



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Irrigation et Drainage

THEME :

**Etude du périmètre d'irrigation de Béni Slimane
(Secteur3) 251,87 HA, à partir du barrage de Béni Slimane
(W. Médéa)**

Présenté par :

OUAKLI Hadjer

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Meddi Mohamed	Professeur	Président
Yahiaoui Samir	M.A.A	Examinatrice
Mazouzi Sabra	M.A.A	Examineur
Aziez Ouahiba	M.C.B	Promotrice

ملخص

اعدت هذه المذكرة لدراسة التنمية الزراعية للقطاع الثالث المقدر مساحته ب251,87هكتار من سهل بني سليمان بولاية المدية .

في إطار مواجهة الاحتياجات المائية المتزايدة لسهل بني سليمان ، فإن استغلال مياه سد بني سليمان أمر ضروري ، إلا أنها تتميز بارتفاع نسبة الملوحة ، مما يشير إلى ضرورة عملية الترشيح.

ياتي هذا المشروع في اطار استغلال و ادارة الموارد المائية من اجل خلق محيطات ري جديدة على المستوى الوطني مع الأخذ بعين الاعتبار التحاليل المناخية ،الترابية وجودة المياه المستخدمة في الري.

الغرض من هذه الدراسة هو رفع المردودية الفلاحية وذلك باستخدام تقنيات الري الاقتصادية و الفعالة.

Résumé

Le but de ce mémoire est l'étude de l'aménagement hydro-agricole du secteur 03 (251,87ha) de la plaine de Beni Slimane situé au niveau de la wilaya de Médéa.

Face à l'augmentation des besoins en eau de la plaine de Beni Slimane, l'exploitation des eaux du barrage de Beni Slimane est indispensable, cependant ses eaux sont caractérisées par une salinité élevée d'où la nécessité du lessivage.

Ce projet rentre dans le cadre de l'exploitation et de la gestion des ressources en eau, afin de créer de nouveaux périmètres d'irrigation au niveau nationale en prenant en considération l'analyse des caractéristiques climatiques, pédologiques et des ressources en eau.

Dans cette étude on a opté pour l'amélioration des rendements des cultures par l'introduction des techniques d'irrigation modernes et l'optimisation de la ressource en eau d'irrigation.

Abstract

The aim of this thesis is the study of the hydro-agricultural development of sector 03 (251,87ha) of the Beni Slimane -Médéa- and fed from Beni Slimane dam.

Facing an increasing water need of the Beni Slimane plain, the exploitation of Beni Slimane dam's water is urged. However, its water is characterised by high salinity. hence the need for leaching.

This project is a part of the exploitation and management of water resources in order to create new irrigation areas in central Algeria, taking into consideration the analysis of climatic pedological and water resources characteristics.

In this study, the focus was on improving crop yields by introducing modern irrigation techniques and optimising the irrigation water resource.

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma reconnaissance à la directrice de ce mémoire, Madame AZIEZ, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je désire aussi remercier les professeurs de l'école nationale supérieure d'hydraulique, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études supérieures.

Je remercie évidemment le président et les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Table Des Matières

Introduction Générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I: Analyse Des Conditions Naturelles

I.1.	Introduction :	2
I.2.	Situation géographique de la wilaya de Médéa :	2
I.3.	Présentation du périmètre d'étude :	3
I.4.	Topographie :	3
I.5.	Etude géologique :	4
I.6.	Activité tectonique :	4
I.7.	Etude climatologique :	4
I.7.1.	Choix de la station de référence :	5
I.7.2.	Pluies mensuelles :	5
I.7.3.	Les températures :	5
I.7.4.	L'humidité relative :	6
I.7.5.	Le vent :	6
I.7.6.	Le Sirocco :	7
I.7.7.	Gelée	7
I.7.8.	La grêle et la neige :	7
I.7.9.	L'orage :	8
I.7.10.	Calcul des indices Agro-météorologiques :	8
I.7.1.1	L'indice d'aridité de Martonne :	8
I.7.1.2	Quotient Ombrothermique d'Emberger :	9
I.7.1.3	Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :	10
I.8.	Etude Socio-économique :	11
I.8.1.	Argumentation du projet d'aménagement de mise valeur du périmètre	11
I.8.1.1	Situation actuelle :	11
I.8.1.2	Situation projetée :	11
I.9.	Conclusion :	12

Chapitre II: Ressources En Sol Et Ressources En Eau

II.1	Introduction:	13
II.2	Ressources en sol:	13
II.2.1	But de l'étude pédologique :	13
II.2.2	Description et classification des sols du périmètre :	13
II.2.3	Le profil pédologique :	15
II.2.3.1	Description morphologique des profils :	15
II.2.4	Caractéristiques hydrodynamiques des sols :	16
II.2.5	Détermination des aptitudes culturales des sols :	17
II.2.5.1	Cultures Arboricoles :	17
II.2.5.2	Les Cultures Industrielles :	17
II.2.5.3	Les Cultures Céréalières Et Fourragères :	18

II.2.5.4	Les Cultures Maraichères Adaptées Aux Textures Fines	18
II.3	Ressources en eau :	19
II.3.1	Ressources en eau du périmètre :	19
II.3.2	Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :	20
II.3.3	Classification des eaux pour l'irrigation :	20
II.3.3.1	Le SAR (Sodium Absorption ration) :	20
II.3.3.2	La conductivité électrique (CE) :	21
II.3.3.3	Le diagramme de Riverside :	22
II.4	Calcul de la pluie du projet :	23
II.4.1	Choix de la station :	23
II.4.2	Répartition de la pluie moyenne annuelle :	24
II.4.3	Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	25
II.4.3.1	Teste de Wilcoxon :	25
II.4.4	Ajustement statistique des pluies :	26
II.4.4.1	Ajustement à la loi Normale :	26
II.4.4.2	Test de validité d'un ajustement :	27
II.4.5	Détermination de l'année de calcul :	28
II.5	Conclusion:	29

Chapitre III : Besoins En Eau Des Cultures

III.1	Introduction :	30
III.2	Besoins en eau des cultures :	30
III.2.1.	Calcul de l'évapotranspiration :	30
III.2.2.	Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET0) :	30
III.2.2.1	Formule Modifiée de Penman_Monteith :	31
III.2.3.	Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :	32
III.2.4.	Les Coefficients culturaux (K c) :	32
III.3	Besoins en eau d'irrigation :	33
III.3.1	Détermination de la pluie efficace :	33
III.3.2	Choix des cultures.....	34
III.3.2.1	Cultures proposées :	34
III.3.2.2	Identification des principaux types d'assolement :	35
III.3.2.3	Avantages de la rotation des cultures :	36
III.3.3	Cycle végétatif des cultures.....	36
III.4	Calcul des besoins en eau des cultures	36
III.4.1	Besoins de lessivage :	36
III.4.2	Les Besoins En Eau Des Cultures :	39
III.4.3	Calcul du débit spécifique	41
III.4.4	Evaluation du débit caractéristique :	41
III.4.5	Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	42
III.5	Conclusion:	42

Chapitre IV : Etude Du Système D'adduction

IV.1	Introduction	43
IV.2	Alimentation en eau du périmètre.....	43

IV.3	Organisation et structure du périmètre.....	43
IV.3.1	Ilots et bornes d'irrigation :.....	43
IV.3.2	Rôle et fonction de la borne d'irrigation :.....	43
IV.3.3	Calcul hydraulique aux bornes :.....	44
IV.3.4	Choix du diamètre et du type des bornes :.....	44
IV.4	Description de l'aménagement du périmètre :.....	46
IV.4.1	Choix de la variante d'aménagement :.....	46
IV.4.1.2	La variante 2 :.....	46
IV.4.1.3	Choix de la variante :.....	46
IV.5	Etude du système d'adduction-distribution :.....	46
IV.5.1	Réseau d'adduction :.....	46
IV.5.2	Dimensionnement du réseau de distribution :.....	47
IV.5.2.1	Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :.....	47
IV.5.2.2	Vitesses admissibles :.....	47
IV.5.2.3	Choix du matériau des conduites :.....	47
IV.5.2.4	Calcul des diamètres :.....	48
IV.5.2.5	Estimation des pertes de charge :.....	48
IV.6	Conclusion.....	49

Chapitre V : Techniques D'irrigation

V.1	Introduction :.....	55
V.2	Différentes techniques d'arrosages.....	55
V.2.1	L'irrigation de surface :.....	55
V.2.1.1	L'irrigation par ruissellement :.....	55
V.2.1.2	L'irrigation par surpression :.....	55
V.2.1.3	L'irrigation par submersion :.....	56
V.2.1.4	L'irrigation par infiltration:.....	56
V.2.2	L'irrigation par aspersion :.....	56
V.2.3	L'irrigation localisée (goutte à goutte) :.....	57
V.3	Conclusion.....	57

Chapitre VI : Dimensionnement A La Parcelle

VI.1	Introduction.....	58
VI.2	Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :.....	58
VI.2.1	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :.....	58
VI.2.1.1	Influence du taux de couverture du sol :.....	58
VI.2.1.2	Calcul de la dose nette pratique :.....	59
VI.2.1.3	Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):.....	59
VI.2.1.4	Calcul de la dose (brute) :.....	59
VI.2.1.5	Durée d'arrosage (h) :.....	60
VI.2.1.6	Durée d'arrosage journalier :.....	60
VI.2.1.7	Nombre de poste :.....	60
VI.2.1.8	Surface du poste :.....	60
VI.2.2	Calculs hydrauliques :.....	61
VI.2.3	Dimensionnement des canalisations du réseau :.....	61

VI.2.3.1	Pour les rampes : L= 101,1 m.....	62
VI.2.3.2	Pour la porte rampe :.....	63
VI.3	Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	65
VI.3.1	Calcul de la dose pratique : RFU :.....	65
VI.3.2	Choix du diamètre de l'ajutage :.....	65
VI.3.3	Calcul de la portée du jet (L) :.....	65
VI.3.4	Ecartements entre les rampes et arroseurs :	66
VI.3.5	Vérification de la pluviométrie (P<K) :	66
VI.3.5.1	Débit de l'asperseur :	66
VI.3.5.2	Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :	66
VI.3.6	Paramètres d'arrosage :.....	67
VI.3.6.1	Calcul du tour d'eau :.....	67
VI.3.6.2	Nombre d'irrigation par mois :.....	67
VI.3.6.3	Calcul de la dose réelle :	67
VI.3.6.4	Calcul de la dose brute :.....	67
VI.3.6.5	Temps d'arrosage :	67
VI.3.6.6	Calcul de l'unité d'arrosage :	68
VI.3.6.7	Calcul du débit d'équipement.....	68
VI.3.6.8	Nombre d'aspenseurs (à acheter) Nombre d'aspenseurs maximal :	68
VI.4	Calculs hydrauliques :.....	68
VI.4.1	Dimensionnement hydraulique des rampes :.....	68
VI.4.1.1	La longueur de la rampe :.....	68
VI.4.1.2	Nombre d'aspenseurs/rampe :.....	69
VI.4.1.3	Nombre de rampes :.....	69
VI.4.2	Dimensionnement de la rampe :.....	69
VI.4.2.1	Le débit de la rampe :.....	69
VI.4.2.2	Calcul du Diamètre de la rampe :	69
VI.4.3	Dimensionnement de la porte rampe :	70
VI.4.3.1	Longueur de la porte Rampe :.....	70
VI.4.3.2	Débit de porte rampe :.....	70
VI.4.3.3	Calcul du Diamètre de la porte rampe :	70
VI.4.4	Calcul des pertes de charge:	71
VI.4.4.1	Les pertes de charge de la rampe :.....	71
VI.4.4.2	Les pertes de charge de la porte rampe :.....	71
VI.4.5	Calcul de la pression en tête du réseau :	72
VI.5	Conclusion :.....	72

Chapitre VII : Etude Technico-Economique.

VII.1	Introduction :	73
VII.2	Exécution des travaux de pose des canalisations :.....	73
VII.2.1	Exécution des tranchées :	73
VII.2.2	Pose du lit de sable :.....	73
VII.2.3	Mise en place des canalisations :	73
VII.2.4	Assemblage des conduites en PEHD:	74
VII.2.5	Contrôle du compactage des tranchées :	74
VII.3	Choix des engins du chantier:.....	75

VII.3.1	Facture des différents types de conduites des réseaux d'adduction et de distribution :	75
VII.3.2	Frais des travaux sur réseau d'irrigation :	76
VII.3.2.1	Calcul des volumes de remblai et de déblai :	76
VII.4	Conclusion :	78
	Conclusion Générale	79
	Références bibliographiques	80
	Annexes	81

Liste Des Figures

Figure I.1. Situation Géographique De La Wilaya De Médéa.....	2
Figure I.2. Carte Du Perimetre De Beni Slimane (Source: ONID).....	3
Figure I.3. Répartition des températures moyennes (Station de Beni Slimane)	6
Figure I.4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger	10
Figure I.5 Diagramme ombrothermique de Gaussen	11
Figure II.1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	22
Figure II.2 : Ajustement des pluies annuelles a la lois normale	27
Figure VI.1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.....	68
Figure VII.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée	78

Liste Des Tableaux

Tableau I.1 : Caractéristiques géographiques la station étudiée	5
Tableau I.2 : Pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane (1999-2019).	5
Tableau I.3 : Répartition des températures moyennes interannuelles (station de Beni Slimane)	5
Tableau I.4 : Humidité relative à la station de Beni Slimane	6
Tableau I.5 : la moyenne mensuelle de la vitesse du vent de la station de Beni Slimane	6
Tableau I.6 : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane	7
Tableau I.7 : nombre de jours de gelées à la station de Beni Slimane	7
Tableau I.8 : nombre de jours de neige et de grêle à la station de Beni Slimane	7
Tableau I.9 : nombre de jours d'orages à la station de Beni Slimane	8
Tableau I.10 : Classification du climat selon de Martonne	9
Tableau II.1 : Classification des sols	14
Tableau II.2 : Granulométrie et Matières Organiques	15
Tableau II.3 : Résultats analytiques : réserves minérales et solution du sol.....	16
Tableau II.4 : Propriétés hydrodynamiques des sols	17
Tableau II.5 : Numérotation des Cultures arboricoles.....	17
Tableau II.6 : Numérotation Des Cultures Industrielles	17
Tableau II.7 : Numérotation des cultures céréalières et fourragères	18
Tableau II.8: Numérotation des cultures maraîchères	18
Tableau II.9 : Les valeurs moyennes mensuelles du Na, Ca et du Mg (ANRH)	20
Tableau II.10 : les valeurs moyennes mensuelles du SAR	21
Tableau II.11 : Classification des eaux en fonction de SAR.	21
Tableau II.12 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.	21
Tableau II.13 : la conductivité électrique moyenne mensuelle a la station de Beni Slimane sur la période (1984-1989) (ANRH)	22
Tableau II.14 : Caractéristique Principales De La Station Pluviométrique (ANRH).	23
Tableau II.15 : Répartition mensuelle des précipitations (mm) (ANRH)	24
Tableau II.16: Caractéristiques de la série pluviométrique	24
Tableau II.17 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique	25
Tableau II.18 : Test de validité de l'ajustement	28
Tableau II.24: Résultat de l'ajustement	28
Tableau II.20 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).	28
Tableau III.1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0	32
Tableau III.2 : calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.	34
Tableau III.3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du sol	34

Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures	35
Tableau III.5 : Assolement proposé pour le périmètre	35
Tableau III.6 : Cycle végétatif des cultures	36
Tableau III.7 : Doses de lessivage des cultures.....	38
Tableau III.8 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1	39
Tableau III.9 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2	40
Tableau III.10 : Volume d'eau d'irrigation.....	42
Tableau IV.1 : Volume d'eau d'irrigation.	44
Tableau IV.2 : Diamètres Des Bornes	44
Tableau IV.3 : dimensionnement du réseau d'adduction	47
Tableau IV.4 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.	49
Tableau IV.5 : Dimensionnement du réseau de distribution.....	50
Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques.	64
Tableau VI.2 : Résultat de calcul pratique d'aspersion.	72
Tableau VII.1 : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.	75
Tableau VII.2 : Fourniture et pose des conduites du réseau d'adduction et de distribution.....	75
Tableau VII.3 : Cout des équipements de protection	76
Tableau V.II4 : Fourniture et pose des systèmes d'irrigation.....	76
Tableau VII.5 : calculs des volumes de remblai et de déblai.....	77
Tableau VII.6 : Devis des volumes de remblai et de déblai	78

Liste des Annexes

Annexe 01 : tableau des $X^2_{\text{theorique}}$	81
Annexe 02 : Caractéristiques Hydriques Des Sols.....	82
Annexe 03 : Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30.....	83
Annexe 04 : Les Prix Des Conduites En Fonte D'après L'entreprise Kougc (Fourniture Et Pose).....	84
Annexe 05 : Tableau.2: Calcul des besoins en eau du Blé.....	85
Annexe 06 : Tableau.3 : Calcul des besoins en eau de l'Orge Grain.....	86
Annexe 07 : Tableau.4 : Calcul des besoins en eau de l'Orge Vert.....	87
Annexe 08 : Tableau 5 : Calcul Des Besoins En Eau De La Luzerne	88
Annexe 09 : Tableau 6 : Calcul des besoins en eau du Chou.....	89
Annexe 10 : Tableau 7 : Calcul des besoins en eau de la Courgette.....	90
Annexe 11 : Tableau 8 : Calcul des besoins en eau de la Betterave Sucrière	91
Annexe 12 : Tableau 9 : Calcul des besoins en eau de la Betterave	92
Annexe 13 : Tableau 10 : Calcul des besoins en eau de la Tomate	93
Annexe 14 : Tableau 11 : Calcul des besoins en eau du Poirier	94
Annexe 15 : Tableau 12 : Calcul des besoins en eau du Figuier.....	95

Introduction Générale

La gestion rationnelle des ressources en eau douce est une des principales préoccupations des sociétés humaines ; que cette ressource soit abondante, qu'elle l'ait été, mais de raréfie ou qu'elle ait toujours plus ou moins manqué, l'eau est maintenant partout considérée comme un bien précieux.

Face à l'augmentation vertigineuse des besoins par rapport à des ressources mobilisées relativement limitées, à la pollution grandissante de ces ressources, qu'elles soient superficielles ou souterraines, l'Algérie, comme tous les autres pays du monde, est sensée mener une politique de l'eau dans tous les domaines.

Le domaine agricole consomme plus de 70 % des ressources en eau en Algérie ; à savoir que l'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation.

Effectivement les économies en eau sont directement liées à l'efficacité d'utilisation de l'eau, indicateur souvent utilisé pour exprimer le niveau de performance des systèmes d'irrigation depuis la source jusqu'à la plante. Cette amélioration de l'efficacité de l'irrigation permet d'atteindre des économies d'eau supplémentaires.

Dans ce travail nous proposons d'apporter notre contribution à travers une étude d'aménagement hydro-agricole de Beni Slimane alimenté par le barrage de « **Beni Slimane** ».

Les différents axes de notre étude sont divisés en deux parties :

La première partie, dans laquelle nous :

- Présentons la zone où se trouve le périmètre ;
- Analysons les composantes climatiques, dont l'analyse hydrologique est indispensable ;
- Apprécions les potentialités du sol à travers la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et son aptitude, ainsi que l'évaluation de la qualité des eaux ;
- Déterminons les besoins en eau des cultures plus le débit spécifique et la quantité d'eau nécessaire pour assurer l'irrigation.

La deuxième partie englobe l'étude technique, dans laquelle nous :

- Dimensionnons les bornes et les réseaux d'adduction et de distribution ;
- Dimensionnons un réseau d'irrigation performant pour améliorer le rendement des cultures ;
- Finalisons le travail par un chapitre de calcul technico-économique pour l'estimation du coût total du projet d'irrigation.

Chapitre I : Analyse Des Conditions Naturelles

I.1.Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter la zone d'étude, en détaillant la situation géographique, les caractéristiques climatiques et socio-économiques, afin de permettre de caractériser la zone, et de mieux valoriser les potentialités agricoles du périmètre étudié.

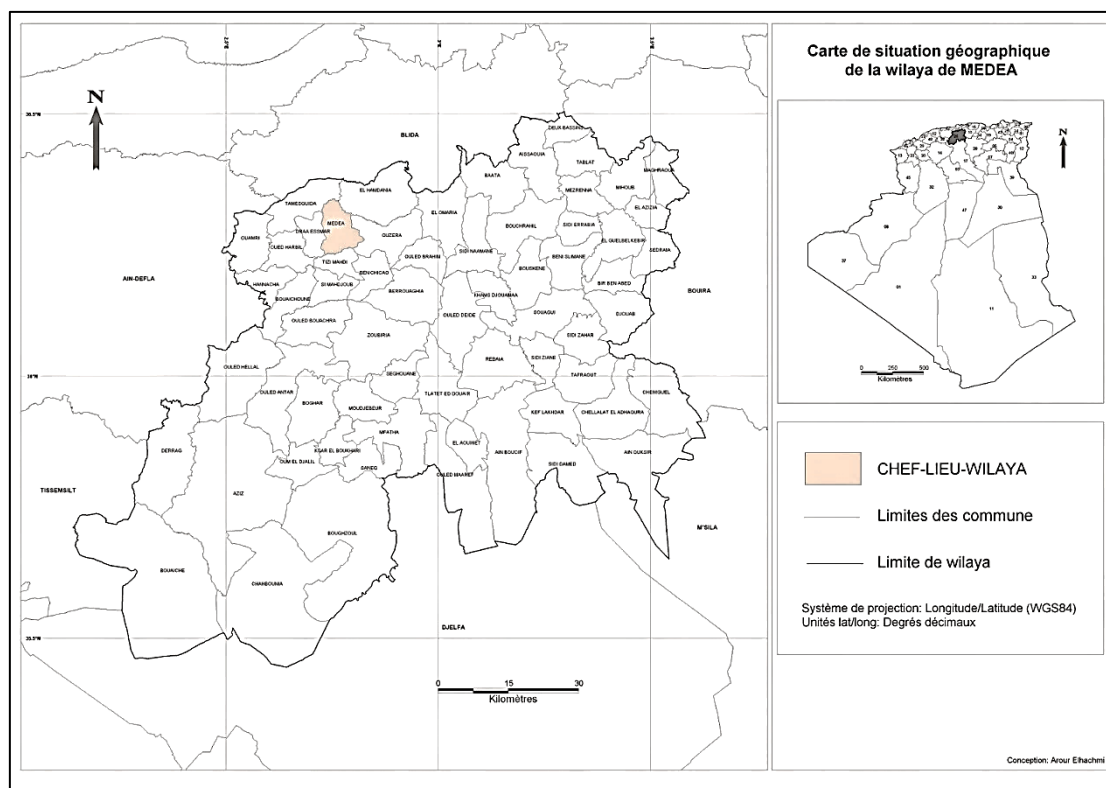
La zone d'étude concerne le périmètre de Beni Slimane situé au niveau de la wilaya de Médéa.

I.2.Situation géographique de la wilaya de Médéa :

La wilaya de Médéa est située au Nord Algérien, entre les régions du Tell et des Hauts Plateaux sur un territoire appelé sous l'administration ottomane le Titteri localisée entre les longitudes " 4° et 7° " Est, et les latitudes Nord " 35° et 36° ", d'une superficie de 8866 km², elle est délimitée par :

- Au nord, par la wilaya de Blida ;
- À l'est, par la wilaya de Msila et Bouira
- Au sud, par la wilaya de Djelfa;
- À l'ouest, par la wilaya d'Ain Defla et Tissemsilt ;

Administrativement la wilaya de Médéa est composée de 19 daïra se décomposant en 64 communes.



Source: ONID

Figure I.1. Situation Géographique De La Wilaya De Médéa

I.3. Présentation du périmètre d'étude :

La plaine de Bni Slimane est située dans la région nord du pays ; au sud -Est- du chef-lieu de la daïra de Beni Slimane (w de Médéa) ; elle s'étend sur une superficie de 22 250 ha dont 2000 ha seulement ont été mise en valeur pour l'irrigation, la zone d'étude est limité par :

- ▷ Au nord par la route nationale ;
- ▷ Au Sud par par la piste reliant respectivement : Tagmount, Sidi Mohamed, Rouaïhia, Goum sidi Lakhdar, Sidi AEK. - A l'Ouest par la commune de Timgad.
- ▷ A l'Est, par une piste reliant Kheddachet à la route nationale n° 76, traversant l'oued en passant entre le cimetière et le douar Meharzia ;
- ▷ A l'Ouest, par le point topographique 616 à El M'tahib jusqu'à la route menant de Sidi Slimane à Bouskène

Le périmètre a une surface de 2000 ha, et divisé en trois secteurs : S1 S2 S3

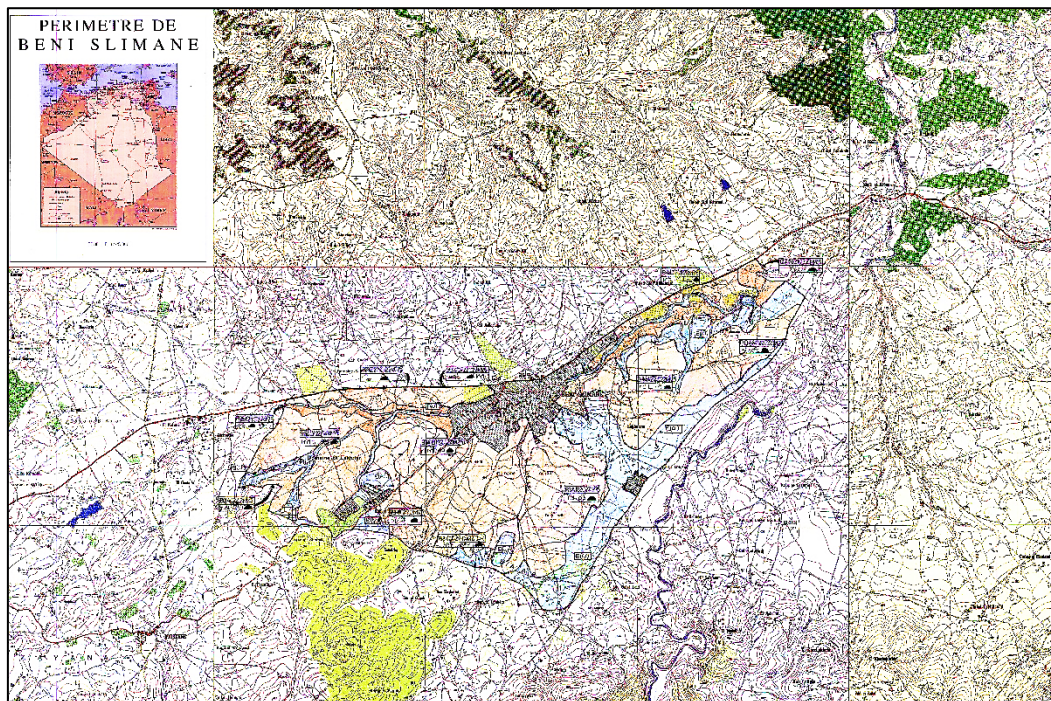


Figure I.2. Carte Du Perimetre De Beni Slimane (Source: ONID)

I.4. Topographie :

La région d'étude se situe dans la partie amont du bassin de l'oued Isser, elle est située dans l'anticlinal des Aribes, partie intégrante du vaste anticlinorium des Bibans qui s'étend sur 150 Km et formant l'alignement des montagnes qui se succèdent de Sétif à Berouaghia. La plaine de Beni Slimane et celle des Aribes sont considérées comme le prolongement occidental de la dépression de la Soummam.

La plaine de Beni Slimane est limitée au Nord par la chaîne littorale et au sud par la chaîne de Sour El Ghozlane. Les altitudes moyennes varient de 570 à 620 m NGA.

Le périmètre s'étend longitudinalement sur environ 10 km et sur une profondeur moyenne de 2,5km. La ville de Sidi Slimane se situe excentrée côté Nord au milieu du périmètre.

Le périmètre de Beni Slimane est limité au Sud-Est par l'Oued Mellah. Au Nord, l'Oued Bennloulou puis l'Oued Alyem, affluents de l'Oued Mellah, longe le périmètre d'Est en Ouest. Les oueds Lekehal et Bou Draa traversent le périmètre du Sud vers le Nord.

Les cours d'eau, peu importants ont une direction Sud-Est. Les lits des oueds sont profonds et stables, signe de l'arrêt de la sédimentation fluviale. Les pentes, généralement inclinées vers le Nord, oscillent de 1 à 3 %. La plaine est caractérisée par des pentes douces (moins à 5%), généralement dans le sens Sud-Nord.

I.5. Etude géologique :

La région de Béni Slimane appartient à la chaîne montagneuse de l'Atlas tellien et l'extrémité nord des hauts plateaux. Les formations du Crétacé sont généralement développées dans la partie nord de la wilaya et les dépôts du cénozoïque dans sa partie sud.

Les formations du Crétacé largement développés dans les parties nord et centrale de la région. Elles sont représentées par une assise puissante comprenant les dépôts du Crétacé inférieur à supérieur.

Les formations du Crétacé inférieur sont représentées par des schistes argilo-siliceux, des argilites et des marnes avec les intercalations de grés siliceux, parfois les roches sont gypseuses.

Les formations du Crétacé supérieur sont représentées par l'alternance des marnes et des calcaires ; les marnes sont compactes et ont une structure péliteomorphe, Les calcaires sont gris foncé, massifs et rubanés, à cassures conchoïdales.

Les dépôts du Quaternaires sont représentés par les formations de pentes : limons, sables, argiles et galets.

I.6. Activité tectonique :

La région de Béni Slimane fait partie du domaine tellien et se compose des anticlinorium de Blida et Tablat qui correspondent à des massifs autochtones au sud desquels se mettent en place les nappes telliennes. Les mouvements tectoniques enregistrés dans la région sont liés à l'orogénèse alpine.

Ils sont subdivisés en deux types :

- Les déformations tangentielles se manifestent par les déplacements de charriage.
- Les déformations souples et cassantes se manifestent par des plis et des failles de directions différentes

I.7. Etude climatologique :

Dans un projet d'irrigation, outre les facteurs climatiques les plus déterminants tenant à la situation géographique du projet, les températures, l'humidité relative, l'intensité des vents et leurs directions, la fréquence des jours de gelée et de sirocco constituent un ensemble d'éléments à prendre en considération.

I.7.1. Choix de la station de référence :

Pour avoir une bonne précision des paramètres climatiques et bien caractériser le climat de notre zone d'étude on a retenu Les données climatiques de la station météorologique de Beni Sliman qui est la plus proche du périmètre.

Tableau I.1 : Caractéristiques géographiques de la station étudiée
Source: ANRH BLIDA

Nom De La Station	Code	Coordonnées		Altitude	Période D'observation	Nbre D'années D'observer
		X(M)	Y(M)			
BENI SLIMANE	090302	557.2	322.65	600	1990-2019	29 Années

I.7.2. Pluies mensuelles :

La connaissance des pluies mensuelles permet de connaître le régime pluviométrique saisonnier et leurs fluctuations ce qui est indispensable en irrigation.

Les pluies mensuelles sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane (1999-2019).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Pmoy (mm)	30	33,07	51,95	42,89	49,54	44,29	40,18	41,56	38,77	12,25	2,88	11,35	398,79

Source: ANRH BLIDA

I.7.3. Les températures :

La température de l'air permet la détermination du climat, elle influe sur la croissance des plantes et elle conditionne l'évaporation et le cycle végétatif des cultures (photosynthèse et de la respiration).

Les relevés mensuels moyens des températures sur une période de 20 ans sont donnés par le tableau :

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

Température (C°)	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOUT
Tmax(C°)	29,57	24,94	17,63	13,93	12,78	13,73	17,28	20,64	25,07	31,03	35,48	35,1
Tmin(C°)	17,22	13,19	8,03	5,02	3,71	3,75	5,93	8,12	11,99	16,35	20	20,72
Tmoy(C°)	22,74	18,06	12,11	8,69	7,55	8,17	11,02	13,78	18,15	23,25	27,23	27,34

Source: ONM Alger

Avec :

- **Tmin:** moyenne de tous les minima observés pour chaque mois,
- **Tmax:** moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois,
- **Tmoy:** moyenne mensuelle.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

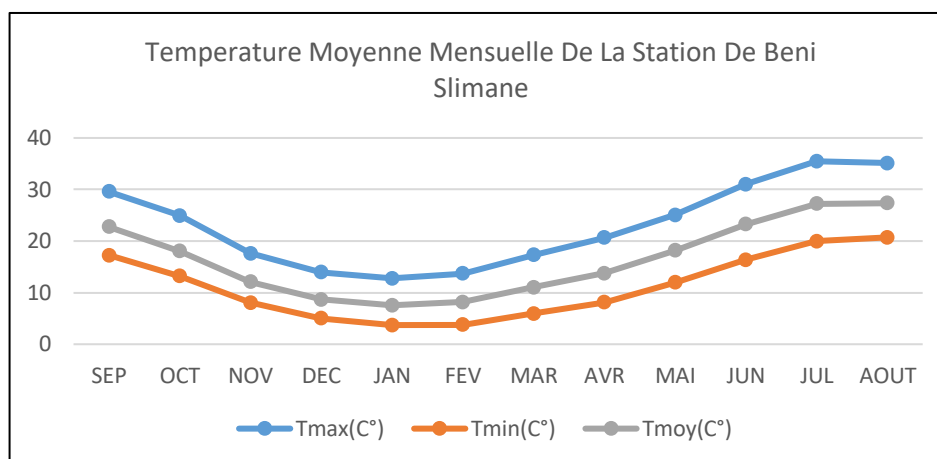


Figure I.3. Répartition des températures moyennes (Station de Beni Slimane)

D’après le tableau La région est caractérisée par un hiver très froid, température moyenne minimale inférieure à 4°C, et un été chaud avec des températures moyennes maximales supérieures à 35 °C. on remarque que la période la plus chaude correspond au mois de juillet et Aout avec une température moyenne de 27.3 °C, tandis que la période la plus froide correspond au mois de janvier et février avec une température moyenne de 7.9 °C.

I.7.4. L’humidité relative :

C’est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l’évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente la quantité réelle de vapeur d’eau contenue dans l’air par rapport à celle que pourrait contenir s’il était saturé à la même température.

Tableau I.4 : Humidité relative à la station de Beni Slimane

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Année
HR %	55,1	61,6	71,8	78,3	78,7	75,7	70	64,9	59	48,8	39,7	42,2	62,1

Source: ONM Alger

Les mois de Décembre et Janvier sont les plus humides, avec une moyenne de 78 %. Les mois les plus secs sont Juillet et Août avec une moyenne de 41%.

I.7.5. Le vent :

C’est un facteur déterminant pour le choix du système d’irrigation. Les valeurs présentées dans le tableau représentent la vitesse moyenne du vent.

Tableau I.5 : la moyenne mensuelle de la vitesse du vent de la station de Beni Slimane

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout
V(m/s)	2,6	2,1	2,2	2,8	2,9	2,1	2,9	2,7	3	2,5	2,9	2,5

Source: ONM Alger

Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année. La moyenne annuelle est de 2.6m/s.

I.7.6. Le Sirocco :

C'est un vent saharien violent, très sec et chaud qui souffle sur l'Afrique du Nord, il a un effet négatif sur les cultures car il influe sur l'évapotranspiration des plantes. Le nombre de jours moyen de sirocco est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau I.6 : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout
Nombre de jours moyens	3,40	2,55	0,10	0,25	0,55	0,20	1,15	0,75	1,70	2,85	3,45	3,85

Source: ONM Alger

Le tableau montre que les siroccos sont fréquents dans la région. En moyenne, on enregistre de 3 à 4 jours de sirocco durant la période juin – octobre. Dans l'année, on observe en moyenne 21 jours de sirocco.

I.7.7. Gelée

La période des gelées dans la zone du périmètre s'étale de Novembre à Mai ; les fréquences les plus élevées sont observées au cours des mois de Décembre, Janvier et Février avec respectivement 6, 10 et 7 jours de gelée. L'année totalise en moyenne 29 jours de gelée.

Le tableau suivant montre le nombre de jours de gelées observées à la station climatique de Béni Slimane.

Tableau I.7 : nombre de jours de gelées à la station de Beni Slimane

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nombre de jours de gelée	10	7	3	1	1	0	0	0	0	0	1	6	29

Source: ONM Alger

Il est à rappeler que la gelée est connue par ses effets néfastes sur les cultures et cause des dommages importants (pertes de cultures jusqu'à 80%) aux cultures de primeurs et cultures sous serres.

I.7.8. La grêle et la neige :

Les observations du nombre de jours de neige et de grêle sur 20 ans à la station de Beni Slimane sont montrées dans le tableau suivant:

Tableau I.8 : nombre de jours de neige et de grêle à la station de Beni Slimane

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nbre de jours de Neige	6	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21
Nbre de jours de Grêle	1	2	2	2	2	1	1	0	9	1	0	2	23

Source: ONM Alger

La neige n'est pas fréquente dans cette région. Elle a été observée au maximum 7 fois sur 20 ans au mois de février. Quelques jours (entre 3 et 6) de neige ont été observés, sur une période de 20 ans, au mois de décembre, janvier et mars.

La grêle est également rare dans la région. Le mois de septembre est celui où on a enregistré le plus de grêle (09 jours sur une période de 20 ans).

I.7.9. L'orage :

Tableau I.9 : nombre de jours d'orages à la station de Beni Slimane

Mois	Sep	Oct	No v	De c	Ja n	Fe v	Ma r	Av r	Ma i	Jun	Ju l	Aou t	Annee s
Jour s	2,8	3,4	0,7	0,7	1,3	0,7	0,3	1,2	3,9	2,6	1,3	3,5	22,4
%	12, 5	15, 2	3,1	3,1	5,8	3,1	1,3	5,4	17, 4	11, 6	5,8	15,6	100

Source: ONM Alger

On remarque que les orages sont fréquents en période estivale.

I.7.10. Calcul des indices Agro-météorologiques :

Pour déterminer le type du climat et l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes, nous avons deux facteurs essentiels : la pluviométrie et la température. Les indices les plus connus sont ceux de De Martonne et le quotient ombrothermique d'Emberger.

I.7.1.1 L'indice d'aridité de Martonne :

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

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

Avec :

- I_A : indice climatique.
- P : précipitation moyenne annuelle (mm).
- T : température moyenne annuelle (°C).

Les limites des climats d'après l'indice climatique de De Martonne sont données dans le tableau suivant :

Tableau I.10 : Classification du climat selon de Martonne

Valeur De I_A	Type De Climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A < 10$	Très Sec	Indispensable
$10 < I_A < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I_A < 30$	Relativement Humide	Parfois Utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

Dans notre cas, nous avons :

- $P = 398,79\text{mm}$
- $T = 16.5^\circ\text{C}$

On trouve donc :

$$I_A = \frac{398,79}{16.5 + 10} = 15,05$$

Selon l'indice d'aridité De Martonne, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime de climat sec, et que l'irrigation est souvent indispensable.

I.7.1.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger :

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

$$Q = \frac{1000 \cdot P}{(M + m)(M - m)/2} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot P}{M^2 - m^2} \quad (\text{I.2})$$

Avec :

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

Pour :

- $P = 398,79 \text{ mm}$
- $M = 35.48^\circ\text{C}$
- $m = 3.71^\circ\text{C}$

$$Q = \frac{2.1000.398,79}{(35.48 + 273.15)^2 - (3.71 + 273.15)^2} = 42,87$$

D'où $Q = 43$

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (3.71°C), on peut confirmer que notre région se situe dans :

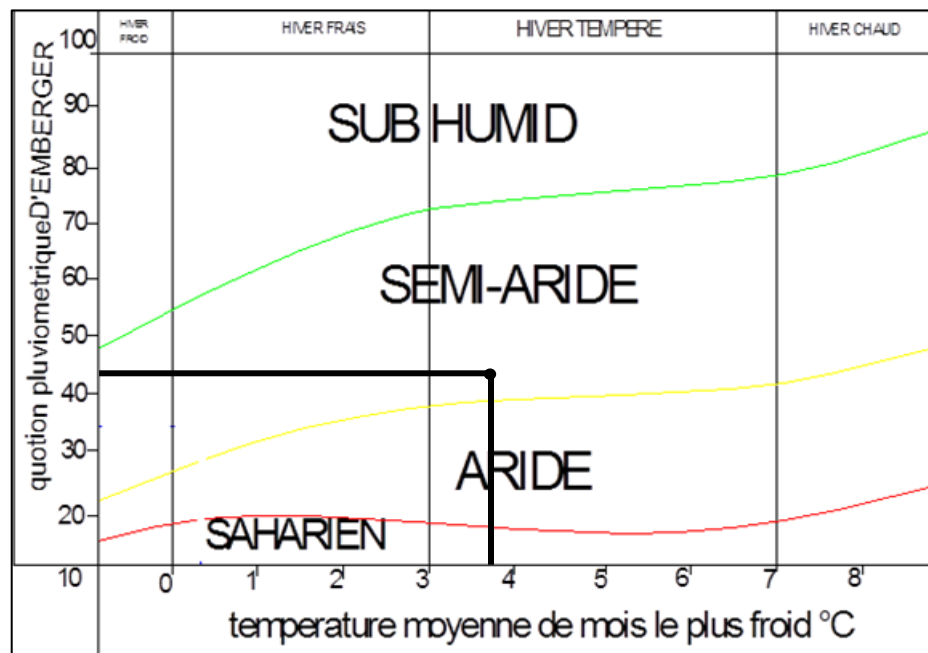


Figure I.4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

L'étage bioclimatique : **Semi-aride**

I.7.1.3 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme Ombrothermique de F.Bagnouls et H.Gaussen permet de faire ressortir la période sèche au cours de l'année. Dans ce diagramme, on considère un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en $^{\circ}\text{C}$ ($P \leq 2T$), c'est-à-dire quand la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures.

La période s'étalant entre les abscisses des points de l'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche, l'appréciation de la durée de la période sèche permet de déterminer la période correspondante pendant laquelle les cultures exigent de l'irrigation pour se développer. Cette période s'étale généralement sur quatre à cinq mois (cycle végétatif)

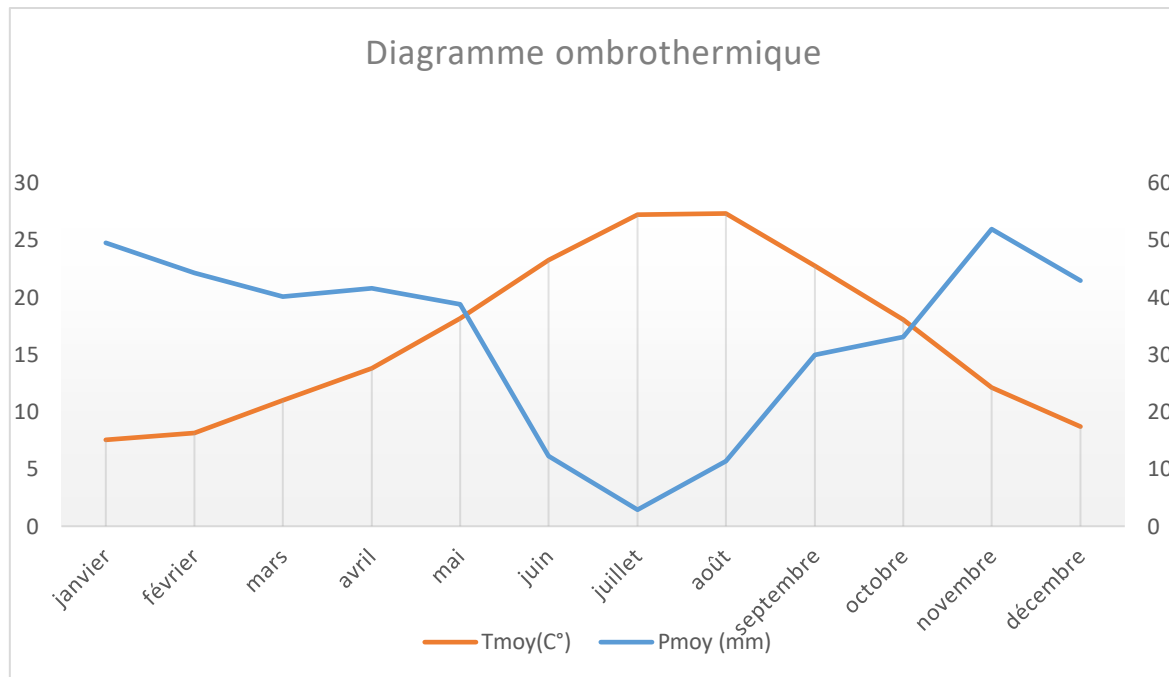


Figure I.5 Diagramme ombrothermique de Gausson

Description du graphe :

Le diagramme de Gausson met en évidence une période sèche allant de mai au mois d'octobre. Ceci montre que le recours à l'irrigation est nécessaire durant cette période.

I.8. Etude Socio-économique :

La wilaya de Médéa occupe une situation stratégique de gardienne des riches plaines du Cheliff et de la Mitidja avec une vocation agropastorale que lui confèrent une pluviométrie appréciable, surtout dans le nord, et un relief qui alterne montagnes et hauts plateaux.

I.8.1. Argumentation du projet d'aménagement de mise valeur du périmètre

I.8.1.1 Situation actuelle :

Le système de production de la commune de Beni Slimane est à caractère extensif caractérisé par des itinéraires techniques traditionnels avec une domination nette de la sole céréalière avec 97% . Les cultures maraîchères représentent 1.72% sont peu pratiquées avec une prédilection pour la culture de carottes et la pomme de terre ; Cependant l'arboriculture fruitière reste la moins pratiquée avec 1.69%.

I.8.1.2 Situation projetée :

La mobilisation des eaux va contribuer d'une façon substantielle au développement agricole de la plaine ; et contribuera d'une façon certaine à remodeler son paysage agricole.

L'effort de développement par l'agriculteur et l'Etat se traduira par :

- une sécurisation de l'agriculteur face aux aléas climatiques

- une meilleure conduite des cultures, notamment en ce qui concerne le niveau saisonnier des besoins en eau des cultures.
- une augmentation sensible des revenus des agriculteurs
- un effet d'entraînement sur l'agro – industrie

I.9. Conclusion :

Durant ce chapitre, qui est fondé principalement sur l'étude des données pluviométriques et climatiques du périmètre d'étude, nous avons déduit que le périmètre de Beni Slimane est caractérisé par un climat semi-aride, et par une moyenne pluviométrique de l'ordre de 398,79mm/an qui se précipite essentiellement durant la période Octobre-Mai.

Vu que l'activité fondamentale de notre zone d'étude est l'agriculture et sachant que les potentialités agro-pédologiques de cette dernière sont importantes ; l'introduction de l'irrigation est une nécessité pour le développement des cultures et l'amélioration du secteur dans cette zone semi-aride.

Chapitre II : Ressources En Sol Et Ressources En Eau

II.1 Introduction:

Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée ou peu marquée par la pédogenèse.

Il joue un rôle majeur dans le fonctionnement général de la planète Terre ; Il constitue le support des végétaux ; il permet de réguler la qualité de l'air et des eaux, ainsi que de lutter contre de nombreuses pollutions, contre les érosions et contre les inondations ; il est également un site de stockage de divers éléments et, par filtrage, il assure la dépollution de nombreux contaminants et permet la régulation des ravageurs de cultures.

Dans ce chapitre, nous allons aborder les ressources en sol et en eau du périmètre de Beni Slimane qui sont indispensables dans tout développement agricole.

II.2 Ressources en sol:

Le sol est conçu comme une ressource constituant une réserve d'éléments nutritifs pour la végétation (cultivée ou non) et le lieu de croissance et d'activité des racines d'où l'indispensabilité de bien connaître ses caractéristiques afin d'obtenir un rendement maximale des cultures.

II.2.1 But de l'étude pédologique :

La pédologie, en effet, est l'un des aspects fondamentaux de toute étude ou opération de développement agricole, puisque le choix des cultures, de leur implantation et des techniques agricoles sont en grande partie déterminés par les caractéristiques physiques et chimiques des sols ainsi que par leur localisation. L'étude pédologique a pour but :

- La détermination des caractéristiques et localisation des unités de sols,
- La détermination des cultures et des rendements possibles sur un sol donné, avec des techniques culturales définies (potentiel de production d'un sol),
- Le choix de sols convenant à une culture donnée, en fonction de techniques culturales définies,
- La détermination des techniques culturales à employer sur un sol donné pour une culture définie,
- La détermination des conséquences prévisibles d'une technique culturale donnée sur un sol défini.

II.2.2 Description et classification des sols du périmètre :

La classification des sols utilisée est basée essentiellement sur les caractères morphogénétiques.

La prospection pédologique confrontée aux résultats analytiques des sols a permis de mettre en évidence 03 classes de sols réparties comme suit :

- Classe des sols peu évolués ;

- Classe des sols calcimagnésiques ;
- Classe des sols à sesquioxyde de fer

Cependant il faut signaler que la majeure partie des sols sont rangés dans la classe des sols à sesquioxyde de fer.

Les unités majeures reconnues dans la région étudiée sont regroupées dans le tableau :

Tableau II.1 : Classification des sols

Classes	Sous- Classe	Groupe	Sous-groupe	Famille	Série	Type
Sols Peu Evolués	Non Climatiques	Alluvial	Modal	Sur alluvions	-Profond	limono-argileux
			Vertique modal	colluvions rouges		Argilo Limoneux Argileux
		Colluvial				limono-argileux
Sols Calcimagnésiques	Carbonatés	Rendzine	Modale	Sur croûte	-Peu profond	argileux limono-Argileux
Sols à Sesquioxyde de fer	Sols Rouges formés un sous climat de type méditerranéen	Sols à réserves calciques et le plus souvent peu lessivés	Avec ou sans horizons Cca Modaux	sur colluvions et alluvions	Moyennement Profond	Argileux Très Argileux
			A caractères vertiques	Sur croûte et encroûtement	Profond	limono-argileux
			Recalcarifiés		Moyennement Prof	argilo- Limoneux

II.2.3 Le profil pédologique :

Le profil pédologique est l'ensemble des horizons d'un sol donné ; chaque horizon étant une couche repérable et distincte par ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques. L'examen du profil pédologique permet de découvrir la succession des couches ou l'horizon expliquant la formation et évolution du sol, sa pédogenèse permet de classer le sol d'après son type pédologique. Les profils décrits et analysés ont été réalisés par l'ANRH (2007).

II.2.3.1 Description morphologique des profils :

Les sols les plus représentatifs du périmètre irrigable sont ceux appartenant à la classe des sols à sesquioxyde de fer (sols rouges) qui occupent les terrasses et s'étendent sur une superficie de : 1494,21ha

- **Les Sols rouges modaux : 445,56 ha (16,86%)**

Les sols rouges modaux largement représentés sont développés principalement sur des matériaux rubéfiés, mais également sur des dépôts du Quartz et argiles schisteuses.

Profil 18 :

- **Date :** 30/03/07.
- **Drainage :** bon.
- **Localisation :** Ouest de Béni Slimane.
- **Relief :** plane.
- **Occupation du sol :** Jachère.
- **Géomorphologie :** terrasse récente.
- **Etat de la surface:** cailloux roulés en surface.
- **Coordonnées Lambert :** X = 551,750 ; Y = 325,150.

Résultats d'analyses :

Tableau II.2 : Granulométrie et Matières Organiques

Horizon	Granulométrie %					Matières Organiques %			
	A	Lf	Lg	Sf	Sg	MO	C	N	C/N
0-50	57	10	16,2	15,2	1,3	0,33	1,96	0,13	15
50-80	66,5	8,5	14,1	9,7	1,2	0,27	1,62	0,1	16
80-140	71	4,5	16,6	7,4	0,7	0,25	1,46	0,12	12

Tableau II.3 : Résultats analytiques : réserves minérales et solution du sol

Horizon en cm	CaCO ₃ Total %	CaCO ₃ actif %	P ₂ O ₅ total (ppm)	P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	K ₂ O total	PH	C.E en mmhos /cm
0-50	2,8	---	---	27,66	8,2	8,2	0,22
50-80	2,8	---	---	Traces	7,4	7,4	0,18
80-140	2,4	----	---	Traces	7,4	7,4	0,17

DESCRIPTION :

Sols à sesquioxyde de fer (ou de manganèse) - sols rouges formés sous un climat de type méditerranéen - sols rouges à réserve calcique et le plus souvent peu lessivés - sur alluvions - profond - argileux.

- **0-50cm :** Horizon rouge (2,5 YR 4/6) - frais - texture Argileuse - structure grumeleuse - porosité très bonne - bon enracinement - activité biologique assez bonne - non adhésive - cohésion faible - Limite inférieure graduelle et peu distincte - Hcl 0
- **50-80cm:** Horizon rouge (2,5YR 4/5) -texture Argileuse - structure polyédrique fine à moyenne - porosité très bonne - faible enracinement - activité biologique assez bonne - non adhésive - cohésion faible - quelques cailloux roulés - Limite inférieure nette - Hcl 0
- **80-140cm :** Horizon rouge(2,5 YR 4/5) - texture Argileuse à très argileuse- structure polyédrique grossière bien individualisée - porosité faible - activité biologique assez bonne - non adhésive - cohésion faible - quelques cailloux roulés à la base - Limite inférieure nette - Hcl 0

Pour le cas du profil 18, pris comme exemple, il en résulte que la texture est argileuse en surface (horizon de labour d'une profondeur de 50 cm dont le taux d'argile est de 57%) et très fine en profondeur (taux d'argile 66,5 et 71%).

Le calcaire total est faible (2,4 à 2,8%) et nul pour le calcaire actif.

L'analyse a fait ressortir une conductivité très faible sinon insignifiante et sans effets pour les cultures agricoles

II.2.4 Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

Le sol est un mélange poreux des particules inorganiques ou minérales, de matière organique, d'air et d'eau. Le terme sol, sera défini comme étant la couche supérieure de la terre qui peut être creusé et pelleté.

Un sol se caractérise par un certain nombre de paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres sont généralement fonctions à la fois de la structure et de la texture du sol,

sans toutefois leur être rigoureusement liés.

Les paramètres hydrodynamiques, (voir Annexe 2), qui interviennent entre autres dans le calcul de la dose d'irrigation sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau II.4 : Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	26
Point de flétrissement (%)	17
Densité apparente	1.4 – 1.6

II.2.5 Détermination des aptitudes culturales des sols :

L'étude minutieuse des facteurs limitant (profondeur, texture, salinité et inclusions) a permis d'envisager les spéculations agricoles suivantes :

II.2.5.1 Cultures Arboricoles :

Tableau II.5 : Numérotation des Cultures arboricoles

N°	Cultures	N°	Cultures
1	Agrumes	9	Oliviers
2	Pecher - Abricotier Sur Pecher	10	Pommier Sur Franc
3	Amandier - Pecher - Abricotier Sur Amandier	11	Pommier Sur Doucin
4	Prunier - Pecher Sur Prunier St Julien	12	Pommier Sur Paradis
5	Abricotier Sur Franc	3	Poirier Sur Franc
6	Prunier - Abricotier Sur Prunier	14	Poirier Sur Cognassier
7	Cerisier Sur Merisier	15	Figuier
8	Cerisier Sur Ste Lucie		

II.2.5.2 Les Cultures Industrielles :

Tableau II.6 : Numérotation Des Cultures Industrielles

N°	Cultures
1	Betterave A Sucre
2	Coton
3	Tournesol
4	Tabac
5	Lin

II.2.5.3 Les Cultures Céréalières Et Fourragères :

Tableau II.7 : Numérotation des cultures céréalières et fourragères

N°	CULTURES	N°	CULTURES
1	LUZERNE	6	VESCE- AVOINE
2	BERSIM	7	RAY-GRASS
3	SORGHO	8	BLE DUR
4	MAIS	9	BLE TENDRE
5	FETUQUE	10	ORGE

II.2.5.4 Les Cultures Maraichères Adaptées Aux Textures Fines.

Tableau II.8: Numérotation des cultures maraichères

N°	Cultures	N°	Cultures	N°	Cultures
1	Artichaut	8	Choux Pomme	15	Piment - Poivron
2	Tomate	9	Epinard	16	Haricot
3	Oignon	10	Laitue	17	Concombre
4	Pomme De Terre	11	Ail	18	Pois
5	Carotte	12	Aubergine	19	Asperge
6	Navet	13	Pasteque	20	Fraisier
7	Choux-Fleurs	14	Melon	21	Primeurs

L'aptitude en irrigué dépend de la profondeur des sols qui varie suivant la présence d'une croûte ou d'un encroûtement et de leur niveau d'apparition.

- Sur les reliefs les plus accusés, bien que peu important dans la zone du périmètre, situés généralement au sud et Sud-Ouest de Béni Slimane, l'érosion active interdit toute forme d'agriculture en irrigué.
- Sur les surfaces en pente moyenne et lorsque les sols sont de bonne qualité, l'irrigation par aspersion est recommandée et peut être adaptée pour de nombreuses cultures surtout maraichères.
- Dans les zones basses du périmètre et qui sont situées en bordure des oueds, le rôle de drain principal peut être donné à ces oueds pour l'évacuation des eaux pluviales en excès.

La connaissance des caractères physico-chimiques des sols permettra par cette occasion l'introduction de nouvelles cultures dans la plaine

Comme système d'irrigation économique et adaptés aux sols du périmètre, l'irrigation par aspersion pour la céréaliculture et le goutte à goutte pour l'arboriculture sont préconisés.

II.3 Ressources en eau :

L'eau est une ressource indispensable dans la production agricole, d'où l'importance de l'évaluation des besoins en eau ainsi que la confirmation de la quantité et la qualité de cette dernière allouée à ce périmètre à partir du futur barrage de Beni Slimane.

II.3.1 Ressources en eau du périmètre :

La ressource en eau provient du barrage de Beni Slimane dans la Wilaya de Médéa, ce dernier représente la seule source d'eau pour le périmètre; La totalité du volume disponible annuel sera destiné à l'irrigation ;

Le site du barrage de Beni Slimane est situé environ de 7 km au sud de la ville de Beni Slimane, il englobe la partie amont du bassin versant de l'oued Mellah.

Le barrage de Beni Slimane est un barrage de type digue en enrochements avec noyau étanche en argile avec une cote de crête autour 715 m NGA. Le réservoir à une capacité utile d'exploitation de 23 hm³ avec une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 690 m.

Cette cote a été établie pour garantir la dotation d'eau pour l'irrigation (8 hm³).

Coordonnées du site du barrage :

- X = 530 686 m
- Y = 4002 225 m
- Z = 657 m

Caractéristiques principales du barrage :

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| • Bassin versant..... | 178 km ² |
| • Capacité du barrage..... | 23 hm ³ |
| • Hauteur du barrage..... | 58 m |
| • Volume régularisé..... | 8 hm ³ |
| • Tranche morte..... | 4 hm ³ |
| • Volume utile..... | 19 hm ³ |

II.3.2 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :

Il est indispensable d'étudier la qualité d'eau destinée à l'irrigation avant tout projet d'aménagement agricole.

Pour donner un aperçu sur la qualité de l'eau qui sera emmagasinée au futur barrage de Beni Slimane, les données des analyses réalisées à l'ANRH sur des prélèvements effectués à la station hydrométrique de Beni Slimane située à environ 06 Km en aval du site du futur barrage ont été utilisées. Signalons que ces prélèvements ont été effectués uniquement sur la période de 05 ans allant de 1984-1989.

Tableau II.9 : Les valeurs moyennes mensuelles du Na, Ca et du Mg (ANRH)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyen
Ca (mg/l)	95.8	95.7	91.9	97.3	121.8	145.8	162	320	168.3	124.3	87	106	134.6583
Mg (mg/l)	50.5	39.7	48.7	58.2	78.6	123.8	106.3	192	70.4	53.9	54	38,6	79.64545
Na (mg/l)	202	153	186.5	265	385.4	700	547.7	1050	591.1	274.3	156.8	257.6	397.45

II.3.3 Classification des eaux pour l'irrigation :

Nous nous sommes basées sur la classification américaine des eaux d'irrigation, cette dernière est reposée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

II.3.3.1 Le SAR (Sodium Absorption ration) :

La qualité des eaux pour l'irrigation est déterminée par la méthode de Sodium Absorption Ratio (S.A.R.).

Le SAR exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux, qui est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

- **Na** : Sodium en mg équiv/l ;
- **Ca** : Calcium en mg équiv/l ;
- **Mg** : Magnésium en mg équiv/l .

Les résultats de calcul du SAR sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau II.10 : les valeurs moyennes mensuelles du SAR

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyen
SAR Méq/L	4.14	3.31	3.9	5.23	6.67	10.3	8.18	11.4	9.62	5.15	3.24	5.42	6.38

Donc : **SAR = 6.38 méq/l**

On distingue quatre classes de danger d'alcalinisation qui sont montrées dans le tableau :

Tableau II.11 : Classification des eaux en fonction de SAR.

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

Interprétation :

D'après cette classification, notre eau est de classe S1 avec un faible risque d'alcalinisation.

II.3.3.2 La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique : C'est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25 C et exprimée en mmhos/cm.

Tableau II.12 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux	cultures
C1	$CE \geq 0.25$	Risque faible de salinité	Pour toutes les cultures
C2	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Risque moyen de salinité	pour les plantes moyennement tolérantes.
C3	$0.75 \leq CE \leq 2.25$	Risque élevé de salinité	ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
C4	$CE > 2.25$	Risque très élevé de salinité	eau difficilement utilisable

Les valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique sur une période de 5 ans de 1984 au 1989 sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau II.13 : la conductivité électrique moyenne mensuelle a la station de Beni Slimane sur la période (1984-1989) (ANRH)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyen
Conductivité mmOhms/cm	1.84	1.67	1.76	2.15	2.92	4.74	3.97	7.6	4.19	2.34	1.68	1.95	3.0675

D’après le tableau, la conductivité électrique moyenne égale à 3,07 mmOhms/cm.

Interpretation :

D’après la Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique, notre eau appartient à la classe C4 avec un risque très élevé de salinité.

II.3.3.3 Le diagramme de Riverside :

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

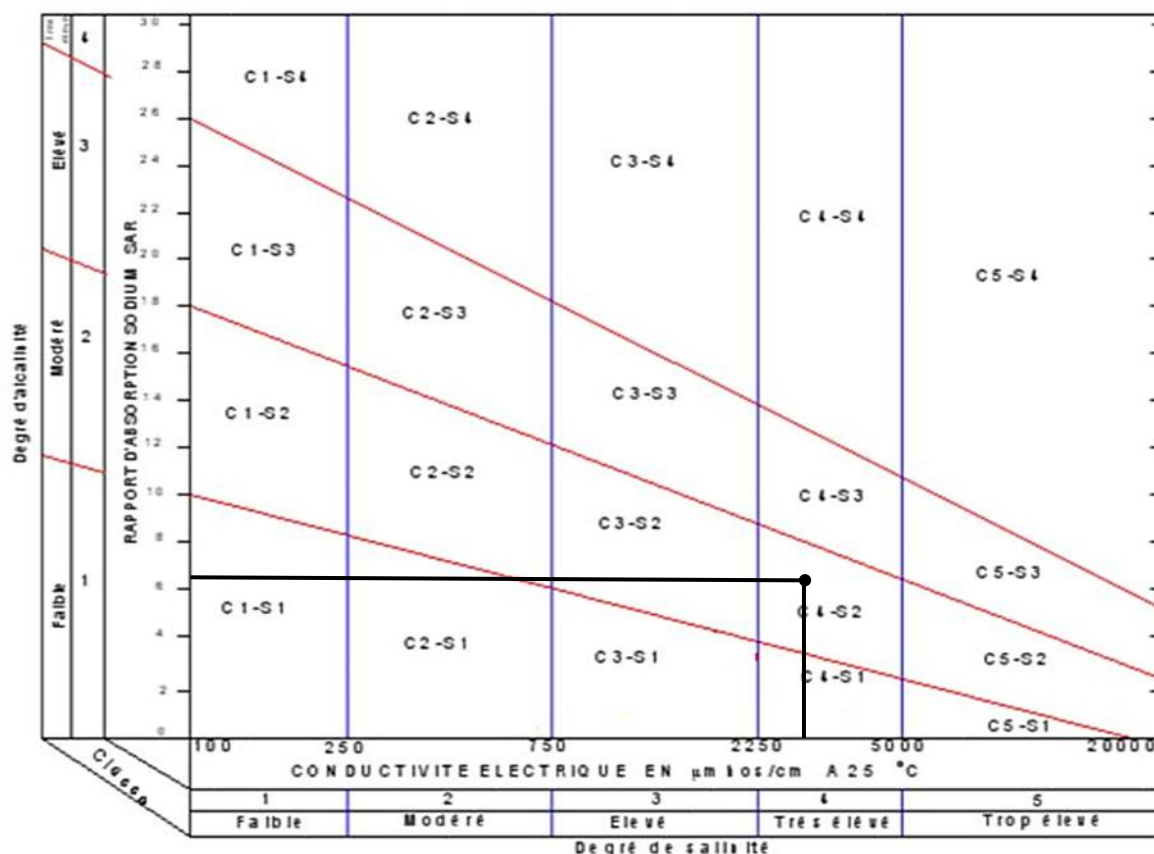


Figure II.1: Diagramme de classification des eaux d’irrigation

Interpretation :

Etant donné l’eau de l’oued a un SAR de 6.38 meq/l, et une CE=3.07 mmhos/cm, et on se référant, sur le diagramme de classification des eaux d’irrigation, on peut dire que notre eau se

classe dans C4S2 (la quantité du sodium est qualifiée de moyenne et la salinité est qualifiée de très élevée).

Remarque :

Si on étudie avec attention les résultats analytiques obtenus dans la période 1984-1989, on voit que pendant les mois où la demande est plus importante en eau pour l'irrigation, les eaux ont moins de concentration totale en sels solubles.

La période pendant laquelle il y a le plus grand apport d'eau depuis le barrage de Beni Slimane est directement liée avec la concentration de sels dissouts dans les eaux d'irrigation. Le remplissage du barrage s'effectue pendant les mois les plus pluvieux, et c'est pendant ces mois que la salinité de l'eau circulante est plus faible, s'agissant d'eau de ruissellement superficiel.

Toutefois il est recommandé de réaliser un programme régulier d'analyse de l'eau du barrage de Beni Slimane lors de son exploitation pour pouvoir évaluer la qualité de l'eau tout au long de l'années et répondre à n'importe quelles incertitudes concernant la salinité.

II.4 Calcul de la pluie du projet :

Le calcul de la pluie du projet est indispensable, puisqu'elle intervient dans le calcul des besoins en eau des cultures projetées dans le périmètre.

II.4.1 Choix de la station :

En tenant compte de la position de notre périmètre le choix de la station se fait en vérifiant les conditions suivantes :

- Localisation géographique proche au périmètre ;
- Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable ;

Tableau II.14 : Caractéristique Principales De La Station Pluviométrique (ANRH).

Nom de la station	code	coordonnées		Altitude	Période d'observation	Nbre d'années d'observer
		X(m)	Y(m)			
BENI SLIMANE	090302	557.2	322.65	600	1990-2019	29 années

II.4.2 Répartition de la pluie moyenne annuelle :

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de Beni Slimane (1990-2019) est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau II.15 : Répartition mensuelle des précipitations (mm) (ANRH)

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1990	22	15,3	25,383	48,1	36	65,7	66,3	20	14,8	4,3	3,2	0	321,083
1991	5,5	70,8	6,9	4,8	83	8,7	57,5	61,8	77,4	19,4	21,7	0	417,5
1992	16,1	36	62,7	22,8	16,5	45,3	8,6	38,1	26,146	13,5	0	7,2	292,946
1993	49,7	12,3	18,8	29,8	40,1	38	0	46,4	2,5	0	0	3,7	241,3
1994	53,4	51,5	25,8	33	138	31	78,2	3,3	0	19	0	12,6	445,8
1995	15,6	33,1	10	8	30,7	77,7	29,6	80	43,7	51,2	12	9,7	401,3
1996	16,3	8,3	15,5	32,4	36,9	14,8	2,5	58,8	20,1	2,4	0	21,2	229,2
1997	47,1	42,6	53,3	55,9	13	59,6	7,8	18,1	144,2	4,5	0	11,5	457,6
1998	57	29,8	63,4	21	59,5	47,4	76,2	0,6	22,8	0,8	0,9	3,6	383
1999	24,632	20,524	35,144	76,862	26,526	10,012	14,412	28,248	20,679	6,3	2,1	5,1	270,539
2000	16,344	97,876	37,208	36,2	94,2	28,7	0	40	9,3	4,7	0	5,2	369,728
2001	33	2,2	24,9	14,9	23,8	23,6	9,7	8,4	2	0	15,9	39,6	198
2002	25,4	11,2	75,4	69,5	92,6	67,8	5,5	74	35,6	0,2	0	14,9	472,1
2003	78,6	89,2	50,2	93,9	38,5	9,9	28,6	36,9	92,1	0,4	20,9	15,4	554,6
2004	7,7	24	28,6	78,9	51,6	63,2	10,7	8,1	5,741	4,7	0	0	283,241
2005	12,8	52		51	70,4	72	25,5	46,2	43,8	6,9	0	0	380,6
2006	47,9	4,5	30	58,2	5,1	48,1	135,9	69,7	24,7	8,7	9	2,8	444,6
2007	141,1	54,8	74,6	19,6	8	35,6	45,6	6,9	104,5	18,4	0,6	0,5	510,2
2008	41,8	35,4	37,1	61,7	53,8	20,2	52,7	66,5	27,2	0	0	10	406,4
2009	83	19,3	70	38,726	48,1	80,6	62,7	10,8	44,7	2,5	0	45,4	505,826
2010	4,6	50,8	68,7	32,6	29,9	83,5	29,5	74,7	76,7	26,6	0	7,8	485,4
2011	23,2	50,3	71,1	30,8	9,2	85	73,9	84,6	22,5	0	0	0,8	451,4
2012	2,5	43,7	55,6	4,3	67,7	86,1	40,9	65,8	64,2	1,7	0,3	23,2	456
2013	30,8	2,2	61,8	51,3	41	32,6	67,4	4,1	3,5	76,6	0	11,2	382,5
2014	19,1	4,2	33,4	103,2	45,9	78,6	13,1	0	12,3	16	0	5,8	331,6
2015	45,4	26,7	14,5	0	40,7	57,2	57,1	39,7	75,9	6,5	0	0	363,7
2016	22,8	3,2	22,4	41,9	154,6	6,2	25,1	19,4	25	12,9	0	3,5	337
2017	19,9	12,6	44,8	60,7	24,5	25,4	78,9	96	44,9	50,8	0	56,4	514,9
2018	41,4	68,2	70,1	76,4	86,3	26,4	47	54	18,3	6,2	0	3,1	497,4
2019	111,9	19,7	73,3	30,3	20,3	0	54,5	85,9	58	2,5	0	20,5	476,9

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau II.16: Caractéristiques de la série pluviométrique

La moyenne	396 mm
L'ecart type	94
La mediane	404
p_{min}	198
p_{max}	554.6

II.4.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

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

II.4.3.1 Teste de Wilcoxon :

Ce test repose sur un procédé simple, permettant de tester l'homogénéité d'une série de données, sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation.

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

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 > N_2$
- On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant.
- On attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous série appartient elle.

La série est homogène avec une probabilité de 95% , si la relation ci-dessous est vérifiée

$$\text{Avec : } W_{\min} < W_x < W_{\max} \quad ; W_x = |Rang|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous sérient

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

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

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau II.17 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique

rang	annuel	série Y	Série X	trier	X Union Y
1	321,083	321,083	198	198	x
2	417,5	417,5	472,1	229,2	y
3	292,946	292,946	554,6	241,3	y
4	241,3	241,3	283,241	270,539	y
5	445,8	445,8	380,6	283,241	x
6	401,3	401,3	444,6	292,946	y
7	229,2	229,2	510,2	321,083	y
8	457,6	457,6	406,4	331,6	x
9	383	383	505,826	337	x

10	270,539	270,539	485,4	363,7	x
11	369,728	369,728	451,4	369,728	y
12	198		456	380,6	x
13	472,1		382,5	382,5	x
14	554,6		331,6	383	y
15	283,241		363,7	401,3	y
16	380,6		337	406,4	x
17	444,6		514,9	417,5	y
18	510,2		497,4	444,6	x
19	406,4		476,9	445,8	y
20	505,826			451,4	x
21	485,4			456	x
22	451,4			457,6	y
23	456			472,1	x
24	382,5			476,9	x
25	331,6			485,4	x
26	363,7			497,4	x
27	337			505,826	x
28	514,9			510,2	x
29	497,4			514,9	x
30	476,9			554,6	x

Avec :

$$N1 = 19$$

$$N2 = 11$$

$$W_{min} = 124.5$$

$$W_{max} = 464.5$$

$$W_x = 345$$

On aura :

$$124.5 < W_x = 345 < 464.5$$

La condition d'homogénéité de Wilcoxon est vérifiée, donc les pluies annuelles de la station de Beni Slimane sont homogènes.

II.4.4 Ajustement statistique des pluies :

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

II.4.4.1 Ajustement à la loi Normale :

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les

pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du \quad (\text{Fréquence au non dépassement}) \quad (\text{II.4})$$

u :Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ;
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées ;
- Calculer la fréquence expérimentale ;
- Variable réduite de gauss u ;
- Les caractéristiques empiriques ;
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien ;

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Beni Slimane sont les suivantes :

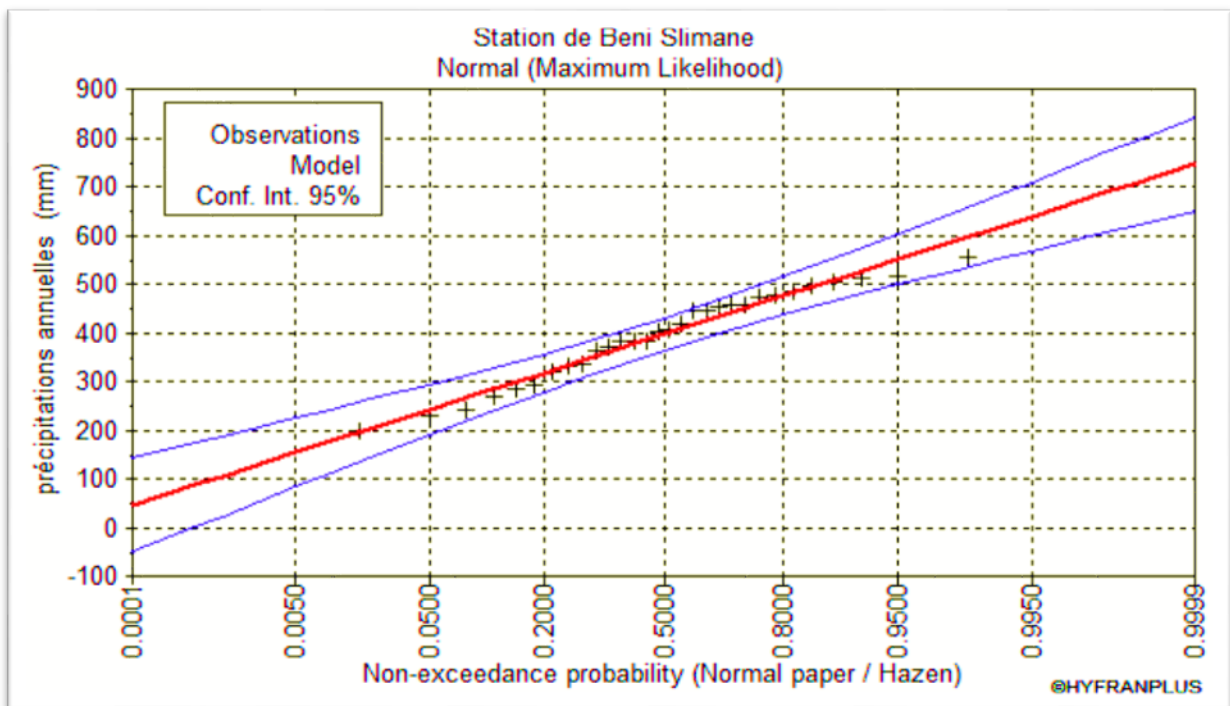


Figure II.2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi normale

II.4.4.2 Test de validité d'un ajustement :

Après ajustement des données par la loi, Il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin d'adopter le meilleur ajustement. Dans notre cas, nous avons utilisé le teste de Khi carrée χ^2 . Touaibia, B., (2004). Voir annexe 1.

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si :

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

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel **HYFRAN**.

Tableau II.18 : Test de validité de l'ajustement

Loi normale
$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.6$
Degrés de liberté = 4
$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$

II.4.5 Détermination de l'année de calcul :

Tableau II.19: Résultat de l'ajustement

T	Q	Xt	Intervalle De Confiance (95%)
20	0.95	551	499 - 603
10	0.9	517	471 - 562
5	0.8	475	436 - 515
3	0.6667	437	401 - 472
2	0.5	396	362 - 430
1.4286	0.3	347	311 - 383
1.2500	0.2	317	278 - 356

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

$$P_{\text{moy 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}} \quad (\text{II.5})$$

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

Tableau II.20 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
P _{moy} (mm)	30	33.07	51.95	42.89	49.54	44.29	40.18	41.56	38.77	12.25	2.88	11.35
P _{moy80%} (mm)	24.06	26.52	41.66	34.40	39.73	35.52	32.23	33.33	31.096	9.82	2.31	9.10

II.5 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons exposé les principales caractéristiques pédologiques et hydriques. La perimetre de Beni Slimane est constituée de trois classes :

- Classe des sols peu évolués ;
- Classe des sols calcimagnésiques ;
- Classe des sols à sesquioxyde de fer

Les sols les plus représentatifs du périmètre irrigable sont ceux appartenant à la classe des sols à sesquioxyde de fer (sols rouges) qui occupent les terrasses et s'étendent sur une superficie de : 1494,21ha

D'une manière générale les sols de la plaine se caractérisent par une texture fine et très fine.

Concernant l'analyse des ressources en eau du barrage de Beni Slimane ; notre eau appartient à la classe **C4-S2** ; il est vrai qu'elle n'est pas conforme à cent pour cent aux normes de l'irrigation mais elle peut être considérée comme bonne (concentration des matières minérales <2000) avec une légère restriction sur l'utilisation.

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

III.1 Introduction :

Il est évident que les besoins en eau d'irrigation sont variables selon la nature des cultures ainsi que leur implantation géographique. Pour cette raison il faut calculer les besoins en eau des cultures. Ces besoins sont calculés en fonction des réserves d'eau stockées dans le sol ainsi que les hauteurs de pluie tombées.

III.2 Besoins en eau des cultures :

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

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite une bonne connaissance des plantes et aussi les données climatique et pédologique de la région pour pouvoir estimer la réserve en eau utile du sol 'RU' et la réserve facilement utilisable par la plante 'RFU'.

III.2.1. Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est une combinaison de deux processus :

- **L'évaporation des sols** : l'évaporation, désigne l'eau qui s'évapore à partir d'un sol (nu) ou d'un plan d'eau ; C'est un transfert de l'eau, à partir de la surface du Sol, vers l'atmosphère, elle dépend des facteurs climatiques : de la nature de la surface évaporant et de ses caractéristiques physiques.
- **Transpiration des plantes** : La transpiration désigne la transpiration des végétaux à travers les stomates (micropores par lesquels l'eau s'évapore). Les racines des végétaux captent l'eau qui se trouve dans le sol ; Une fois parvenue aux feuilles, une partie de l'eau va s'évaporer à travers les stomates des feuilles. L'autre partie va servir à la photosynthèse.

On distingue l'évapotranspiration de référence (ET₀), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration maximale (ETM).

III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) :

Elle est considérée comme l'indicateur du développement optimal de la végétation et joue un rôle capital pour l'évaluation des aptitudes climatiques d'une région pour l'agriculture.

Selon Les Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ; l'ET₀ est l'évapotranspiration d'un peuplement végétal idéal, disposant d'eau à volonté. C'est le taux d'évapotranspiration à partir d'une surface étendue de gazon vert (Ray Grass) ayant une hauteur uniforme de 8 à 15 cm poussant activement couvrant complètement le sol sans aucun stress hydrique.

L'appréciation de l'évapotranspiration potentielle de référence est nécessaire notamment pour estimer les besoins en eau d'irrigation pour l'agriculture.

Il existe deux méthodes pour estimer l'ET₀ :

- Les méthodes directes « instruments et appareils » ;
- Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

- Formule de Turc (1960) ;
- Formule de Thornthwaite (1955) ;
- Formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948) ;
- Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO ;

La formule de Penman-Monteith est la méthode la plus utilisée sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, qui sont rarement toutes disponibles sur une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée d'estimation de ET₀.

III.2.2.1 Formule Modifiée de Penman_Monteith :

La formule FAO Penman Monteith (modifiée) a été proposée par Allen et al (1988), en simplifiant l'équation originale de Penman Monteith à partir d'un certain nombre de suppositions sur des paramètres qu'ils ont considérés constants. Ainsi, ils ont fixé la valeur du flux de chaleur latente de vaporisation, λ , à 2,45 MJ kg⁻¹, la résistance du couvert végétal r_s à une valeur de 70 s m⁻¹ et simplifié l'expression de la résistance aérodynamique en l'approximant par une fonction inverse de la vitesse du vent ($r_a = 208/u$).

La formule FAO Penman Monteith pour l'évapotranspiration potentielle de référence est:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (III.1)$$

Ou :

- ET₀: Évapotranspiration de référence (mm j⁻¹);
- T: Température de l'air (°C);
- u₂: Vitesse du vent à 2 m au-dessus du sol (m s⁻¹);
- $\frac{\lambda}{T}$: Rapport entre la différence de pression de vapeur et la différence de température correspondant (kPa °C⁻¹);
- \hat{U} : Constante psychrométrique ($\hat{U} \sim 66 \text{ Pa } ^\circ\text{K}^{-1}$);
- R_n: Rayonnement net à la surface du sol (MJ m⁻² j⁻¹);
- G: Flux de chaleur du sol (MJ m⁻² j⁻¹);
- e_s: Pression de vapeur (kPa);
- e_a: Pression de vapeur saturante à la température T (kPa)

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Beni Slimane :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0. Les résultats trouvés pour la station de Beni Slimane sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET ₀
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/month
January	3.7	12.8	79	2.9	6.5	10.2	41.73
February	3.8	13.7	76	2.1	7.0	13.0	46.72
March	5.9	17.3	70	2.9	7.5	16.6	84.23
April	8.1	20.6	65	2.7	7.5	19.2	108.35
May	12.0	25.1	59	3.0	8.0	21.5	149.04
June	16.4	31.0	49	2.5	11.0	26.3	191.77
July	20.0	35.5	40	2.9	10.0	24.5	234.02
August	20.7	35.1	42	2.5	9.5	22.5	211.15
September	17.2	29.6	55	2.6	8.0	18.0	149.23
October	13.2	24.9	62	2.1	7.0	13.8	100.73
November	8.0	17.6	72	2.2	7.0	11.1	57.17
December	5.0	13.9	78	2.8	6.0	9.1	42.06
Average	11.2	23.1	62	2.6	7.9	17.1	1416.20

III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'ETM représente l'évapotranspiration réelle maximum d'une parcelle cultivée dans les meilleures conditions possibles et bien alimentée en eau. Le niveau d'évapotranspiration correspond au rendement maximum: aussi est-il intéressant d'en connaître les facteurs afin de pouvoir les améliorer ou les corriger pour les porter à leur valeur optimale.

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

$$ETM = K_c \cdot ET_0 \quad (III.2)$$

III.2.4. Les Coefficients culturaux (K_c) :

Le coefficient cultural K_c représente une intégration des caractéristiques qui distinguent l'évapotranspiration d'une culture donnée, de l'évapotranspiration de référence.

Par définition, le coefficient cultural (k_c) est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ET_c) et l'évapotranspiration potentielle (ET_0), il intègre les effets des 4 caractéristiques primaires qui distinguent une culture de la culture de référence qui sont : la hauteur de la culture, la résistance de surface sol - végétation, l'albédo, l'évaporation de sol (Allen et al, 1998).

III.3 Besoins en eau d'irrigation :

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

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

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

Avec :

- ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois) ;
- Pe_{eff} : pluie efficace en mm ;
- RFU : Réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;
- K : coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.
-

Le calcul de la RFU se fait comme suit

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z ; \quad (III.4)$$

Avec :

- Y : degré de tarissement ;
- Da : densité apparente (1.5) ;
- Z : profondeur d'enracinement mm ;
- H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (26%) ;
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (17%).

L'irrigation est faite lorsque Bi (bilan hydrique) est supérieur à 0

III.3.1 Détermination de la pluie efficace :

"Les précipitations efficaces représentent la quantité d'eau fournie par les précipitations qui reste disponible, à la surface du sol, après soustraction des pertes par évapotranspiration réelle",
 " Les précipitations efficaces sont égales à la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle" (G. Castany, 1982).

Il existe plusieurs méthodes pour calculer Pe_{eff} ici on va utiliser celle de pourcentage fixe (80%)

$$\text{Pluies efficaces (en mm/mois)} = 80\% \times \text{Pluies moyennes mensuelles (80\%)} \text{ (mm/mois)} \quad (III.5)$$

Tableau III.2 : calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy80% (mm)	24,06	26,52	41,66	34,40	39,73	35,52	32,23	33,33	31,10	9,82	2,31	9,10
Peff	19,25	21,22	33,33	27,52	31,78	28,42	25,78	26,66	24,88	7,86	1,85	7,28

III.3.2 Choix des cultures

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs

III.3.2.1 Cultures proposées :

La définition de l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre est une étape nécessaire pour évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude.

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

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

Scénario	Céréales	Fourrages	Maraichage	Arboriculture	Total
	%	%	%	%	%
1	70	15	10	5	100
2	40	20	20	20	100
3	35	15	35	15	100
4	30	10	35	25	100

On propose le scénario 2 qui garde toujours la dominance des céréales mais en réduisant son pourcentage pour donner l'espace aussi aux autres cultures qui sont faiblement cultivé dans cette région (maraichage, arboriculture et cultures fourragères). Ce choix est basé sur le fait qu'en Algérie la céréaliculture représente un secteur économique important, effectivement c'est l'activité principale dans les zones arides et semi-arides vu que c'est un aliment de base d'une très grande partie de la population.

On propose d'élaborer un modèle d'occupation qui repose principalement sur les céréales, l'arboriculture rustique et les cultures maraichères, présenté comme suit :

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

Les Cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
La Céréaliculture :		
▪ Blé	40	100,748
▪ Orge Grain		
Les Cultures Fourragères :		
▪ Orge En Vert	20	50,374
Le Maraîchage :		
▪ Courgette		
▪ Choux		
▪ Betterave Sucrée	20	50,374
▪ Tomate		
▪ Haricot		
▪ Betterave		
L'arboriculture :		
▪ Poirier	20	50,374
▪ Figuier		
Total	100	251,87

III.3.2.2 Identification des principaux types d'assolement :

L'assolement est la division des terres d'une exploitation agricole en parties, appelées « soles » en vue d'y exercer des cultures différentes. Une rotation peut avoir lieu d'une année, voire d'une saison sur l'autre, entre ces soles.

Le but principal est de maximiser les revenus et minimiser les risques de fluctuation de la fertilité de sol.

Tableau III.5 : Assolement proposé pour le périmètre

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Orge en grain	Blé
Luzerne	Betterave sucrée
Chou	betterave
tomate	courgette
hors assolement : Arboriculture poirier et figuier	hors assolement : Arboriculture poirier et figuier

III.3.2.3 Avantages de la rotation des cultures :

La rotation culturale a un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes :

- Réserves minérales : la rotation permet aux plantes selon leur exigence et la zone de développement des racines d'exploiter au mieux les ressources minérales.
- Propriétés des sols : certaines plantes tendent à détériorer la structure du sol, d'autres plantes sécrètent des toxines racinaires, mais il existe par contre des cultures améliorantes.
- La rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites.

III.3.3 Cycle végétatif des cultures

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

Tableau III.6 : Cycle végétatif des cultures

Cultures	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Blé			←									→
Orge En Grain			←									→
Luzerne	←											→
Orge Vert				←								→
Choux	←											→
Betterave Sucree												→
Betterave			←									→
Tomate												→
Courgette	→											←
Poirier	←											→
Figuier	←											→

III.4 Calcul des besoins en eau des cultures

III.4.1 Besoins de lessivage :

Notre eau d'irrigation appartient à la classe C4S2, il est nécessaire de majorer les besoins en eau des cultures par une fraction de lessivage dit d'entretien.

Le lessivage consiste à évacuer les sels qui ont tendance à s'accumuler dans la zone racinaire. La dose de lessivage nécessaire pour maintenir le niveau de la salinité à une valeur tolérable par les cultures, sera appliquée en dehors des mois de l'irrigation. Les besoins de lessivage

(BL) seront calculés à partir de la fraction de lessivage (LR). Cette dernière est estimée par la formule suivante:

$$LR = \frac{CEiw}{5CEes - CEiw} \quad (\text{III.6})$$

Avec :

- LR : fraction de lessivage en % des besoins des cultures;
- CEiw : conductivité électrique de l'eau d'irrigation (mmhos cm-1);
- CEes : conductivité électrique de la pâte du sol en fonction de la chute admissible des rendements (mmhos cm-1).

Le volume de lessivage V_{less} est donné par la relation :

$$V_{\text{less}} = \frac{ETM \times LR}{1 - LR} \quad (\text{III.7})$$

Les doses de lessivage sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.7 : Doses de lessivage des cultures

	Blé	Orge Grain	Orge Vert	Luzerne	Chou	Courgette	Betterave Sucrière	Betterave	Tomate	Poirier	Figuier	Total
Septembre	0,00	0,00	0,00	0,00	29,14	17,03	0,00	0,00	0,00	35,18	29,21	110,57
Octobre	0,00	0,00	0,00	0,00	27,54	0,00	0,00	0,00	0,00	23,75	0,00	51,29
Novembre	2,28	1,60	0,00	11,31	21,21	0,00	0,00	3,63	0,00	13,48	0,00	53,51
Décembre	2,51	1,91	0,88	9,51	13,14	0,00	0,00	3,33	0,00	9,92	0,00	41,21
Janvier	3,53	2,63	1,96	10,62	0,00	0,00	0,00	4,63	0,00	9,84	0,00	33,20
Février	4,42	2,94	3,43	12,55	0,00	0,00	0,00	5,93	0,00	11,01	0,00	40,28
Mars	8,38	5,30	5,89	25,00	0,00	0,00	2,42	12,69	11,38	24,27	0,00	95,34
Avril	9,70	6,44	3,49	32,16	0,00	0,00	6,23	10,31	24,89	31,22	7,76	132,21
Mai	10,38	6,26	0,00	48,45	0,00	0,00	11,63	0,00	46,32	50,75	14,59	188,38
Juin	7,63	4,70	0,00	0,00	0,00	12,88	15,76	0,00	44,05	65,30	27,47	177,79
Juillet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,57	16,35	0,00	0,00	73,56	34,64	148,11
Août	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,10	12,15	0,00	0,00	55,31	20,67	112,23

III.4.2 Les Besoins En Eau Des Cultures :

Tableau III.8 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1

	Blé	orge grain	Luzerne	Chou	tomate	poirier	figuier	total
Septembre				84,51		83,09	132,33	299,93
Octobre				63,34		23,75		87,08
Novembre			18,00	24,20		13,48		55,68
Décembre						9,92		9,92
Janvier						9,84		9,84
Février						11,01		11,01
Mars	39,83	28,33	51,66		53,50	24,27		197,58
Avril	53,55	44,88	83,26		116,99	31,22	7,76	337,66
Mai	62,83	43,80	158,97		217,72	55,25	14,59	553,16
Juin	76,48	63,96			207,06	182,10	134,67	664,27
Juillet						212,12	177,88	390,01
Août						153,60	99,96	253,56

Tableau III.9 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2

	Blé	Orge en vert	Courgette	Betterave sucrière	betterave	poirier	figuier	total
Septembre			124,63	0,00		83,09	132,33	340,05
Octobre			0,00	0,00		23,75		23,75
Novembre			0,00	0,00		13,48		13,48
Décembre			0,00	0,00		9,92		9,92
Janvier			0,00	0,00		9,84		9,84
Février			0,00	0,00		11,01		11,01
Mars	39,83	41,25	0,00	6,12	30,39	24,27		141,86
Avril	53,55		0,00	41,91		31,22	7,76	134,45
Mai	62,83		0,00	105,85		55,25	14,59	238,52
Juin	76,48		100,91	199,67		182,10	134,67	693,84
Juillet			197,24	213,41		212,12	177,88	800,66
Août			196,30	152,67		153,60	99,96	602,53

III.4.3 Calcul du débit spécifique

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture évaluée précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$Q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_i \times N_j \times E_i \times 3600} \quad (III.8)$$

Avec:

- B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- N_i : nombre des heures d'irrigation=24h ;
- N_j : nombre de jours du mois de pointe =30 jours ;
- E_i : Efficience d'irrigation=75%.

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

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de Juin : **$B_{net} = 800,66 \text{ mm/mois}$** .

On obtient : **$q_s = 4,12 \text{ l/s/ha}$**

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1,5. Il y'a un risque de surdimensionnement

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

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

Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante (betterave sucrière ; 213,41 mm).

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

$$q_s = 1.1 \text{ l/s /ha ;}$$

Ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

III.4.4 Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S \quad (III.9)$$

- q_s : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)
- S : la superficie nette à irriguer = 251.87 ha

On obtient : **$Q_{car} = 1.1 * 251,87 = 276,51 \text{ l/s}$**

III.4.5 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

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

Le volume des besoins en eau = le besoin de la culture (m³) * la surface de la culture.

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

Tableau III.10 : Volume d'eau d'irrigation

Cultures	% de surface	Surface (ha)	Besoin net (mm)	Besoin net (m ³ /h)	Besoin brute m ³ /h	Besoin tot
Blé	40	100,75	232,699	2326,99	3102,65	312585,85
Orge Vert	20	50,37	41,251	412,51	550,01	27706,17
Courgette	5	12,59	619,077	6190,77	8254,36	103951,24
Betterave Sucrière	10	25,19	719,636	7196,36	9595,15	241673,02
Betterave	5	12,59	30,389	303,89	405,19	5102,73
Poirier	10	25,19	809,648	8096,48	10795,31	271901,46
Figuier	10	25,19	567,194	5671,94	7562,59	190478,98
					Volume tot	1153399,44

Le volume nécessaire pour les besoins des cultures durant toute la période végétative est de l'ordre de 1,2 Hm³.

Ce volume peut être extrait du Barrage de Beni Slimane vu que la capacité de ce dernier est de 8Hm³.

III.5 Conclusion:

En premier lieu, nous avons choisi les cultures qu'on va implanter dans notre périmètre suivi des calculs des doses de lessivage vu la nature de notre sol.

En second lieu, nous avons calculé les besoins en eau de chaque culture pour déterminer le débit spécifique en se basant sur la culture la plus exigeante.

Pour finir nous avons calculé le volume requis pour le périmètre qui est égale à 1,2 Hm³ et peut être extrait du barrage de Beni Slimane.

Chapitre IV : Etude du système d'adduction

IV.1 Introduction

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion efficace de tout le système d'irrigation et une organisation du réseau d'adduction. Le système d'adduction est l'ensemble d'organes nécessaires à la gestion de l'eau dans un périmètre, il doit être conçu de façon optimale.

IV.2 Alimentation en eau du périmètre

Le périmètre de Beni Slimane est situé au niveau de la wilaya de Médéa, ce dernier sera alimenté à partir du barrage de Beni Slimane avec une capacité initiale de 8Hm^3 .

IV.3 Organisation et structure du périmètre

L'organisation du périmètre est la première contrainte dans l'aménagement d'un périmètre d'irrigation.

Le périmètre de la plaine de Beni Slimane est situé en amont du barrage de Beni Slimane, il englobe 186 ilots organisés en 03 secteurs, la surface totale est de 1267.59 ha. Pour notre étude on s'intéressera juste au secteur 03 (35 ilots et une surface de 251.87 ha).

IV.3.1 Ilots et bornes d'irrigation :

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation.

L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles...etc.

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

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

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

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

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

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

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

IV.3.3 Calcul hydraulique aux bornes :

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

$$Q_b = q_s S_i \quad (IV.1)$$

Avec :

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

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

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

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

Tableau IV.1 : Volume d'eau d'irrigation.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	D= 65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	D= 100mm
$80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 1200 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 150mm
$Q > 1200 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 200 mm

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

Tableau IV.2 : Diamètres Des Bornes

Ilos	Superficies	Parcelles	Superficies	Qs L/S/Ha	Q L/S	Qb L/S	Matériau	Corp De Régulation(Mm)	Borne Type
1	10,64	1	10,64	1,10	11,71	11,71	Fonte	125	Type B
2	3,29	1	3,29	1,10	3,62	3,62	Fonte	80	Type A
3	5,88	1	5,88	1,10	6,46	6,46	Fonte	125	Type A
4	3,85	1	1,24	1,10	1,37	4,24	Fonte	100	Type A

		2	2,61	1,10	2,87				
5	3,15	1	3,15	1,10	3,47	3,47	Fonte	80	Type A
6	6,93	1	6,93	1,10	7,63	7,63	Fonte	125	Type A
7	4,35	1	4,35	1,10	4,78	4,78	Fonte	100	Type A
8	1,74	1	0,58	1,10	0,64	1,91	Fonte	80	Type A
		2	1,16	1,10	1,27				
9	2,84	1	2,84	1,10	3,12	3,12	Fonte	80	Type A
10	3,09	1	3,09	1,10	3,39	3,39	Fonte	80	Type A
11	10,11	1	10,11	1,10	11,12	11,12	Fonte	125	Type B
12	1,87	1	1,87	1,10	2,06	2,06	Fonte	80	Type A
13	13,39	1	8,35	1,10	9,18	14,73	Fonte	150	Type B
		2	5,04	1,10	5,55				
14	3,64	1	3,64	1,10	4,00	4,00	Fonte	100	Type A
15	8,44	1	8,44	1,10	9,28	9,28	Fonte	125	Type B
16	19,36	1	19,36	1,10	21,30	21,30	Fonte	150	Type C
17	22,38	1	22,38	1,10	24,62	24,62	Fonte	-	Type A
18	16,08	1	16,08	1,10	17,69	17,69	Fonte	150	Type C
19	2,56	1	2,56	1,10	2,82	2,82	Fonte	80	Type A
20	4,59	1	4,59	1,10	5,05	5,05	Fonte	100	Type A
21	8,86	1	8,86	1,10	9,74	9,74	Fonte	125	Type B
22	10,3	1	10,30	1,10	11,33	11,33	Fonte	125	Type B
23	7,4	1	7,40	1,10	8,14	8,14	Fonte	125	Type A
24	2,86	1	2,86	1,10	3,15	3,15	Fonte	80	Type A
25	5,28	1	5,28	1,10	5,81	5,81	Fonte	100	Type A
26	3,24	1	3,24	1,10	3,56	3,56	Fonte	80	Type A
27	3,25	1	3,25	1,10	3,58	3,58	Fonte	80	Type A
28	7,98	1	7,98	1,10	8,78	8,78	Fonte	125	Type B
29	7,87	1	7,87	1,10	8,66	8,66	Fonte	125	Type A
30	7,15	1	7,15	1,10	7,87	7,87	Fonte	125	Type A
31	11,34	1	3,79	1,10	4,17	12,48	Fonte	125	Type B
		2	7,55	1,10	8,31				
32	12,44	1	3,73	1,10	4,11	13,68	Fonte	125	Type B
		2	1,01	1,10	1,12				
		3	7,69	1,10	8,46				
33	6,75	1	2,41	1,10	2,65	7,42	Fonte	125	Type A
		2	4,34	1,10	4,77				
34	4,05	1	4,05	1,10	4,45	4,45	Fonte	100	Type A
35	4,92	1	4,92	1,10	5,42	5,42	Fonte	100	Type A

IV.4 Description de l'aménagement du périmètre :

Lors de l'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau et on choisit la variante adéquate pour alimenter notre périmètre.

IV.4.1 Choix de la variante d'aménagement :

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate se fait après étude des deux variantes d'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des pertes de charge minimales et le meilleur tracé (tracé économique).

IV.4.1.1 La variante 1 :

Propose d'irriguer avec une conduite à pression tout le périmètre directement dès le barrage de Beni Slimane, situé à environ 7 Km au Sud de la ville de Beni Slimane, par une conduite qui passe par la limite extérieure du périmètre à irriguer et dans la zone de cote haute.

IV.4.1.2 La variante 2 :

Envisage un système d'irrigation à demande concertée selon l'aménagement de l'eau d'irrigation à un réservoir de régulation à la tête de chaque secteur et, à partir de ce réservoir, le débit à distribuer sera pompé au moyen d'une station de pompage.

IV.4.1.3 Choix de la variante :

Suivant les besoins de notre étude nous avons opté pour la variante 1 car :

- Elle permet de profiter de la pression naturelle qui est donné par le niveau d'eau du barrage de Beni Slimane en évitant des puissances de pompage trop élevées.
- Le coût global des travaux est plus faible en comparaison avec les variantes 2.
- Elle garantit les pressions et les débits de fonctionnement pour une irrigation par aspersion, qui est le système le plus adéquat pour l'aménagement hydro – agricole.

IV.5 Etude du système d'adduction-distribution :

IV.5.1 Réseau d'adduction :

L'alimentation en eau sera faite par des conduites à pression.

Par la conduite de transport, l'eau contenue par le barrage de Beni Slimane se transportera jusqu'au périmètre irrigable et s'introduira dans le réseau de distribution.

Le tracé de ce réseau retenue, en direction du secteur 3, passe au sud du périmètre en évitant les zones de topographie plus élevée et en suivant les chemins existants en direction de Sidi el Akrouf, jusqu'à la tête du secteur 3.

Le réseau primaire sera constitué par une canalisation télescopique de conduites de grand diamètre, de 1200 mm jusqu'à 500 mm ; Dans aucun de ses tronçons, ce réseau primaire ne disposera de mécanismes réducteurs de pression, puisque les terrains d'irrigation de cotes plus élevées, se trouvent aux points extrêmes des conduites.

Dans ses différents tronçons, le réseau primaire sera soumis à des pressions internes pas très élevées, avec des cotes de terrains basses que celles du barrage de Beni Slimane, d'où s'alimente le réseau d'irrigation.

Tableau IV.3 : dimensionnement du réseau d'adduction

Tronçons	Longueur des tronçons km	Surfaces ha	Debit m ³ /s	Diametre calculé (mm)	Dian_norm (mm)	Vitesse v reelle (m/s)	P.ch (m)	p.ch tot Δ ht (m)	Cote terrain aval z (m)	Cote piezo (m)	Pression au point p(m)	Pression bar	Hmano
A	3,021	1267,58	1,394	1087,9	1200	1,23	2,61	2,87	650,99	687,13	36,14	3,61	16,14
A23	0,950	863,16	0,949	897,7	1000	1,21	0,99	1,09	641,11	686,04	44,93	4,49	24,93
A3	4,019	251,87	0,277	484,9	500	1,41	13,16	14,48	624	671,56	47,56	4,76	27,56

Remarque :

Le changement de diamètres entre tronçons est dû aux piquages au niveau de notre conduite dans le but d'alimenter les autres secteurs du périmètre.

IV.5.2 Dimensionnement du réseau de distribution :

IV.5.2.1 Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

IV.5.2.2 Vitesses admissibles :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

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

IV.5.2.3 Choix du matériau des conduites :

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et la surtout la disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC etc.

a. Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- Coût relativement important.

b. Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- Sont les plus légers et faciles à couper ;
- Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- Disponible sur le marché ;
- Une pose de canalisation facile ;
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

c. Conduite en PRV : Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement

Dans notre cas, les conduites sont :

- En PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm.
- En FONTE si le diamètre est supérieur à 400mm.

IV.5.2.4 Calcul des diamètres :

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

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

Avec :

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

IV.5.2.5 Estimation des pertes de charge :

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

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

- h_{pu}: Pertes de charge unitaire en m/m ;

- L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations ;
- C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :

$$J = L \times \frac{Q^M}{D^N} \quad (\text{IV.4})$$

Tableau IV.4 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.

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

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : L=1.15 M=1.89 N=5.01.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire.

Pour une conduite en fonte/PEHD :

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

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

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

Où

- h_1 et h_2 : les hauteurs de pressions
- V_1 et V_2 : les vitesses d'écoulement dans A et B
- Z_1 et Z_2 : les côtes du terrain naturel.
- ΔH : les pertes de charge entre A et B.

Les calculs sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Dimensionnement du réseau de distribution

Tronçons	Ilots	Longueur des tronçons km	Surfaces ha	Debit m3/s	Diametre calculé (mm)	Dian_norm (mm)	MATERIAUX	Vitesse v réelle (m/s)	P.ch (m)	p.ch tot Δ ht (m)	Cote terrain aval z (m)	Cote piezo (m)	Pression au point p(m)	Pression bar	Hmano
A		3,021	1267,58	1,394	1087,9	1200	FORTE	1,23	2,612	2,87	650,99	687,13	36,14	3,61	16,14
A23		0,950	863,16	0,949	897,7	1000	FORTE	1,21	0,991	1,09	641,11	686,04	44,93	4,49	24,93
A3		4,019	251,87	0,277	484,9	500	FORTE	1,41	13,165	14,48	624	671,56	47,56	4,76	27,56
2	18	0,034	16,08	0,155	362,9	400	FORTE	1,23	0,113	0,12	622	671,43	49,43	4,94	29,43
2	N3	0,246	124,95	0,137	341,6	350	FORTE	1,43	1,279	1,41	627,5	670,02	42,52	4,25	22,52
2.1	11	0,252	10,11	0,096	285,6	315	PEHD	1,23	1,129	1,24	619,5	668,78	49,28	4,93	29,28
2.1	17	0,113	22,38	0,085	268,5	280	PEHD	1,38	0,725	0,80	615	667,99	52,99	5,30	32,99
2.1	16	0,371	19,36	0,060	226,3	250	PEHD	1,23	2,196	2,42	606	665,57	59,57	5,96	39,57
2.1	15	0,329	8,44	0,039	182,0	200	PEHD	1,24	2,615	2,88	601,7	662,69	60,99	6,10	40,99
2.1	N4	0,214	27,05	0,030	158,9	180	PEHD	1,17	1,722	1,89	600	660,80	60,80	6,08	40,80
2.1.2	14	0,423	3,64	0,004	58,3	90	PEHD	0,63	2,481	2,73	594	658,07	64,07	6,41	44,07

2.1.1	13	0,013	13,39	0,026	147,8	160	PEHD	1,28	0,145	0,16	600	660,64	60,64	6,06	40,64
2.1.1	10	0,458	3,09	0,011	96,7	110	PEHD	1,16	6,675	7,34	586	653,30	67,30	6,73	47,30
2.1.1	6	0,103	6,93	0,008	80,5	90	PEHD	1,20	2,052	2,26	587	651,04	64,04	6,40	44,04
2.2	12	0,017	1,87	0,041	187,4	200	PEHD	1,32	0,153	0,17	626,5	669,86	43,36	4,34	23,36
2.2	9	0,082	2,84	0,039	182,7	200	PEHD	1,25	0,659	0,73	627	669,13	42,13	4,21	22,13
2.2	N5	0,169	32,90	0,036	175,3	200	PEHD	1,15	1,166	1,28	624	667,85	43,85	4,38	23,85
2.2.2	5	0,017	3,15	0,030	158,2	180	PEHD	1,16	0,134	0,15	622	667,70	45,70	4,57	25,70
2.2.2	4	0,333	3,85	0,026	148,7	160	PEHD	1,29	3,764	4,14	615	663,56	48,56	4,86	28,56
2.2.2	3	0,234	5,88	0,022	136,0	140	PEHD	1,42	3,692	4,06	610	659,50	49,50	4,95	29,50
2.2.2	2	0,336	3,29	0,015	114,1	125	PEHD	1,25	4,812	5,29	601	654,21	53,21	5,32	33,21
2.2.2	1	0,172	10,64	0,012	99,7	110	PEHD	1,23	2,803	3,08	597	651,12	54,12	5,41	34,12
2.2.1	8	0,257	1,74	0,007	75,4	90	PEHD	1,05	3,986	4,38	615,2	663,46	48,26	4,83	28,26
2.2.1	7	0,218	4,35	0,005	63,7	90	PEHD	0,75	1,795	1,97	609	661,49	52,49	5,25	32,49

1	24	0,068	2,86	0,122	321,7	350	FONTE	1,27	0,281	0,31	618	671,25	53,25	5,32	33,25
1	N1	0,195	107,98	0,119	317,5	350	FONTE	1,23	0,770	0,85	615	670,40	55,40	5,54	35,40
1.2	23	0,064	7,40	0,037	177,4	180	PEHD	1,46	0,785	0,86	613,2	669,54	56,34	5,63	36,34
1.2	22	0,103	10,30	0,029	156,7	160	PEHD	1,44	1,422	1,56	611	667,97	56,97	5,70	36,97
1.2	21	0,247	8,86	0,018	122,2	125	PEHD	1,43	4,598	5,06	606	662,91	56,91	5,69	36,91
1.2	19	0,234	2,56	0,008	81,7	90	PEHD	1,24	4,906	5,40	602	657,52	55,52	5,55	35,52
1.2	20	0,272	4,59	0,005	65,4	90	PEHD	0,79	2,467	2,71	600	654,80	54,80	5,48	34,80
1.1	26	0,018	3,24	0,082	263,3	280	PEHD	1,33	0,105	0,12	615,7	670,28	54,58	5,46	34,58
1.1	25	0,140	5,28	0,078	257,5	280	PEHD	1,27	0,767	0,84	627,6	669,44	41,84	4,18	21,84
1.1	27	0,240	3,25	0,072	247,8	250	PEHD	1,47	2,004	2,20	631,5	667,24	35,74	3,57	15,74
1.1	28	0,096	7,98	0,069	241,6	250	PEHD	1,40	0,730	0,80	628	666,43	38,43	3,84	18,43
1.1	29	0,253	7,87	0,060	225,6	250	PEHD	1,22	1,479	1,63	617,5	664,81	47,31	4,73	27,31
1.1	N2	0,381	46,65	0,051	208,7	225	PEHD	1,29	2,813	3,09	609	661,71	52,71	5,27	32,71

1.1.2	32	0,266	12,44	0,031	162,1	180	PEHD	1,22	2,315	2,55	606	659,17	53,17	5,32	33,17
1.1.2	33	0,379	6,75	0,017	121,1	140	PEHD	1,12	3,863	4,25	606	654,92	48,92	4,89	28,92
1.1.2	34	0,193	4,05	0,010	91,5	110	PEHD	1,04	2,278	2,51	600	652,41	52,41	5,24	32,41
1.1.2	35	0,167	4,92	0,005	67,8	90	PEHD	0,85	1,738	1,91	600	650,50	50,50	5,05	30,50
1.1.1	30	0,012	7,15	0,020	131,4	140	PEHD	1,32	0,172	0,19	609,5	661,52	52,02	5,20	32,02
1.1.1	31	0,253	11,34	0,012	102,9	110	PEHD	1,31	4,648	5,11	612	656,41	44,41	4,44	24,41

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons dimensionné les réseaux adduction- distribution et cela après avoir analysé différentes variantes.

Le secteur 3 est découpé en 35 ilots, alimentés chacun par une borne d'irrigation, le réseau d'adduction projeté est constitué par une conduite gravitaire.

Nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

Les pressions obtenues sont satisfaisantes et supérieures à 3bars, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte

Chapitre V : Techniques D'irrigation

V.1 Introduction :

Choisir le bon système d'irrigation a de profondes répercussions environnementales et économiques. La méthode choisie doit être adaptée au terrain, au type de plantes et aux objectifs de jardinage, afin de maximiser la productivité des plantes et de minimiser la consommation d'eau et les coûts énergétiques. Comprendre les principaux avantages et inconvénients des systèmes d'irrigation peut aider à choisir celui qui convient le mieux aux besoins.

V.2 Différentes techniques d'arrosages

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

- L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface ;
- L'irrigation par aspersion ;
- L'irrigation localisée ou micro irrigation.

V.2.1 L'irrigation de surface :

Cette technique nécessite un gros volume d'eau par unité de surface, le procédé repose sur la distribution de l'eau en utilisant la pente topographique. Elle est subdivisée en:

V.2.1.1 L'irrigation par ruissellement :

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

- **Les avantages de l'irrigation par ruissellement**
 - Les investissements pour l'équipement sont peu élevés ;
 - Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau ;
 - Possibilité de lessivage sans risques d'érosion ;
 - Matériel d'irrigation assez simple.
- **Les inconvénients de l'irrigation par ruissellement**
 - Temps d'irrigation important ;
 - Nécessité de nivellement et son entretien ;
 - Pertes importantes d'eau.

V.2.1.2 L'irrigation par surpression :

C'est l'une des techniques les plus anciennes. Son principe est d'apporter une hauteur d'eau au niveau d'une parcelle dans des planches façonnées au préalable. Elle est réservée aux cultures exigeantes en eau. C'est une technique qui ne demande ni technicité, ni matériel. Elle est moins coûteuse et ne demande pas de la main d'œuvre. Elle présente une fréquence d'irrigation plus lente et permet un bon lessivage des sols salins. Néanmoins, elle exige des quantités importantes d'eau et risque de provoquer une asphyxie racinaire.

V.2.1.3 L'irrigation par submersion :

L'eau est acheminée aux cultures par pompage artificiel

- **Les avantages de la submersion**
 - Destruction des adventices ;
 - Protège contre le gel
- **Les inconvénients de la submersion**
 - Tassement du sol ;
 - Diminution de la porosité d'où diminution de la perméabilité ;
 - Nécessite un système de drainage pour assainir les eaux ;
 - Manque d'aération.

V.2.1.4 L'irrigation par infiltration:

L'eau s'écoule dans les fossés, rigoles ou raies et s'infiltré latéralement dans le sol jusqu'aux racines des plantes.

- **Les avantages**
 - Pas de danger d'érosion, ni de formation de croûtes ;
 - L'accès est facile au terrain.
- **Les inconvénients**
 - Grande perte d'eau ;
 - Exigence en main d'œuvre.

V.2.2 L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations. La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. L'eau sort sous la forme d'un jet et se répartit en gouttelettes d'eau qui tombent sur le sol.

Le choix du dispositif de pompage, des asperseurs et la bonne gestion de l'eau doivent garantir la distribution uniforme de l'eau d'irrigation.

- **Les Avantages :**
 - Applicable dans la plupart des cultures et terrains
 - Moins de main-d'œuvre nécessaire par rapport aux méthodes d'irrigation par inondation ou ruissellement.
- **Les inconvénients :**
 - Trop affectée par le vent

- Moins adaptée à l'eau saline
- Coût d'installation et d'entretien plus élevé par rapport aux méthodes d'irrigation par inondation ou ruissellement

V.2.3 L'irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'irrigation goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau. L'irrigation au goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation.

- **Les Avantages :**

- Micro-irrigation
- Efficacité plus élevée
- Peut être utilisée dans tous les types de terrain
- Plus adaptée à l'eau saline

- **Les inconvénients :**

- Coût initial plus élevé
- Nécessité de filtrer l'eau pour minimiser le risque de colmatage.
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés.

V.3 Conclusion

Chaque méthode d'irrigation présente en même temps des avantages et des inconvénients, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales (climatiques et pédologiques) et aux aptitudes culturelles ainsi qu'aux ressources en eau disponible sur place.

Pour notre cas, nous avons opté pour l'irrigation localisée pour l'arboriculture et l'irrigation de surface pour le reste des cultures.

Chapitre VI : Dimensionnement A La Parcelle

VI.1 Introduction

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures.

L'irrigation des grandes superficies, ou des périmètres d'irrigation, nécessite le recours à des méthodes d'irrigation perfectionnées comme l'irrigation localisée et l'irrigation par aspersion.

Ce chapitre est dédié au dimensionnement d'un réseau d'irrigation à la parcelle à savoir l'aspersion et le système goutte à goutte en tenant compte des contraintes de la zone du périmètre.

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

Le réseau d'irrigation goutte à goutte est installé sur la parcelle P30 ; dont la surface est de 3,25 ha; alimentée par la borne B27 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.57 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Données générales :

- Culture : **le poirier**
- Besoin de pointe : **212 mm** (Juillet)
- Organisation du réseau :
 - un écartement entre arbre de **4m**, et un espacement entre lignes de **4 m**
 - Surface brute de la parcelle: **3,57 ha**
 - Longueur: **331,5 m**
 - Largeur: **101,1 m**
- Caractéristique du goutteur :
 - Débit nominal: **4 l/h** avec une pression nominale: **10 m.c.e**
 - Le nombre de goutteurs est **2** goutteurs par arbre, avec un espacement des goutteurs de **2 m**;

VI.2.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

VI.2.1.1 Influence du taux de couverture du sol :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol. On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction « K_r » dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes.

K_r peut être calculé par la formule proposée suivantes.

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \quad (VI.1)$$

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

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_{jl} = B_j \times K_r \quad (\text{VI.2})$$

$$B_{jl} = \frac{212}{30} \times 0,8 = 5,7 \text{ mm/j}$$

VI.2.1.2 Calcul de la dose nette pratique :

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times d_a \times P \% = RFU \times P \% \quad (\text{VI.3})$$

Avec :

- H_{cc} : (26%), H_{pf} : (17%), $d_a=1.5$ et Y : (2/3) ;
- Z : P. racines (1500 mm),
- P : Pourcentage du sol humidifié

$$P \% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \quad (\text{VI.4})$$

Avec :

- P : Volume du sol humidifié ;
- N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2 ;
- S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m) ;
- S_h : Largeur de la bande humidifiée (tirée de la table) = 1m (arbres) ;
- S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4m) ;
- S_a : espacement des arbres sur les rangs (4m).

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

$$D_p = \frac{26 - 17}{100} \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1,5 \times 0,25 = 33,75 \text{ mm}$$

VI.2.1.3 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

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

$$Fr = \frac{\text{Dose pratique}}{B_{jl}} = \frac{33,75}{5,7} = 5,92 \text{ jours} \quad (\text{VI.5})$$

Donc on prend une fréquence de **6 jours**.

VI.2.1.4 Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose pratique :

$$D_{p'} = Fr \times B_{jl} = 6 \times 5,7 = 34,2 \text{ mm} \quad (\text{VI.6})$$

$$D_{brute} = \frac{34,2}{Ef \times Cu} \quad (VI.7)$$

Avec :

- Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90% ;
- Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%.

$$D_{brute} = \frac{34,2}{0,9 \times 0,9} = \mathbf{42,22 \text{ mm}}$$

VI.2.1.5 Durée d'arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{Dbr * Sa * Sr}{n * Qg} \quad (VI.8)$$

Avec :

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

$$\theta = \frac{42,22 \times 2 \times 4}{2 \times 4} = \mathbf{42,22 \text{ h/mois}}$$

VI.2.1.6 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{F_r} \quad (VI.9)$$

$$D_j = \frac{42,22}{6} = \mathbf{7,04 \text{ heures/jour}}$$

VI.2.1.7 Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{7,04} = \mathbf{3,125} \quad (VI.10)$$

On prend 3 postes.

VI.2.1.8 Surface du poste :

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{3,57}{3} = \mathbf{1,19 \text{ ha}} \quad (VI.11)$$

$$N_{br \text{ de goutteurs}} = Sp = \frac{\text{Surface totale}}{SrxSpd} \quad (VI.12)$$

$$Sp = \frac{3,57 \times 10000}{4 \times 4}$$

$$Sp = 2231 \text{ goutteurs}$$

VI.2.2 Calculs hydrauliques :

- $S = 1,67$ ha
- La longueur de la rampe: **101,1 m**
- La longueur de la porte rampe: **165,8**
 1. La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad (\text{VI.13})$$

2. La variation maximale de la pression :

$$q = K \times H^X \quad (\text{VI.14})$$

Avec :

- K : Constante dimensionnelle donnée par le fabricant ;
- H : La pression dans la rampes en mètre colonne d'eau ;
- X : Exposant caractérisant le goutteur.

Dans notre cas on prend $X=0.5$

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = n \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (\text{VI.15})$$

Avec :

- $q(g)$: Débit nominal du goutteur ;
- $H(n)$: Pression nominale.

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

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

Donc selon la règle de Christainsen 10% ΔH singulières = 0.2 m

- Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m ;
- Donc pour les rampes = $2/3 \times 1.8 = 1.2$ m ;
- Pour le porte rampe = $1/3 \times 1.8 = 0.6$ m.

VI.2.3 Dimensionnement des canalisations du réseau :

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

- Les rampes

Ils sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations ou l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

- Porte-lampes

C'est la conduite qui alimente les rampes, ils sont généralement en polyéthylène (PEHD). Le diamètre des rampes ainsi que du porte- rampe est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P. d. c (r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (VI.16)$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P. d. c (pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (VI.17)$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe ;
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h ;
- L(r) : la longueur de la rampe en m ;
- $\varnothing r (cal)$: le diamètre de rampes ;
- $\varnothing pr (cal)$: le diamètre de porte rampe.

VI.2.3.1 Pour les rampes : L= 101,1 m

1) Le nombre d'arbres par rampe:

$$N_{arbres/rampe} = \frac{L_r}{E_R} \quad (VI.18)$$

$$N_{arbres/rampe} = \frac{101,1}{4} = 25 \text{ arbres}$$

2) Nombre des goutteurs par rampe:

$$N_{goutteurs/rampe} = N_{arbres} \times n \quad (VI.19)$$

$$N_{goutteurs/rampe} = 25 \times 2 = 50 \text{ goutteurs}$$

3) Débit de la rampe :

$$Q_r = Q_g \times N_g \quad (VI.20)$$

$$Q_r = 4 \times 50 = 200 \text{ l/h}$$

4) Diamètre de la rampe :

- $Q_r = 200 \text{ l/h}$
- $P_{dc} = 1,2 \text{ m}$

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

$\varnothing r = 12,39 \text{ mm}$, on prend **DN =16 mm** .

5) Vérification des pertes de charges :

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

Perte de charge selon Hazen-williams.

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \quad (\text{VI.21})$$

Avec :

- L : la longueur de la conduite ;
- Q : débit (m³/s)
- D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

On a :

- $C_w = 140$ (PEHD)
- $L = 101,1 \text{ m}$
- $D = 0.016 \text{ m}$
- $Q = 200 \text{ l/s} = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0,84 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$ (vérifiée).

VI.2.3.2 Pour la porte rampe :**1) Le nombre des rampes:**

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_R} \quad (\text{VI.22})$$

$$N_r = \frac{165,8}{4} = 41 \text{ rampes}$$

2) Débit de la porte rampe:

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad (\text{VI.23})$$

$$Q_{pr} = 200 \times 41 = \mathbf{8200 \text{ l/h}}$$

3) Diamètre de la porte rampe :

$$Q_{pr} = 8200 \text{ l/h}$$

$$P_{dc} = 0,6 \text{ m}$$

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

Donc :

$\phi_{pr} = 62,5 \text{ mm}$; on prend **90 mm**.

4) Vérification des pertes de charges :

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

- $C_w = 140$ PEHD,
- $L = 165,8 \text{ m}$,
- $D = 0,09 \text{ m}$,
- $Q = 8200 \text{ ls} = 2,28 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0,29 \text{ m} < 0,6$$

Donc les pertes de charges sur rampes et porte-rampe sont :

$$\Delta H_{\text{rampe+porte rampe}} = 0,83 + 0,29 = \mathbf{1,12 \text{ m}} < \mathbf{1,8 \text{ m}}$$
 (Règle de Christiansen Vérifiée).

5) Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution

Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques.

Conduites	La rampe	Porte rampe
Longueur(m)	101,1	165,8
Diamètre(m)	16	90
Débit (m ³ /s)	$5,5 \cdot 10^{-5}$	$2,28 \cdot 10^{-3}$
Pertes de charge(m)	0,83	0,29

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

$$P(m) = 10 + 0,83 + 0,29 = \mathbf{11.12\ m = 1.112\ bar}$$

Donc la pression requise est nettement inférieure à celle de la borne.

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

Le réseau d'irrigation par aspersion est installé sur la parcelle P3 ; dont la surface est de 5,88 ha; alimentée par la borne **B3** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 4,95 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Données générales :

- Choix de la culture : **blé**
- Choix du mode de couverture : couverture totale.
- Temps de travail : **20** heures par jour, et **26** jours par mois
- Besoins en de pointes : **77 mm/mois** pour le mois de juin.
- Perméabilité du sol : le sol est de type argileux- limoneux estimée de : **K > 10 mm/h.**

VI.3.1 Calcul de la dose pratique : RFU :

elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \quad (VI.24)$$

$$RFU = \mathbf{54\ mm}$$

VI.3.2 Choix du diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $k > 10$ mm/h. pluviométrie admissible.

D'après la fiche technique (annexe 3) d'un arroseur de type Perrot, le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

VI.3.3 Calcul de la portée du jet (L) :

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

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \quad (VI.25)$$

Ou :

- d : diamètre de la buse (mm)
- h : pression à la buse (m), dans notre cas $P = 3$ bars, $h = 30$ m.

$$L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 30^{0.25} = \mathbf{15,38\ m}$$

D'après le catalogue,(annexe 3) pour le diamètre de la buse de 4,8mm à une pression minimale de 3 bars la portée sera de 16 m.

VI.3.4 Ecartements entre les rampes et arroseurs :

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

- L'écartement E_l entre les lignes d'arrosage est égal à 1.25 L pour un vent faible et à 1.02 L pour un vent fort.
- L'écartement E_a entre les arroseurs sur la rampe est égal à 0.8 L pour un vent faible et à 0.5 L pour un vent fort.

Notre zone d'étude présente des vitesses de vents oscillant entre 2,1 et 3 m/s, qui correspondent à des conditions de vent peu violents, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1.25 \times 16 = 20 \text{ m}$$

$$E_a = 0.8 \times 16 = 12.8 \text{ m}$$

On prend les valeurs normalisées des écartements, d'où :

$$E_l = 18 \text{ m}$$

$$E_a = 12 \text{ m}$$

VI.3.5 Vérification de la pluviométrie (P<K) :

VI.3.5.1 Débit de l'asperseur :

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

$$q = 0.95 \times \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times \sqrt{2gh} \quad (\text{VI.26})$$

$$q = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8)^2}{4} \times \sqrt{2 \times (9.81) \times 30} = 4,17 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

VI.3.5.2 Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation : ou q (m³/h)

$$p = \frac{q}{E_a \times E_l} \quad (\text{VI.27})$$

$$p = \frac{1.50 \times 1000}{12 \times 18} = 6.95 \text{ mm/h}$$

VI.3.6 Paramètres d'arrosage :**VI.3.6.1 Calcul du tour d'eau :**

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_j}{Bmp} \quad (VI.28)$$

- Dose_{RFU} = 54 mm,
- N_j = 26,
- Bmp = 77 mm

$$T_{eau} = \frac{54 \times 26}{77} = \mathbf{18,23 \text{ jours}}$$

On prend un T_{eau} = **18 jours**.

VI.3.6.2 Nombre d'irrigation par mois :

donc on irrigue deux fois par mois.

VI.3.6.3 Calcul de la dose réelle :

$$Dose_{reelle} = T_{eau} \times \text{la dose journaliere} \quad (VI.29)$$

$$Dose_{reelle} = 18 \times 2,57 \text{ mm} = \mathbf{46,26 \text{ mm}}$$

VI.3.6.4 Calcul de la dose brute :

$$Dose_{brute} = \frac{Dr}{0,75} = \mathbf{61,68 \text{ mm}} \quad (VI.30)$$

VI.3.6.5 Temps d'arrosage :

$$Ta = \frac{Dose - brute}{k \text{ pluviométrie}} \quad (VI.31)$$

$$Ta = \frac{61,68}{10} = 6,16 \text{ h}$$

$$\mathbf{Ta \approx 6 \text{ heures}}$$

Donc on pourra adopter deux positions par jour pour un asperseur.

VI.3.6.6 Calcul de l'unité d'arrosage :

$$Su = \frac{S}{T - eau \times N} \quad (VI.32)$$

$$Su = \frac{5,88}{18 \times 2} = \mathbf{0,16 \text{ ha}}$$

VI.3.6.7 Calcul du débit d'équipement

Il se calcule comme suit :

$$Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{S(ha). B(mm). 10}{Ta \times n \times Nj} \quad (VI.33)$$

$$Q = \frac{5,88 \times 77 \times 10}{6 \times 2 \times 26 \times 0,75} = \mathbf{19,35 \text{ m}^3/h}$$

VI.3.6.8 Nombre d'asperseurs (à acheter) Nombre d'asperseurs maximal :

$N_{asp} = (\text{surface unitaire à arroser (m}^2\text{)} / (\text{implantation}))$

$$N_a = \frac{Su \times 10000}{El \times Ea} \quad (VI.34)$$

$$N_a = \frac{0,16 \times 10000}{12 \times 18}$$

$$N_a = \mathbf{7 \text{ asp}}$$

VI.4 Calculs hydrauliques :**VI.4.1 Dimensionnement hydraulique des rampes :**

- La largeur du terrain est de **182,9 m**
- La longueur du terrain est de **335,55 m**

VI.4.1.1 La longueur de la rampe :

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

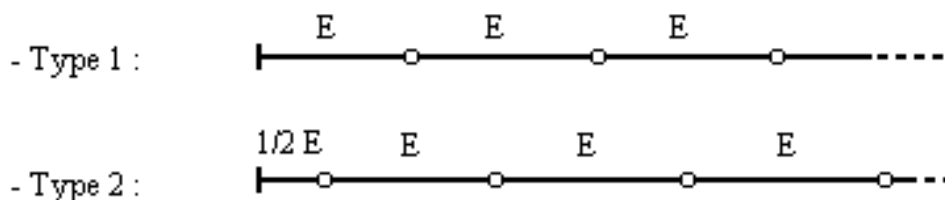


Figure 1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe

La longueur de la rampe est donc :

- Pour le type 1 : $L = n.E$;
- Pour le type 2 : $L = (n-0,5).$

D'ou :

$$L_r = \frac{\text{Largeur du terrain}}{2} - \frac{E_a}{2} \quad (\text{VI.35})$$

$$L_r = \frac{182,9}{2} - \frac{12}{2}$$

$$L_r = 85,45 \text{ m}$$

VI.4.1.2 Nombre d'asperseurs/rampe :

$$N_{asp/rampe} = \frac{L_r}{E_a} \quad (\text{VI.36})$$

$$N_{asp/rampe} = \frac{85,45}{12}$$

$$N_{asp/rampe} = 7 \text{ asp}$$

VI.4.1.3 Nombre de rampes :

On travaille avec une rampe et 7 asperseurs

VI.4.2 Dimensionnement de la rampe :

VI.4.2.1 Le débit de la rampe :

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times \text{nbre d'asperseur par rampe} \quad (\text{VI.37})$$

$$Q_{rampe} = 4,17 \cdot 10^{-4} \times 7$$

$$Q_{rampe} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.4.2.2 Calcul du Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times v}} \quad (\text{VI.38})$$

Avec :

- V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe ou $V \leq V_{adm}$; $V_{adm} \in [0.5 : 2.5] \text{ m/s}$.

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

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 2,9 \cdot 10^{-3}}{\pi \times 1,5}} = \mathbf{0,049 \text{ m}}$$

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

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

Donc le diamètre de la rampe normalisé est **63mm**

On calcule la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} \quad (\text{VI.39})$$

$$V = \frac{4 \times 2,9 \cdot 10^{-3}}{\pi \times 0.063^2}$$

$$V = \mathbf{0,93 \text{ m/s}}$$

VI.4.3 Dimensionnement de la porte rampe :

VI.4.3.1 Longueur de la porte Rampe :

$$L_{pr} = L - \frac{El}{2} \quad (\text{VI.40})$$

$$L_{pr} = 335,55 - \frac{18}{2}$$

$$L_{pr} = \mathbf{326,55 \text{ m}}$$

VI.4.3.2 Débit de porte rampe :

;

$$Q_{pr} = Q_{asp} \times N_{\frac{asp}{rampe}} \times N_{rampe} \quad (\text{VI.41})$$

$$Q_{pr} = \mathbf{2,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

VI.4.3.3 Calcul du Diamètre de la porte rampe :

$$D_{Pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times v}} \quad (\text{VI.42})$$

$$D_{Pr} = \sqrt{\frac{4 \times 2,9 \cdot 10^{-3}}{\pi \times 1,5}}$$

$$D_{pr} = 0,049 \text{ m}$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr} = 75 \text{ mm}$). donc la nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times D_{pr}^2} \quad (\text{VI.43})$$

$$V = \frac{4 \times 2,9 \cdot 10^{-3}}{\pi \times 0,075^2}$$

$$V = 0,65 \text{ m/s}$$

VI.4.4 Calcul des pertes de charge:

Les pertes de charges seront calculées selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3,592}{C_H} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,852} \quad (\text{VI.44})$$

Avec : ΔH Perte de charges linéaire en m ;

- C_H : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD) ;
- D : Diamètre en m ;
- L : longueur de la conduite en m.

VI.4.4.1 Les pertes de charge de la rampe :

$$\Delta H = \left(\frac{3,592}{140} \right)^{1,852} \frac{85,45}{0,063^{4,87}} \times (2,9 \cdot 10^{-3})^{1,852}$$

$$\Delta H = 1,35 \text{ m}$$

VI.4.4.2 Les pertes de charge de la porte rampe :

$$\Delta H = \left(\frac{3,592}{140} \right)^{1,852} \frac{326,55}{0,075^{4,87}} \times (2,9 \cdot 10^{-3})^{1,852}$$

$$\Delta H = 2,22 \text{ m}$$

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

Pour une perte de charge totale de $3,53 \text{ m} < 6 \text{ m}$, la règle de Christiansen est donc respectée.

Tableau VI.2 : Résultat de calcul pratique d'aspersion.

Conduites	Rampe	Porte Rampe
Longueur (m)	85,45	326,55
Diamètre (mm)	63	75
Débit (m ³ /s)	2,9. 10 ⁻³	2,9. 10 ⁻³
Vitesse (m/s)	0,93	0,65
Perte de charge totale (m)	1,35	2,22

VI.4.5 Calcul de la pression en tête du réseau :

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

$$H=H_1+ H_2+ H_3$$

Avec :

- H : pression à la tête de la parcelle.
- H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5bar).
- H2 : perte de charge totale.
- H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H= 30 + 3,57 + 0 = \mathbf{33,57 \text{ m.}}$$

H= 3,36 bars, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de plus de **4,95 bars**.

VI.5 Conclusion :

Afin de d'améliorer les rendements des cultures tout en économisant la ressource en eau, nous avons étudié le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation :

- Le réseau d'aspersion pour le blé : nous avons pris en compte la perméabilité du sol et la vitesse du vent. Pour un bon fonctionnement du réseau, nous avons vérifié les pressions pour s'assurer que nous avons opté pour un bon dimensionnement pour éviter toute sorte d'anomalies.
- Le réseau goutte à goutte pour le poirier : pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs on doit tenir en compte les facteurs agronomiques et hydrauliques afin d'aboutir à un bon dimensionnement ; effectivement, La pression à la sortie de la borne a été vérifiée ce qui assure une pression nominale de 10 mce dans le goutteur le plus éloigné.

Chapitre VII : Etude Technico-Economique.

VII.1 Introduction :

Le but de ce chapitre est l'évaluation du cout estimatif pour une meilleure réalisation et l'exécution des travaux de notre projet d'irrigation.

Ces travaux constituent :

- Le système d'adduction ;
- le réseau de distribution ;

VII.2 Exécution des travaux de pose des canalisations :

VII.2.1 Exécution des tranchées :

C'est une opération de terrassement dépend des caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement (pelle mécanique). La profondeur minimale de la tranchée à excaver est de 1 m, la largeur de la tranchée doit être telle qu'un homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place. L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive.

VII.2.2 Pose du lit de sable :

Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, il y a donc lieu de poser les tuyaux de manière à ce qu'il n'y ait ni appui linéaire, ni appui ponctuel. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Respecter les côtes du profil en long ;
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Dans notre cas on a une épaisseur de 20 cm.

VII.2.3 Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;

- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol ;
- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

VII.2.4 Assemblage des conduites en PEHD:

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être livrées en barres de 6 à 12 m ou en couronnes par longueurs de 50 à 100 m. Pour le raccordement de ces conduites, deux procédés sont employés :

- Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboîtement.
- Raccord électrosoudables : les raccords électrosoudables en PEHD à emboîtement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

Les deux extrémités de cette résistance sont reliées à des plots situés à l'entrée de chaque emboîtement. Le temps de soudage est de l'ordre d'une minute et celui du refroidissement est d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires en polyéthylène doivent être assurés par des positionneurs.

Ce procédé d'assemblage des tuyaux présente l'avantage d'éviter la mise en place des butées, d'où une économie d'exécution, à laquelle s'ajoute celle d'encombrement du sous-sol.

VII.2.5 Contrôle du compactage des tranchées :

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement influe directement sur la répartition des charges à la périphérie du tuyau donc sur la stabilité de celui-ci.

Il est nécessaire de vérifier la qualité de réalisation de cette opération. Le contrôle peut utilement être réalisable à l'aide d'un outil peu coûteux, pratique et très rapide à mettre en œuvre que l'on appelle « Sonde battus ». Cet appareil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol.
- De détecter rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

VII.3 Choix des engins du chantier:

Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.1 : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions.
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai.
Un compacteur à rouleau lisse	Compacter la couche de sable de 20 cm.
Un camion	Evacuer les déblais.
Appareil de soudure	Assurer l'assemblage des conduites.
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées.
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.

VII.3.1 Facture des différents types de conduites des réseaux d'adduction et de distribution :

Les prix des conduites sont présentés comme suit :

Tableau VII.2 : Fourniture et pose des conduites du réseau d'adduction et de distribution

Conduites	Type De Conduites	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire	Montant DA
90	PEHD	ML	1674,55	1067,77	1788034,25
110	PEHD	ML	1075,58	1569,75	1688391,71
125	PEHD	ML	583,43	2023,32	1180465,59
140	PEHD	ML	625,67	2501,36	1565025,91
160	PEHD	ML	448,99	3213,68	1442910,18
180	PEHD	ML	560,63	4073,14	2283524,48
200	PEHD	ML	597,21	4977,71	2972738,19
225	PEHD	ML	380,70	6250,45	2379546,32
250	PEHD	ML	960,31	7606,65	7304742,06
280	PEHD	ML	271,03	9495,70	2573619,57
315	PEHD	ML	252,00	11955,85	3012874,20
350	FONTE	ML	508,65	13521,23	6877573,64
400	FONTE	ML	33,81	14910,06	504109,13

500	FONTE	ML	4019,00	17885,15	71880417,85
1000	FONTE	ML	950,00	39613,94	37633243,00
1200	FONTE	ML	3021,00	55500,00	167665500,00
Total					312752716,07
Tva 19%					59423016,1
TCC					372175732

Tableau VII.3 : Cout des équipements de protection

	Unité De Mesure	Quantité	Montant(DA)
Borne	U	35	1750000
Venthouse	U	5	65000
Vannes	U	30	360000
Total			2175000
Tva 19 %			413250
TCC			2588250

Tableau V.II4 : Fourniture et pose des systèmes d'irrigation

	Unité De Mesure	Quantité	Prix Unitaire(DA)	Montant(DA)
Les Goutteurs	U	2232	45	100440
Les Rampes Ø16	MI	8290,2	64	530572,8
Les Portes Rampes Ø110	MI	331,5	540	179010
Les Asperseurs	U	7	600	4200
Les Rampes Ø90	MI	5823,9	86	500855,4
Les Portes Rampes Ø90	MI	173,9	870	151293
Vanne	U	2	1400	2800
Total				1469171,2
Tva 19%				279142,528
TCC				1748313,728

VII.3.2 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.3.2.1 Calcul des volumes de remblai et de déblai :

- **La longueur du fond de tranchée :**

La longueur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0,3) \quad (\text{VII.1})$$

Avec : D : le diamètre de la conduite en (m).

• **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0,8 + e \tag{VII.2}$$

- e : hauteurs du lit de pose (m).

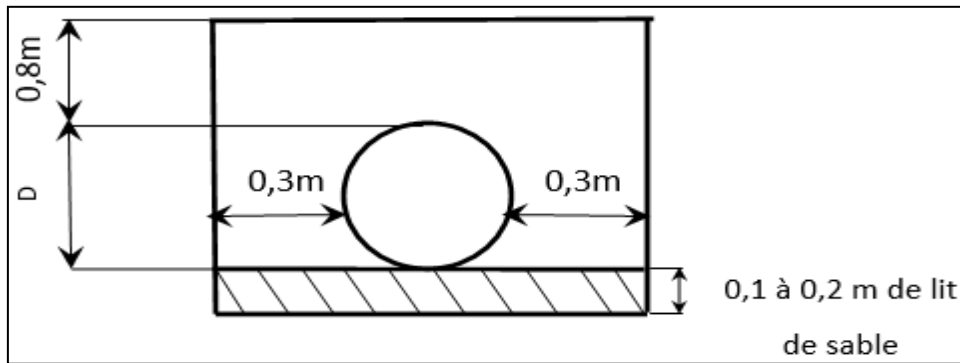


Figure VII.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée

• **Volume de déblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$S = B \times H \tag{VII.3}$$

$$V_{remb} = V_d - V_c - V_s \tag{VII.4}$$

- V_d : volume de déblai (m^3) ;
- V_s : volume du sable (m^3) ;
- V_c : volume occupé par la conduite (m^3).

$$V_c = L \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right) \tag{VII.5}$$

• **Volume de lit du sable :**

Ce lit correspond à une couche de sable de 20 cm sur le fond de la tranchée.

$$V_s = e \times B \times L \tag{VII.6}$$

Tableau VII.5 : calculs des volumes de remblai et de déblai

Conduites	Longueur (m)	La largeur (m)	La hauteur (m)	V déblai (m^3)	V sable (m^3)	V conduites (m^3)	V remblai (m^3)
90	1674,55	0,69	1,09	1259,43	231,09	10,65	1017,69
110	1075,58	0,71	1,11	847,66	152,73	10,22	684,71
125	583,43	0,725	1,125	475,86	84,60	7,16	384,10
140	625,67	0,74	1,14	527,82	92,60	9,63	425,58
160	448,99	0,76	1,16	395,83	68,25	9,03	318,56

180	560,63	0,78	1,18	516,00	87,46	14,27	414,28
200	597,21	0,8	1,2	573,32	95,55	18,76	459,01
225	380,7	0,825	1,225	384,74	62,82	15,14	306,79
250	960,31	0,85	1,25	1020,33	163,25	47,14	809,94
280	271,03	0,88	1,28	305,29	47,70	16,69	240,90
315	252	0,915	1,315	303,21	46,12	19,64	237,46
350	508,65	0,95	1,35	652,34	96,64	48,94	506,76
400	33,81	1	1,4	47,33	6,76	4,25	36,32
500	4019	1,1	1,5	6631,35	884,18	789,13	4958,04
1000	950	1,6	2	3040,00	304,00	746,13	1989,87
1200	3021	1,8	2,2	11963,16	1087,56	3416,67	7458,93
Total				28943,69	3511,31	5183,44	20248,94

Tableau VII.6 : Devis des volumes de remblai et de déblai

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Déblai en terrain	m3	28943,69	200	5788737,36
Lit de sable	m3	3511,31	800	2809044,89
Remblai	m3	20248,94	100	2024894,17
			Total	10622676,42
			TVA (19%)	2018308,52
			Montant TTC	12640984,94

VII.4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation ainsi que le calcul des volumes de terrassement.

Nous avons déterminé le devis général des réseaux d'adduction et de distribution, Le cout total du projet (TTC) est de l'ordre de : **Trois cent quatre-vingt-neuf millions cent cinquante-trois mille deux cent quatre-vingts** C'est vrai que le cout du projet est relativement élevé, mais ce dernier est rentable à moyen terme.

Conclusion Générale

L'objectif de cette étude est l'aménagement hydro-agricole du périmètre de Beni Slimane situé dans la wilaya de Médéa avec des potentialités agricoles importantes.

Au terme de ce travail, nous avons constaté que le périmètre d'étude est caractérisé par un climat semi-aride, et par une moyenne pluviométrique de l'ordre de 398,79mm/an qui se précipite essentiellement durant la période Septembre –Mai. D'une manière générale les sols de la plaine se caractérisent par une texture fine et très fine.

Notre périmètre sera irrigué par le barrage de Beni Slimane avec une capacité de 8 Hm³.

Dans le cadre d'assurer la quantité d'eau adéquate durant toute la période végétative, nous avons calculé les doses de lessivage ainsi que les besoins en eau des différentes cultures pour estimer le volume nécessaire pour notre périmètre. Nous avons ensuite dimensionné les réseaux d'adduction et de distribution tout en assurant les pressions requises aux bornes.

Afin d'améliorer les rendements des cultures tout en économisant la ressource en eau, nous avons étudié le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation ; le goutte à goutte et l'aspersion.

Enfin, nous espérons avoir contribué à l'amélioration de la gestion de ce périmètre dans le but de :

- Augmenter la production agricole vivrière et commerciale de manière à développer un secteur national compétitif en matière de transformation des produits alimentaires pour répondre à la demande nationale et réduire les importations;
- Rentabiliser au maximum les investissements consentis pour ces aménagements et leurs effets sur l'économie nationale;
- Assurer aux nationaux une alimentation mieux équilibrée en quantité et qualité.

Références Bibliographiques

- 1- Aharbous, A., 2011. La gouvernance de l'eau, un facteur principal du développement local. Communication in colloque international usage écologique, économique et sociaux de l'eau agricole méditerranée : quels enjeux pour quels services? Université de Provence, 20-21 Janvier. Marseille: s.n.
- 2- Doorenbos et puill, (1976).Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures. Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.
- 3- DOUHA, Meriem, Etude Du Perimetre D'ouled Fadhel 400 Ha (Wilaya De Batna), mémoire de fin d'études, école nationale supérieure d'hydraulique,departement d'irrigation et de drainage,2018,105p
- 4- Etude D'aménagement Hydro-Agricole Des Plaines De Beni Slimane Par Tec4 Ingenieros Consultores
- 5- FAO N°24. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975 (A C* E F).
- 6- Gobat et al ,1998. Gobat, J.M., & Matthey , W.1998.Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols.
- 7- TAYEB HAMANI, Imane, Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Khezzara à partir d'une station de pompage sur oued syebouse (Wilaya de Guelma), mémoire de fin d'études, école nationale supérieure d'hydraulique,departement d'irrigation et de drainage,2020,105p.
- 8- Touaibia, B, (2004). Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
- 9- TOUMI,Yassine. Amenagement hydro-agricole des plaines setifiennes (secteur 3) a partir du barrage de mahouane wilaya de setif,mémoire de fin d'études, école nationale supérieure d'hydraulique,departement d'irrigation et de drainage,2020,125p

Annexe 1

Tableau 1 $\chi^2_{theorique}$

α γ	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877


Annexe 2

Caractéristiques Hydriques Des Sols

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

Annexe 3

Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

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

Annexe 4

**Les Prix Des Conduites En Fonte D'après L'entreprise Kougc
(Fourniture Et Pose)**

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)
60	2464.36
80	3422.31
100	6682.31
125	7836.22
150	8534.23
200	10323.10
250	11542.36
300	12336.05
350	13521.23
400	14910.06
450	15982.11
500	17885.15
600	22831.78
700	27777.32
800	31722.86
900	35668.40
1000	39613.94

Annexe 5

Calculs des besoins des cultures

Tableau.2: Calcul des besoins en eau du Blé

Blé										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet + lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23							
Octobre	26,52	21,22	100,73							
Novembre	41,66	33,33	57,17	0,30	27,00	0,00	0,40	22,87	0,00	0,00
Décembre	34,40	27,52	42,06	0,50	45,00	27,00	0,60	25,24	0,00	0,00
Janvier	39,73	31,78	41,73	0,60	54,00	45,00	0,85	35,47	0,00	0,00
Février	35,52	28,42	46,72	0,60	54,00	54,00	0,95	44,38	0,00	0,00
Mars	32,23	25,78	84,23	0,60	54,00	27,00	1,00	84,23	31,45	39,83
Avril	33,33	26,66	108,35	0,60	54,00	27,00	0,90	97,52	43,85	53,55
Mai	31,10	24,88	149,04	0,60	54,00	27,00	0,70	104,33	52,45	62,83
Juin	9,82	7,86	191,77	0,60	54,00	0,00	0,40	76,71	68,85	76,48
Juillet	2,31	1,85	234,02							
Août	9,10	7,28	211,15							

Tableau.3 : Calcul des besoins en eau de l'Orge Grain

Orge Grain										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet + lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23							
Octobre	26,52	21,22	100,73							
Novembre	41,66	33,33	57,17	0,30	27,00	0,00	0,40	22,87	0,00	0,00
Décembre	34,40	27,52	42,06	0,50	45,00	27,00	0,65	27,34	0,00	0,00
Janvier	39,73	31,78	41,73	0,60	54,00	45,00	0,90	37,56	0,00	0,00
Février	35,52	28,42	46,72	0,60	54,00	54,00	0,90	42,05	0,00	0,00
Mars	32,23	25,78	84,23	0,60	54,00	27,00	0,90	75,81	23,02	28,33
Avril	33,33	26,66	108,35	0,60	54,00	27,00	0,85	92,10	38,43	44,88
Mai	31,10	24,88	149,04	0,60	54,00	27,00	0,60	89,42	37,55	43,80
Juin	9,82	7,86	191,77	0,60	54,00	0,00	0,35	67,12	59,26	63,96
Juillet	2,31	1,85	234,02							
Août	9,10	7,28	211,15							

Tableau.4 : Calcul des besoins en eau de l'Orge Vert

Orge Vert										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet + lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23							
Octobre	26,52	21,22	100,73							
Novembre	41,66	33,33	57,17							
Décembre	34,40	27,52	42,06	0,30	27,00	0,00	0,30	12,62	0,00	0,00
Janvier	39,73	31,78	41,73	0,50	45,00	27,00	0,67	27,96	0,00	0,00
Février	35,52	28,42	46,72	0,50	45,00	45,00	1,05	49,06	0,00	0,00
Mars	32,23	25,78	84,23	0,60	54,00	22,50	1,00	84,23	35,95	41,25
Avril	33,33	26,66	108,35	0,60	54,00	27,00	0,46	49,84	0,00	0,00
Mai	31,10	24,88	149,04							
Juin	9,82	7,86	191,77							
Juillet	2,31	1,85	234,02							
Août	9,10	7,28	211,15							

Tableau 5 : Calcul Des Besoins En Eau De La Luzerne

Luzerne										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet+lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23	0,40						
Octobre	26,52	21,22	100,73	0,40						
Novembre	41,66	33,33	57,17	0,70	63,00	0,00	0,70	40,02	0,00	11,31
Décembre	34,40	27,52	42,06	0,90	81,00	63,00	0,80	33,65	0,00	0,00
Janvier	39,73	31,78	41,73	1,00	90,00	81,00	0,90	37,56	0,00	0,00
Février	35,52	28,42	46,72	1,20	108,00	90,00	0,95	44,38	0,00	0,00
Mars	32,23	25,78	84,23	1,20	108,00	36,00	1,05	88,44	26,66	51,66
Avril	33,33	26,66	108,35	1,20	108,00	36,00	1,05	113,77	51,10	83,26
Mai	31,10	24,88	149,04	1,20	108,00	36,00	1,15	171,40	110,52	158,97
Juin	9,82	7,86	191,77	1,20						
Juillet	2,31	1,85	234,02	1,20						
Août	9,10	7,28	211,15	1,20						

Tableau 6 : Calcul des besoins en eau du Chou

Chou										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet+lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23	0,30	27,00	0,00	0,50	74,62	55,37	84,51
Octobre	26,52	21,22	100,73	0,40	36,00	13,50	0,70	70,51	35,80	63,34
Novembre	41,66	33,33	57,17	0,50	45,00	18,00	0,95	54,31	2,98	24,20
Décembre	34,40	27,52	42,06	0,60	54,00	45,00	0,80	33,65	0,00	0,00
Janvier	39,73	31,78	41,73							
Février	35,52	28,42	46,72							
Mars	32,23	25,78	84,23							
Avril	33,33	26,66	108,35							
Mai	31,10	24,88	149,04							
Juin	9,82	7,86	191,77							
Juillet	2,31	1,85	234,02							
Août	9,10	7,28	211,15							

Tableau 7 : Calcul des besoins en eau de la Courgette

Courgette										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet+lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23	0,60	54,00	0,00	0,85	126,85	107,60	124,63
Octobre	26,52	21,22	100,73							
Novembre	41,66	33,33	57,17							
Décembre	34,40	27,52	42,06							
Janvier	39,73	31,78	41,73							
Février	35,52	28,42	46,72							
Mars	32,23	25,78	84,23							
Avril	33,33	26,66	108,35							
Mai	31,10	24,88	149,04							
Juin	9,82	7,86	191,77	0,40	36,00	0,00	0,50	95,89	88,03	100,91
Juillet	2,31	1,85	234,02	0,45	40,50	0,00	0,75	175,52	173,67	197,24
Août	9,10	7,28	211,15	0,50	45,00	0,00	0,85	179,48	172,20	196,30

Tableau 8 : Calcul des besoins en eau de la Betterave Sucrière

Betterave Sucrière										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet+ lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23							
Octobre	26,52	21,22	100,73							
Novembre	41,66	33,33	57,17							
Décembre	34,40	27,52	42,06							
Janvier	39,73	31,78	41,73							
Février	35,52	28,42	46,72							
Mars	32,23	25,78	84,23	0,30	27,00	0,00	0,35	29,48	3,70	6,12
Avril	33,33	26,66	108,35	0,50	45,00	13,50	0,70	75,85	35,68	41,91
Mai	31,10	24,88	149,04	0,60	54,00	22,50	0,95	141,59	94,21	105,85
Juin	9,82	7,86	191,77	1,00	90,00	0,00	1,00	191,77	183,91	199,67
Juillet	2,31	1,85	234,02	1,00	90,00	0,00	0,85	198,92	197,07	213,41
Août	9,10	7,28	211,15	1,00	90,00	0,00	0,70	147,81	140,53	152,67

Tableau 9 : Calcul des besoins en eau de la Betterave

Betterave										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet+Lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23							
Octobre	26,52	21,22	100,73							
Novembre	41,66	33,33	57,17	0,50	45,00	0,00	0,40	22,87	0,00	0,00
Décembre	34,40	27,52	42,06	0,90	81,00	22,50	0,50	21,03	0,00	0,00
Janvier	39,73	31,78	41,73	0,90	81,00	81,00	0,70	29,21	0,00	0,00
Février	35,52	28,42	46,72	0,95	85,50	81,00	0,80	37,38	0,00	0,00
Mars	32,23	25,78	84,23	0,90	81,00	42,75	0,95	80,02	11,48	24,17
Avril	33,33	26,66	108,35	0,70	63,00	40,50	0,60	65,01	0,00	0,00
Mai	31,10	24,88	149,04							
Juin	9,82	7,86	191,77							
Juillet	2,31	1,85	234,02							
Août	9,10	7,28	211,15							

Tableau 10 : Calcul des besoins en eau de la Tomate

Tomate										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet+Lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23							
Octobre	26,52	21,22	100,73							
Novembre	41,66	33,33	57,17							
Décembre	34,40	27,52	42,06							
Janvier	39,73	31,78	41,73							
Février	35,52	28,42	46,72							
Mars	32,23	25,78	84,23	0,70	63,00	0,00	0,50	42,12	42,12	53,50
Avril	33,33	26,66	108,35	0,90	81,00	31,50	0,85	92,10	92,10	116,99
Mai	31,10	24,88	149,04	1,20	108,00	40,50	1,15	171,40	171,40	217,72
Juin	9,82	7,86	191,77	1,20	108,00	0,00	0,85	163,00	163,00	207,06
Juillet	2,31	1,85	234,02							
Août	9,10	7,28	211,15							

Tableau 11 : Calcul des besoins en eau du Poirier

Poirier										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet + lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23	1,50	135,00	0,00	0,45	67,15	47,91	83,09
Octobre	26,52	21,22	100,73	1,50	135,00	67,50	0,45	45,33	0,00	23,75
Novembre	41,66	33,33	57,17	1,50	135,00	67,50	0,45	25,73	0,00	13,48
Décembre	34,40	27,52	42,06	1,50	135,00	135,00	0,45	18,93	0,00	9,92
Janvier	39,73	31,78	41,73	1,50	135,00	135,00	0,45	18,78	0,00	9,84
Février	35,52	28,42	46,72	1,50	135,00	135,00	0,45	21,02	0,00	11,01
Mars	32,23	25,78	84,23	1,50	135,00	67,50	0,55	46,33	0,00	24,27
Avril	33,33	26,66	108,35	1,50	135,00	67,50	0,55	59,59	0,00	31,22
Mai	31,10	24,88	149,04	1,50	135,00	67,50	0,65	96,88	4,50	55,25
Juin	9,82	7,86	191,77	1,50	135,00	0,00	0,65	124,65	116,79	182,10
Juillet	2,31	1,85	234,02	1,50	135,00	0,00	0,60	140,41	138,56	212,12
Août	9,10	7,28	211,15	1,50	135,00	0,00	0,50	105,58	98,30	153,60

Tableau 12 : Calcul des besoins en eau du Figuier

Figuier										
Mois	P 80%(mm)	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	Rsi-1	KC	ETM	Bnet(mm)	Bnet+ Lessivage
Septembre	24,06	19,25	149,23	1,50	135,00	0,00	0,82	122,37	103,12	132,33
Octobre	26,52	21,22	100,73	1,50	135,00					
Novembre	41,66	33,33	57,17	1,50	135,00					
Décembre	34,40	27,52	42,06	1,50	135,00					
Janvier	39,73	31,78	41,73	1,50	135,00					
Février	35,52	28,42	46,72	1,50	135,00					
Mars	32,23	25,78	84,23	1,50	135,00					
Avril	33,33	26,66	108,35	1,50	135,00	67,50	0,30	32,51	0,00	7,76
Mai	31,10	24,88	149,04	1,50	135,00	67,50	0,41	61,11	0,00	14,59
Juin	9,82	7,86	191,77	1,50	135,00	0,00	0,60	115,06	107,21	134,67
Juillet	2,31	1,85	234,02	1,50	135,00	0,00	0,62	145,09	143,24	177,88
Août	9,10	7,28	211,15	1,50	135,00	0,00	0,41	86,57	79,29	99,96