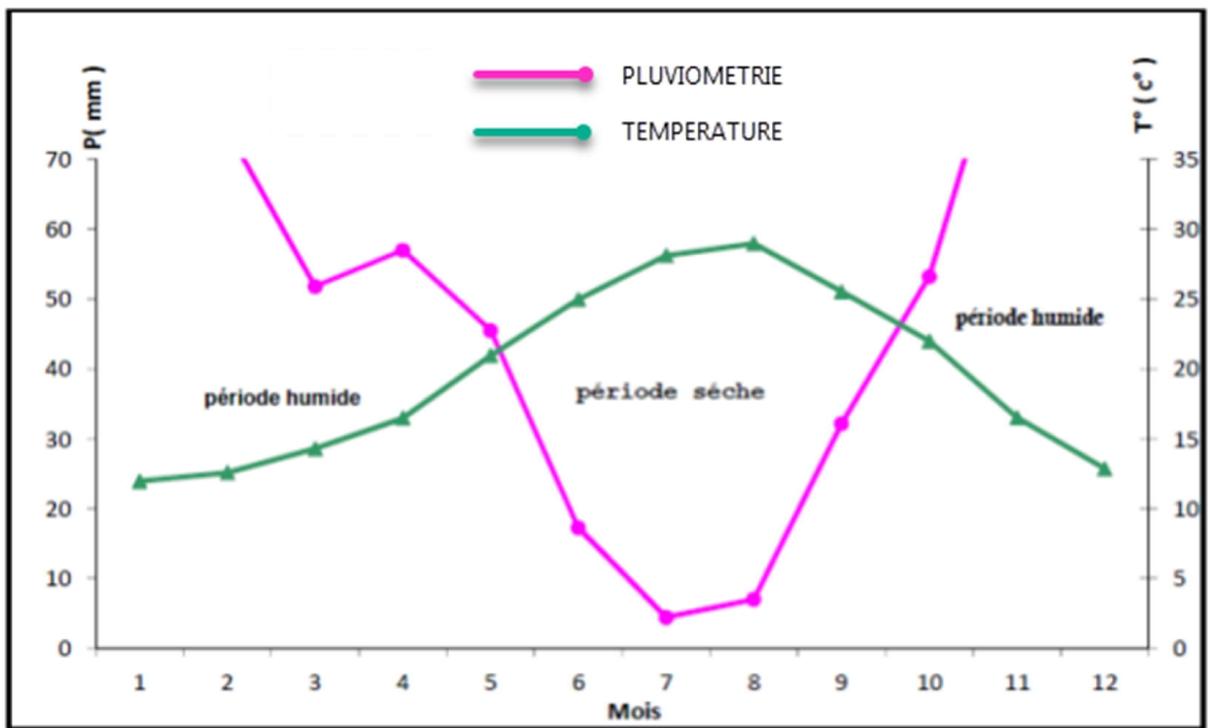


Figure I.8 Climogramme pluviométrique de GAUSSEN.

Description de graphique :

D'après le graphe on remarque la période sèche dure à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre soit 5 mois, le reste de l'année du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril est humide soit une période de 7 mois .

I.3 Ressources en eau d'irrigation :

Le périmètre à étudier fait partie de la deuxième tranche de la plaine d'El Taref . L'alimentation de cette tranche du périmètre est assurée par le barrage Boulathane.

I.3.1 Les ressources des eaux d'irrigation :

a) Les caractéristiques du barrage Boulathane :

Le barrage de Boulathane, à la sortie de la plaine et aura un volume utile de 24 Mm³, compris entre les cotes 208 m (NNR) et 192 m (niveau minimum d'exploitation). Le périmètre d'irrigation alimenté par le barrage comprendra une superficie équipée de 4130 ha, située dans la partie Est de la plaine d'El Taref. Cette superficie représente 44.7% de la Surface brute totale la plaine d'el Taref.

b) Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation:

L'analyse de la qualité de l'eau d'irrigation est un paramètre important. En effet, le respect des normes de qualité des eaux d'irrigation :

- permet de préserver la santé du consommateur.
- préserver les ressources en eau souterraines, superficielles.
- préserver l'environnement contre certains risques en particulier la salinisation des sols.

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés à la station hydrométrique du barrage Boulathane, les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont données dans le tableau ci-après.

Tableau I.9 : Quelques caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage Boulathane.

Date prélèvement	Ca (mg/l)	Cond (μ s/cm)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	pH	Résidu sec à 105 °C mg/l
08/01/2015	50.5	370	8	22	7	240
04/02/2015	38	370	10	35	8	236
03/03/2015	44.6	380	11	20	8	244
06/04/2015	44.5	370	14	17	8	250
07/05/2015	40.7	360	9	20	8	240
01/06/2015	41	370	12	23	8	252
18/07/2015	43.6	360	7	24	8	248
04/08/2015	48.1	380	14	26.4	8	264
01/09/2015	45.1	390	11	14	8	274
10/10/2015	43.8	390	12	26	8	260
13/11/2015	43.7	410	13	25	7	290
01/12/2015	43.5	400	13	23	7	260

Source : ANRH Alger

- **Le SAR (Sodium Adsorption Ratio)**

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

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

D'où :
$$\text{S.A.R} = \frac{2.4}{\sqrt{(4.39+1.12)/2}} \quad \text{S.A.R} = 1.45$$

Tableau I.10: Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	SAR	Danger d'alcalinisation
S ₁	$\text{SAR} \leq 10$	Risque faible
S ₂	$10 < \text{SAR} \leq 18$	Risque moyen
S ₃	$18 < \text{SAR} \leq 26$	Risque élevé
S ₄	$\text{SAR} > 26$	Risque très élevé

D'après les valeurs du tableau I.8, on voit que les eaux de barrage Boulathane ne présentent pas de risque alcalin pour le sol.

- **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, elle permet de quantifier le degré de salinité de l'eau. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique, selon la classification américaine de l'eau d'irrigation:

Tableau I.11 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique (CE) (m.mhos/cm) à 25 °C	Qualité des eaux
C ₁	$\text{CE} \leq 0,25$	Eau de risque faible
C ₂	$0,25 < \text{CE} \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C ₃	$0,75 < \text{CE} \leq 2,25$	Eau de risque élevée
C ₄	$\text{CE} > 2,25$	Eau de risque très élevée

La qualité de l'eau d'irrigation est associée aux classes suivantes:

- 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.

L'eau du barrage Boulathane (destiné pour l'irrigation du périmètre étudié) a une conductivité électrique moyenne $CE = 0,38$ mmhos/cm. Avec ces valeurs nous considérons que l'eau est de bonne qualité pour l'irrigation et ne présente pas de risques majeurs pour les cultures et les sols. L'eau est classée en : C2, S1 d'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation (Figure I.9).

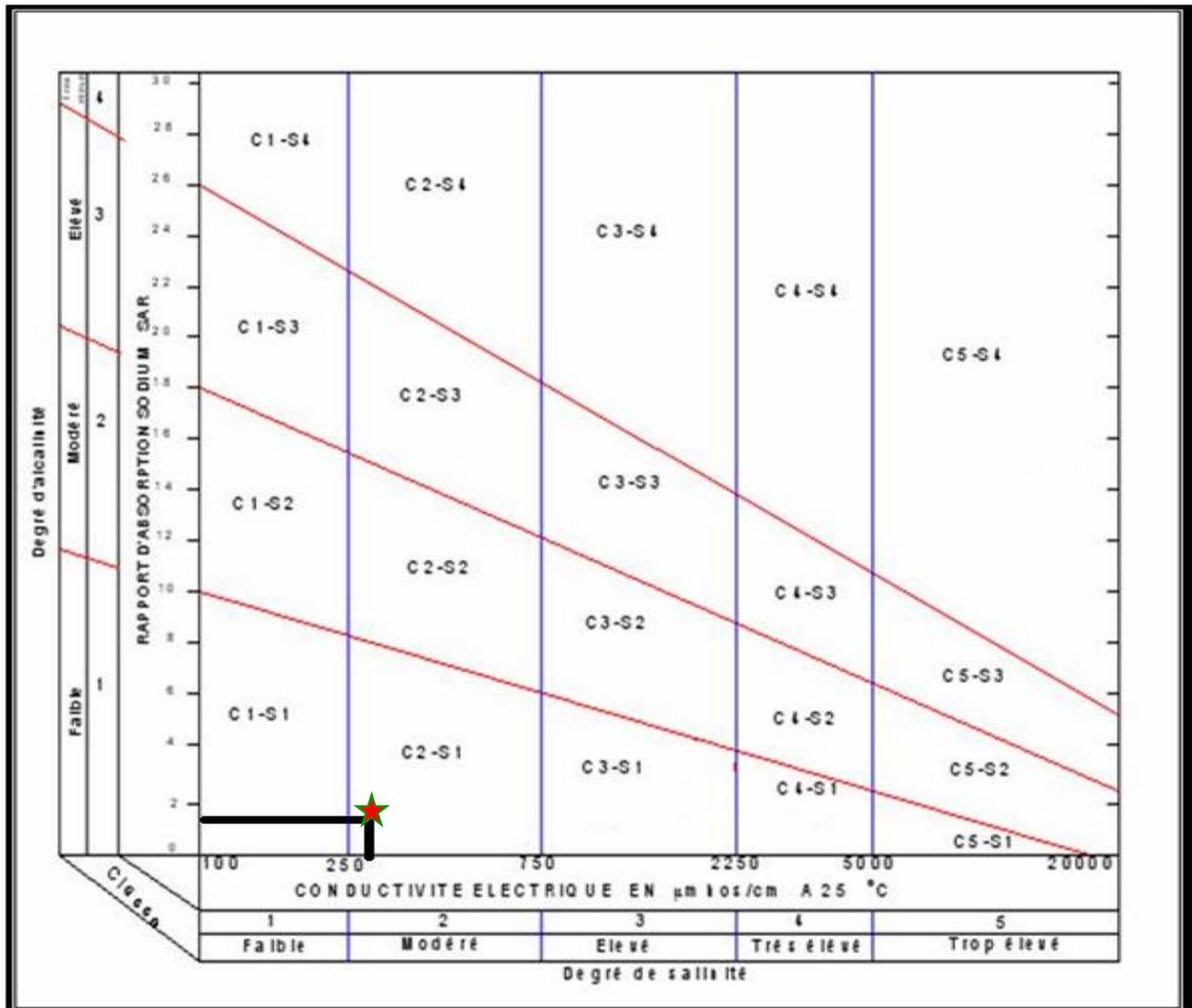


Figure I.9 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

c) le réservoir R2

pour couvrir les besoins en eau d'irrigation de toute la plaine d'El Taref (9200ha), 11 réservoirs ont été prévus avec des volumes différents allant de 2000m³ a 24628m³.

Pour assurer les besoins de notre zone d'étude –périmètre de Berrihane- on opte a choisir le réservoir projeté R2 avec une capacité de 20 428 m³ , ainsi ce dernier satisfera largement les besoin en eau du périmètre .

Tableau I.12 : coordonnées des aménagement hydrotechnique

Site de l'aménagement	X	Y	Z
Réservoir de régulation	501851.00	4041273.00	150
Barrage de Boulathane	493188.00	4057217.00	192

La conduite d'adduction véhiculera un débit de 1.176m³/s du barrage vers le reservoir R2 a voie gravitaire ainsi la vitesse sera dans la plage optimale **0,5 à 2 m/s** dans le cas adduction en mode gravitaire .

Tableau I.13 : caractéristique de la conduite d'adduction

Type de tuyauterie	Diamètre intérieure (mm)	Débit (m3/s)	Vitesse (m/s)
PN 8 DN1200	1085.6	1.176	1.27

Conclusion :

Le présent chapitre est consacré à définir la nécessité de délimiter la surface d'étude (500Ha) en y tenant compte carrément de la situation géographique de la région, suivie de l'étude approfondie en ce qui concerne les caractéristiques des superficies du Périmètre de Berrehane. Ensuite, l'étude par documentation de la climatologie avec la prise en compte de tous les aléas naturels qui confirment à juste titre la sub humidité de la région. En parallèle, une telle définition exige de prendre en compte la connaissance parfaite des ressources en eaux disponibles pour l'irrigation dans le but de garantir la maîtrise parfaite de tous les calculs hydriques suivant le descriptif des capacités de pompage et de stockage des eaux. Dans le but de parfaire notre travail, nous avons mis en évidence l'étude géologique de la région.

Introduction :

Avant la mise en place d'un réseau d'irrigation, il est impératif de connaître avec précision le bilan hydrique de la région supposée être la zone d'étude afin de déterminer le déficit sur les cultures pratiquées et de conclure les besoins en eau, nets et brutes pour définir le volume réel des besoins en eau d'irrigation.

Effectivement le bilan hydrique révèle toutes les données de l'année hydrologique sous réserves d'une probabilité n'excédant pas les 80% des données effectives. A cette condition il est nécessaire de prendre en compte une période pluviométrique étalée sur une quarantaine d'année (40 ans) dans la région de Berrihane Lieu d'étude de mon projet pour la réalisation d'un réseau hydraulique à mode aspersion. Cette initiative, dans l'étude pluviométrique à 40 années, pour nous permettre d'avoir une moyenne sur le taux de pluviométrie à prendre en compte éventuellement dans le but de connaître avec précision les années de fortes et de faibles précipitations, nécessaires au calcul des besoins en eau. Donc, l'apport à un test d'homogénéisation (test de Wilcoxon) est utile pour faire une étude fréquentielle à loi normale, ou à la loi log normal pour le choix de celle qui convient le plus à la série traitée. Telle est en résumé le but de cette appréciation de taux moyen de pluviométrie spécifique dans la région de Berrihane.

II.1Présentation de la station pluviométrique :

Tous les données suivantes sont recueillies auprès de la station météorologique d'Ain El Assel dont les caractéristiques se résument ainsi :

Tableau II.1: Coordonnées de la station d'Ain El Assel.

Nom de la station	Coordonnées UTM		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées	Code
	Latitude (m)	Longitude (m)				
Ain el assel	400050.32	1005650.15	55	1973-2012	40	031601

L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)

La série des précipitations de la station de «Ain el assel » est donnée au tableau ci-dessous :

Tableau II.2: Répartition mensuelle et annuelle des pluies

Année	Sept	octo	Nov	dec	Jan	fév	mars	avril	Mai	juin	Juil	aout	Annuel
1973	125.4	60.3	125.1	62.6	193.5	151.6	50.6	37.6	9.5	5.3	0.9	22	824.6
1974	26.8	42.8	17.3	114.8	150.2	17.7	80.5	22.2	8.2	29.4	0	21.8	531.7
1975	0.3	4.2	16	101	17.7	103.2	24.4	92.8	173.6	91	1.5	0.3	626
1976	0.2	17.8	128.9	58.5	41.5	66.2	126.8	114.8	42.5	12	4.5	0.5	614.2
1977	2.6	62.6	110.8	139.4	83.3	94.5	40.6	84	143.1	25.1	1.7	2.1	787.7
1978	21	4.1	43.8	69.8	195.5	26	77.3	73.8	72.7	32	1.8	1.7	617.8
1979	2	7	35.5	4.3	57.2	148.7	93.9	38.2	18.8	78.8	14.2	0	498.6
1980	3.5	33	84.6	240.3	114.7	0	57.9	33.5	5.3	5	0	18.9	596.7
1981	0	0	12.2	36.8	85.5	126.9	85.7	42	46.6	76	12.1	0	523.8
1982	0	41.7	280.1	52.7	122.5	86.4	35.4	211.5	19.9	88.2	0	12	938.4
1983	0	34	50.3	163.3	56.6	81.3	57.4	126.2	31.9	5	23.8	10.3	640.1
1984	0	76.6	47.5	144.8	176.7	120.4	162	27.4	0.6	9.8	15.5	2.6	783.9
1985	1.5	23.1	35.1	61.6	57.3	51.2	46.6	51	23.9	35.6	35.3	0	422.2
1986	9.4	50.9	14.2	59.7	179.5	30.7	43.1	48.8	129.4	5.9	7	0.6	579.2
1987	0	31.8	10.2	44.1	27.8	72.3	0	64.3	77.7	71.9	0	16.8	416.9
1988	2	1.3	29	40.2	98.6	110.2	96.9	58.1	14.5	34	7.1	0	491.9
1989	0	3.7	173.6	18.4	13.6	179.6	26.9	79.1	86.9	83.3	25.8	4.5	695.4
1990	5.9	1.5	61.8	84.6	75.9	16.4	67.5	21	64	42.8	1.2	1.3	443.9
1991	0	41.8	26.9	123.3	48.1	158.8	46.1	0.4	20.8	2.8	0	0	469
1992	22.5	60.5	87.1	33.7	57.5	135.4	42.1	107.7	13.1	0	9.1	0	568.7
1993	3.6	39.9	36	47.2	44.9	108.7	185.6	47	211.8	18.5	7.7	5.7	756.6
1994	26	31.4	98.3	20	50.2	26.5	33.6	10.6	66	20.4	1.9	1.2	386.1
1995	4.6	29.7	54.8	128.4	86.6	21.1	68.7	35.4	56	190.6	0	0	675.9

1996	1.6	9.3	32.8	93.9	48.6	83.6	89.7	70.6	22.4	1.2	0	0	453.7
1997	1	33.1	10.9	92.7	144.3	8.6	3.8	8.1	41.4	40.8	0	0	484.7
1998	0	3	62.8	95.9	42.4	159.1	85.2	1.8	59.1	14.2	0	0	523.5
1999	22.7	48.4	35.1	63	54.9	32.6	11.3	66.8	64.5	7.4	0	3.4	470.1
2000	3.3	8	37.7	92.6	93.8	171.3	134.1	23.4	77.7	21.3	0	1.3	664.5
2001	1.5	35.6	28.9	75.5	122.2	82	52.4	77.9	65.4	105.4	7.7	1.1	655.6
2002	0	17.8	34.5	84.4	148.6	63.2	96.3	47	16.7	4.5	0	10.4	523.4
2003	1	11.8	57.4	89.5	73.8	139.3	105	18.4	3.5	116.9	0	1.5	616.6
2004	13	31.4	6.7	45	163.8	11	57.7	138.6	70.7	7.2	7.2	2	552.3
2005	0	42.7	135.5	207.7	68.5	0	43.2	81.7	25.4	38.7	6	6.3	655.7
2006	7.3	36.9	117.5	132.5	193.9	97.4	15.2	37.2	75.2	0	0	2.1	715.2
2007	38.3	79.8	7.9	54.9	120.5	56.4	79.5	110.5	33.6	33.9	4.4	10.3	620
2008	3.9	7.8	121.5	170.5	95.1	60.7	158.7	61.3	90.5	88.6	21.5	0.1	880.2
2009	29.8	5.2	50.1	91.4	68.9	58.2	221.1	78.6	135	23.1	0.2	3	761.6
2010	10.7	4.5	49.4	80.3	39.5	87.1	89.9	47.9	74.7	154.4	3.4	2.0	641.8
2011	23	28.3	39.3	143.9	35.4	72.2	195.9	35.4	12.8	62.3	1.2	2.2	651.9
2012	63.5	45.7	194	49.7	136.4	61.5	36.1	41.8	42.5	4.5	6.3	5.3	687.3
Moy	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,40	16,00	4,20	661.16

Source : L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)

II.2 Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique :

Dans le cadre de l'étude hydrologique, nous avons vitrifié toutes les données recueillies auprès de la station météorologique d'afin de faire à comparatif selon les formules du test d'homogénéisation pour conclure des résultats qui m'ont servies de basse de calcul. De ce fait, il est utile de signaler que l'analyse hydrologique a été basée sur l'exploitation de toutes les données nécessaires pour effectuer le test.

A l'effet de l'existence de plusieurs tests, notre cas est effectué suivant le **test des rangs** ou **test de Wilcoxon** car il est supposé être le plus puissant des tests non paramétriques qui se basent sur le principe suivant :

La première phase consiste à prendre en compte la série d’origine de taux réel de pluviométrie annuel englobant la période effective de quarante (40) années (Station météorologique d’Ain al assel).

La série original est divisée en deux (02) séries X et Y avec $Y > X$ dans le but de classé cette série en ordre décroissant pour localiser les valeurs, correspondent à X ou celles de Y en rapport a N_1 valorisant la taille de Y, supérieure à N_2 relatif à la taille de X.

Ensuite, l’utilisation des formules du test d’homogénéisation pour connaitre si la série est homogène ou pas, en tenant compte de la probabilité supposée a 95% dans la formule de test de **Wilcoxon**, d’où la relation suivante :

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

$$W_x = \sum(\text{Rang}_x) \dots \dots \dots (\text{II.1})$$

W_x : Somme des rangs des sous série (x)

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right] \dots \dots \dots (\text{II.2})$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min}] \dots \dots \dots (\text{II.3})$$

Le tableau suivant détaille le calcul selon test d’homogénéisation:

Tableau II.3: Test d’homogénéité de Wilcoxon.

N	série d'origine	série- Y	série -X	TRRI	Y U X
1	846.5	846.5	675.9	938.4	Y
2	574.5	574.5	453.7	880.2	X
3	626	626	384.7	846.5	Y
4	614.2	614.2	523.5	787.7	Y
5	787.7	787.7	410.1	783.9	Y
6	617.8	617.8	664.5	761.6	X
7	498.6	498.6	655.6	756.6	Y

8	596.7	596.7	523.4	715.2	X
9	523.8	523.8	616.6	695.4	Y
10	938.4	938.4	552.3	675.9	X
11	640.1	640.1	655.7	664.5	X
12	783.9	783.9	715.2	655.7	X
13	422.2	422.2	620	655.6	X
14	579.2	579.2	880.2	641.8	X
15	416.9	416.9	761.6	640.1	Y
16	491.9	491.9	641.8	626	Y
17	695.4	695.4	625.2	625.2	X
18	443.9	443.9	522.2	620	X
19	469	469		617.8	Y
20	568.7	568.7		616.6	X
21	756.6	756.6		614.2	Y
22	386.1	386.1		596.7	Y
23	675.9			579.2	Y
24	453.7			574.5	Y
25	384.7			568.7	Y
26	523.5			552.3	X
27	410.1			523.8	Y
28	664.5			523.5	X
29	655.6			523.4	X
30	523.4			522.2	X
31	616.6			498.6	Y
32	552.3			491.9	Y
33	655.7			469	Y
34	715.2			453.7	X
35	620			443.9	Y

36	880.2			422.2	Y
37	761.6			416.9	Y
38	641.8			410.1	X
39	625.2			386.1	Y
40	522.2			384.7	X

La répartition des valeurs du tableau ci-dessus, donne les résultats suivants :

Tableau II.4 : Résultats du test de Wilcoxon

N_1	N_2	W_{min}	W_x	W_{max}
22	18	273.8	347	457.2

Donc : $273.8 < W_x < 457.2$

Les conditions des calculs contenues dans la formule de **Wilcoxon** précisent l'homogénéité de la série des précipitation moyennes annuelles de la Station de Ain al Assel

II.3 Etude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :

II.3.1 Loïs d'ajustement :

L'étude en général exige l'apport des lois d'ajustement étant donné que la pluviométrie repose sur diverses lois statistiques d'où on utilise dans le cadre de notre projet, les lois d'ajustements qui garantissent les meilleures adaptations en référence à notre choix d'utiliser :

- Loi de Gauss ou loi Normale.
- Loi de Galton ou loi log –Normale.

En raison, de leurs critères d'ajustements graphiques, de leurs tests d'adéquation et leurs allures de points sur des papiers à probabilité, ce qui nous a permis en priorité de faire ce choix sur la base de la formule de probabilité empirique $F[X(k)] = (k-0.05) / (n+0.90)$ appliqué comme

indice de calcul dans le logiciel **HYFRAN** et selon les lois d'ajustements : Loi Normale et Loi log-normale.

II.3.1.a) Ajustement à la loi normale (gauss) :

L'ajustement des séries selon la loi normale (loi de Gauss) s'adapte parfaitement pour parvenir à des résultats précis des pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition s'effectue sous la forme suivante :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} \text{Exp} \left(\frac{-1}{2 \times \mu^2} \right) \dots \dots \dots (\text{II .4})$$

- F(u) : Fréquence au non dépassement
- μ : est la variable réduite de gauss.

Elle est donnée par :

$$U = \frac{X - \overline{X}}{\delta} \dots \dots \dots (\text{II .5})$$

La transformation $X = \overline{X} + \delta U$ est l'équation de la droite de Henry sur papier à probabilité Gauss.

.Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Bofarik sont regroupées dans le tableau ci-dessous avec présentation graphique sur le papier Gauss

Tableau II.5 : Les résultats d'ajustement à la loi normale(Gauss)

Ajustement Normal					
Station : Ain al Assel					
Résultats de l'ajustement Normale (Maximum de vraisemblance)					
Nombre d'observations: 40					
Paramètre :					
mu : 607.185					
sigma : 135.8					
Quantiles :					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/ (1-q)					
T	Q	XT (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	1110.5	61.258	990.41	1230.6
2000.0	0.9995	1052.2	55.123	944.10	1160.2
1000.0	0.9990	1024.9	52.295	922.37	1127.4
200.0	0.9950	954.85	45.186	866.27	1043.4
100.0	0.9900	920.88	41.845	838.85	1002.9
50.0	0.9800	883.76	38.302	808.67	958.85
20.0	0.9500	828.06	33.276	762.83	893.30
10.0	0.9000	778.56	29.228	721.26	835.86
5.0	0.8000	718.60	25.140	669.32	767.89
3.0	0.6667	662.61	22.532	618.44	706.78
2.0	0.5000	604.01	21.533	561.79	646.22
1.4286	0.3000	532.65	22.999	487.56	577.73
1.2500	0.2000	489.41	25.140	440.13	538.70
1.1111	0.1000	429.45	29.228	372.16	486.75
1.0526	0.0500	379.95	33.276	314.72	445.19
1.0204	0.0200	324.26	38.302	249.17	399.34
1.0101	0.0100	287.13	41.845	205.10	369.16
1.0050	0.0050	253.16	45.186	164.58	341.74
1.0010	0.0010	183.12	52.295	80.603	285.64
1.0005	0.0005	155.85	55.123	47.789	263.92
1.0001	0.0001	97.515	61.258	-22.575	217.61

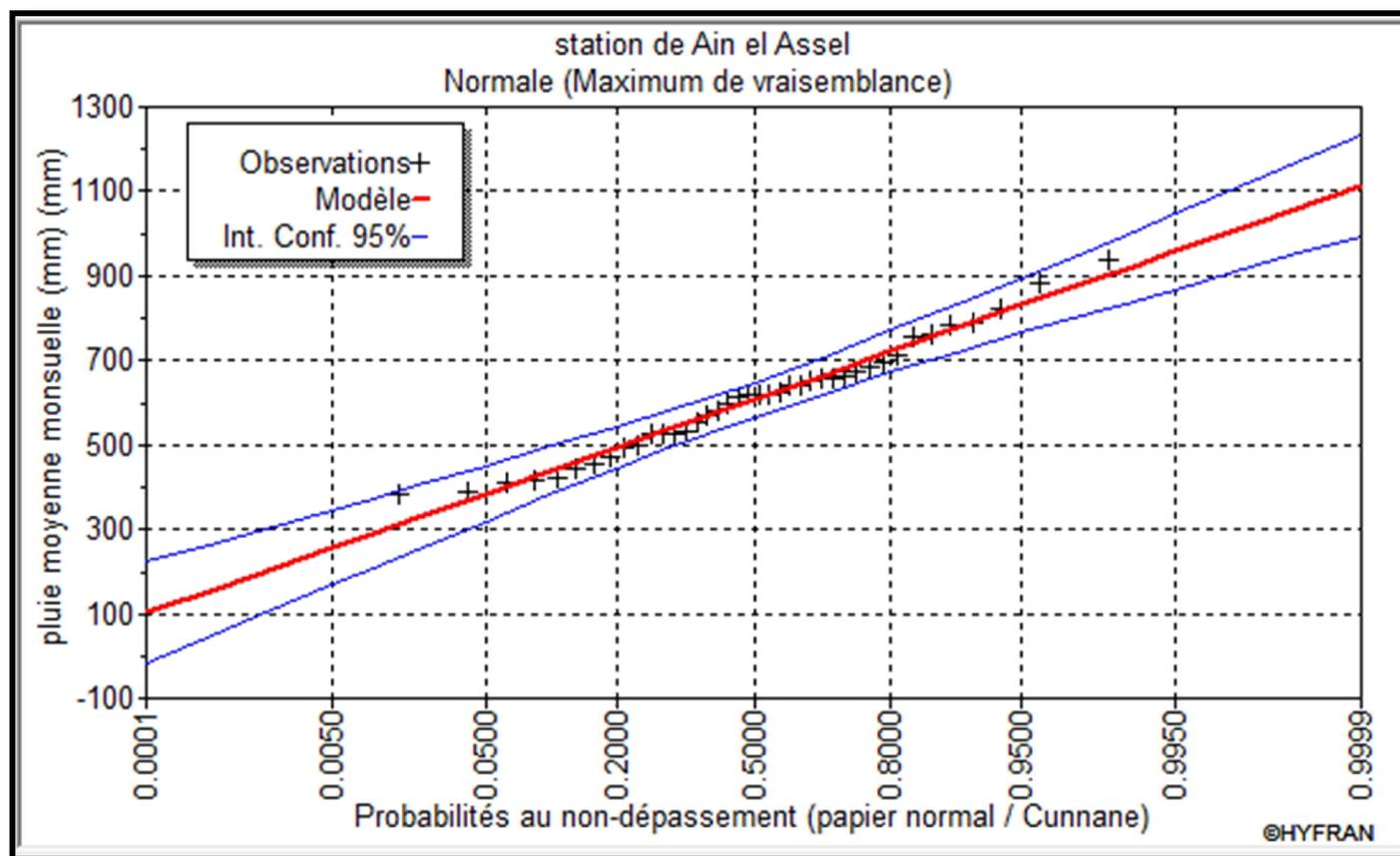


Figure II.1 : Allure des points sur le papier à probabilité d'ajustement à la loi normale(Gauss).

II.3.1.b) Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station Boufarik sont regroupés dans le tableau ci-dessous avec présentation graphique sur le papier de Galton :

Tableau II.6: Résultats de l'ajustement à la loi log- normale(Galton).

Ajustement Log-Normal					
Station :Ain al Assel					
Résultats de l'ajustement Normale (Maximum de vraisemblance)					
Nombre d'observations: 40					
Paramètre :					
mu : 6.3841					
sigma : 0.2269					
Quantiles :					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/ (1-q)					
T	Q	XT (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	1368.1	139.38	1094.8	1641.3
2000.0	0.9995	1241.6	113.83	1018.4	1464.7
1000.0	0.9990	1186.5	103.20	984.22	1388.8
200.0	0.9950	1056.1	79.365	900.47	1211.6
100.0	0.9900	998.04	69.458	861.88	1134.2
50.0	0.9800	938.29	59.770	821.11	1055.5
20.0	0.9500	855.27	47.333	762.48	948.06
10.0	0.9000	787.68	38.290	712.62	862.74
5.0	0.8000	715.62	29.809	654.48	771.36
3.0	0.6667	649.53	24.341	601.81	697.24
2.0	0.5000	583.81	21.101	547.84	630.58
1.4286	0.3000	523.27	20.016	484.03	562.51
1.2500	0.2000	489.76	20.361	447.05	526.88
1.1111	0.1000	440.75	21.425	398.75	482.75
1.0526	0.0500	405.91	22.464	361.88	449.95
1.0204	0.0200	370.00	23.570	323.80	416.21
1.0101	0.0100	347.85	24.208	300.39	395.31
1.0050	0.0050	328.74	24.705	280.31	377.17
1.0010	0.0010	292.59	25.448	242.70	342.48
1.0005	0.0005	279.62	25.635	229.36	329.87
1.0001	0.0001	253.76	25.854	203.08	304.45

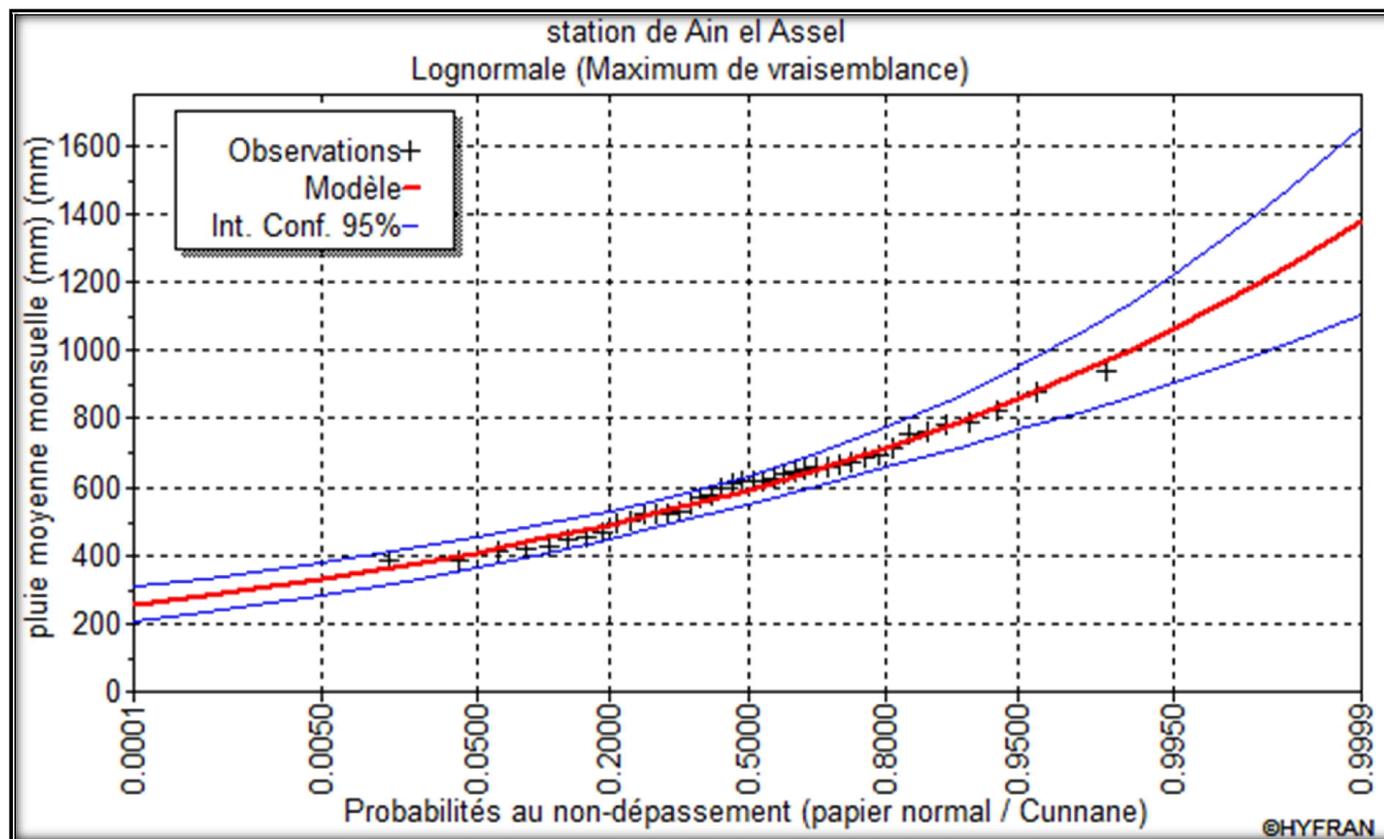


Figure II.2 : L'allure des points sur le papier probabilité à la loi log normal.

II.3.2. Test de validité d'un ajustement :

L'ajustement obtenu par voie du logiciel **HYFRAN** représente un calcul correct sans erreurs par comparaison entre l'adéquation et les lois d'ajustements suivant le test de validité de *Khicarré* χ^2

Nous avons classés par ordre décroissant la série originale de N valeurs, et réparties selon la loi **F(X)**, c'est la densité de probabilité correspondant à la loi théorique (Loi Pearson), afin de déterminer les paramètres de validation du test en y divisant cette série à un certain nombre de classe (intervalle) K dont chacune ne contient aucune valeur expérimentale avec la mise en évidence du nombre V_i , qui est le nombre théorique des valeurs de la série N valeurs, affectées à la classe i (variations) par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots (II .5)$$

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

$$x^2 \text{ calculée} = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \dots\dots\dots (II .6)$$

- n_i : nombre d'observations contenues dans la classe i .
- v_i : nombre d'observations théoriques calculés dans la classe i .
- $\gamma = k - 1 - m$
- **Avec :**
- k : nombre de classes.
- γ : degré de liberté.
- m : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition ; $m=2$: pour la loi de **Galton et Gauss**.

Ensuite, nous avons cherché dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondant au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ dont la formule d'ajustement de probabilité ne serait satisfait si elle est supérieure 0,05.

II.3.2.a) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Le test de validité de *Khi carrée* pour l'ajustement à la loi Normale est fait à l'aide du logiciel HYFRAN.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Khi carré $\chi^2_{\text{calculée}}$	Proba p ($\chi^2_{\text{calculée}}$)	Degrés de liberté	Nombre de classe
3.70	0.6387	$\gamma=5$	K=8

II.3.2.b) Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale :

Les résultats obtenus par la loi log-normale sont les suivants :

Khi carré $\chi^2_{\text{calculée}}$	Proba p ($\chi^2_{\text{calculée}}$)	Degrés de liberté	Nombre de classe
4.85	0.4375	$\gamma=5$	K=8

Le test de *Khi carré* montre que les deux lois présentent une même adéquation. Sur la table de *Pearson* $\chi^2_{\text{théorique}} = 11.07$; pour $\alpha = 5\%$ et $\gamma=5$

Donc : $\chi^2_{\text{calculée}} < \chi^2_{\text{théorique}}$ (pour les deux lois).

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité:

1- α soit 95%.

D'après les Figure N (III.2) ; (III.3) montrent que la loi de Log-Normale présente une Adéquation meilleure que la loi Normale parce que la majorité des points sont dans l'intervalle de confiance.

II.3.3 Détermination de l'année de calcul :

A partir des résultats obtenus (Loi Log-normale) nous retenons que les estimations de la pluviométrie moyenne annuelle dans la région de Berrihane est comprise entre 75% et 90%.

De cette condition, la probabilité à garantir une irrigation est arrêtée selon une fréquence de 80% des pluies.

L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{i,80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{80\%} (annuel)}{P_{50\%} (annuel)} \dots\dots\dots (II.7)$$

D'après le tableau de l'Ajustement à la loi log normale, nous avons obtenus

$P_{80\%} = 489.76 \text{ mm}$ et $P_{50\%} = 583.81$ d'où : $\frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 0.83$

D'où l'année de précipitations de probabilité à fréquence de 80% est répartie comme suit :

Tableau III.7 : Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%

Mois	Sep	oct	nov	Déc	Jan	fév	mar	avr	mai	juin	Juil	aout
Pi moy	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,40	16,00	4,20
P_i 80%	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49

CONCLUSION :

Le chapitre II a pour but d'avoir connaissance parfaite du bilan hydrique, et une détermination du volume réel des besoins en eau d'irrigation à l'aide de plusieurs formules empiriques ce qui permettra par la suite de définir les choix impératifs techniques avant la mise en place d'un réseau d'irrigation, Ensuite, l'étude s'est effectuée sur la base d'une longue période de précipitations enregistrées durant une quarantaine d'années dans la région de Berrihane sud et ce, dans le but de dégager le taux de pluviométrie moyen sévissant dans la zone d'Etude. En premier, nous avons présenté la station météorologique d'Ain al Assel avec la mise en évidence de toutes les données de cette série de pluviométrie, suivie d'un test d'homogénéisation afin de faire un comparatif pour y confronter les résultats qui m'ont servies de base de calcul.

Cette vérification est définie sur plusieurs tableaux représentatifs des années de pluviométrie, les tests et tous les calculs y afférents. En définitive, le test de validité a révélé que les deux lois utilisées étaient adéquates à l'ajustement de notre série pluviométrique, et que notre choix s'est porté graphiquement sur la loi log-normale (Galton). Ainsi, le test de validation de l'ajustement après l'étude de l'échantillon et le choix de la loi d'ajustement à mettre en œuvre, prouve que cette loi est donc utile à nous avoir orienté pour déterminer l'année de calcul et la connaissance parfaite des années de fortes et de faibles précipitations, nécessaires au calcul des besoins en eau. En tous cas, ce travail reconstitue l'année de probabilité à fréquence de 80% du taux réel et effectif de la pluviométrie, ce qui va nous permettre par la suite de calculer l'E.T.P (Evapotranspiration Potentiel) suivant les années de sécheresse et les besoins en eaux probables aux cultures pratiquées selon des critères de choix (la série de pluviométrie et les formules empiriques de calcul) opérées sur plusieurs étapes (Vérification de l'homogénéisation, ajustement de la série de lois et vérification de la validité de ces lois).

Introduction

L'étude agro-pédologique définit les caractéristiques (physique et chimique) de tous les sols en particulier les zones aptes à la mise en valeurs de sols réservés à l'irrigation suivant leur types hydrodynamiques nécessaires au calcul des doses d'arrosages et a possibilité de localiser l'emplacement d'un réseau d'irrigation et de drainage.

Les principaux critères retenus pour la classification de ces sols sont : la texture, l'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité (conductivité électrique) et le calcaire actif.

Suivant la classification proposé en 1953 par le Bureau d'étude (**Réclamation United States Département Of The Interior**), adoptée et recommandée par la **F.A.O** en **1979** et dont les critères retenus au niveau de périmètre, donnent la classification des sols suivante :

III.1 Les différentes classes d'aptitude des sols :

Paramètres retenus à la classification

- Profondeur de sol.
- Texture.
- Salinité.
- Topographie.
- Perméabilité.
- Drainage.
- Calcaire actif.

Les caractéristiques des sols :

Tableau III.1 Aptitude culturales de sol de la zone d'étude.

Classe d'aptitude à l'irrigation	classe I	Classe III	classe IV	classe V
Paramètre de classification				
Profondeur de sol (cm)	>120	40à80	40à80	<40
Salinité (mmohs/cm)	Pas de problème de salinité<1 Calcaire actif <5%	La salinité varie de 4 à 8 -Teneur en calcaire actif ≤7%	Présente dans les endroits à texture fine 8÷12 calcaire actif entre 7 et 12%	Varie de 12÷16 Teneur en calcaire actif >12%
Texture	Texture moyenne (sablo argileuse limoneuse)	Sablo limoneuse (à forte teneur en sable) argilo sableuse et argilo limoneuse	Texture fine argileuse ou très légère sableuse présent de croûtes calcaires	Affleurement de la dalle calcaire par endroits. charge caillouteuse >50%
Topographie	Plane	Pente faible	Par endroit la pente et fort	Pente supérieur à 20 %
Perméabilité	(2-6) bonne	Pour les sols à texture fine (0.2-0.5) texture grossier (12.5-25)	Variable	Très faible
Drainage	Ne nécessite un drainage	Nécessite un drainage	Nécessite un drainage	Nécessite un drainage

Aptitude calculée	Bonne aptitude pour toutes les cultures maraîchères céréalières industrielles et arbustives	Moyenne aptitude pour les cultures maraîchères céréalières et fourragère et peu aptes aux cultures industrielles et arbustives	Faible aptitude aux cultures maraîchères et fourragère et inapte a l'arboriculture	Inaptes à tous les cultures
Observation	Leurs aptitude à l'irrigation est bonne aucune contrainte majeure pour la mise en valeur	Labours profonde apport de matière organique plantation de brises vents	Lessivage localisé des engrais organique et minéraux labour profonde et assainissement de surface	Inapte à l'irrigation

III.2 Les types de sols du périmètre :

On peut classer les sols en quatre (04) classe essentielles :

- La classe des vertisols.
- La classe des sols bruns méditerranéens.
- La classe des sols peu évaluées.
- La classe des sols calci-magnésique.

Les sols aptes à l'irrigation sont les deux (02) premiers, en rapport leur dominance.

III.2.1 Classe des vertisols :

Ce sont des sols caractérisés par une texture lourde, enrichie par un pourcentage important de minéraux argileux de type (**Montmorillonite**).

La formation de ces sols est influencée par l'humidité abondante une couleur **Gris Cendré** par la présence des minéraux argileux et de minéralisation de l'humus.

Ils occupent des abaissements micro reliefs et sont dispersées sous forme de secteurs plus ou moins grand, l'épaisseur du profil est de **(45 – 130) cm**.

Souvent, ces sols sont engorgés d'eau en cause la remontée de la nappe phréatique en période hivernale, due au défaut de curage et de reprofilage de l'émissaire d'évacuation des eaux excédentaires (pluie et eau d'irrigation). L'amélioration de la propriété de ses sols, nécessite le maintien du niveau de l'eau à une profondeur de **(1.5 – 2) m**, par l'entretien du fossé de drainage afin de faciliter l'écoulement des eaux en surplus et réussir la pratique de toutes les

cultures en particulier les cultures céréalières et maraichères dont la pomme de terre est la culture dominante. Les types de ces sols sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.2 les caractéristiques des sols de types vertisols

Les Caractéristiques de sol	
Densité apparente (D_a)	1.25
Point de flétrissement $H_{pt}(\%)$	6
Capacité de rétention $H_{cc}(\%)$	14

III.2.2 Classe des bruns méditerranées :

Ce sont des sols riches en oxyde de fer d'où leur couleur générale brun à brun rouge, et le complexe argileux comporte une proportion importante d'autres minéraux que la kaolinite formée sur des matériaux calcaires ou fortement calciques et présentent une saturation élevée en calcium mais ils sont à faible doses en calcaire. Ce sont des sols caractérisés par une texture homogène dans le profil.

Ces sols représentent 80% de la superficie la zone d'étude . La profondeur est de (100 – 150) cm.

Tableau III.3 Les espèces culturales pratiqués antérieurement dans la zone d'étude.

N°	Espèces: Arboriculture	N°	Espèces: Cultures maraichères	N°	Espèces: Céréales et fourrages
1	Figuier	7	Tomate	23	Luzerne
2	Abricotier	8	Artichaut	24	Sorgho
3	Poirier	9	Oignon	25	Mais
4	Olivier	10	Pomme de terre	26	avoine
5	Poirier/Cognassier	11	Carotte	27	Blé dur
6	Pécher/Prunier	12	Navet	28	Blé tendre
		13	Chou-fleur	29	Orge
		14	Epinard		
		15	Laitue		
		16	Ail		
		17	Pastèque		
		18	Melon		
		19	Haricot vert		

		20	Concombre		
		21	Pois		
		22	Betterave		

Source : OPIB

Tableau III.4 Degré d'aptitude culturale dans la zone d'étude.

Type de sol	Cultures	Degré d'aptitude culturale
		Apte pour
Les vertisols	Arboriculture	2-3-6
	Cultures maraichères	10-11-12-14-15-17-18- 21
	Céréales et fourrages	23-24-27-28-29
bruns méditerranéens	Arboriculture	1-2-3-4-5-6
	Cultures maraichères	7-9-10-11-12-14-15-16-17-18-20-21-22
	Céréales et fourrages	27-28-29

Source : OPIB

Tableau III.5 Occupation culturale du périmètre (réalisation).

Cultures (HA)	Années									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Pomme de terre	1551	1496	1503	1665	1620	1242	649	598	1350	1080
Autres maraichages	34	33	33	37	36	27	14	13	30	24
Assolement Céréale	140	134	134	148	144	111	59	54	120	96

Source : OPIB

III.3 Rotation des assolements :

En agriculture, la succession des cultures sur une même parcelle reste la solution efficace dans l'agriculture biologique. Par contre, la pratique actuelle de l'agriculture classique avec l'utilisation abusive des produits phytosanitaires (engrais chimiques solubles, produits de traitement, pesticides et herbicides), reste en quelque sorte un support de rendement mais constitue un réel danger sur l'écosystème du sol (détérioration de la litière, disparition de la microfaune, dégâts dans la couche de l'humus, perte de la couche minérale avec des effets de salinité intense).

Les rotations et assolements en agriculture biologique devront répondre aux impératifs de base suivants:

La mise en place de plantes adaptées au milieu (climat, altitude...) sous réserves du respect de la structure du sol avec un labour approprié et sans défonçage, ce qui conduit dans cette action à pouvoir renouveler et transformer les réserves de matières organiques et minérales du sol l'air azoté et la possibilité du maintien d'une population saine d'adventices à un stade raisonnable et parvenir à préserver les conditions environnementales des lieux.

De ces impératifs, le respect des principes généraux de base en ce qui concerne les types d'assolements, exigent l'utilisation d'engrais verts qui mobilisent et solubilisent les réserves minérales du sol et les mettent à la disposition des cultures à la condition de ne jamais laisser le sol nu ou à cultiver des plantes exigeantes en éléments nutritifs et risquant de laisser un sol abîmé. Si on les cultive, on le fera si possible après un engrais vert semé en automne et laissé tout l'hiver; on pourra également, bien entendu, cultiver ces plantes exigeantes après une prairie temporaire luzerne.

En définitif, le maintien de cet équilibre de la structure du sol, passent techniquement par la mise en place de plantes qui donnent beaucoup d'humus au sol en cause, elles sont riches en matières cellulosiques (céréales, si les pailles vont se restituer au sol, végétaux à racines développées). En parallèle, les plantes qui donnent des quantités importantes de matières organiques se décomposent rapidement; ce sont celles qui ont des parties aériennes développées telles que les légumineuses (Azote), les plantes sarclées pour la lutte efficace contre certains adventices (chardons, chiendent...) et les cultures plus salissantes (céréales), les plantes fourragères et les prairies temporaires ont distinguées à être des améliorants de la structure et enfin d'exclure les plantes naturelles qui n'entrent pas vraiment dans la rotation.

Tableau III.6 : Calendrier d'exploitation, assolement (Rotation des cultures).

1 ^{ère} année	S (ha)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	2 ^{ème} année	S (ha)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	3 ^{ème} année	S (ha)	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
	150	Laitue	Blé												150	Haricot						P.T (S)							150	Choux						Carotte					
150	Choux	P.T (S)												150	laitue						Blé						150	Oignon						Tomate							
100	Haricot	Tomate												100	Choux						Carotte						100	laitue						blé							
100	oignon	Carotte												100	Oignon						Tomate						100	Haricot						P.T (S)							

Conclusion :

A travers de ce chapitre, on peut déduire que le type de sol dominant notre zone d'étude est représenté par les sols bruns méditerranéens et les vertisols, qui convient à toutes les cultures (arbores culture, maraichères, céréales,.....ets), avec l'instauration de l'assolement rotation, en vue de garantir l'état physico-chimique des sols et de lutter contre les ravageurs et les maladies cryptogamiques (mildiou).

Introduction :

Le présent chapitre a pour but principal de déterminer les besoins en eau des cultures ainsi que le volume nécessaire alloué pour le mois de pointe et pour l'ensemble de l'année de calcul.

Ces derniers sont importants à connaître, car ils peuvent nous indiquer si la quantité d'eau est suffisante ou pas.

IV.1 Besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau d'irrigation d'une culture est équivalent à la valeur moyenne de l'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

Plus précis, les besoins en eau d'irrigation sont définis comme étant le niveau d'évapotranspiration d'une culture saine (maladie) et poussant dans une parcelle d'un hectare dans des conditions optimales permettant un bon rendement dans la production.

IV.2 Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées :

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant la plante, les données climatiques et celles pédologiques de la région.

Les besoins en eau d'irrigation des cultures reposent sur le calcul en priorité du bilan hydrique, qui exprime différence entre les besoins en eau maximum des cultures calculés par période (mensuelle) et les besoins globaux de la surface d'étude.

IV.3 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$, ou en $m^3/ha/an$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en $mm/jours$ ou par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET_0), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

IV.3.1 L'évapotranspiration potentielle :

Est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ.

IV.3.2 L'évapotranspiration réelle :

Pendant une période déterminée définie suivant : un jour, un mois, ou tout le cycle végétatif, chaque parcelle prélève, par transpiration et par évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieure ou égale à ETP si les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

- $ETR = ET_0 \times K_c$
- ET_0 : l'évapotranspiration de référence
- K_c : correspond au coefficient cultural, fonction de type de culture et de son état végétatif.

IV.4 Les méthodes d'évaluation de L'évapotranspiration :

On distingue généralement deux (02) méthodes :

- Les méthodes directes.
- les méthodes indirectes.

IV.4.1 Les méthodes directes :**IV.4.1.a l'évapotranspirationmètre ou cuve lysimètre :**

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

IV.4.1.b Le bac évaporant (bac Colorado):

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

IV.4.2 Les méthodes indirectes :

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

IV.4.2.a La formule de BLANEY et CRIDDLE :

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

$$\bullet \text{ETP} = \mathbf{K (0.46t + 8.13) P} \dots\dots\dots(\text{IV.1})$$

Dans le quelle :

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

IV.4.2.b La formule de TURC :

Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$\bullet \text{ETP} = \mathbf{0.40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15}} \text{ en mm/mois. } \dots\dots(\text{IV.2})$$

Dans le quelle :

- ETP : évapotranspiration mensuelle (mm/ mois).
- I_g : radiation globale en (cal/cm²/jour).
- T : température moyenne mensuelle (° C).

Remarque :

Le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 durant le mois février.

Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$\bullet \text{ETP} = \mathbf{0.40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \times 1 + \frac{50 - Hr}{70}} \dots\dots(\text{IV.3})$$

Avec ;

$$\bullet \text{ Ig} = \text{Iga} (0.18 + 0.62) \frac{h}{H}$$

Dans le quelle :

- T : température moyenne mensuelle (° C).
- Ig : radiation globale en (cal/cm²/jour).
- Hr : l'humidité de l'air en (%).
- Iga : radiation maximale théorique.
- H : durée astronomique de jour en (heur/mois).
- h : durée de l'insolation de la station considérée en (heur/mois).
- $\frac{h}{H}$: L'insolation relative en (heur).

IV.4.2.c La formule de PANMEN :

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

$$\bullet \text{ ETP} = p'(t) \frac{Rn}{L} + \sigma \frac{Ea}{p(t) + \sigma} \cdot \dots \dots \text{(IV.4)}$$

Paramètre:

• p'(t) : valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.

- Rn : rayonnement net (climatique).
- Ea : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et de déficit de saturation de l'air.
- L : chaleur latente de vaporisation (2.5.106 j/kg).
- σ : Constante psychométrique (0.65 h la/°C).

IV.4.3 Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration de référence est calculée à l'aide d'un logiciel appelé **CRAPWAT 8.0**, fondé sur la méthode de PANMAN et MONTHIEL et modifié, ensuite recommandée pour consultation par les experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Pour exploiter le logiciel cité ci-dessus on doit fournir les données climatiques mensuelles chiffrées à la station météorologique de Boufarik telles que :

- les températures moyennes en (°C).
- l'humidité relative de l'air exprimé en (%).
- l'insolation journalière en heure.
- la vitesse de vent en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculée à l'aide du logiciel CRAPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 calcul d'ETP.

Mois	T _{min} °C	T _{max} °C	Humidité (%)	Vent Km/j	Insolation heures	Radiation MJ/m ² .jour	ET ₀ mm/J
Janvier	2.50	19.50	71.00	251	4.43	8.4	2.07
Février	2.00	29.00	68.00	259	6.00	12	3.66
Mars	5.00	27.00	69.00	242	7.09	16.1	3.82
Avril	9.00	26.00	65.00	268	7.65	19.5	4.33
Mai	13.50	38.50	64.00	233	9.66	23.8	6.62
Juin	19.50	41.50	60.00	268	10.12	25	7.91
Juillet	23.00	39.50	59.00	285	11.29	26.3	8.07
Aout	22.50	35.00	56.00	268	10.58	24	6.97
Septembre	17.00	35.50	64.00	225	9.29	19.7	5.49
Octobre	13.00	34.50	66.00	216	7.07	13.9	4.28
Novembre	10.00	29.50	68.00	225	5.32	9.6	3.1
Décembre	6.00	26.50	70.00	320	4.09	7.5	3.09

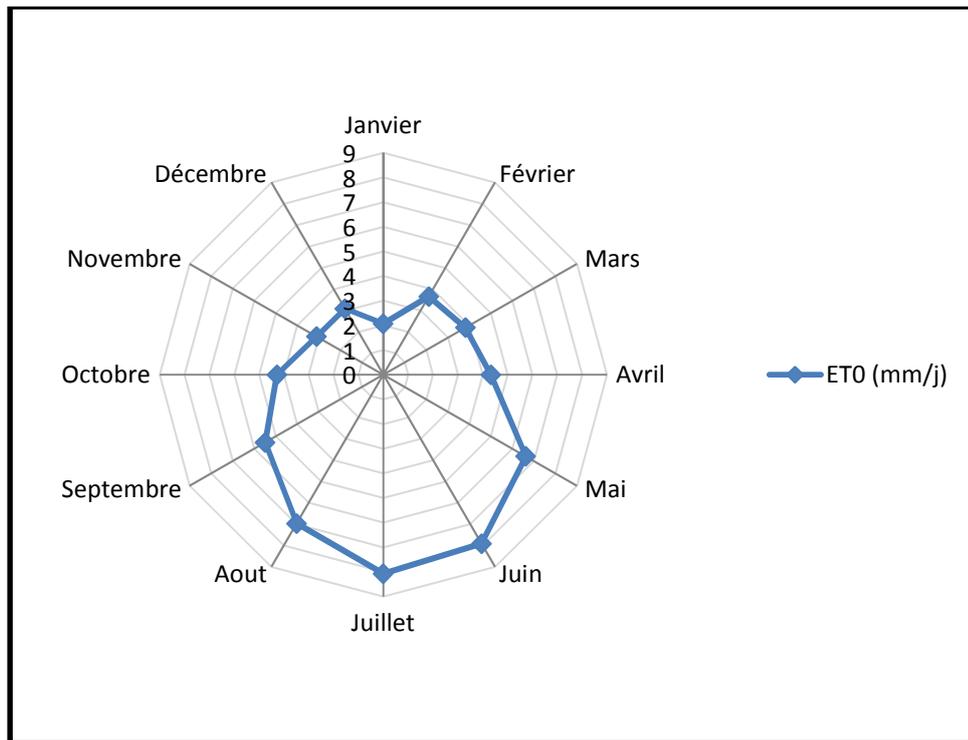


Figure IV.1 Graphique de l'évapotranspiration (ET0)

IV.5 Le bilan hydrique :

Le bilan hydrique d'une culture donnée est défini par la différence entre les besoins en eau des cultures déterminés par le climat, les caractéristiques végétales (ETM) et la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau d'irrigation s'effectue d'une période à une autre durant tout le cycle végétatif, selon la formule qui suit :

$$B = k_c \times ETP - (P_{\text{eff}} + \text{RFU}). \dots\dots(\text{IV.5})$$

- **ETP** : évapotranspiration potentielle de référence en mm.
- **K_c** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **P_{eff}** : pluie efficace en mm.
- **RFU** : la réserve facilement utilisable disponible au début de la période.

IV.5.1 Le coefficient cultural (K_c) :

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture sont déterminées en fonction du stade végétatif de la plante, du vent et de la valeur moyenne de l'humidité de l'air qui caractérise la surface d'étude.

Tableau IV.2 Le Coefficient cultural (K_c) des différentes cultures.

Culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé	-	-	0.45	0.55	0.7	0.95	0.95	0.95	0.9	0.5	-	-
P.terre	-	-	-	-	-	-	0.75	1.1	1.2	0.75	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	0.45	0.75	1.05	0.9	-	-
tomate	-	-	-	-	-	-	0.5	0.8	1.05	0.75	-	-
Betterave	0.75	1.05	1.05	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-
Laitues	1	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
Ail	1.1	1.1	0.9	0.85	-	-	-	-	-	-	-	0.7
Haricot	0.8	1.1	0.95	0.95	0.7	-	-	-	-	-	-	-

Source : bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33, tableau 18

IV.5.2 Les profondeurs d'enracinement:

Tableau IV.3 Les profondeurs d'enracinements en m des différentes cultures.

Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé	0	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-	-
P.terre	-	-	-	-	-	-	0.1	0.25	0.35	0.4	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	0.1	0.2	0.25	0.3	-	-
Tomate	-	--	-	-	-	-	0.2	0.7	1	1	-	-
Betterave	0.2	0.25	0.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
Laitues	0.2	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Ail	0.3	0.4	0.5	0.6	-	-	-	-	-	-	-	0.3
Haricot	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	-	-	-	-	-	-	-

IV.6 Cycle végétatif des cultures :

La détermination du cycle végétatif des différentes cultures, devra impérativement s'assurer par le calcul des besoins en eau d'irrigation, résumés dans le tableau ci-dessous:

Tableau IV.4 Cycle végétatif des cultures

Culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Blé			←									
P. terre							←					
Carotte							←					
Tomate							←					
Betterave	←											
Laitues	←											←
Ail	←											
Haricot	←											

IV.7 La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme réserve facilement utilisable (RFU). La quantité d'eau égale à (1/3) ou (2/3) de la réserve utile (RU) (SOLTANER, 1986).

Tel que :

$$\mathbf{RFU = (hcc-hpf) \times y \times da * h. \dots\dots(IV.6)}$$

IV.8 Estimation des besoins en eau des cultures :

IV.8.1 Estimation des besoins en eau des blés :

Tableau IV.5 besoins en eau du blé :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	164,70	128,40	93,00	92,70	62,10	109,80	114,60	129,90	198,60	237,30	242,10	209,10
Kc	0,00	0,00	0,45	0,55	0,70	0,95	0,95	0,95	0,90	0,50	0,00	0,00
ETM (mm/mois)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,95	142,89	238,32	177,98	0,00	0,00
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P_{eff}(mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	-	-	100	200	400	600	600	600	600	600	-	-
RFU (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,64	14,10	19,74	22,56	0,00	0,00
Besoins net (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,02	85,77	185,98	121,64	0,00	0,00
Besoins brute (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,33	98,64	202,38	139,89	0,00	0,00
Besoins brute (m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	253,27	986,39	2023,77	1398,86	0,00	0,00
Débit (l/s/ha)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,52	0,95	0,60	0,00	0,00

IV.8.2 Estimation des besoins en eau des pommes de terre :

Tableau IV.6 Besoins en eau des pommes de terre

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	164.70	128.40	93.00	92.70	62.10	109.80	114.60	129.90	198.60	237.30	242.10	209.10
Kc	00	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	1.10	1.20	0.75	00	00
ETM (mm/mois)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.95	142.89	238.32	177.98	0.00	0.00
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P_{eff}(mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	250.00	350.00	400.00	-	-
RFU (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.47	18.67	7.50	10.07	0.00	0.00
Besoins net (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.43	84.64	190.58	142.42	0.00	0.00
Besoins brute (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.64	97.34	219.17	163.78	0.00	0.00
Besoins brute (m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	246.45	973.40	2191.67	1637.77	0.00	0.00
Débit (l/s/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.61	1.38	1.03	0.00	0.00

IV.8.3 Estimation des besoins en eau des tomates :

Tableau IV.7 besoins en eau des tomates

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	164.70	128.40	93.00	92.70	62.10	109.80	114.60	129.90	198.60	237.30	242.10	209.10
Kc	0.75	1.05	1.05	0.90	0.70	0.00	0.50	0.80	1.05	0.75	0.00	0.00
ETM (mm/mois)	123.53	134.82	97.65	83.43	43.47	0.00	57.30	103.92	208.53	177.98	0.00	0.00
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P_{eff}(mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	0	0	0	0	0	0.00	200.00	700.00	1000.00	1000.00	-	-
RFU (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.04	52.64	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins net (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.10	153.57	142.42	0.00	0.00
Besoins brute (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.82	176.61	163.78	0.00	0.00
Besoins brute (m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	438.15	1766.06	1637.77	0.00	0.00
Débit (l/s/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	1.11	1.03	0.00	0.00

IV.8.4 Estimation des besoins en eau des carottes :

Tableau IV.8 besoins en eau des carottes

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET ₀ (mm/mois)	164.70	128.40	93.00	92.70	62.10	109.80	114.60	129.90	198.60	237.30	242.10	209.10
Kc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.75	1.05	0.90	0.00	0.00
ETM (mm/mois)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.57	97.43	208.53	213.57	0.00	0.00
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P _{eff} (mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	200.00	250.00	300.00	-	-
RFU (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.52	15.04	18.80	22.56	0.00	0.00
Besoins net (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.13	147.84	178.01	0.00	0.00
Besoins brute (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.99	170.02	204.71	0.00	0.00
Besoins brute (m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	449.94	1700.16	2047.12	0.00	0.00
Débit (l/s/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	1.07	1.29	0.00	0.00

IV.8.5 Estimation des besoins en eau des Laitues :

Tableau IV.9 besoins en eau des laitues

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	164.70	128.40	93.00	92.70	62.10	109.80	114.60	129.90	198.60	237.30	242.10	209.10
Kc	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
ETM (mm/mois)	164.70	115.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	167.28
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P_{eff}(mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	200.00	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
RFU (mm)	0.00	18.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.52
Besoins net (mm)	151.59	94.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	165.31
Besoins brute (mm)	174.33	108.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	190.11
Besoins brute (m ³)	1743.29	1082.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1901.10
Débit (l/s/ha)	1.10	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19

IV.8.6 Estimation des besoins en eau des Betteraves :

Tableau IV.10 besoins en eau des Betteraves :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	164.70	128.40	93.00	92.70	62.10	109.80	114.60	129.90	198.60	237.30	242.10	209.10
Kc	0.75	1.05	1.05	0.90	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETM (mm/mois)	123.53	134.82	97.65	83.43	43.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P_{eff}(mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	200.00	250.00	300.00	400.00	300.00	0.00	0	0	0	0	-	-
RFU (mm)	15.04	18.80	22.56	30.08	22.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins net (mm)	117.94	98.38	47.62	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins brute (mm)	135.63	113.14	54.76	8.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins brute (m ³)	1356.25	1131.37	547.63	89.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Débit (l/s/ha)	0.85	0.71	0.34	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

IV.8.8 Estimation des besoins en eau des Haricots :

Tableau IV.12 besoins en eau des haricots

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET ₀ (mm/mois)	164.70	128.40	93.00	92.70	62.10	109.80	114.60	129.90	198.60	237.30	242.10	209.10
Kc	0.80	1.10	0.95	0.95	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETM (mm/mois)	131.76	141.24	88.35	88.07	43.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P _{eff} (mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
RFU (mm)	7.52	11.28	15.04	18.80	22.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins net (mm)	126.17	112.32	38.32	12.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins brute (mm)	145.10	129.17	44.07	14.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Besoins brute (m ³)	1450.96	1291.68	440.68	143.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Débit (l/s/ha)	0.91	0.81	0.28	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

IV.8.9 Estimation des besoins en eau des ails :

Tableau IV.13 besoins en eau des ails :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET _o (mm/mois)	164.70	128.40	93.00	92.70	62.10	109.80	114.60	129.90	198.60	237.30	242.10	209.10
Kc	1.10	1.10	0.90	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
ETM (mm/mois)	181.17	141.24	83.70	78.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	146.37
P (mm)	7,1	27,02	63,9	103	112,16	94,06	77,73	65,47	58,12	32,4	16	4,2
P _{eff} (mm)	5,89	22,43	53,04	85,49	93,09	78,07	64,52	54,34	48,24	26,89	13,28	3,49
H (mm)	300.00	400.00	500.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00
RFU (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80
Besoins net (mm)	167.78	119.84	33.67	3.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.40
Besoins brute (mm)	192.95	137.82	38.72	3.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	166.06
Besoins brute (m ³)	1929.47	1378.16	387.21	36.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1660.63
Débit (l/s/ha)	1.21	0.87	2.43	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.44

IV.9 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume des besoins en eau égale le besoin de la culture en m^3 multiplié par la surface de la culture.

On trouve les résultats dans le Tableau IV.14:

Tableau IV.14 volumes d'eau d'irrigation

Les cultures	Surface de la culture ha	Besoin de la culture m^3/ha	Les volumes des besoins en eau m^3
P.terre	100	1905.8	190580
Blé	100	1859.8	185980
Ails	50	1677.8	83890
Tomates	50	1535.7	76785
Laitues	50	1515.9	75795
Carottes	50	1478.4	73920
Betterave	50	1261.7	63085
Haricot	50	1179.4	58970

Remarque :

- Les volumes des besoins en eau du mois de pointe (blé, pomme de terre , tomate et carotte) = $527265 m^3$.

Alors le volume journalier $Q_{\max j} = 527265/30 = 17575.5 m^3$

A noter que les calculs des différents besoins montrent que les consommations sont élevées au mois de **Mai** qui représente la période de pointe avec un total de **B = 715.19 mm** soit

$$B = 7151.9 m^3/ha.$$

IV.10 Calcul de débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis selon les besoins en eau de chaque culture, évalués sur la base d'une répartition culturale. Ce qui donne que le débit est calculé en tenant compte de besoins mensuels, la fréquence d'irrigation, la dose d'arrosage et le Coefficient d'efficience

globale du système d'irrigation pour définir les débit spécifiques de chaque culture suivant la formule qui suit :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \quad (\text{l/s/ha}) \dots\dots(\text{IV.7})$$

- **B_m** : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m³/ha.
- **T** : Temps d'irrigation par jour.
- **t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour égale à 26 J.
- **K** : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ≈ 0.85.

Tableau IV.15 Besoins nets (mm) en eau d'irrigation.

Mois Culture	Sep	oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	juin	juil	aout
	Blé	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.43	86.47	185.98	142.42	0.00
p. terre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.43	84.64	190.58	142.42	0.00	0.00
Tomate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.10	153.57	142.42	0.00	0.00
Carotte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.13	147.84	178.01	0.00	0.00
Laitue	151.59	94.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	165.31
Choux	117.94	98.38	47.62	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Haricot	126.17	112.32	38.32	12.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oignon	167.78	119.84	33.67	3.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.40
B_{net} (mm)	563.48	424.70	119.61	23.40	0.00	0.00	42.86	248.34	677.97	605.26	0.00	309.72
B_{brut} (mm)	648.00	488.41	137.55	26.91	0.00	0.00	49.29	285.59	779.67	696.04	0.00	356.17

Le mois de pointe c'est le mois de **Mai** avec un besoins total de **B = 779.67**

mm c'est -à-dire **B = 7796.7 m³/ha.**

$$q = \frac{779.67 \times 10^4}{20 \times 26 \times 3600 \times 0.85} = 5.65 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique est considérable ,supérieur a 1.5 l/s/ha donc son calcul exigé d'introduire les besoins de chaque culture durant le mois de pointe pour déterminer le débit spécifique moyen, ce qui donne :

Le débit spécifique pour le pomme de terre : B = 190.58 mm.

$$q = \frac{190.58 \times 10^4}{20 \times 26 \times 3600 \times 0.85} = 1.38 \text{ l/s/ha.}$$

Considérant les débits moyens de chaque culture, additionnés donnant le débit spécifique est de :
q = 1.38 l/s/ha.

III.11 Débit caractéristique :

C'est le débit maximum en rapport à la pression de service dans le réseau d'irrigation. Il est égal à: **Q caractéristique=Qsp× surface**

Surface totale= 500ha

Q caractéristique= 1.38 ×500 = 690 l/s.

Q caractéristique=690 l/s.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les besoins en eau d'irrigation des cultures mises en place (maraichères et céréalières) sur la surface d'étude de **500 ha**.

Les besoins nets en eau d'irrigation, réservés à l'irrigation de la surface d'étude sont de l'ordre de **809005m³**, prélevés à partir du barrage de Boulathane d'une capacité totale de **24.4 Mm³**.

De ces résultats on conclue que la capacité de barrage suffit largement à alimenter la surface d'étude (500 ha), ce qui nous a permis de procéder aux calculs des différents débits pour trouver le débit caractéristique arrêté à **Q caractéristique= 690 l/s**.

Introduction

Une gestion rationnelle des eaux et les capacités de stockage, représentent les éléments essentiels de l'économie de l'eau et la possibilité de son utilisation pour le développement durable agricole à travers des espaces d'irrigation contrôlée. En conséquence le contrôle rigoureux par des moyens techniques appropriées et adaptées aux nouvelles méthodes de l'exploitation des eaux sur la base des conditions scientifiques et le management des différentes activités de cette discipline afin de relever les futurs défis de l'eau qui constitue l'élément vital, susceptible de provoquer même des guerres en cause la faible pluviométrie dans certains pays exposés à une pénurie permanente d'eau. A l'heure actuelle, 70 % de toute l'eau utilisée dans le monde est consommée par l'agriculture et ce pourcentage est en hausse pour atteindre 95 % dans certains pays industrialisés en raison de la forte demande dans le domaine de l'agriculture.

A cette condition, il est jugé pratique d'adopter des mesures draconiennes à tous les niveaux par la réalisation de périmètres irrigués contrôlés et des systèmes d'irrigation dotés de toutes les commodités techniques pour éviter le gaspillage et les abus (pollution et autres phénomènes à détruire les eaux .

A travers les âges, l'homme de tout temps à imiter la nature en y prélevant les eaux à partir des rivières, des fleuves et tous les espaces naturels de stagnation des eaux. Les pratiques anciennes vont de l'irrigation par rigoles , la submersion , l'irrigation à la raie , l'irrigation souterraine et l'irrigation moderne par voie de réseau hydraulique Une technique contrôlée qui donna naissance à plusieurs modes , l'aspersion , le pivot et l'irrigation localisée (Goutte à goutte) . A noter que chaque système est sujet à des inconvénients sur le plan technique et économique. En définitive, la technique la plus récente, reste l'irrigation ponctuelle ou le goutte à goutte qui constitue est une sorte de synthèse des méthodes précédentes d'où elle apporte quelques correctifs aux inconvénients techniques et économiques.

Ces techniques citées ci-dessus se répartissent en trois types qui sont :

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

Ce chapitre représente des illustrations et schémas que nous avons mis en évidence pour montrer les avantages et les inconvénients de chacune de ses techniques.

V.1 Les techniques d'irrigation de surface :

V.1.1 Généralités :

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 en rapport à la topographie du terrain et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration et capillarité).

Les techniques d'irrigation de surface sont dites aussi techniques d'irrigations traditionnelles, utilisées anciennement par l'homme depuis l'antiquité. Ensuite, ces mêmes pratiques ont été modernisées grâce aux progrès scientifiques et technologiques (introduction de matériels industriels). En somme, la distinction entre les différentes techniques d'irrigation de surface, est essentiellement fondée sur la méthode d'utilisation de l'eau, soit par ruissellement, par submersion ou par techniques mixtes.

V.1.2 Irrigation par ruissellement :

Dans ce type d'irrigation, deux cas essentiels se présentent :

Premier cas: l'eau est généralement distribuée par rigoles, elle ruisselle sur le sol et s'y infiltre verticalement. Il s'agit d'un ruissellement en nappe ou déversement. On recense dans cette catégorie plusieurs pratiques telles que :

- L'arrosage à la planche.
- L'arrosage par rigoles de niveau.
- L'arrosage par rigoles en pente.
- L'arrosage par gravité.

Deuxième cas : l'eau ne ruisselle pas sur l'ensemble de la surface du sol mais coule dans des fossés, rigoles ou raies et pénètre par infiltration latérale et verticale jusqu'aux racines des plantes.

Par ailleurs, la mise en place d'un réseau de colature est indispensable pour évacuer les eaux excédentaires.

V.1.3 Irrigation par submersion :

L'eau submerge le terrain et s'y infiltre pour garantir l'arrosage. En ce qui concerne la culture rizière ; il y a lieu de citer le maintien d'une lame d'eau pour la submersion de tout l'espace cultivée sous réserves de changer à chaque fois l'eau stagnée, évacuée par voie de colatures (submersion alternée).

La submersion peut se faire par plusieurs procédés dont les bassins dépendants et indépendants, bassins en terrasse ou à billons, les raies et cuvettes en arboriculture.

V.1.4 Irrigation mixte :

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion. Les techniques utilisées en ce genre d'irrigation sont :

V.1.4.a.L'épandage de crue :

Cette méthode consiste à améliorer ou à provoquer des inondations artificielles le déversement des eaux sur l'espace cultivé. La technique d'irrigation par épandage de crue diffère des autres techniques, principalement par la pratique du ruissellement sur l'espace ciblé, alors que les autres techniques d'irrigation représentent la distribution de l'eau selon les besoins des plantes.

V.1.4.b. Les raies courtes (bouchées ou bouclées)

Les raies courtes sont d'usage surtout dans la culture maraîchère. Elles sont utilisées dans des terrains à pente quelque peu élevée.

La rigole d'alimentation dessert simultanément un certain nombre de raies courtes séparées par des buttes (billons et bouchées) pour les remplir sous réserves de régulariser le débit pour éviter le débordement.

Pour réduire les débordements, il faut mettre en communication deux raies voisines sans boucher leurs extrémités. On obtient alors des raies courtes bouclées, ou communicantes.

V.1.5 Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation de surface :

Avantage :

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie nuls.
- Techniques peu sûres
- Insensibilité au vent (Evaporation intensive) .
- Possibilité de lessivage (engorgement des eaux)

Inconvénients :

- Frais de Main-d'œuvre
- Techniques peu sûres
- Insensibilité au vent (Evaporation intensive) .
- Possibilité de lessivage (engorgement des eaux)

V.2 Les techniques d'irrigation souterraine :

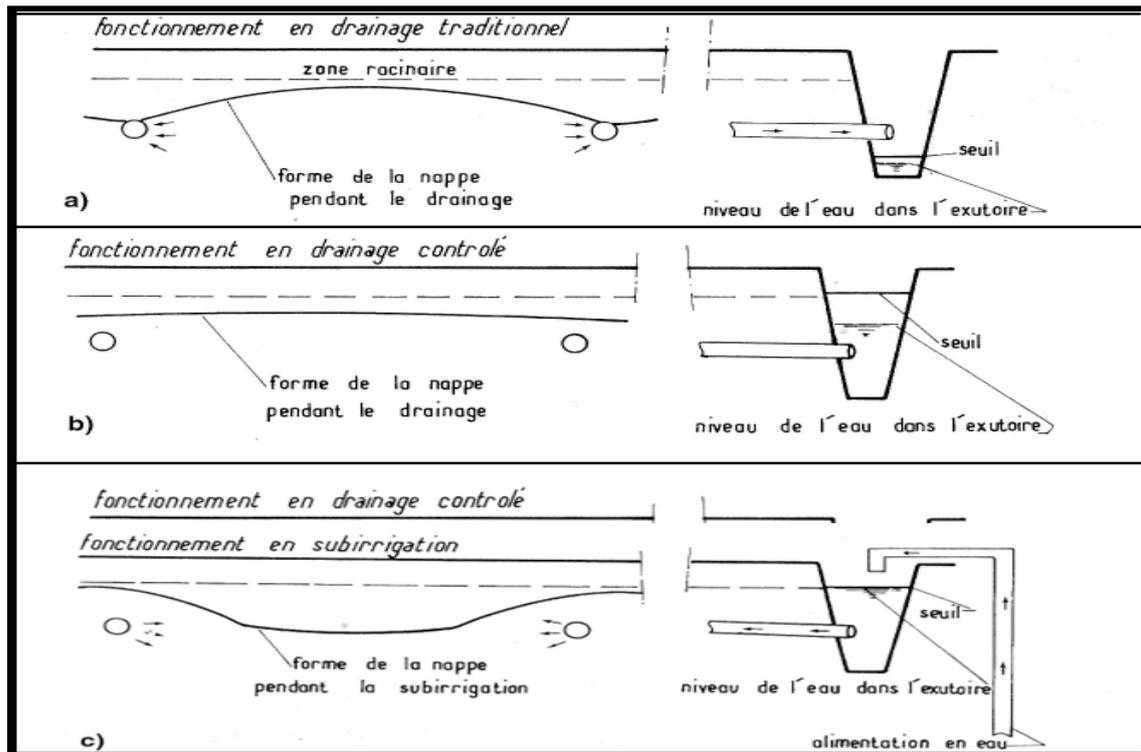
V.2.1 Généralités :

En irrigation de sub-surface, l'utilisation de l'eau se fait sous la surface du sol elle peut consister en :

- Un contrôle de la nappe au moyen d'un réseau d'assainissement qui peut fonctionner à l'envers par l'admission d'eau d'irrigation; ce réseau peut être constitué par des fossés profonds ou des drains enterrés; cette technique, qui intéresse des terrains humides relativement plats.

- La mise en place de dispositifs permettant l'humectation souterraine par grand volume un sol proche des diffuseurs, récipients poreux dont une forme traditionnelle est constituée par le « canari » en terre cuite; cette technique est surtout employée en cultures maraichères sur de petites surfaces.

La figure ci-dessous nous donne l'exemple d'un réseau jouant le double rôle d'irrigation en période sèche et drainage en période humide.



Source : Traité d'irrigation

Figure V.1 : Schéma d'un réseau jouant le double rôle de sub-irrigation et drainage

V.2.2 Conditions d'application de la technique :

L'irrigation souterraine ne peut être efficace que si plusieurs conditions sont simultanément respectées :

La présence d'un horizon imperméable (nappe perchée temporaire) ou d'une nappe permanente, pas trop profonde, est indispensable ; sinon il y aura des pertes excessives par infiltration profonde.

- Les horizons supérieurs du sol doivent être suffisamment perméables pour assurer une répartition régulière de la nappe et de la frange capillaire.
- Les parcelles doivent être pratiquement planes pour garantir une répartition homogène de l'eau dans les collecteurs et limiter les pertes latérales.
- Il faut des ressources en eau et en énergie proches de la parcelle et suffisantes.
- La nappe à recharger ne doit pas être salée.
- Il ne doit pas y avoir de risques de colmatage des drains par des ocres ferriques (sols riches en matières organiques et en fer ferreux).

Dans le domaine pédologique. Malgré les contraintes énoncées ci-dessus, les milieux hydro morphes aptes à recevoir l'irrigation souterraine restent assez nombreux : plaines et terrasses alluviales, plateaux avec dépôts éoliens, plaines littorales, etc.

V.2.3 Avantages et inconvénients de l'irrigation souterraine :

La technique d'irrigation souterraine à l'aide de réseaux d'irrigation se caractérise à la fois par des avantages et des inconvénients très nets vis-à-vis des autres techniques d'arrosage.

Avantages :

Son intérêt tient à plusieurs points :

- économie d'eau
- Pertes de charges nulles
- Main d'œuvre inconséquente
- Absence de lessivage
- Non-utilisation des produits phytosanitaires (herbicides)
- Efficience agronomique (Rendement conséquent)
- Coût faible de l'Energie

Inconvénients :

Les limites de cette technique sont de plusieurs ordres :

- Coût de réalisation (onéreux)
- Spécificité et qualité du sol
- Topographie (sols plats)
- Utilisation d'une eau saine et pure

V.3 L'irrigation par sous pression :

Il s'agit d'une technique moderne dont la réalisation impérative d'un réseau hydraulique appropriée et conçu selon des normes scientifiques basées sur des critères de choix en rapport à toutes conditions climatiques, topographiques, géologiques , pédologiques et hydrogéologiques ainsi le connaissance parfaite de l'origine de la ressource existante et disponible et l'étude préalable de son bassin versant . Cette technique exige une infrastructure cohérente avec apport à des motopompes si l'eau utilisée est acheminée par voie de pompage. Donc, il s'agit d'un ensemble d'équipements hydrauliques à fonctionnement simultané , exigeant la présence de tout un personnel qualifié et chargé à exécuter des tâches spécifiques pour le bon déroulement des phases de production de l'eau et de la distribution .

V.3.1 l'irrigation par aspersion :

L'eau est acheminée aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce aux différents asperseurs alimentés en eau sous pression.



Figure. V.2 : l'irrigation par aspersion.

Les avantages :

- Provoque une forte oxygénation de l'eau.
- Economie d'eau.
- Favorise les conditions ambiantes autour des plants.
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation.
- Frais dérisoires de la main d'œuvre.

Les inconvénients :

- Coût élevé de l'investissement (achat du matériel).
- Tassement du sol (engins agricoles)
- Développement de mauvaises herbes.
- Déplacement permanent du matériel de surface (Rampe d'irrigation)
- Contrainte au vent (irrigation perturbée)
- Qualité de l'eau.

V.3.2 l'irrigation par pivot :

Le pivot est une machine d'irrigation automatique arrosant un cercle actionné par l'énergie électrique, l'eau est distribuée par des travées alignées bout à bout et tournant de manière synchronisée autour d'un point central.



Figure. V.3 : l'irrigation par pivot

Les avantages :

Permet de reproduire au mieux la pluie.

Adaptée au terrain en relief accidenté (en pente ou vallonné).

Evite tout ruissellement et dégradation du sol.

Permet de lutter très efficacement contre le gel.

Permet une économie d'eau important particulièrement pour la région aride et semi-aride.

Adapté au sol léger très perméable.

Assure une répartition homogène de l'eau d'irrigation.

Assure une meilleure oxygénation de l'eau d'irrigation.

Les inconvénients :

- Répartition défectueuse de l'eau par grand vent.
- Risque d'accident mécanique.
- Dépense d'énergie.
- Difficulté d'arroser l'angle en parcelles rectangulaire.
- Frais d'établissement élevé.

V.4 L'irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraichage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est sans doute le «goutte à goutte », d'autres systèmes existent également tels que les tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs. Ces derniers sont utilisés notamment en arboriculture (Mekki, 1988). L'eau est acheminée aux cultures au moyen de tuyaux munis de goutteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit.



Figure. V.4 : Système d'irrigation localisée

V.4.1 Composition d'une installation 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 (Veschambre&Vaysse, 1980).

b) L'unité de tête :

Cette unité est 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 porte-rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie.

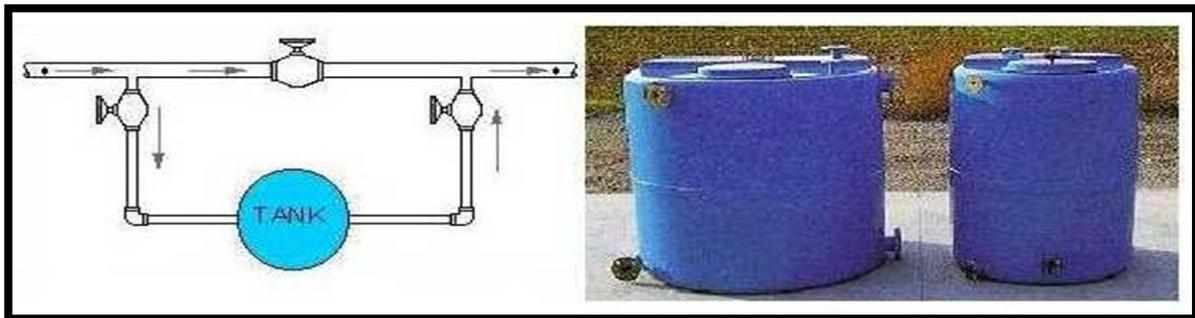


Figure V.5: Dilueur d'engrais

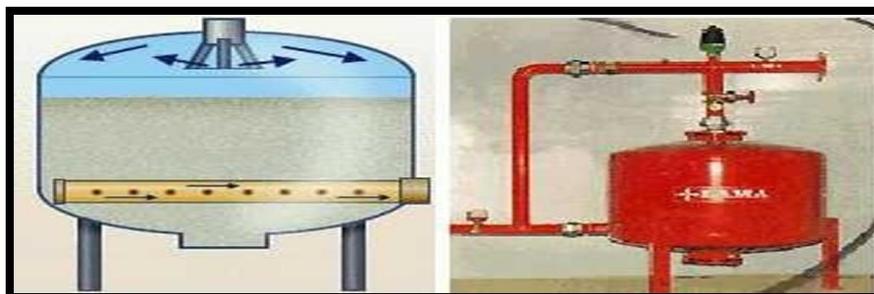


Figure V. 6:Filtre à gravier

V.4.2 Conduites et rampes :

a) 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.

b) 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).

c) 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.

d) 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 (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

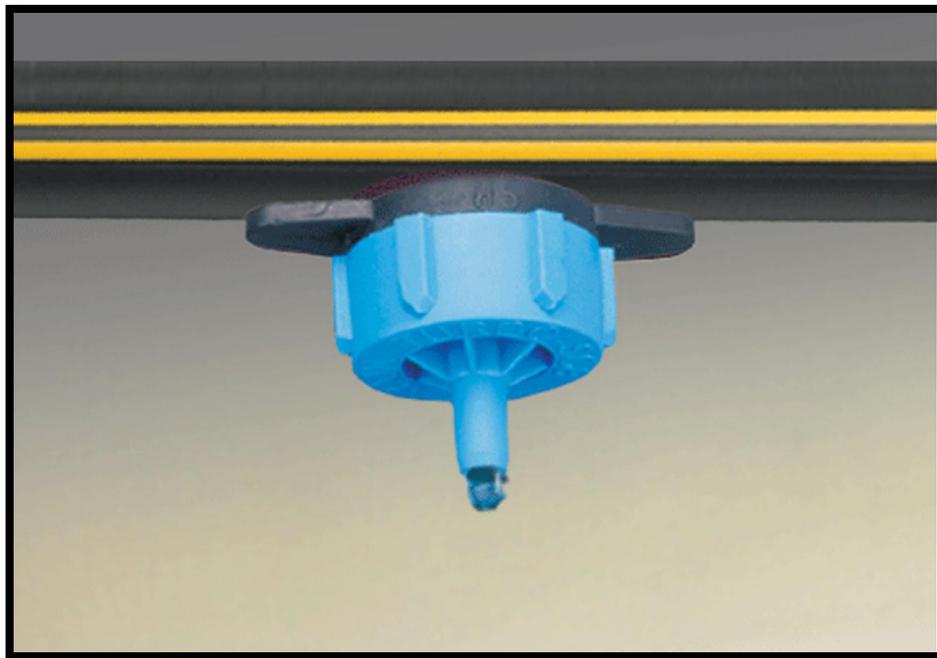


Figure V.7: Goutteur

V.4.3 Différents types de distributeurs

a) Goutteurs :

Les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.

b) Gaine :

Destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.

c) Tubes poreux :

La paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.

d) 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.

e) Qualité de l'eau :

C'est un élément essentiel dont dépendent les risques de colmatage des distributeurs. Les eaux de mauvaise qualité (trop chargées) sont généralement 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.

Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uniforme, ayant un débit de 4 l/h.

f) Nature du sol :

La nature du sol permet de choisir entre mini diffuseurs et goutteurs. Dans certains sols très filtrants, sableux ou caillouteux comportant une nature grossière, pour lesquels la diffusion latérale de l'eau est faible, ainsi que dans certains sols argileux comportant des argiles gonflantes dont la dessiccation entraîne la formation de fentes retraites.

Pour tous les autres types de sol, des goutteurs de 2 ou 4 l/h conviennent, d'autant que les investissements nécessaires sont dans ce cas plus faibles.

g) Nature des cultures :

Pour les cultures pérennes, telles que les arbres fruitiers, vignes, ou l'installation est fixe les distributeurs en ligne ou en dérivation sur la rampe peuvent être envisagés.

Par contre, dans le cas des cultures annuelles ou les rampes doivent être enroulées ou déroulées lors de la mise en place de la culture et pour la récolte, on évitera les goutteurs en dérivation

faisant saillie sur la rampe, au bénéfice des goutteurs en ligne, des goutteurs intégrés dans la rampe, des gaines souples.

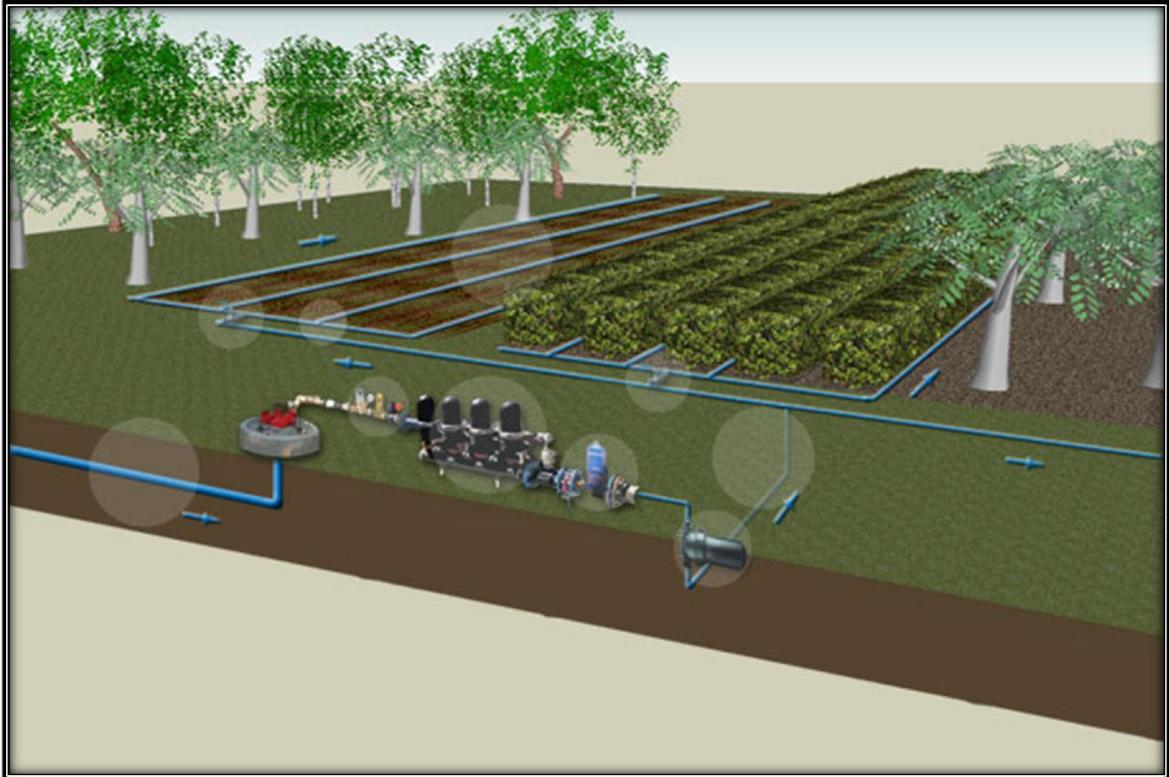


Figure V.8 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte a goutte

Les Avantages :

Meilleur développement des cultures dû a l'humidification permanent de la couche active de sol .

- Economie d'eau et de la main d'œuvres (système fixe).
- Réduction des mauvaises herbes.
- Réduction de l'évaporation.
- Economie d'engrais.
- Possibilité d'automatisation.

Les inconvénients :

- Investissement Onéreux (achat matériel) .
- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Nécessité d'une main d'œuvre spécialisée.
- Apte seulement pour les cultures en ligne (arboricoles et maraîchères).

V.5 Choix de la technique d'arrosage :

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

Une analyse multicritères du choix des techniques d'arrosage basée sur les différents contraintes, résume le choix adéquat pour la zone considérée.

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

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
	Par Rigole	Par Planche		
Contraintes naturelle	+	+	++	++
Evaporation	+++	+++	++	+++
▪ Vent	++	++	++	+++
▪ Texture (limono-argileuse)	++	++	+++	++
Perméabilité (moy)	+++	+++	+++	+++
▪ Pente (<0.5%)	+++	+++	+++	+++
▪ Qualité d'eau d'irrigation (bonne)	+++	+++	+++	+++
Contraintes agronomique				
Maraîchage	+++	++	++	+++
céréales			+++	
arbres	+++	+		+++
C. technique				
Personnel qualifié	+++	+++	+++	+++
économie d'eau			++	+++

Remarque :

-  : Déconseillé.
- + : Adapté avec réserve.

- + + : Adapté.
- + + + : Très Adapté.

D'après l'analyse multicritères de choix de technique d'arrosage et en tenant, compte des facteurs (sol – climat - plante) de notre zone d'étude, on a choisi la technique d'irrigation par **Aspersion** a une pression de service égale 5 à 6 bar au niveau de la prise d'irrigation.

IV.6 L'asperseur :

Introduction :

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition la plus uniforme possible de la pluviométrie sous forme des pluies artificielles .

Cette technique a été utilisée dans le monde autrefois vers les années 1900 pour l'arrosage des pelouses des villes et des potagers, puis s'est répandue véritablement en grandes cultures après les années 1930 avec l'arrivée sur le marché de matériel de pompage de plus en plus perfectionné et de tuyauteries légères. De nos jours, la technique de l'irrigation par aspersion a atteint le stade des machines d'irrigation à déplacement entièrement automatique.

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

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

IV.6.1 Aspersion simple :

La plupart des asperseurs agricoles sont actionnés par un batteur, du type à impact rotatif lent, à buse unique ou double. L'asperseur projette en l'air des jets d'eau, qui se répandent sous la forme de gouttes de pluie sur une superficie circulaire du champ. Ces asperseurs existent en divers débits, dimensions de buses, pressions de service, et diamètres du cercle mouillé (ou diamètre de couverture), en cercle complet ou partiel. Ils sont classifiés en basse, moyenne et haute pression ;

- Asperseur de très basse pression : (10 à 100 KPa ou 0,1 à 1 bars).
- Asperseur de basse pression : (100 à 200 KPa ou 1 à 2 bars).
- Asperseur de moyenne pression : (20 à 40 KPa a ou 2 à 4 bars).

- Canon d'arrosage à haute pression : (au-dessus de 400 KPa ou >4 bars). (6)

IV.6.2 Les micro-asperseurs :

Ce sont de petits asperseurs en plastique de faible capacité avec des débits inférieurs à **300** litres par heure. Leurs principales caractéristiques sont: leur vitesse rapide de rotation, moins d'une minute par rotation; le très petit diamètre des gouttes d'eau et le faible angle du jet d'eau au-dessus de la buse. Ils n'ont qu'une buse d'environ 2 mm de diamètre. Ils ont un débit de **150** à 250 l/h sous 2 bars de pression. Ils arrosent un cercle complet d'un diamètre de 10 à 12 m. Montés sur des piquets métalliques ou plastiques de 60 cm de hauteur plantés dans le sol. (4)

IV.6.3 Aspersion par machines à irriguer :

Les machines à irriguer sont employées pour l'arrosage des grandes exploitations, il existe plusieurs types dont on peut citer :

IV.6.3.a. L'enrouleur :

Le système d'irrigation par aspersion à enrouleurs à rampes repliables est un système mécanisé complètement automatique, aisé à transporter d'un champ à l'autre. La rampe d'aspersion, montée sur un chariot muni de roues à une hauteur de 1,3 à 2,5 m au-dessus du sol, est traînée à l'extrémité du champ jusqu'à 400 m du corps principal de l'engin (un bâti surmonté d'un tambour) qui reste près de la borne. Le chariot est relié au bâti par un long tuyau en PE posé sur le sol. Pendant le fonctionnement, le tuyau s'enroule sur le tambour fixé sur le corps principal en tractant vers l'arrière le chariot avec la rampe mobile qui irrigue une bande de terrain, jusqu'à ce que toute la longueur du champ soit couverte. Les rampes repliables d'aspersion sont des systèmes compacts opérant à basse et moyenne pression (3 à 4,5 bars). La superficie irriguée par tour (secteur) est de l'ordre de 0,4 à 2 ha selon la dimension de l'unité. Ces systèmes sont utilisés pour l'irrigation des fourrages, céréales, pommes de terre, arachides ainsi que la plupart des cultures industrielles de plein champ; ils sont beaucoup employés pour l'irrigation supplémentaire des céréales (blé et orge) durant les mois d'hiver.

IV.6.3.b. Les rampes automotrices articulées

Le système d'irrigation par aspersion à rampes automotrices est constitué d'une seule conduite d'arrosage de diamètre relativement grand, composée de tuyaux en acier léger galvanisé ou aluminium à haute résistance, suspendus au-dessus du sol par de longues structures métalliques et/ou des câbles et posés sur des tours mobiles sur roues actionnées par un moteur électrique.

Ce système nous propose deux variantes qui sont :

IV.6.3.c. Les rampes pivotantes :

Une extrémité de la conduite est raccordée à un mécanisme à pivot implanté au centre de la zone à irriguer: l'ensemble de la conduite tourne autour du pivot. La surface irriguée est de forme circulaire ce qui constitue l'inconvénient majeur de cette technique, d'où il faut augmenter le rayon du cercle irrigué pour obtenir des résultats économiquement intéressants.

IV.6.3.3 Les rampes pivotantes :

Le pivot central linéaire est un autre type courant de système portatif pouvant irriguer des champs de forme rectangulaire ou carrée au moyen d'un canal de fourniture de l'eau parallèle à la direction de déplacement de la ligne d'arrosage, ou à l'aide d'un tuyau d'alimentation souple. Ce procédé nécessite aussi un système de guidage permettant à la machine de ne pas dévier de sa trajectoire normale.

Conclusion :

Lors de ce chapitre on a essayé de donner une idée globale sur les différentes techniques d'irrigation sous pression, cela en expliquant leur mode de fonctionnement, leurs champs d'utilisation, ainsi que leurs avantages et inconvénients. Cela ne nous a pas empêché de donner un bref aperçu sur les autres méthodes d'irrigation qui sont l'irrigation de surface et la sub-irrigation.

Il est à noter aussi que les principaux facteurs ayant encouragé l'utilisation de l'irrigation sous pression sur la base des facteurs (agro-pedo-climatique), ainsi la rentabilité et l'efficacité considérable du système.

Dans notre cas le réseau qu'on projettera vise à irriguer une parcelle plantée des cultures maraîchères, donc le choix le plus judicieux est l'irrigation par aspersion.

Introduction

Ce chapitre est consacré exclusivement au dimensionnement du projet d'Etude en vue de la réalisation d'un réseau collectif de distribution d'eau, projeté sur une partie choisie englobant une superficie de 500Ha sur les 3480 Ha qui constituent l'actuel réseau hydraulique du périmètre. Un réseau hydraulique sous pression, constitué de conduites enterrées, qui font acheminer l'eau pompée à partir de la station de pompage après un transit à travers un bassin de régulation qui régularise la distribution aux différentes exploitations agricoles dont chacune dispose d'une prise d'eau (Borne) ou bouche d'arrosage qui sert de source d'alimentation pour l'irrigation.

Le dimensionnement du réseau d'irrigation a pour but la détermination de différents paramètres hydrauliques afin d'assurer de parvenir à concevoir un ensemble d'ouvrages hydrauliques, conçu selon des normes techniques spécifiques et fonctionnant de façon simultanée en vue de permettre par différentes phases de fonctionnement de l'acheminement des eaux à partir de la source et la distribution au niveau de l'espace hydraulique aménagé en vue de garantir une gestion rationnelle.

Dans ce contexte, le choix des conduites utilisées s'effectue par un calcul spécifique des équipements et en rapport à tous les dimensionnements déterminés dans le cadre de l'étude pour assurer une pression de service optimale selon les normes appropriées dans la conception d'un réseau adapté au débit effectif recherché, calculé selon les capacités réelles du pompage.

A cette condition, aucune anomalie n'est tolérée dans la conception du réseau où les dimensionnements des conduites et autres ouvrages hydrauliques mis en place selon un choix technique étudié afin de garantir une pression de service, régulière au niveau de chaque tronçon et chaque borne. Dans ce contexte, notre conception du réseau repose sur le principe d'un réseau de type d'irrigation sous pression.

VI.1 Description du Schéma de distribution :

Le principe de distribution repose sur trois (02) phases adduction, la première phase constitue à alimenter le réservoir DR2 à partir du barrage de Boulathane (d'une capacité de 24 Hm³) par voie gravitaire. La deuxième phase représente le stockage de cette eau dans un réservoir projeté d'une capacité estimée à 20 428 m³, destiné à être distribué dans un réseau hydraulique couvrant une superficie 500 Ha, représente le réseau étudié par mes soins dans le cadre de sa conception sur

ce mémoire de fin d'études que nous allons présenter. En général le fonctionnement de toutes les opérations, justifie l'existence que de deux (02) phases dites : A.D (adduction et Distribution).

VI.2 variante d'aménagement de réseau:

le périmètre est situé en aval du barrage. Dans ce cas on a 2 système hydraulique sont à préconiser :

- Adduction : un système gravitaire vers un réservoir de stockage.
- Distribution : un système dessert gravitaire, depuis le réservoir vers le réseau de distribution.

VI.3 Choix Du Trace :

Le choix du tracé des conduites de distribution est opéré selon plusieurs paramètres techniques topographiques, géologiques et géographiques à respecter pour garantir un écoulement gravitaire contrôlé.

- Topographie du terrain.
- Pédologie (Structure, texture, capacité de rétention et l'humidité relative).
- Climatologie de la zone étudiée (ETP et ETR).
- Type de cultures à irriguer.
- Choix du système (sous pression).
- Recherche du profil en long de la conduite pour l'acheminer dans un tracé dépourvu de contre-pentes.
- Minimisation de la longueur du projet (réduction du coût du projet).
- Obligation d'éviter les traversées via des obstacles naturels ou artificiels (Terrain marécageux, canaux et les oueds).

VI.4 La méthodologie de dimensionnement :

La détermination des diamètres des diverses conduites et leurs longueurs, est basée sur des éléments et des hypothèses étudiés :

- Tracé du réseau (Longueurs de tronçons)
- Débits effectifs dans chaque tronçon.
- Surface des îlots de chaque tronçon.
- Pertes de charges totales dans chaque tronçon.
- Choix de la côte du point de distribution à la tête du réseau.

- Choix des côtes naturelles du terrain et l'emplacement des bornes.
- Préservation du cadre foncier initial des parcelles cadastrées se trouvant dans l'espace d'étude.

Les diamètres choisis dans la conception du réseau, est effectuée, en tenant compte de :

- Le calcul de la pression de service dans notre projet est assuré par une pression variée entre **(03-06)**bars, normalisée à provoquer un bon fonctionnement du système d'irrigation mis en place dans la technique d'aspersion.
- Le coût global d'investissement du projet

VI.5 Implantation des bornes d'irrigation:

Le choix de l'emplacement de chaque borne, reste en priorité le premier paramètre technique à respecter dans le cadre de l'Etude en rapport à la conception du réseau destiné à distribuer l'eau dans plusieurs points d'irrigation.

La réduction dans le nombre de bornes à utiliser pour réduire en parallèle le coût d'investissements et la possibilité de faciliter aux agriculteurs l'utilisation de prises d'eaux proches de leurs parcelles afin de provoquer des conditions de travail favorables avec en prime l'utilisation d'un matériel de surface (des canalisations mobiles) accessible à leurs bourses .

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

- Une prise par îlot d'exploitation (parcelle cadastré)
- La borne est composée de quatre (04) prises d'eaux dont chacune serait utilisée par un seul irrigant

La borne devrait être mise en place de préférence au centre de l'îlot d'exploitation) à grandes surfaces et à la limite de l'exploitation à surfaces réduites.

La conception du réseau en rapport à la pression de service retenue, le fonctionnement simultané des prises d'eau et le volume destiné à la distribution, retient la mise en place de 86 hydrants (prises d'eaux ou bornes sur toute la surface du secteur de la zone d'étude.

VI.5.1 Choix du type de la borne mise en place :

Elle dépend de la surface :

- Pour la surface >15 ha = Une borne à quatre (04) prises.
- Pour la surface < 15 ha= Une borne à deux (02) prises

Tableau VI.1 Choix du diamètre de la borne mise en place :

Débit fourni	Diamètre de la borne	Type de borne
$Q < 11.11 \text{ l/s}$	65mm	Type A2 ; A4
$11.11 \text{ l/s} < Q < 22.22 \text{ l/s}$	100mm	Type A4; B
$22.22 \text{ l/s} < Q < 33.33 \text{ l/s}$	150mm	Type C

VI.5.2 Débit aux bornes :

Le calcul des débits aux bornes, est basé sur :

- la superficie à couvrir par hectares
- le débit spécifique (Q_s) en l/s/ha

VI.6 Dimensionnement de la conduite enterrée à mode gravitaire :

Après la détermination des débits (pression de service) aux bornes, nous entamons le dimensionnement des différentes conduites à placer dans les tronçons à relier les conduites tertiaires à servir d'emplacement aux 30 bornes retenues dans le cadre de notre projet pour l'irrigation de 500 Ha Nécessitant l'apport de ce calcul complexe par l'utilisation du logiciel EPANET. Il permet de vérifier les vitesses admissibles suivant le (**tableau VI-3**) et les pressions de service dans chaque borne. Les résultats sont résumés dans le tableau :

Tableau VI.2 les vitesses admissibles

Diamètre (mm)	Seuil des vitesses admissibles(m/s)	
	Vitesse min (m/s)	Vitesse max (m/s)
100	0,20	1.80
125	0,25	1.85
160	0,25	1.95
200	0,35	2
250	0,40	2
315	0,40	2
400	0,50	2
500	0,50	2

630	0,50	2
710	0,50	2
800	0,50	2
1500	0,50	2
2000	0,50	2

- Le calcul de débit des bornes est résumé dans le tableau ci-après

Alors pour calculer les débits dans les bornes on utilise la formule de **DARCY WEISBACH** :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{k * Q^B}{DH_{moy}}}$$

D_{av} : diamètre calculer en m.

Q : le débit en m³/s .

K et **B** et **m** sont des caractéristique du la conduite en PEHD:

K	M	B
0.001052	4.772	2

DH_{moy} : la *perte de charge* occasionner entre le reservoir et le point defavorable.

$$DH_{moy} = \frac{\text{cote radier} - \text{cote pizometrique du point defavorable}}{\text{longueur de conduite princiale}} = \frac{150 - 67}{7421} = 0.007 \text{ m/m}$$

Tableau VI.3: Diamètres des différents tronçons : Vérification des vitesses admissibles et des Pertes de charges de chaque borne.

- dimensionnement des conduites principales :

N° de borne	Surface (ha)	Nombre de prise	dh moy	longueur (m)	Diamètre (m)	diamètre nor (m)	dh (m)	Cote pizo(m)	Cote terrain	Pression (m)	Vitesse (m/s)
res-B1	19.00	4	0.00700	3997.00	0.58	0.71	22.91	127.09	88	55.5	1.71
B1-B3	30.20	C	0.00700	423.00	0.55	0.71	2.02	125.06	86	56.62	1.57
B3-B6	15.00	4	0.00700	407.00	0.53	0.63	1.59	123.47	83	58.33	1.82
B6-B13	17.75	4	0.00700	514.00	0.48	0.63	2.86	120.61	79	61.20	1.47
B13-B19	18.75	4	0.00700	880.00	0.35	0.40	6.12	114.49	72	64.09	1.68
B19-B26	16.00	4	0.00700	429.00	0.33	0.40	2.19	110.00	71	63.52	1.48
B26-B27	13.00	2	0.00700	229.00	0.27	0.315	0.91	109.09	70	64.16	0.92
B27-B25	12.15	2	0.00700	251.00	0.25	0.25	1.60	107.49	69	62.35	1.999
B25-B28	21.55	4	0.00700	148.00	0.22	0.25	0.57	106.92	69	61.17	1.66
B28-B30	14.00	2	0.00700	50.00	0.17	0.25	18.69	92.00	67	63	1.05
B30-B29	13.00	2	0.00700	93.00	0.10	0.25	0.01	90.00	66	63.9	0.57

- Dimensionnement des conduites secondaires :

N° de borne	Surface (ha)	Nombre de prise	Dh moy	longueur (m)	Diametre (m)	diametre nor (m)	dh (m)	cote terrain (m)	pression	Vitesse (m/s)
B1-B2	24.6	4	0.00705	341	0.31	0.16	19.09	87	51.75	1.69
B3-B4	18.15	4	0.00705	676	0.18	0.2	1.38	83	57.79	0.8
B6-B5	16.25	4	0.00705	295	0.18	0.2	0.60	83	57.68	0.71
B6-B7	30	4	0.00705	301	0.35	0.4	0.04	83	57.70	1
B7-B8	16.85	4	0.00705	283	0.21	0.25	0.20	81	58.61	1.12
B8-B9	23	4	0.00705	339	0.14	0.16	2.742	77	56.89	1.8
B13-B14	16.45	4	0.00705	342	0.20	0.2	0.70	78	58.28	1.75
B14-B10	13.5	4	0.00705	553	0.18	0.2	1.136	76	57.48	1.03
B10-B11	10	2	0.00705	524	0.10	0.125	29.3	73	48.08	1.76
B13-B12	21.7	4	0.00705	328	0.15	0.16	2.65	78	57.22	1.69
B13-B15	7.15	2	0.00705	382	0.18	0.2	0.78	76	58.74	1.98
B15-B16	13	2	0.00705	741	0.18	0.2	1.51	72	55.04	1.66

B16- B24	12.7	4	0.00705	412	0.17	0.2	0.84	70	55.06	1.09
B24- B23	12.15	4	0.00705	454	0.12	0.1	3.672	69	53.67	0.95
B13- B17	19.15	4	0.00705	316	0.15	0.2	2.55	74	62.66	1.45
B17- B18	13.8	2	0.00705	214	0.14	0.6	1.73	75	61.08	1.50
B26- B20	19.8	4	0.00705	377	0.23	0.25	0.26	69	64.42	0.97
B20- B21	14.6	2	0.00705	223	0.14	0.16	1.8	68	63.77	1.14
B30- B22	10.5	2	0.00705	328	0.16	0.2	0.67	67	62.03	0.72

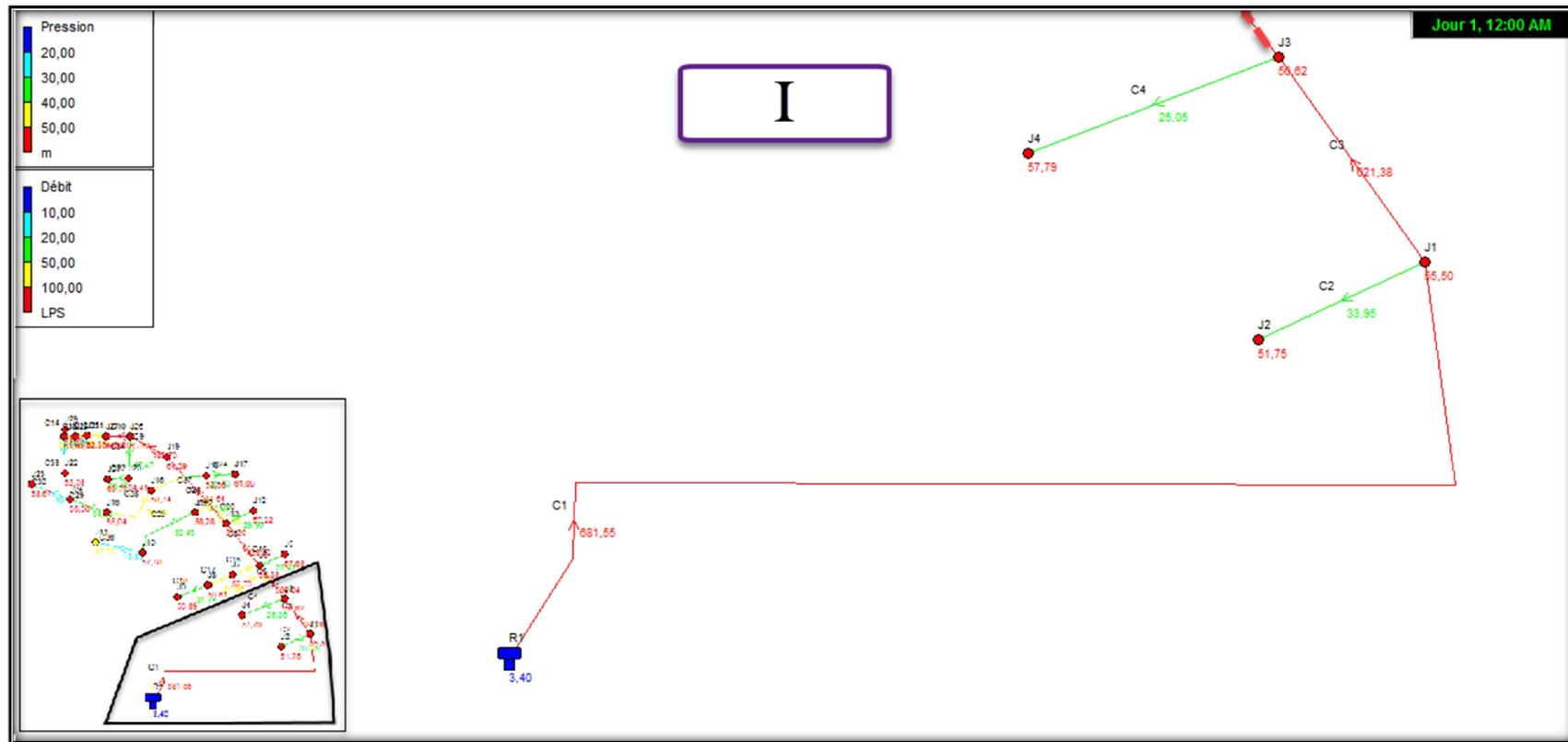


Figure VI.1 Résultat de la simulation hydraulique à l'aide du logiciel Epanet I

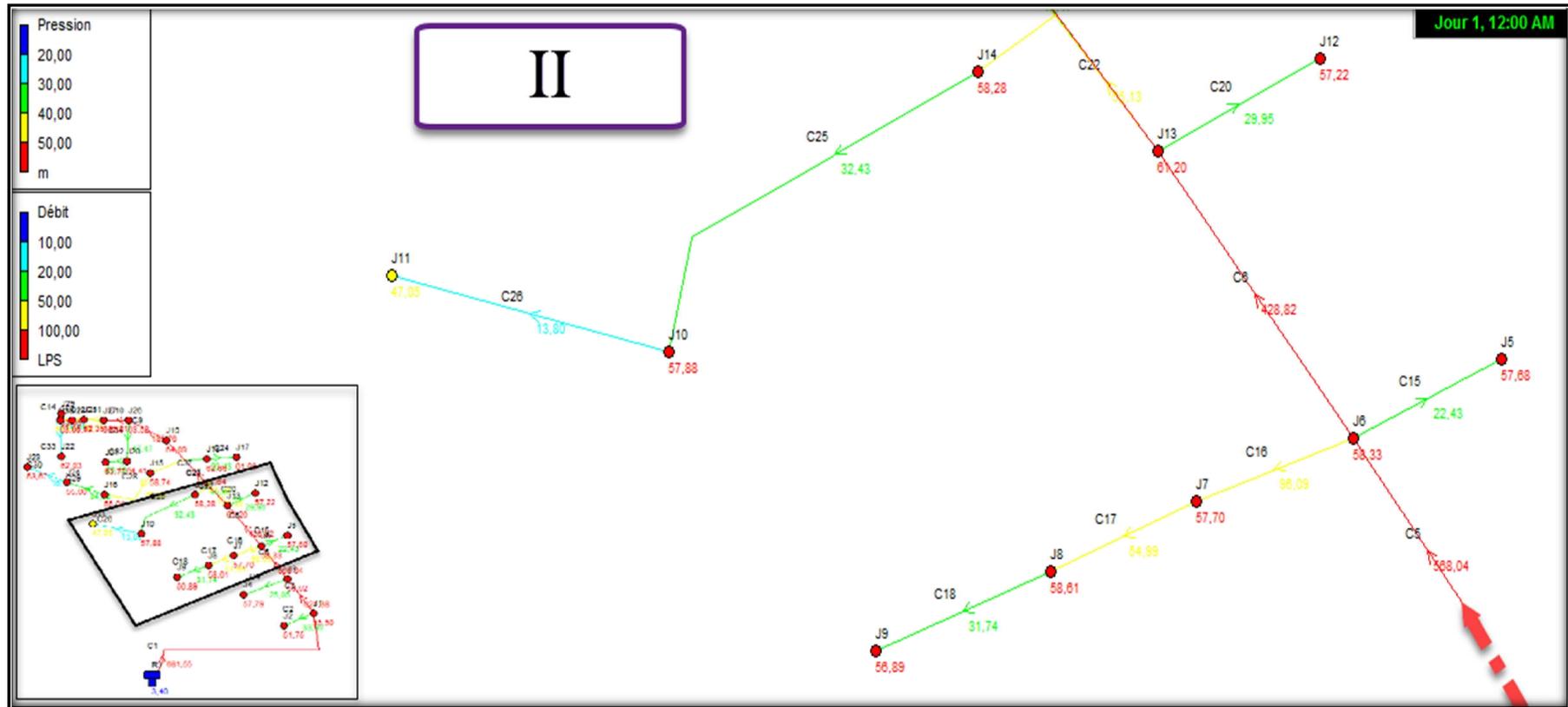


Figure VI.2 Résultat de la simulation hydraulique à l'aide du logiciel Epanet II

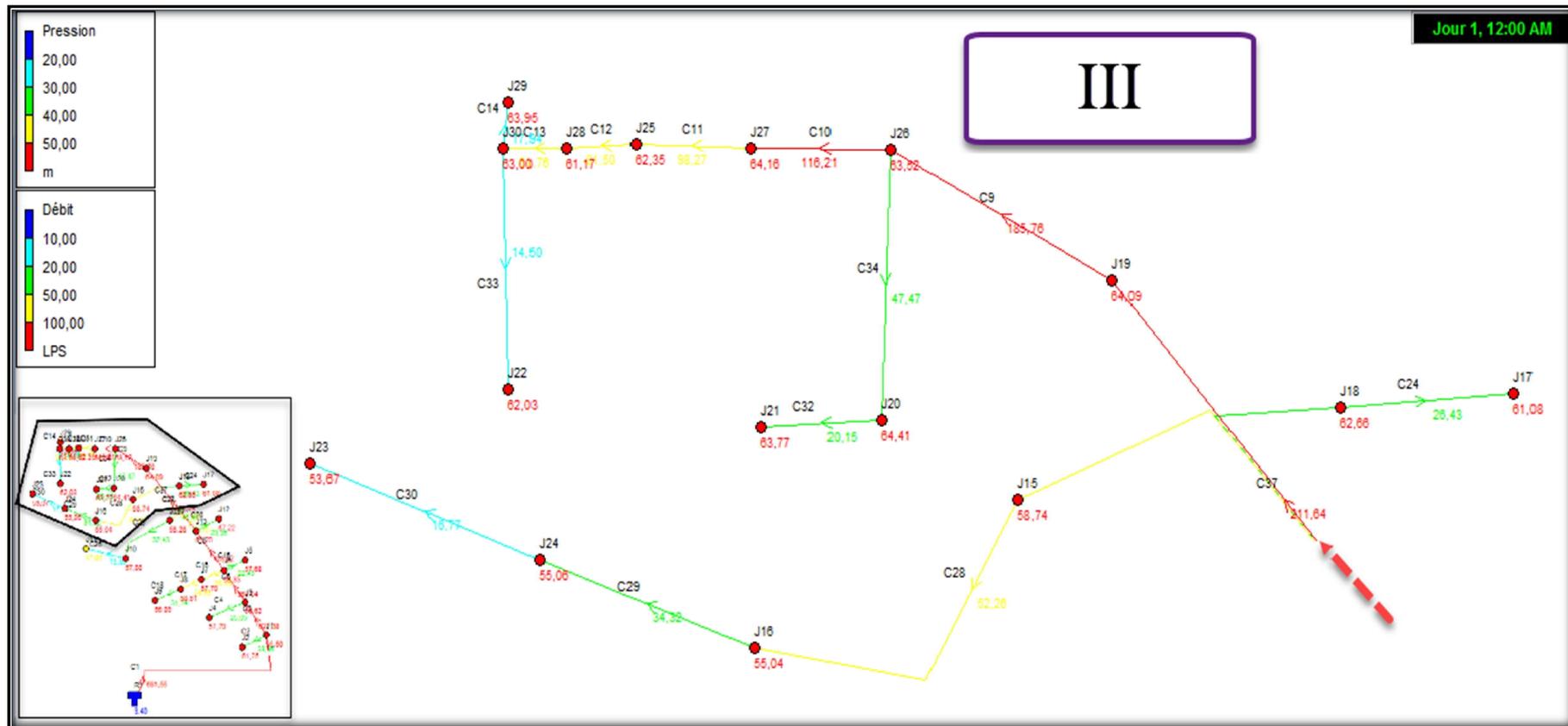


Figure VI.3 Résultat de la simulation hydraulique à l'aide du logiciel Epanet III

VI.7 Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion :

L'installation d'un système à mode d'aspersion semi-mobile, composé de canalisations principales , secondaires et tertiaires , souterraines et un matériel de surface (rampes mobiles) sur prise d'eau à la parcelle.

Pour justifier l'efficacité du dimensionnement, l'exemple suivant sur un îlot d'exploitation est pris en compte pour servir d'expérimentation dans la pratique d'une culture maraichère sur une superficie de **12ha**.

VI.7.1 Détermination du diamètre d'ajutage, le nombre d'asperseurs à utiliser et le nombre de rampes à mettre en place :

VI.7.1.a. Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $K= 10$ mm/h.

Tableau IV-4 Vitesse d'infiltration pour chaque type de sol

Nature de sol	Vitesse d'arrosage mm/h
Sablonneux	50
Limono - sablonneux	25
Limons	15
Argileux	5

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

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

$$p = \frac{1.5 \times d}{1.04} \dots \dots \dots \text{VI(1)}$$

La vitesse du vent de la zone est faible.

D'où :
$$d = \frac{1.04 \times 10}{1.05} = 6.93 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique de l'asperseur (voir l'annexe N°), le diamètre de la buse normalisée le plus proche est de **7 mm**

VI.7.1.b. La portée de jet :

La portée de jet se calcul par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots \dots \dots \text{VI(2)}$$

Ou d : le diamètre de la buse en (mm).

h : la pression à la buse (m).

$$L = 3 \times 7^{0.5} \times 30^{0.25} \Rightarrow L = 18.57 \text{ m.}$$

VI.7.1.c Ecartement entre les rampes et les arroseurs :

Les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- Les lignes d'arrosages : **1.3 à 1.02 L.**
- Les arroseurs sur la rampe : **0.8 à 0.5 L.**

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

Les valeurs minimum correspondent à des conditions de vitesse de vent assez dures (> 15Km/h).

Donc on prend des valeurs maximales :

- $E_l = 1.3 \times 18.57 = 24.14 \text{ m}$
- $E_a = 0.8 \times 18.57 = 14.85 \text{ m}$

Donc on prend : $E_l = 24 \text{ m}$ et $E_a = 18 \text{ m}$

VI.7.1.d Débit de l'asperseur :

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

$$q = 0.95 \times (\pi \times d^2 / 4) \times \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots \text{VI(3)}$$

D'où : $q = 0.95 \times (\pi \times (7 \times 10^{-3})^2 / 4) \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 30} \Rightarrow q = 0.00089 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 0.00089 \times 3600 \Rightarrow q = 3.19 \text{ m}^3/\text{h}$

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 :

$$P = \frac{q}{E_l \times E_a} \dots\dots\dots \text{VI(4)}$$

D'où : $P = \frac{3.19 \times 10^3}{24 \times 18} \Rightarrow P = 5.54 \text{ mm/h.}$

Donc le diamètre de la buse assurera une pluviométrie $P \leq k = 10 \text{ mm/h.}$

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

$$T = \frac{\text{dose}}{p} \dots\dots\dots\text{VI(5)}$$

Tel que :

La dose est la réserve facilement utilisable RFU en (mm).

$$\text{RFU} = 2/3 \times (H_r - H_{pf}) \times h \times d_a$$

Avec

- H_r : humidité au point de rétention.
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement.
- h : profondeur racinaire.
- d_a : densité apparente.

$$\text{RFU} = \text{dose} = 2/3 * (14-6)/100 * 600 * 1.25 = 40 \text{ mm.}$$

Donc le temps nécessaire $T = \frac{40}{5.54} \Rightarrow T = 7.22 \approx 7 \text{ heures}$

Donc on pourra adapter 3 positions par jour (**21h /24h**) pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement de **21h**, et le temps restes est pour le déplacement des matériels.

VI.7.1.e. Surface de chaque poste :

La détermination de la surface de poste sur la condition que la pluviométrie de l'asperseur soit inférieure à la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol pour éviter le problème de ruissellement de l'eau sur la surface du sol :

- La surface irriguée par l'aspersion est de 15 ha.
- La dose maximale qui peut être appliquée à la culture est : **D = 40 mm.**

Nombre de poste d'arrosage :

Le nombre de poste nécessaire pour l'arrosage complet de la parcelle en **6 jours.**

$$T_a = \frac{40 * 28}{190} = 5.89j = 6j$$

Est : $N = 6 \times n$

Tel que :

- n : le nombre de position d'arrosage d'une journée.
- N : le nombre de poste d'arrosage.

On fait varier (n) par degré croissant et on calcul (N).

La surface théorique du poste :

La surface théorique de chaque position est calculée par :

$$S_{th} = \frac{S}{N} \text{ en (ha)VI(6)}$$

Ou S est la surface de la parcelle considérée en hectares.

- **La durée d’arrosage d’un poste :**

La durée théorique d’un poste est calcul par :

$$T = \frac{t}{n} \text{ en (heures).....VI(7)}$$

Ou t est la durée maximale journalière d’irrigation, pour notre cas, on prend **t = 21 h**

- **La pluviométrie :**

La pluviométrie théorique d’arrosage est calculée par :

$$P_{th} = \frac{D}{T} \text{ en (mm/heure).....VI(8)}$$

On construit le tableau suivant pour des valeurs croissant de n, jusqu'à ce que la pluviométrie **P_{th}** dépasse la valeur de vitesse d’infiltration qui égale à **10 mm/h**.

Tableau IV.5 : Calcul de nombre des postes.

N° de poste/Jour	N° de poste d’arrosage	Surface théorique du poste	La durée d’arrosage d’un poste (h)	Pluviométrie (mm/h)
1	6	25000	21	1.9
2	12	12500	10.5	3.8
3	18	8350	7	5.71
4	24	3750	5.25	7.62

On prend comme solution **n = 3** qui donnera une pluviométrie inférieure à **10 mm/h**.

Donc, le nombre de poste nécessaire pour l’arrosage complet est de 18 postes.

Donc, la surface de poste sera :

$$S_p = \frac{St}{NP} \dots \dots \dots \text{VI(9)}$$

$$S_p = \frac{150000}{18} = 8350 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow S_p = (167 \times 50) \text{ m}^2$$

IV.6.1.f. Nombre de position des rampes :

Le nombre de position des rampes est calculée par :

$$N_r = \frac{L}{E_l} = \frac{50}{24} = 2.08$$

On prend $N_r = 2$ positions.

Avec :

- L : longueur = 50 m.
- E_l : espacement entre les rampes = 24 m.

VI.6.1.g. Nombre d'asperseurs :

$$N_{asp} = (\text{Surface à arrosée (m}^2\text{)}) / (\text{implantation} \times \text{nombre de poste})$$

$$\text{Surface} = 500 \times 300 = 150000 \text{ m}^2$$

$$\text{Implantation} = 24 \times 18 = 432 \text{ m}^2$$

Nombre de poste = 18 poste.

$$N_{asp} = \frac{150000}{432 \times 18} = 21$$

On à 21 asperseurs par poste.

VI.6.1.h. la rampe :

- **La longueur de la rampe :**

On prend la longueur de la rampe $L_r = 167$ m.

- **Nombre d'asperseurs par rampe :**

Le nombre d'asperseur des rampes est calculée par :

$$N_a = \frac{\text{longueur}}{E_a} = \frac{167}{24} = 7 \text{ Asperseur / rampe}$$

- **Le débit de la rampe :**

Le débit de la rampe (Q_r) = le débit de l'asperseur \times le nombre d'asperseur/ rampe

$$Q_r = 3.48 \times 7 = 24.36 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc le débit d'installation $Q_r = 24.36 \text{ m}^3/\text{h} = 6.77 \text{ l/s}$

• **Le diamètre de la rampe :**

Le diamètre de la rampe est calculée par :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \dots\dots\dots \text{VI(10)}$$

Avec :

- V : la vitesse d'écoulement à travers la rampe.

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

On prend la vitesse d'écoulement $V \approx 1.5 \text{ m/s}$.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 6.77 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.075 \text{ m} \Rightarrow D_r = 75 \text{ mm}$$

• **Perte de charge :**

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

$$j = \alpha \frac{Q^\beta}{D^\delta} \dots\dots\dots \text{VI(11)}$$

Avec :

- j : perte de charge unitaire en m/m.
- Q : débit en m³/s.
- D : diamètre de la canalisation en m.

La formule de Manning correspond aux paramètres suivants :

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

Et la perte de charge totale sera :

$$J = j \times L$$

Ou :

- L : la longueur de la conduite (m).
- j : perte de charge unitaire m/m.

La détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a dans une canalisation

assurant un service d'extrémité :

$$j = 0.452 \times 10^{-3} \times D^{-4.76} \times Q^{1.75} \dots\dots\dots \text{VI(12)}$$

Et la perte de charge totale sera :

$$J = j \times L$$

Ou :

- **L** : la longueur de la conduite (m).
- **j** : perte de charge unitaire (m/m)

VI.7.1.i. La porte rampe :

- **La longueur de la porte rampe :**

La longueur de la conduite calculée par :

$$L_r = L - E_l / 2 \quad \Rightarrow \quad L_r = 300 - 24 / 2 = 288 \text{ m.}$$

- **Débit de la porte rampe :**

$$Q_{\text{porterampe}} = Q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp/rampe}} \times N_{\text{rampe}}$$

$$Q_{\text{porterampe}} = 0.89 \times 7 \times 2 \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{porte rampe}} = 12.46 \text{ l/s}$$

VI.8 Dimensionnement de la conduite :

On à $V \leq V_{\text{adm}}$ avec $V_{\text{adm}} \in [0.5 : 2.5] \text{ m/s}$

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcul (**D_r**)

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 12.46 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.051 \text{ mm.}$$

Donc on prend $D_r = 100 \text{ mm}$ et la nouvelle vitesse $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_r}$

$$V = \frac{4 \times 12.46 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.1^2} = 1.59 \text{ m/s}$$

Calcul de diamètre de la conduite d'approche (C. tertiaire)

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi V}} \text{ avec : } Q : \text{ débit de la conduite considérée (m}^3\text{/s) ;}$$

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Tableau IV.6 : Calcul de diamètre de la conduite tertiaire

Surface (ha)	L(m)	Q (m ³ /s)	V supposée (m/s)	Diamètre Calculé (mm)	Diamètre Normalise (mm)	V Calculé (m/s)
15	25	0.002	1.05	0.15	0.2	0.64

Tableau IV.7 : Résultat de calcul théorique d'aspersion

Paramètre	Rampe	Porte rampe	Conduite d'approche
Longueur (m)	50	288	25
Diamètre (mm)	75	100	200
Débit (l/s)	6.77	12.46	20.07
Vitesse (m/s)	1.5	1.59	0.64
Perte de charge (m/m)	0.82	0.012	1.02

Donc

$$J_{\text{tot}} = 1.02 + 0.82 + 0.012 \quad \Rightarrow \quad J_{\text{tot}} = 1.85 \text{ m}$$

VI.9 Calcul de pression :

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

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges (on considéré la perte de charge singulière alors $\Delta h_{\text{total}} = \Delta h + 10\% \Delta h$.

$$\Delta h_{\text{total}} = 17.51 = 1.75 \text{ bars.}$$

Conclusion :

Le dimensionnement du réseau est issu d'un calcul minutieux à l'aide de plusieurs paramètres techniques, l'apport à un logiciel (EPANET), des formules empiriques et le choix des critères dans la conception du réseau de distribution.

Le projet est composé de plusieurs ouvrages hydrauliques, en priorité les différentes conduites de distribution sont en PEHD (Polyéthylène à haute densité) à pression nominale de 16 bars (PN 16). En définitive, le réseau de distribution, compte une longueur totale de 14850 ml, représente la conduite d'adduction avec un diamètre de **1200 mm**, avec une longueur 2437 ml et **10853 ml** sont des conduites de distribution avec un diamètre qui varie entre **(125 à 710) mm**. Ainsi qu'un ouvrage hydrotechnique de stockage un réservoir d'eau d'une capacité de 20 428 m³.

Introduction

En réalité l'estimation de cout global de projet dans le cadre de sa réalisation semble être plus cher que prévu et englobe les prix d'achat (conduites de réseau de transport, distribution secondaires et tertiaires et bornes d'irrigation, matériel de surface, les équipements de protection et les agrégats) ajoutés aux différents frais de pose (équipements hydrauliques) et les frais de travaux (déblayage, remblai et lit de sable).

Tous les travaux exécutés sont reportés dans les différents tableaux ci- dessous :

VII. 1 Factures des équipements hydrauliques :

Tableau VII.1 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant TTC (DA)
Ø 125	PEHD	m/l	865	751.77	650281.05
Ø 160	PEHD	m/l	1874	921.77	1727396.98
Ø 200	PEHD	m/l	3729	1081.77	4033920.33
Ø 250	PEHD	m/l	1202	1688.85	2029997.70
Ø 315	PEHD	m/l	229	2605.21	596593.09
Ø 400	PEHD	m/l	1610	4651.29	7488576.90
Ø 630	PEHD	m/l	921	11409.81	10508435.01
Ø 710	PEHD	m/l	4420	17458	77164360.00
La Somme 1					104199561.06

Tableau VII.2 : Facture du matériel de surface (irrigation par aspersion)

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant TTC
Ø 75	PEHD	U	4608	404.81	1865364.48
Ø 110	PEHD	U	402	721.62	290091.24
Asperseur	-	U	288	600	172800
Bouchon Ø 75	-	U	16	1 536.27	24580.32
Bouchon Ø 110	-	U	1	2 391.07	2391.07
Vannes Ø 90	-	U	1	4 500	4500
Té Ø (110/75)	-	U	16	2 984.45	47 751.2
Filtre à disque métallique	-	U	1	12 400	12400
La Somme 2					2 419 878

$$\text{Somme général} = S_1 + S_2 \Rightarrow SG = 104199561.06 + 2\,419\,878$$

$$SG = 106619439 \text{ DA.}$$

VII. 2 Frais des travaux sur réseau d'irrigation :

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

VII.2.1 Calcul des volumes de déblais et remblais :

La pose des conduites dans le réseau se fait dans des tranchées conçues selon le tracé et l'itinéraire des lignes de conduites et prend en compte les longueurs, les largeurs et les hauteurs de chaque tranchée conçue à recevoir une conduite de diamètre spécifique

- La largeur de la tranchée varie selon la section des conduites est de :

$$l = D + 2 \times 0.3 \text{ (m)} \dots \dots \dots (\text{VII.1})$$

- La hauteur est de :

$$H = D + h_{\text{sable}} + 0.8 \text{ (m)} \dots \dots \dots (\text{VII.2})$$

Avec :

- h_{sable} : qui est la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres

Sois L la longueur de la tranchée en mètres.

- D : diamètre de la conduite.

VII.2.1.a. Volume du déblaiement :

Le volume des déblaiements sera alors égale à :

$$V_{deb} = L \times H \times 1 \text{ (m}^3\text{)}$$

VII.2.1.b. Volume de remblais :

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{remb} = V_{deb} - V_{cond} \dots \dots \dots \text{(VII.3)}$$

$$\text{Avec : } V_{cond} = \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

$$\text{Donc : } V_{remb} = V_{deb} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L$$

VII.2.1.c. Volume de sable :

Le Volume du sable nécessaire pour le lit de sable est égale à :

$$V_{sable} = h_{sable} \times L \times 1$$

La figure si après illustre la disposition de la conduite au niveau de la tranchée :

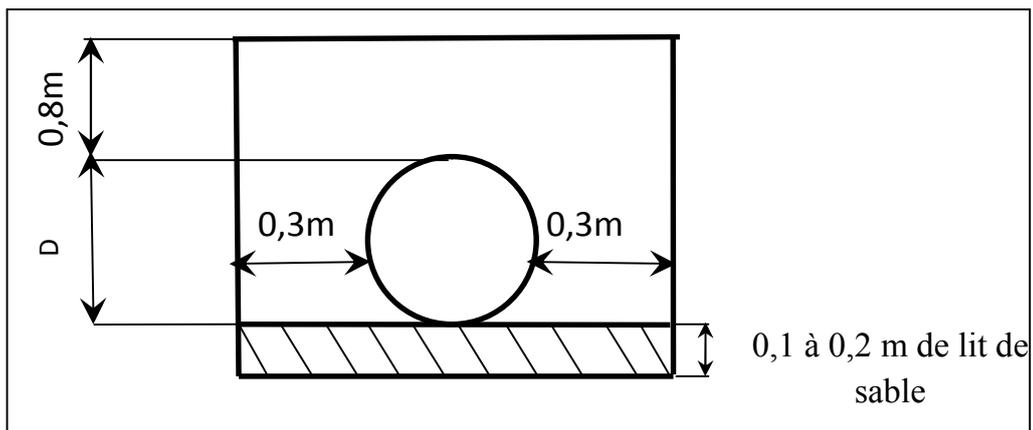


Figure VII.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée

Calculs des différents volumes :

Tableau VII.3 : Calcul des volumes des déblais et remblais du réseau de distribution.

Tubes enterrés	Longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	V déblai (m ³)	V sable (m ³)	V conduites (m ³)	V remblai (m ³)
PEHDØ 125	865	0.725	1.125	973.125	173	10.61	962.52
PEHDØ 160	1874	0.76	1.16	2173.84	374.8	37.66	2136.18
PEHDØ 200	3729	0.8	1.2	4474.8	745.8	117.09	4357.71
PEHDØ 250	1202	0.85	1.25	1502.5	240.4	58.97	1443.53
PEHDØ 315	229	0.915	1.315	301.135	45.8	17.84	283.30
PEHDØ 400	1610	1	1.4	2254	322	202.22	2051.78
PEHDØ 630	921	1.23	1.63	1501.23	184.2	286.95	1214.28
PEHDØ 710	4420	1.31	1.71	7558.2	884	1749.08	5809.12
La somme				20738.83	2970	2480.42	18258.41

VII.3 Cout total des travaux publics sur réseau d'irrigation :

VII.3.1 Déblaiement :

Le prix du mètre cube de déblayage est de 250DA.

Le déblaiement correspondant à la pose des conduites est de : **58399.1 m³**.

D'où :

$$F_{\text{deb}} = 20738.83 \times 250$$

$$F_{\text{deb}} = \mathbf{5184707.5 \text{ DA}}$$

VII.3.2 Remblais :

Le prix du mètre cube de remblai est de 200DA d'où :

$$F_{\text{remb}} = 18258.41 \times 200$$

$$F_{\text{remb}} = \mathbf{365168.2 \text{ DA}}$$

VII.3.3 Sable :

Le prix du mètre cube de sable est de 800 DA d'où :

$$F_{\text{sable}} = 2970 \times 800$$

$$F_{\text{sable}} = \mathbf{2232000 \text{ DA}}$$

Alors le cout totale des travaux publics :

$$P_t = F_{deb} + F_{remb} + F_{sable}$$

$$P_t = 5184707.5 + 365168.2 + 2232000$$

$$P_t = 7781875.7 \text{ DA}$$

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

$$CT = 106619439 + 7781875.7$$

$$CT = 114401315 \text{ DA}$$

Conclusion :

Le coût estimatif du projet est de l'ordre de : **cent quatorze millions quatre cents un milles trois-cents quinze dinars**, représentant l'ensemble des opérations financières pour sa concrétisation. Il englobe, en général, tous les prix des équipements hydrauliques et hydromécaniques à utiliser ou à mettre en place, le réseau de canalisations de transport, les lignes de distribution ainsi la pose des bornes d'irrigation et tous les ouvrages de protection, ajouté à cela, les frais liés à la pose des différentes canalisations, les frais de transport, la main-d'œuvre directe et indirecte et toutes les dépenses liés au projet. En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec recherche approfondie des prix réels recueillis auprès de la société CHIALI spécialisée dans la vente des équipements hydrauliques et autres matériels y afférents aux besoins du projet. Soit un montant moyen pour la réalisation d'un hectare en irrigué, évalué à : **251 090 Da/ha.**, En conséquence, l'investissement dans le cadre de ce projet étudié offre la possibilité d'aboutir à une gestion régulière et durable de l'eau à usage agricole du réseau d'irrigation du point de vue efficacité hydraulique (80) et une efficacité agronomique (85 à 90 %) susceptible d'être améliorée, dès sa mise en service.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail de mémoire de fin d'études il vient de souligner les points suivants :

Le premier pas consiste à analyser la problématique liée au système d'irrigation par aspersion dans le périmètre du Mitidja centre, caractérisé par une consommation surélevée d'une part de l'eau et la mauvaise gestion de cette dernière.

Notre projet vise la concrétisation d'un réseau hydraulique sur une partie évalué à 68 % de la capacité totale du périmètre où nous avons choisi un secteur dénommé « **DRII** » en raison de sa situation géographique et l'existence d'un terrain quelque peu élevé, favorisant l'irrigation gravitaire. En général, notre travail a consisté, en premier lieu de recueillir le maximum des données techniques et physiques (géologie, topographie, pédologie, hydrologie et climatologie) de la zone d'étude, ensuite, de procéder à l'analyse de tous les paramètres spécifiques du nouveau réseau à mettre en place, suivant des calculs hydrauliques (formules empiriques) dans le but de garantir un dimensionnement correct des conduites, la détermination de l'année de calcul des besoins en eau (lois d'ajustement), la détermination des besoins en eau des cultures à l'aide d'un logiciel et le coût estimatif du projet. Ce nouveau projet étudié, exige nécessairement de procéder aux changements de toutes les Canalisations principales et la pose de plusieurs ouvrages de protection, nécessaires à l'efficacité du fonctionnement du réseau.

En somme, le tracé final du réseau compte 14850ml dont 7429 ml (conduite d'adduction ou conduite principale), servant à la distribution des eaux à usage agricoles à la borne. Le réseau en général, compte 30 bornes dont 06, destinées à puiser l'eau à partir de deux prises dont chacune irrigue une superficie inférieure à 15 ha et 24 autres sont affectés à l'utilisation de quatre (04) prises d'eaux.

A priori, les matériaux utilisés sont : Les conduites à diamètre sont conçus en PEHD (**P**oly**E**thylène à **H**aute **D**ensité) selon une pression nominale de 16 bars (PN 16).

Le but du projet tend vers l'instauration d'une gestion rationnelle de l'eau dans un réseau étudié, conçu techniquement à éviter le gaspillage par voie de mesures administratives, le respect des normes d'irrigation (Borne = Surface fixée à irriguer) la diminution des pertes de charge (parcours et distribution), en vue de garantir l'efficacité hydraulique et celle

CONCLUSION GENERALE

agronomique par la voie d'une irrigation régulière (dose et fréquence) par la distribution délivrée à la borne suivant une pression de service normalisée .

La mise en action de ce projet, reste conditionnée par plusieurs facteurs (Agro-Pedo-Climatiques), et le respect de la pratique des cultures adoptées et affectées selon les aptitudes culturales des sols. En plus, du respect en matière de pilotage de l'irrigation, qui nécessite la vulgarisation et la sensibilisation, en moyens de mobilisation pour préserver le bon entretien des équipements.

Entretien suffisant —————> Bonne qualité de service —————> Satisfaction irrigant
—————> Taux De recouvrement Suffisant

En conclusion, le projet défini en rapport à tous les montants et tarifs des équipements hydrauliques et la pose de canalisations sans au préalable la prise en compte des frais de transport et de main d'œuvre. Le total de l'investissement révèle un montant global de : **cent quatorze millions quatre cents un milles trois-cents quinze dinars.**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOULAIN, J : Pédologie appliquée (Masson, paris, 1980)

TIERCELIN.J-R : Traité d'Irrigation 1^{ère} Edition, Lavoisier Tec & Doc, (1998), 1011P.

BULLTIN DE FAO N° 24 : Irrigation et drainage, irrigation des vergers (INAF

DANIEL HILLAL : L'eau et le sol ; principe et processus physique LOUVAIN – LA –
VEUVE (1984).

Dénis Baize : Guide des analyses en pédologie, 2eme édition (É dition INRA 2000)

Jean Robert Tiercelin : Traité de l'irrigation (Technique et documentation 1998).

TIERCELINE J,R VIDAL, alaine .(2006).traité d'irrigation.P280-310

KHELIFA, A(2008) .Dimensionnement d'un réseau d'irrigation à partir d'une retenue
collinaire (**W .Djelfa**), mémoire de d'étude ENSH, 01P